



Växtnäringens betydelse i förebyggandet av svampsjukdomar

The role of plant nutrition in preventing fungal diseases

Julia Eriksson

Självständigt arbete • 15 hp

Sveriges lantbruksuniversitet, SLU

Fakulteten för landskapsarkitektur, trädgårds- och växtproduktionsvetenskap

Institutionen för biosystem och teknologi

Lantmästare – kandidatprogram

Alnarp 2023



Växtnäringens betydelse i förebyggandet av svampsjukdomar

The role of plant nutrition in preventing fungal diseases

Julia Eriksson

Handledare: Helene Larsson Jönsson, SLU Alnarp, Institutionen för biosystem och teknologi

Examinator: Lars Mogren, SLU Alnarp, Institutionen för biosystem och teknologi

Omfattning: 15 hp

Nivå och fördjupning: G2E

Kurstitel: Självständigt arbete i lantbruksvetenskap, G2E – Lantmästare – kandidatprogram

Kurskod: EX0885

Program/utbildning: Lantmästare – kandidatprogram

Kursansvarig inst.: Institutionen för biosystem och teknologi

Utgivningsort: Alnarp

Utgivningsår: 2023

Omslagsbild: Höstvete, Julia Eriksson

Upphovsrätt: Alla bilder används med upphovspersonens tillstånd.

Nyckelord: Fungicider, gödning, gödslingsstrategi, IPM, växtskydd

Sveriges lantbruksuniversitet

Fakulteten för landskapsarkitektur, trädgårds- och växtproduktionsvetenskap

Institutionen för biosystem och teknologi

Sammanfattning

Svampsjukdomar kan orsaka stora problem och skördeförluster inom växtodlingen. Därför används fungicider för att bekämpa svamparna och skydda grödan. Fungicider kan dock vara skadliga för andra organismer och därmed störa ekosystem och den biologiska mångfalden. Det sker även en ständig resistensutveckling hos svamparna mot de preparat som används och det är därför viktigt att inte använda fungicider mer än nödvändigt. Genom att tillämpa integrerat växtskydd förebygger man problemen, bevakar händelser i fält, behovsanpassar åtgärderna samt följer upp och utvärderar resultaten, allt för att minska användningen av kemiska bekämpningsmedel.

För att grödan ska kunna bli angripen krävs att grödan är mottaglig, svampen finns i närheten samt att miljön är den rätta för sjukdomens överlevnad och spridning. Växtnäring kan påverka alla de tre faktorerna och därför har det här arbetet undersökt vilket inflytande växtnäringen kan ha på svampsjukdomar och om en förebyggande växtnäringsstrategi skulle kunna bli en del av det integrerade växtskyddet inom konventionellt jordbruk.

Växtnäringsämnen är viktiga för många funktioner som gör att grödan kan växa och utvecklas som den ska. De kan också påverka varandras funktion och tillgänglighet för grödan. Genom olika mekanismer kan näringsämnena påverka mottagligheten och motståndskraften mot svampsjukdomar hos grödan. Som att stärka växtens fysiska skydd, bilda föreningar som hämmar svampen eller öka växtens tolerans mot sjukdomen.

Kväve kan minska angreppens påverkan av vissa svampar men öka angreppsgraden av andra. Det i samband med att olika studier fått olika resultat gör det svårt att bedöma kvävetts roll i skyddet mot svampsjukdomar. Det gäller även flera av de andra näringsämnena. I studier i växthus och labb har näringsämnena visat påverkan på olika sjukdomar, men i fält är det svårare att se signifikant skillnad mellan behandlingarna. Jordbrukare som provat att skapa en strategisk gödslingsstrategi för att förebygga skador och sjukdomar menar att de får friskare grödor och god avkastning trots minskade kvävegivor.

I framtiden kan det komma att finnas ett allt större behov av att förebygga sjukdomar och där kan strategisk användning av växtnäring vara en del av lösningen. Men för att det ska gå behövs alltmer kunskap om ämnet och praktisk erfarenhet. Därför bör fler fältförsök inriktade på sambanden mellan näringsämnen och svampsjukdomar göras samt borde även sjukdomsangrepp börja graderas i gödslingsstrategiförsök.

Nyckelord: Fungicider, gödning, gödslingsstrategi, IPM, växtskydd

Abstract

Fungal diseases can create both issues and harvest loss in agriculture. To fight the fungus and protect the crops fungicides are used. They can be harmful to other organisms and disturb ecosystems and biodiversity. Fungal resistance towards fungicides is constantly progressing and therefore it is important to not use more fungicides than necessary. By doing integrated pest management the fungal issues are prevented, what happens in the field is being monitored, the actions taken are adapted to the needs and the results are being followed and evaluated. All of it to be able to reduce the use of chemicals.

For the fungus to be able to infect the plant it needs to be susceptible, the fungus needs to be around, and the environment needs to be right for the fungus to be able to survive and spread. Plant nutrition can affect all the three factors and that is why this work has studied how nutrition can influence the fungal diseases and if a preventive nutritional plan could become a part of integrated pest management in conventional agriculture.

Mineral nutrition is important in many functions that help the plant grow and develop normally. They can also impact each other's functions and availability for the plant. Through different mechanisms the nutrients can affect the susceptibility and resistance towards fungal diseases in the plant. They can do this by strengthening the plants physical barriers, creating compounds that inhibit the fungus or give the plant better tolerance against the fungus.

Nitrogen can both reduce and increase the disease severity of some fungal pathogens. The results from different studies have varied a lot which make it difficult to assess nitrogen's true role in protection against fungal diseases. This also applies to several of the other nutrients. In studies from laboratories or greenhouses the nutrients have been shown to affect different diseases, but it is harder to show a significant difference between treatments in field trials. Farmers that have tried to create a strategical fertilizing plan to prevent damage and diseases mean that they get healthier crops and good yield even though they put out less nitrogen.

In the future it may be a bigger need to prevent diseases and strategical use of plant nutrition could be a part of that solution. For that to be able to work a lot more knowledge and practical experience is needed on the subject. That's why there should be more field trials oriented towards the connections between nutrition and fungal pathogens. Diseases should also be graded in strategic fertilizing trials.

Keywords: Crop protection, fertilizer, fertilizing strategy, fungicides, IPM

Förord

Lantmästare-kandidatprogram är en treårig universitetsutbildning som omfattar 180 högskolepoäng (hp). Inom programmet är det möjligt att ta ut två examina, en lantmästarexamen 120 hp och en kandidatexamen 180 hp. En av de obligatoriska delarna i programmet är att genomföra ett eget arbete som ska presenteras med en skriftlig rapport och ett seminarium. Detta arbete kan till exempel ha formen av ett mindre försök som utvärderas eller en sammanställning av litteratur som analyseras. Det här arbetet är utfört under programmets tredje år och arbetsinsatsen motsvarar minst 10 veckors heltidsstudier (15 hp).

Vid ett studiebesök hos en ekologisk grönsaksodlare och jordbrukare berättade han om sin något annorlunda gödslingsstrategi. Med fokus på andra näringsämnen än bara kväve menade han på att han fick starkare och friskare grödor. Det fick mig att börja fundera och resulterade i att jag vill undersöka vilket stöd som finns i litteraturen och i så fall vad det är som gör att vissa ämnen kan stärka växtens självförsvar.

Jag vill tacka min handledare Helene Larsson-Jönsson för all stöttning under processen att förstå det här komplicerade ämnet, samt ett stort tack till Joel Månsson på Biskopshagens odlingar för inspiration, lästips och samtal.

Alnarp 2023

Julia Eriksson

Innehållsförteckning

| | |
|--|-----------|
| Figurförteckning | 8 |
| Inledning..... | 9 |
| 1.1 Bakgrund | 9 |
| 1.2 Syfte & Mål | 10 |
| 1.3 Frågeställningar..... | 11 |
| 1.4 Avgränsningar | 11 |
| 1.5 Metod..... | 11 |
| Näringsämnenas funktion..... | 12 |
| 2.1 Kväve (N)..... | 12 |
| 2.2 Fosfor (P)..... | 13 |
| 2.3 Kalium (K)..... | 13 |
| 2.4 Svavel (S)..... | 14 |
| 2.5 Kalcium (Ca)..... | 14 |
| 2.6 Magnesium (Mg)..... | 14 |
| 2.7 Mangan (Mn) | 15 |
| 2.8 Koppar (Cu)..... | 15 |
| 2.9 Bor (B) | 15 |
| 2.10 Zink (Zn) | 16 |
| 2.11 Kisel (Si) | 16 |
| Verkningsmekanismer | 18 |
| 3.1 Stärka växtens fysiska skydd | 18 |
| 3.2 Samling av hämmande föreningar vid infektionen | 18 |
| 3.3 Motstånd mot nedbrytning | 19 |
| 3.4 Växa ifrån infektionen | 19 |
| 3.5 Tolerans..... | 19 |
| 3.6 Störa eller gynna mikrober i omgivningen | 20 |
| Näringsens sjukdomspåverkan..... | 21 |
| 4.1 Kväve..... | 21 |
| 4.1.1 Spannmål (<i>Triticum aestivum</i> , <i>Hordeum vulgare</i> , <i>Avena sativa</i> & <i>Secale cereale</i>) | 22 |
| 4.1.2 Potatis & tomat (<i>Solanum</i> spp.) | 23 |
| 4.2 Fosfor | 24 |

| | | |
|-------|-------------------------------------|-----------|
| 4.3 | Kalium..... | 24 |
| 4.4 | Kalcium & Magnesium..... | 24 |
| 4.4.1 | Spannmål | 24 |
| 4.4.2 | Kålväxter (<i>Brassicae</i>)..... | 25 |
| 4.4.3 | <i>Solanum</i> spp. | 25 |
| 4.5 | Svavel..... | 25 |
| 4.6 | Mikronäringsämnen..... | 25 |
| 4.6.1 | Spannmål | 26 |
| 4.6.2 | Kålväxter (<i>Brassicae</i>)..... | 26 |
| 4.6.3 | Baljväxter (<i>Fabaceae</i>)..... | 26 |
| | I praktiken..... | 27 |
| 5.1 | Biskopshagens odlingar | 27 |
| 5.2 | Tim Parton, Brewood Park Farm | 28 |
| | Diskussion..... | 29 |
| | Slutsats..... | 31 |
| | Referenser..... | 32 |

Figurförteckning

| | |
|---|----|
| Figur 1. De överlappande cirklarna visar på hur alla tre infektionsfaktorer (gröda, svamp och miljö) måste stämma överens för att grödan ska bli angripen. Omarbetad från Huber & Haneklaus (2007)..... | 10 |
| Figur 2. Vetets bladfläcksjuka (<i>Drehslera tritici-repentis</i>) i höstvete..... | 22 |
| Figur 3. Gulrost i höstvete..... | 23 |
| Figur 4. Klumprotsjuka i höstraps. | 25 |

Inledning

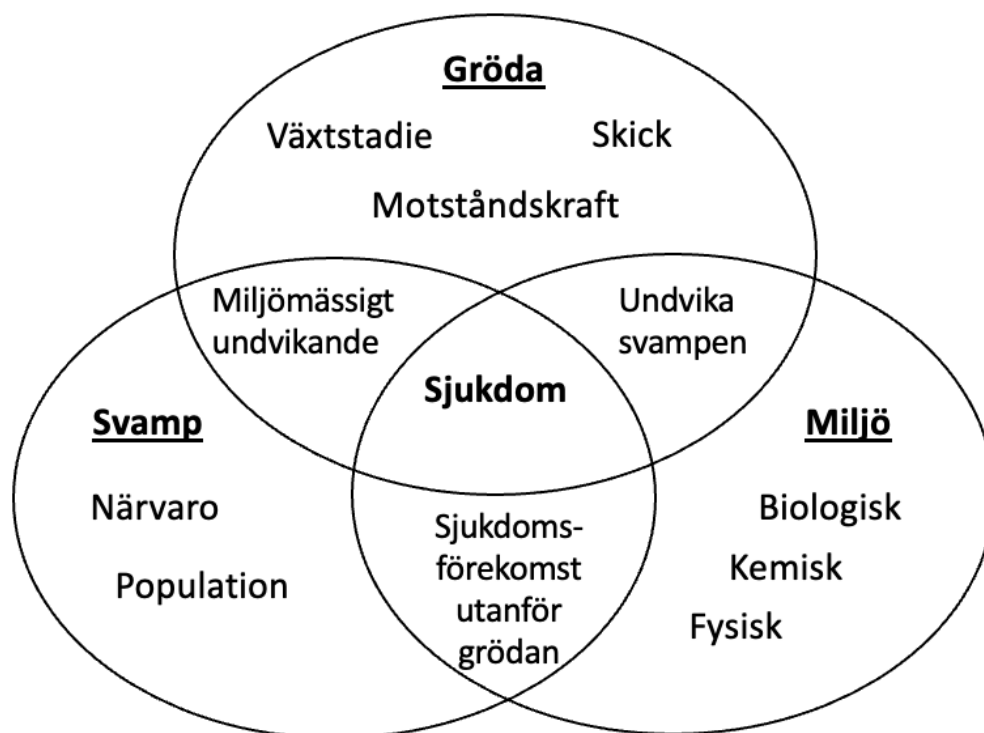
1.1 Bakgrund

I konventionella odlingar används ofta växtskyddsmedel för att skydda grödorna mot olika skadegörare eller ogräs (Kemikalieinspektionen 2022). Okontrollerade angrepp av ogräs och svampsjukdomar kan leda till stora skördeförkluster (Fogelfors 2015). I och med Sveriges livsmedelsstrategi där det sägs att Sveriges matproduktion ska öka (Näringsdepartementet 2017) blir det då extra viktigt att skydda grödorna från angrepp.

Mot sjukdomar orsakade av svampar används fungicider som dödar svampen eller hindrar dess fortsatta utveckling (Sveriges lantbruksuniversitet 2011). Fungicider med breda verkningsätt kan dock skada fler organismer än vad som är menat och kan i längden vara skadligt för ekosystem och biologisk mångfald (Jordbruksverket 2008)

Under 2022 kom ett förslag till Europaparlamentets förordning om hållbar användning av växtskyddsmedel (Miljödepartementet 2022). Där framförs ett mål om att EU ska minska sin totala användning av kemiska växtskyddsmedel med 50 % till år 2030. I förslaget presenteras även mål om ökad tillämpning av integrerat växtskydd samt att öka användningen av mindre farliga och icke-kemiska växtskyddsalternativ (Miljödepartementet 2022).

Det går att skydda odlingarna på andra sätt än bara kemiska växtskyddsmedel. Genom att tillämpa integrerat växtskydd (IPM – Integrated Pest Management) ska odlare förebygga problem, bevaka vad som sker i fält, behovsanpassa åtgärder efter rådande läge samt följa upp resultaten av insatserna och utvärdera dessa (Jordbruksverket 2022). En ytterligare anledning till att försöka minska användningen av fungicider är att minska resistensutvecklingen för att de preparat som finns ska fungera de gånger de verkligen behövs (Jordbruksverket 2010).



Figur 1. De överlappande cirklarna visar på hur alla tre infektionsfaktorer (gröda, svamp och miljö) måste stämma överens för att grödan ska bli angripen. Omarbetad från Huber & Haneklaus (2007).

Växtnäring har en roll i alla tre faktorer (Figur 1) för att grödan ska bli angripen av en svamp (Huber & Haneklaus 2007). Miljön kan påverka vilka näringsämnen som finns tillgängliga, näringsämnena påverkar växtens status, svampens tillväxt och även mikroberna i miljön. Sambandet mellan alla faktorer är dynamiskt och varierar hela tiden. Ett näringsämne kan därmed minska graden av vissa sjukdomar men även öka förekomsten av andra. De kan också ha olika påverkan i olika miljöer. Generellt mår växten bäst av att ha god näringsstatus, men det är skillnad på vad som är tillräckligt av ett ämne och överflöd. Därför är det viktigt att förstå och försöka hitta den optimala näringsbalansen hos grödan där den kan stå emot angrepp och samtidigt öka avkastning och kvalitet (Huber & Haneklaus 2007).

1.2 Syfte & Mål

Syftet är att undersöka om det går att förebygga angrepp av svampsjukdomar med strategisk tillförsel av växtnäringsämnen. Samt om det kan minska fungicidbehovet i det konventionella jordbruket.

1.3 Frågeställningar

- Kan man minska angrepp av svampsjukdomar genom att optimera mängderna av näringsämnen i växten?
- Vilka mekanismer i växten (eller omgivningen) är det som gör det möjligt?
- Vilka näringsämnen har störst påverkan på växters mottaglighet av svampsjukdomar?

1.4 Avgränsningar

För att avgränsa arbetet samt hålla det relevant kommer endast näringsämnens påverkan på svampsjukdomar studeras. I första hand kommer utgångspunkten vara konventionella svenska jordbruksgrödor och grönsaker.

1.5 Metod

För att finna stöd i litteraturen har böckerna Mineral Nutrition and Plant Disease, Mineral Nutrition of Crops samt kurslitteratur använts. Sökningar på internet har även gjorts via Google Scholar. Sökord som har använts har bland annat varit ”plant nutrition”, fertilizer, ”mineral nutrition”, disease, disease resistance, fungal pathogens, plant disease, cereal, wheat och barley. För svenska resultat har växtnäring, gödsling, svampsjukdom, fungicider, växtskydd svamp, IPM och ”kemisk bekämpning i EU” använts.

För att kunna tyda och förstå sjukdomarna i litteraturen har Jordbruksverkets (2023) bekämpningsrekommendationer – svampar och insekter samt CABI Digital Library (u.å.) använts. Samtal har förts med Joel Månsson från Biskopshagens odlingar och videointervjuer med odlaren Tim Parton har tittats på för att få med odlarperspektiv i arbetet. Månsson kontaktades då hans arbetssätt gett inspiration till arbetet och han rekommenderade sedan Parton.

Näringsämnenas funktion

De näringsämnen som växter behöver mycket av kallas makronäringsämnen, de är kväve (N), fosfor (P), kalium (K), svavel (S), kalcium (Ca) och magnesium (Mg) (Fogelfors 2015). Ämnen som fortfarande är viktiga för växtens funktioner men som de behöver mindre av kallas mikronäringsämnen och där ingår bland andra mangan (Mn), koppar (Cu), bor (B) och zink (Zn). Även kisel (Si) som inte är bevisat nödvändig för alla växter kan vara hjälpsam under uppbyggnaden av vissa växter (Daroub & Snyder 2007). För att förstå näringsämnenas roll i växtens skydd mot angrepp och hur de alla samspelar med varandra behövs en genomgång av deras användningsområde och grundliga funktioner.

2.1 Kväve (N)

Kväve är viktigt för att grödan ska ha en normal tillväxt och utveckling samt har en roll i fotosyntesen, bildningen av aminosyror och respirationen (Tripahti et al. 2022). Växter tar upp och använder sig av oorganiskt kväve i form av nitrat (NO_3^-) eller ammonium (NH_4^+). Kvävet tillsätts antingen direkt i form av handelsgödsel eller via organiskt material som exempelvis stallgödsel (Fogelfors 2015). För att göra det organiska kvävet växttillgängligt sker mineralisering genom att mikroorganismer i marken bryter ned det organiska materialet till i första hand NH_4^+ . Vid goda syreförhållanden omvandlas ammonium till nitrat (Daroub & Snyder 2007).

Kvävet transporteras i växtens xylem till blad och skott, där lagras det in i växtcellerna och omvandlas från nitrat till nitrit (NO_2^-) (Rice 2007). Ammonium (och ammoniak) kan vara skadligt för växten redan vid låga nivåer. Innehållet regleras genom att ammoniumet snabbt används i aminosyror i stället för att lagras in. Kvävets huvudsakliga uppgifter i växten är som byggsten i aminosyror och nukleotider vilka sedan bildar proteiner samt DNA och RNA. Kväve ingår även i ATP-molekylen som lagrar energi från fotosyntesen och NAD som transporterar väte (H) till fotosyntesen (Rice 2007).

2.2 Fosfor (P)

Fosfor är det näst mest använda näringsämnet i våra odlingar (Tripathi et al. 2022). Det finns många olika former av fosfor i marken, men för att växterna ska kunna ta upp fosfor behöver den finnas i löslig form som fosfatjoner (H_2PO_4^- och HPO_4^{2-}) (Daroub & Snyder 2007; Fogelfors 2015). En väldigt liten del av markens totalfosfor är i löslig form då mellan 30 – 60 % av fosfor är bunden i organiskt material och de lösliga fosfatjonerna lätt fastläggs till andra ämnen (Eriksson et al. 2011). Vid sura förhållanden binds fosfatjonerna hårt i flera steg till aluminium (Al) och järn (Fe) och i mer basiska förhållanden binds de i stället hårt till kalcium (Ca). Därför är det optimalt med pH 6–7 för så mycket växttillgänglig fosfor som möjligt (Daroub & Snyder 2007; Eriksson et al. 2011).

Fosfor finns dels löst i växten i form av upptaget fosfat men ingår också i växtens energilagrande ATP-molekyl där fosfatet skapar de energirika bindningarna (Rice 2007). Fosfatet kan även bilda esterbindningar med hydroxylgrupper i sockerarter, alkoholer och andra organiska föreningar. Därmed är fosfor en viktig del i de fosfolipider som bygger upp cellmembranen och även i sammansättningen av DNA och RNA. Det fria fosfatet i växten påverkar flera enzymer som är en del av växtens metabolism och fotosyntes (Rice 2007).

2.3 Kalium (K)

Kalium är den katjon det finns mest av i växten (Tripathi et al. 2022). Det mesta av allt kalium som finns i marken är bundet i markpartiklarna och kan endast göras tillgängligt via vittring (Eriksson et al. 2011; Fogelfors 2015). Den form av kalium som växterna kan ta upp är K^+ (Daroub & Snyder 2007). Den positiva laddningen gör att lösa kaliumjoner kan fästa mot och absorberas av negativt laddade lerpartiklar i marken (Eriksson et al. 2011; Fogelfors 2015). Jonerna som är fästa till ler är utbytbara i markvätskan och på så sätt kan det succesivt frigöras mer K^+ efter hand som växten tar upp det.

När kaliumjonerna har tagits upp transporteras de till cytoplasman i växtens celler där de är viktiga för den osmotiska funktionen då cellens vatteninnehåll justeras efter koncentrationen av kaliumjoner (Rice 2007). Det innebär att kalium är viktig för växtens förmåga att röra sig mot solen eller ifrån ett hinder då det kräver att vissa celler expanderar och andra minskar i storlek. Kalium är även viktig för många enzymer i växtens meristematiska vävnad och för bildningen av stärkelse. Vid låga kaliumnivåer kan även proteinsyntesen påverkas, vilket leder till ett högt innehåll av oanvända aminosyror och nitrat samtidigt som proteinnivåerna sjunker (Rice 2007).

2.4 Svavel (S)

Svavel tas upp i växten i form av sulfatjoner (SO_4^{2-}), däremot är det mesta av svavlet bundet i organiskt material i marken och måste därför mineraliseras för att bli tillgängligt (Daroub & Snyder 2007; Eriksson et al. 2011). Växterna kan även ta upp en del svavel från luften eller sulfatjoner som landar på bladen via nederbörd (Eriksson et al. 2011).

En del cellmembran är uppbyggda av sulfolipider som innehåller svavel (Rice 2007). Svavel ingår även i flera proteiner och enzymer som är viktiga vid flera metaboliska processer, såsom fotosyntes, groning, antioxidation vid störningar och kväveinlagring hos baljväxter. Flera vitaminer innehåller svavel och det är även svavel som gör att brassicaceae luktar som de gör när de blir skadade samt varför ögonen tåras när lök hackas.

2.5 Kalcium (Ca)

Kalciumjonen Ca^{2+} är den i marken vanligaste katjonen och är därmed en viktig del i jonutbytet (Eriksson et al. 2011). I Sverige utlakas mycket kalcium och behöver därför ersättas. Växternas kalciumbehov är inte särskilt stort men Ca^{2+} är desto viktigare för marken och katjonutbytet, därför tillsätts det ofta genom kalkning (Daroub & Snyder 2007; Eriksson et al. 2011; Fogelfors 2015). Kalium och magnesium påverkar tillgängligheten på kalcium negativt och kan därmed försvåra upptaget för växten (Huber and Graham, 1999).

Till skillnad från andra makronäringsämnen transporteras kalciumjonen via cellväggarna i stället för cytoplasman för att inte reagera med fria fosfatjoner eller ta upp plats för magnesiumjoner (Rice 2007). Kalcium är viktigt för cellväggarnas uppbyggnad och därmed växtens styrka, vilket leder till att vävnader börjar brytas ned och cellmembranen kan börja läcka vid brist. I och med att kalcium är så viktigt för cellväggarna är det väldigt viktigt vid tillväxt, bildandet av nya växtdelar och för att läka sårskador (Rice 2007; Tripathi et al. 2022).

2.6 Magnesium (Mg)

Även magnesium finns i marken som utbytbara joner (Mg^{2+}) och är därmed viktig för katjonbyteskapaciteten (Daroub & Snyder 2007; Fogelfors 2015). Det finns mer Mg^{2+} ju högre lerhalten är och förutom bladgödsling med MgSO_4 går det även att kalka med dolomit ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$) för att öka tillgången av magnesium (Eriksson et al. 2011). Kvoten mellan kalium och magnesium kan påverka växternas möjlighet

att ta upp magnesium negativt. Även lågt pH gör det svårare för växten att ta upp magnesium (Huber & Jones 2013).

Magnesium transporteras mellan celler via cytoplasman och har en central position i klorofyllmolekylen (Rice 2007). Magnesium agerar även brygga mellan ATP och enzymer vilket gör den viktig för både uppbyggnad och nyttjande av ATP.

2.7 Mangan (Mn)

Mangan finns löst i markvätskan och bundet till lerpartiklar som Mn^{2+} (Daroub & Snyder 2007; Eriksson et al. 2011). Förekomsten av växttillgängligt mangan avgörs till stor del av markens pH-värde, då surare jordar har högre nivå tillgängligt mangan. Vid pH över 6 kan det därmed finnas risk för brist och i så fall går det att bladgödsla med exempelvis $MnSO_4$ (Eriksson et al. 2011).

Mangan ingår i flera redoxprocesser i växten och även flera enzymer, såsom MN-SOD som skyddar mitokondrierna från superoxidradikaler (O_2^-) genom att föra över elektroner till dem och succesivt göra om dem till vatten och syre. (Rice 2007). Mangan är också viktig i koldioxidupptaget i C4-växter och i bildandet av fettsyror.

2.8 Koppar (Cu)

Koppar finns i stor andel som Cu^{2+} i marken men det mesta är på olika sätt hårt bundet till ler, humus och järnpartiklar (Eriksson et al. 2011). Vid jordbruk utan djur kan det bli bristproblem då kopparn inte förs tillbaka till åkermarken i samma grad som där stallgödsel används.

Flera enzymer innehåller koppar varav en är CuZn-SOD som också skyddar mot superoxidradikaler men i fotosyntesprocessen (Rice 2007). Koppar är även delaktigt i att bilda melanin över skador på växten, exempelvis på äpplen och potatis. Koppar är även en del i bildandet av lignin som bygger starka cellväggar och gör att cellväggarna lignifieras och blir starkare efter mekaniska skador (Rice 2007).

2.9 Bor (B)

Av det bor som finns i marken är det mesta otillgängligt för växten då det antingen är en del av markpartiklarna eller hårt bundet till lerpartiklar, järn och aluminiumoxider eller organiskt material (Daroub & Snyder 2007).

Tillgängligheten av bor beror till stor del av pH eftersom det absorberas som mest mellan pH 7–9 (Eriksson et al. 2011). Runt 80 procent av Sveriges jordbruksmark har borbrist och grödor som kål- och baljväxter har ett högt behov av bor (Marzec-Schmidt 2013). För höga givror av bor kan dock vara skadligt för växten.

Majoriteten av det bor som finns i växten agerar länkar i cellväggarna, vid borbrist sker då ändringar i cellväggarnas struktur (Rice 2007). Cellmembranen fungerar heller inte som de ska och läckage av joner kan ske mellan celler. Bor kan även skydda cellmembranen och brist kan påverka bildandet av RNA och transport av socker i växten (Rice 2007).

Bor stärker cellväggarna och bidrar till transporten av kolhydrater (Tripathi et al. 2022). Även cellväggarna och deras membran funktion påverkas bor och det är också viktigt i bildandet av fenol och lignin.

2.10 Zink (Zn)

Även zinkjoner kan bindas till markpartiklar som Zn^{2+} , $ZnOH^+$ och $ZnCl^+$ (Daroub & Snyder 2007). Tillgängligheten av zink blir lägre vid högre pH men i Sverige är det sällan brist på zink, likt koppar är det rena växtodlingsgårdar som har risk för brist (Eriksson et al. 2011).

Zink transporteras i xylemet och fungerar som katalysator i över 300 olika enzymer i växten (Rice 2007). Flera av vilka är viktiga för växtens kolinlagring och fotosyntes och därmed inlagring av stärkelse och sockerarter. Brist av zink leder därför ofta till försämrad tillväxt. Zink ingår även i CuZn-SOD och är viktig vid transkriptionen av DNA och RNA (Rice 2007).

2.11 Kisel (Si)

Kisel är ett av de vanligaste ämnena i marken men är samtidigt väldigt svårslösligt (Daroub & Snyder 2007). Den växttillgängliga formen av kisel är H_4SiO_4 vilken lätt kan binda sig till diverse tungmetaller. Jonformen $Si(OH_3)^-$ kan även byta plats med fosfatjoner i kalcium, järn och aluminiumföreningar, på så sätt kan växttillgängligt fosfor frigöras. Kisel blir mer svårtillgängligt för växter vid högre pH (Daroub & Snyder 2007).

Trots att kisel inte klassas som ett essentiellt näringsämne för de flesta växter har studier ändå visat på dess fördelar för växtens utveckling och välmående (Rice

2007). Anledningen till att det är svårt att bevisa kisels effekter är för att det ständigt är närvarande i marken och i föreningar med andra näringsämnen.

Verkningsmekanismer

Genom att stärka växtens motståndskraft mot sjukdomar, ökar dess resistens (Huber & Graham 1999). Resistens innebär att svampen inte alls kan interagera med växten, till skillnad från tolerans som innebär att växten kan växa och fortsätta leverera trots infektion, i dagligt tal blandas de ofta ihop.

Genetisk resistens kan bero på att vissa genotyper har lättare att ta upp och använda den näring som behövs till självförsvaret (Huber & Graham 1999). Det innebär att angreppsgraden kan bli större hos den vanliga genotypen när det är lägre nivåer av de begränsande näringsämnena och att den genetiska fördelen inte har lika stor betydelse i jordar med god näringsstatus.

3.1 Stärka växtens fysiska skydd

Genom lignifiering, ärrbildning och bildandet av ny växtvävnad efter en skada stärks växtens yttre barriär (Huber & Graham 1999). Vid lignifiering stärker lignin växtens yttre skal och gör det svårare för svampen eller sporererna att penetrera ytan, där har koppar en viktig funktion i äldre plantor. Tillräckligt med mangan gynnar bildandet av ny växtvävnad efter en skada vilket gör det svårare för sjukdomen att angripa.

Även kisel kan stärka växtens yttre barriärer (Huber & Graham 1999). Kiseln rör sig med transpirationen via växtens xylem och placeras i och runt om cellväggarna i stjälk, rötter, blad, blomställningar och skott (Rice 2007). Därmed bidrar kisel till en mekaniskt starkare planta och skapar en skyddande barriär mot abiotiska störningar som vind och kyla. Men även mot biotiska störningar som angrepp av insekter och svampar då kiseln stärker cellväggarna i både blad och xylem där de flesta svampangrepp sker (Huber & Graham 1999; Rice 2007).

3.2 Samling av hämmande föreningar vid infektionen

Hämmande föreningar såsom enzymer, hormoner och fenoler kan beroende på växtens näringsstatus mobiliseras till den plats där infektionen har skett och hämma

angreppet (Huber & Graham 1999). Mangan, koppar, järn och bor är viktiga i bildandet och funktionen av enzymerna och kan ibland ha en kurerande effekt på vissa sjukdomar. Samling av näringsämnen vid infektionen kan även ha en skadlig effekt på svampen som hindrar den från att sprida sig vidare i plantan (Huber & Graham 1999).

3.3 Motstånd mot nedbrytning

Det finns samband mellan kalcium och angreppsgraden av nedbrytande sjukdomar (Huber & Graham 1999). Kalcium förbättrar cellväggarnas struktur vilket gör det svårare för svampen att bryta ner cellen. Även magnesium är viktigt för cellens struktur och kan minska växtens känslighet för nedbrytande enzym från vissa svampar (Huber & Graham 1999).

3.4 Växa ifrån infektionen

Lägre näringstillgång, eller genomtänkt gödsling vid näringsbrist, av både makro och mikronäring kan leda till tidigare mognad hos en växt (Huber & Graham 1999). Då växtmaterialet mognar snabbare blir det svårare för svampar att hinna angripa färsk vävnad. Särskilt vid hög gödsling av kväve gynnas växtens tillväxt och senarelägger mognaden. Det leder till att det finns mer färsk vävnad under längre tid och det blir lättare för vissa bladsvampar att angripa växten (Huber & Graham 1999).

3.5 Tolerans

Ökad tolerans innebär att växten har lättare att klara sig trots ett sjukdomsangrepp. Till exempel genom att växa ifrån området som svampen har infekterat och därmed kompensera för skadan (Huber & Graham 1999). Både kväve och fosfor har ökat toleransen mot mjöldagg med högre skördar trots ökade angrepp. Däremot har inte kalium haft någon effekt till eller från på toleransen. Kväve och fosfor är också viktiga för rottillväxt och har därmed även toleranshöjande effekt mot rottrötter. En större tillgång på exempelvis kväve i marken kan även underlätta näringsupptaget trots skadade rötter. Ett annat sätt tolerans kan visa sig är om infektionen sker i en icke vital del av växten. Vissa höstvetesorter kan lagra in kväve i växtvävnaden och sedan förflytta och använda till kärnsättningen (Huber & Graham 1999).

3.6 Störa eller gynna mikrober i omgivningen

Det finns mikrober i växtens omgivning som både kan stärka samt försvaga angripande patogener (Huber & Graham 1999). Markorganismer kan också gynna eller störa växtens näringstillgång genom att immobilisera eller mobilisera näringen via mineralisering, nitrifikation eller denitrifikation. Exempelvis oxiderar vissa markorganismer mangan och i de jordarna kan bristsymptom förekomma (Huber & Graham 1999).

Näringens sjukdomspåverkan

Svampsjukdomar uppkommer genom att svamparna på olika sätt måste livnära sig på sin värdväxt och därmed uppkommer skador som kan minska produktionen eller till och med döda plantan (Solomon et al. 2003). För att lyckas med angreppet måste svampen ta sig in i plantan och kunna använda sig av dess tillgängliga näring, samt undvika dess olika försvarsmekanismer.

Svampsjukdomarna klassas in i olika grupper beroende på hur de infekterar och parasiterar på värdväxten. Nekrotrofa svampar dödar sina värdväxter med hjälp av enzymer och toxiner och de antas därför vara effektivast vid högre näringstillgång. Däremot visar de sig vara effektivare vid låga näringsvärden då växtens immunförsvar är lägre (Newton & Guy 1998). Bladfläckar (*pyrenophora* spp.), bomullsmögel och fusarium är exempel på nekrotrofa svampar. Biotrofa svampar tar i stället sin näring och energi från levande växtceller (Fei & Liu 2022). Några exempel på biotrofa svampsjukdomar är mjöldagg, bönrost, gulrost och potatisbladmögel.

4.1 Kväve

I en metaanalys av Veresoglou et al. (2012) påverkade olika kombinationer av NPK gödslingar sjukdomsgraden hos växter. Däremot fanns inte något signifikant samband till ett visst näringsämne eller kombination, utan resultatet kunde endast tolkas som trender åt olika håll.

Kvävegödslingen ökar tillväxten av mjuk vävnad med mindre mängd aminosyror i cellväggarna vilket gör det lättare för flera svampsjukdomar att angripa och sprida sig i plantan (Tripathi et al. 2022). Kväve ökar därmed växtens mottaglighet av biotrofa svampar men minskar mottagligheten för nekrotrofa svampar (Lecompte et al. 2010). Det kan bero på att de biotrofiska svamparna kräver en fungerande näringstillförsel i växten medan de nekrotrofa svamparna i stället dödar cellerna för att få tag på näringen.

Kvävets exakta påverkan på svampsjukdomar är fortfarande inte helt känd då olika studier ofta kommit fram till olika resultat och det behövs därmed mer forskning på ämnet (Yang et al. 2010; Tripathi et al. 2022).

4.1.1 Spannmål (*Triticum aestivum*, *Hordeum vulgare*, *Avena sativa* & *Secale cereale*)

Fusarios (*Fusarium* spp.)

Axfusarios påverkar inte bara skörden negativt utan bildar även mykotoxiner som kallas DON och är skadliga för både människor och djur. Starka angrepp sker i Sverige ungefär två av tio år, i första hand i havre och vårvete men det kan även förekomma i höstvetete (Jordbruksverket 2023). I en undersökning av Yang et al. (2010) inokulerades korn med fusarium och gödslades sedan med motsvarande 15 eller 100 kg N/ha, varvid både mängden fusarium och DON var mycket lägre där den högre givan getts.

Rotdödare (*Gaeumannomyces tritici*)

I en fältstudie av Garrett (1948) undersöktes hur gödsling med N P K påverkade angrepp av rottdödare. Där minskade sjukdomen i första hand vid kvävegödsling men även vid tillförsel av fosfor och kalium.

Bladfläcksvampar (*Drehslera tritici-repentis*, *Parastagonospora nodorum*, *Septoria tritici* & *Cochiobolus sativus*)

I en studie av Krupinsky et al. (2007) följdes angreppen av bladfläcksvampar under 11 år vid olika typer av bearbetning och kvävegödselmängder. De sjukdomarna som följdes var vetets bladfläcksjuka, brunfläcksjuka, svartpricksjuka och bipolaris. Under fem av åren var nederbörden så pass låg att det inte gick att se någon signifikant skillnad på angreppen. Resterande år var mängden bladfläcksvampar i



Figur 2. Vetets bladfläcksjuka (*Drehslera tritici-repentis*) i höstvetete.

genomsnitt 62 % högre i leden med låg kvävegiva (Krupinsky et al. 2007). Även Huber et al. (1987) fann att kvävegödsling minskar angreppen av vetets bladfläcksjuka. Däremot har höga givor kväve lett till större angrepp av brunfläcksjuka och svartpricksjuka i en studie av Howard et al. (1994), men även där varierade sjukdomsgraden mycket mellan olika år likt studien av Krupinsky et al. (2007).

Gulrost (*Puccinia striiformis*)

Kvävegödsling kan öka angreppen av vissa svampar, särskilt gulrost hos vete (Howard et al. 1994; Devadas et al. 2014). I Sverige finns i dagsläget ett stort bekämpningsbehov i höstvete där flera av de vanligaste sorterna är mycket mottagliga (Jordbruksverket 2023). Däremot visar en studie av Devadas et al. (2014) att gulrost har lika stor påverkan på skörden oavsett kvävemängd. Då kvävemängden ökar, ökar även bladens storlek och mängden rost i samma takt och all bladyta som inte är angripen kan fortfarande fotosyntetisera.



Figur 3. Gulrost i höstvete.

Vid låga gödselgivor kan mängden sporulerande pustlar minska samt göra det svårare för svampen att angripa ny vävnad (Robert et al. 2004). Sjukdomsutvecklingen kan också påverkas av fosfor och kalium då dessa gödslats tillsammans med kvävet.

Mjöldagg (*Blumeria graminis*)

Hos vårkorn ökar andelen bladyta täckt av mjöldagg signifikant i samband med tillförd mängd kväve (Jensen & Munk 1997). Den ökade mängden kväve ökade mängden sporer och gjorde det lättare för svampen att angripa och sprida sig vidare. Kvävegödsling av korn kan leda till att angripen bladyta av mjöldagg ökat från 10 till 20 % (Huber & Graham 1999). Genom ökad tolerans har dock kvävet bidragit till 50 % högre skörd trots ökat angrepp.

4.1.2 Potatis & tomat (*Solanum* spp.)

Kväve har minskat angrepp av *Verticillium* spp. hos tomater (Veresoglou et al. 2012). Kväve har även minskat angreppen av gråmögel på tomatplantor i labb (Lecompte et al. 2010). Däremot har hög tillgång på nitrat ökat mängden kalium i modellväxten backtrav (*Arabidopsis thaliana*), efter tidigare kaliumbrist påverkar då det extra tillskottet av kalium immunförsvaret negativt och ökar sjukdomsangreppet (Limami et al. 2022).

4.2 Fosfor

Gödsling med endast fosfor påverkade sjukdomsangreppen mindre än vad kväve gjorde men tillsammans gav de den största ökningen av angrepp. Detta beror antagligen på deras förmåga att öka tillväxten och betyder att något begränsad tillgång skulle kunna gynna växtens motståndskraft mot sjukdomar (Veresoglou et al. 2012). Fosfor har en oklar påverkan på svampangrepp, men vid yttre skador har ATP en roll i att signalera och aktivera växtens självförsvar (Tripathi et al. 2022).

4.3 Kalium

I en stor litteraturstudie från International Potash Institute (Perrenoud 1990) framgår det att växter med kaliumbrist är mer mottagliga för svampsjukdomar och att svampangreppen minskade i 70 % av fallen, men att de ökat i 23 % av fallen. En ökning av kaliumjoner K^+ hjälper växten att flytta resurser för att bygga upp en skyddande barriär samt läka skador (Tripathi et al. 2022). Då kalium påverkar enzymer och flera processer i växten kan god tillgång av kalium öka mängden stora molekyler i växten såsom protein, stärkelse och cellulosa. Samtidigt minskar andelen mindre molekyler som aminosyror och lösliga sockerarter, vilka är viktiga för att svampen ska kunna etablera sig. Därmed ökar växtens motståndskraft mot sjukdomarna (Tripathi et al. 2022).

4.4 Kalcium & Magnesium

Växter med kalciumbrist är mer mottagliga för svampangrepp och att tillföra kalcium har visat sig öka växtens motståndskraft (Tripathi et al. 2022). Vid lägre kalciumnivåer har svampar lättare att ta sig in i xylemet och förstöra cellväggarna vilket leder till att växten vissnar. Kalcium agerar även budbärare för att starta metaboliska skyddsprocesser vid skador (Tripathi et al. 2022).

Magnesiumbrist kan minska växtens energiproduktion vilken är viktig för dess självförsvar. (Huber & Jones 2013).

4.4.1 Spannmål

Att tillföra magnesiumklorid ($MgCl_2$) tillsammans med ammoniumkväve hjälper både till att minska förekomsten av rotdödare och att öka skörden (Huber & Jones 2013). Att kalka med magnesium i form av dolomit kan däremot ha motsatt effekt då en ökning av pH gör det svårare för växten att ta upp mangan.

4.4.2 Kålväxter (*Brassicaceae*)

Klumprotsjuka (*Plasmodiophora brassicae*) orsakar skördebortfall med 10–15 % i kålväxter världen över (Dixon 2009). I Sverige blir raps mer och mer populär att odla till följd av ökade skördar och höga avsalupriser (Wallenhammar et al. 2014). Det har lett till ökade problem med klumprotsjuka och angrepp hittas idag på platser där den inte funnits på flera decennier.



Figur 4. Klumprotsjuka i höstraps.

Jordar med högre pH och kalciuminnehåll anses minska angrepp av klumprotsjuka (Young et al. 1991). Vid ett pH-värde över 7,3 hittas inga påverkade rötter och vid pH 7,2 hade kalcium och magnesium en hämmande effekt på klumprotsjukan. Med det sagt så verkade ändå pH-värdet ha störst betydelse även om kalcium och magnesium också påverkade (Young et al. 1991).

4.4.3 *Solanum* spp.

Fusarium oxysporum f.sp. *lycopersici*

Kalkning har haft en minskande effekt av fusarios på tomat som gör att plantan vissnar. Detta beror inte på en ökad mängd kalcium och magnesium som vanligtvis skyddar växten från nedbrytning (Huber & Jones 2013). Det beror i stället på att mikronäring som Fe, Mn och Zn blir mer svårtillgängligt vid högre pH och svampen behöver de näringsämnen för att ha en fungerande sporulation och tillväxt.

4.5 Svavel

Svavel är en del i växtens självförsvaret och signalerar när ett angrepp sker (Tripathi et al. 2022). Svavel ingår även i aminosyran cystein som är viktig för självförsvaret genom att den påverkar sporernas förmåga att gro samt har minskat mycelets tillväxt i vinrankor.

4.6 Mikronäringsämnen

Mikronäringsämnen såsom mangan (Mn), koppar (Cu), zink (Zn) och bor (B) kan även de ha inflytande på flera olika sjukdomar, här nedan presenteras några.

4.6.1 Spannmål

Vid god tillgång på mangan och koppar bildas lignin runt hyferna på rotdödare (*Gaeumannomyces tritici*) och kan därmed minska angreppet med 80 procent i jämförelse med odling vid manganbrist (Huber & Graham 1999). Vid bibehållandet av en god mangannivå kunde spridningen av rotdödare minskas ännu mer.

4.6.2 Kålväxter (*Brassicae*)

I försök med bor har angreppsnivån av klumprotsjuka (*Plasmodiophora brassicae*) varit ungefär lika stor som utan bor med lika många smittade plantor, men genom ökad tolerans har rötterna inte blivit lika sjuka (Marzec-Schmidt 2013).

4.6.3 Baljväxter (*Fabaceae*)

Rotröta (*Fusarium avenaceum*, *Fusarium culmorum*, *Cylindrocarpon destructans* & *Phoma medicaginis*)

Rotröta är en av huvudorsakerna till att rödklöver (*trifolium pratense*) dör ut i vallar efter andra året (Wallenhammar 2008). I en studie av mikronäringsämnenas effekt på rotröta av Stoltz & Wallenhammar (2012) minskade både mangan och zink angreppen och ökade därmed överlevnaden av rödklöver. I en fältstudie, de båda gjorde några år senare, kunde de inte se att mangan och zink hade någon större påverkan på rotrötan, men däremot ökade de klöverskörden (Stoltz & Wallenhammar 2017).

Ärtrotröta (*Aphanomyces euteiches*)

Ärtor (*Pisum sativum*) kan bli drabbade av ärtrotröta och angreppen ger i genomsnitt 10 % skördebortfall, även om vissa fält kan bli helt nedsmittade (Hughes & Craig 2007). Gödsling med bor kan däremot minska angreppsgraden av ärtrotröta genom ökad tolerans (Marzec-Schmidt 2013).

I praktiken

Det går inte att bara sprida diverse gödselmedel i odlingen och tro på ett bra resultat, utan det kräver kunskap om hur grödan och näringsämnet fungerar samt agerar med varandra och omgivningen (Huber & Haneklaus 2007). Det är viktigt att rätt giva ges vid rätt tid och med rätt metod utifrån vilka gårdens och grödans förutsättningar är. Här presenteras hur två olika gårdar använder sig av något annorlunda växtnäringsstrategier för att bygga upp och stärka grödorna.

5.1 Biskopshagens odlingar

Joel Månsson driver en gård med ekologisk grönsaksodling utanför Lund. Omställningen till ekologiskt påbörjades 2014 och idag odlas 250 hektar varav 30–40 hektar är grönsaker. Joel har en lite annorlunda gödslingsstrategi och försöker arbeta med naturen för att nå så bra resultat som möjligt. Han arbetar därför mycket med växtföljden och organiska, komposterade gödselmedel. Genom att exempelvis lägga in frövallar med klöver i växtföljden har han minskat behovet av kvävegödsling och han försöker gödsla mer med andra essentiella näringsämnen i stället för enbart kväve, det är både billigare och han upplever bättre resultat.

För att avgöra och lära sig mer om vilka näringsämnen det finns behov av tar han regelbundet plantsaftanalyser som skickas till ett laboratorium i Nederländerna. Där får han svar på bladens näringsinnehåll samt sockerhalt och elektrisk konduktivitet. Än så länge har han mest testat det i grönsakerna då det finns mest att vinna där då gödselmedlen är dyra. Han har under 2022 även provat det lite i baljväxterna då det inte gödslas med kväve till dem vilket gör det lättare att se de andra ämnenas effekt. Målet är även att göra det i större skala och även i spannmålen i framtiden men just nu försöker han bara lära sig mer om hur sambanden fungerar.

Joel menar att plantsaftanalyserna hjälper honom att se om han gödslar för mycket eller för lite av något ämne. Hans grödor har sällan brist på kalium då det cirkulerar en del på gården tack vare grönsaksodlingen, han kan också ofta se att grönsakerna innehåller höga mängder ammonium. När han minskar kvävegödselmängden innehåller de lägre mängd ammonium och får även högre sockerhalt.

För att inte växterna ska innehålla så mycket ammonium komposterar han inköpt stallgödsel eller väljer gödselmedel med låg kol/kväve-kvot (vinass & biofer). Till baljväxterna har han fokus på kalcium, magnesium, svavel och bor då han kan se i plantsaftsanalyserna att de ämnena brukar fattas. Kalcium och magnesium gödslar han i form av granulerad dolomitkalk i ganska små mängder. För att sakta öka nivåerna av bor lägger han en granulerad borprodukt i grödor som vitklöver, raps och baljväxter. I spannmål kör han i stället en granulerad svavelprodukt som innehåller 2 % bor. Joel vill undvika att bladgödsla makronäring utan försöker i stället lära sig vad som brukar behövas utifrån analyserna. I grönsakerna bladgödslar han däremot med molybden, mangan, zink och koppar.

I ärtorna fick han förra året rekordskörd och hade endast gödsel med Ca, Mg, S och B. Han upplever särskilt fina effekter av att tillföra mer magnesium och kalcium, trots att jordproverna visar att det finns gott om det i marken så ser han inte samma utslag i analyserna, växterna tar alltså inte upp det. Effekterna han nämner är inte de samma som man förväntar sig av kvävegödsling utan han upplever generellt att grödan mår bättre och fungerar bättre. De har haft ganska få problem med svampsjukdomar över lag sedan de gick över till ekologiskt och en stor del kan nog förklaras av den mer varierade och genomtänkta växtföljden.

5.2 Tim Parton, Brewood Park Farm

Tim Parton sköter odlingen av 300 hektar åkermark på Brewood Park Farm i västra England. Han har slutat plöja och direktsår endast (Agricology 2022). Han arbetar med att gynna markens mikroorganismer och ”brygger” även en egen blandning med bakterier som han tillsätter till jorden i samband med sådd (Allison 2021). Utan att använda sig av kemiska bekämpningsmedel och i stället försöka gynna nyttoinsekter, svampar och bakterier genom strategisk gödsling kan han nu gödsla med 40 kg mindre kväve per hektar och ändå få bättre skördar (Allison 2021; Agricology 2022).

Tankesättet han har är att han vill få så höga skördar med så bra kvalitet som möjligt, men med minsta möjliga insatser (Falcon Films UK 2021). Genom att arbeta smartare med växtnäring kan han minska kvävegivorna vilket är gynnsamt ur fler perspektiv än bara sjukdomsförekomst, exempelvis ekonomisk vinning och minskade kväveläckage. För att stärka cellväggarna och skydda från angrepp i en redan torkstressed gröda bladgödslar han genom att spruta med en blandning av kalium och kisel (Falcon Films UK 2021).

Diskussion

Baserat på de av arbetet behandlade studierna så verkar växtnäring kunna påverka både förekomst och angrepp av svampsjukdomar. Vissa växtnäringsämnen minskar angreppen och vissa ökar dem i stället. Däremot är många av studierna utförda i kontrollerade miljöer såsom labb och växthus och flera av fältstudierna har fått varierande resultat. Det visar på ämnets komplexitet då det hela tiden finns så många variabler som påverkar resultatet och som gör det svårt att undersöka i fält. Då näringsämnena påverkar varandras funktioner och upptag i växten kan det vara svårt att avgöra vilken åtgärd som givit resultatet. Som i studien av Limami et al. (2022) där det undersöktes hur kalium påverkar nitratinnehållet och hur det i sin tur påverkar växtens immunförsvar, då blir det svårt att avgöra vad exakt som har bidragit resultatet.

Innehållet i den här litteraturstudien är långt ifrån hela bilden, utan kan snarare ses som ett smakprov eller en introduktion till ämnet. Målet var att studera flera näringsämnen samt gå djupare in på sjukdomar och verkningsmekanismer. Utefter det material som använts har därmed kväve fått ett större fokus än andra ämnen. Det kan även bero på att kväve är det mest använda näringsämnet vilket har lett till ett ökat intresse att studera dess påverkan på sjukdomsangrepp och utveckling. Flera källor kommer även fram till att det är svårt att avgöra kvävetts roll (Tripathi et al. 2022; Yang et al. 2010) då det gynnar en del svampar och missgynnar andra, samt har en så pass stor skördehöjande effekt att det ofta kan kompensera för ökade angrepp (Huber & Graham 1999; Devadas et al. 2014).

Baserat på de praktiska exemplen från Biskopshagens odlingar och Brewood Park Farm verkar även formen av det gödslade kvävet påverka växtens självförsvar. Det hade därför varit intressant att studera vidare källor som artikeln av Huber & Watson (1974) som redovisar hur många olika sjukdomar och grödor blir påverkade av kväveformen.

För att ha en frisk gröda krävs att någon av de tre faktorerna som behövs för infektion (gröda, svamp eller miljö) tas bort. Bildligt sett förflyttas någon av cirkelarna i *Figur 1* så att de inte längre överlappar och då kan heller ingen infektion ske. Vid användandet av fungicider är det svampcirkeln som tas bort genom att

bekämpningsmedlet dödar svampen. Det som talar för att en förebyggande växtnäringstrategi i stället kan fungera är att det skulle stärka växtens skick och motståndskraft och därmed förflytta grödans cirkel från att bli mottaglig för svampsjukdomen. Däremot finns det andra faktorer som spelar in mer på grödans motståndskraft såsom sortval, samt miljöförhållanden som nederbörd (Huber & Haneklaus 2007). Det behövs mer forskning på ämnet i fältförhållanden för att verkligen kunna förstå näringsämnenas påverkan. I en framtid där det finns friskare sorter, bättre växtföljd kanske växtnäring kan bli en faktor med större betydelse för svampangrepp än de anses vara i dagsläget.

Med tanke på de varierande forskningsresultaten i fältförsök (Stoltz & Wallenhammar 2017) är det svårt att se hur en konventionell odlare i dagsläget skulle börja arbeta och prova sig fram med växtnäring som förebyggande metod. Det skulle kunna bero på flera saker, som att det finns flera andra faktorer som påverkar mera, exempelvis sortval, växtföljd och väder. Sedan kan det vara svårt för odlare att våga prova något nytt och annorlunda. Kvävet är som beskrivits det mest använda näringsämnet och att våga minska kvävegivorna och i stället sprida mer av andra näringsämnen kan upplevas riskera grödans avkastning.

I framtiden kan växtnäring bli en viktigare del i förebyggandet av svampsjukdomar, särskilt med ökade resistensproblem (Jordbruksverket 2010) och politiska beslut som går mot en minskad kemikalieanvändning (Riksdagen 2022). Därför är det även viktigt att det bedrivs mer långliggande fält-forskning på ämnet för att branschen ska kunna ta med växtnäring i sin IPM-strategi. Då Jordbruksverket arbetar mycket med IPM och lantbrukets lönsamhet borde försök om växtnäringens påverkan intressera dem mer.

Det bedrivs idag flera olika typer av strategiförsök inom både växtnäring och svampbehandling. I gödslingsförsöken bör det gå att ha obekämpade led där även svampangrepp graderas, särskilt i långliggande försök.

Slutsats

- Växtnäring kan påverka på växters mottaglighet av svampsjukdomar, både till det positiva och negativa.
- Det finns många olika mekanismer hos växter och näringsämnen som påverkar svampsjukdomar och ibland motarbetar de varandra.
- Funktionerna och sambanden är så pass komplexa att resultaten är svåra att mäta i okontrollerade miljöer, som i fältförsök.
- Fler strategiska fältstudier behövs för att kunna avgöra växtnäringens förebyggande roll mot svampsjukdomar i det konventionella jordbruket.

Referenser

- Agricology (2022). *Tim Parton farm case study*. [Video].
<https://www.youtube.com/watch?v=qwwqRYY6K4E> [2023-05-13]
- Allison, R. (2021). Farmers Weekly Awards: Farm Innovator of the Year. *Farmers Weekly*. 21-02-11. <https://www.fwi.co.uk/events/awards/farmers-weekly-awards-2020-farm-innovator-of-the-year> [2023-05-15]
- CABI (u.å.). *CABI Digital Library*. <https://www.cabidigitallibrary.org/> [2023-05-18]
- Daroub, S. H. & Snyder, G. H. (2007). The Chemistry of Plant Nutrients in Soil. I: Datnoff, L. E., Elmer, W. H., Huber, D. M. (red.) *Mineral Nutrition and Plant Disease*. Saint Paul: The American Phytopathological Society. 1-7.
- Devadas, R., Simpfendorfer, S., Backhouse, D., Lamb, D. W. (2014). Effect of stripe rust on the yield response of wheat to nitrogen. *The Crop Journal*. 2(4), 201-206.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214514114000397>
- Dixon, G. R. (2009). The Occurrence and Economic Impact of *Plasmodiophora brassicae* and Clubroot Disease. *Journal of Plant Growth Regulation*. 28, 194-202. <https://link.springer.com/article/10.1007/s00344-009-9090-y>
- Eriksson, J., Dahlin, S., Nilsson, I., Simonsson, M. (2011). *Marklära*. Lund: Studentlitteratur.
- Falcon Films UK (2021). *Tim Parton Video Diary – June Visit*. [Video] <https://www.youtube.com/watch?v=K0D7srQMZYU&t=182s> [2023-05-23]
- Fei, W., Liu, Y. (2022). Biotrophic Fungal Pathogens: a Critical Overview. *Applied Biochemistry and Biotechnology*. 195, 1-16.
<https://link.springer.com/article/10.1007/s12010-022-04087-0>
- Fogelfors, H. (red.) (2015). *Vår mat – odling av åker- och trädgårdsgrödor*. Lund: Studentlitteratur.
- Garrett, S. D. (1948). Soil Conditions and Take-All Disease of Wheat. *Annals of Applied Biology*. 35(1), 14-17.
<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1744-7348.1948.tb07345.x>
- Howard, D. D., Chambers, A. Y., Logan, J. (1994). Nitrogen and Fungicide Effects on Yield Components and Disease Severity in Wheat. *Journal of Production Agriculture*. 7(4), 448-454.
<https://access.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.2134/jpa1994.0448>
- Huber, D. M. & Watson, R. D. (1974). Nitrogen form and plant disease. *Annual Review of Phytopathology*. 12, 139-165.
<https://www.annualreviews.org/doi/pdf/10.1146/annurev.py.12.090174.001035>

- Huber, D. M., Lee, T. S., Ross, M., Abney, T. S. (1987). Amelioration of Tan Spot – Infected Wheat with Nitrogen. *Plant Disease*. 71(1), 49-50. https://www.apsnet.org/publications/PlantDisease/BackIssues/Documents/1987Articles/PlantDisease71n01_49.PDF
- Huber, D. M. & Graham, R. D. (1999). The Role of Nutrition in Crop Resistance and Tolerance to Diseases. I: Rengel, Z. (red.) *Mineral Nutrition of Crops*. Binghamton: The Haworth Press. 169–204.
- Huber, D. M. & Haneklaus, S. (2007). Managing Nutrition to Control Plant Disease. *Landbauforschung Völkenrode*. 4(57), 313–322. https://www.researchgate.net/profile/Dm-Huber/publication/228652549_Managing_nutrition_to_control_plant_disease/links/00b49538f7c3547cc6000000/Managing-nutrition-to-control-plant-disease.pdf
- Huber, D. M. & Jones, J. B. (2013). The role of magnesium in plant disease. *Plant and Soil*. 368, 73-85. <https://link.springer.com/article/10.1007/s11104-012-1476-0>
- Hughes, T. J. & Craig, R. G. (2007). Aphanomyces root rot (common root rot) of legumes. *The Plant Health Instructor*. DOI: 10.1094/PHI-I-2007-0418-01. <https://www.apsnet.org/edcenter/disandpath/oomycete/pdlessons/Pages/Aphanomyces.aspx>
- Jensen, B. & Munk, L. (1997). Nitrogen-induced changes in colony density and spore production of *Erysiphe graminis* f.sp. *hordei* on seedlings of six spring barley cultivars. *Plant Pathology*. 46(2), 191-202. <https://bsppjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1046/j.1365-3059.1997.d01-224.x>
- Jordbruksverket (2008). *Växtskyddsmedel och miljöeffekter*. (RA08:3). Jönköping: Jordbruksverket. https://www2.jordbruksverket.se/webdav/files/SJV/trycksaker/Pdf_rapporter/ra08_3.pdf
- Jordbruksverket (2010). *Fungicidresistens – åtgärder för att minimera risken*. (OVR177). Jönköping: Jordbruksverket. http://www2.jordbruksverket.se/webdav/files/SJV/trycksaker/Pdf_ovrigt/ovr177.pdf
- Jordbruksverket (2022). *Växtskyddsåtgärder*. <https://jordbruksverket.se/ipm> [2023-04-13]
- Jordbruksverket (2023). *Bekämpningsrekommendationer – Svampar och inseketer 2023*. Jönköping: Jordbruksverket. <https://www2.jordbruksverket.se/download/18.2393d4da186f9f6483a62c9b/1679401867947/be17v35.pdf>
- Kemikalieinspektionen (2022). *Växtskyddsmedel*. <https://www.kemi.se/kemikalier-i-vardagen/kemikalier-i-hemmet-och-pa-fritiden/vaxtskyddsmedel> [2023-04-13]
- Krupinsky, J. M., Halvorson, A. D., Tanaka, D. L., Merrill, S. D. (2007). Nitrogen and Tillage effects on Wheat Leaf Spot Diseases in the Northern Great Plains. *Agronomy Journal*. 99(2), 562-569. <https://access.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.2134/agronj2006.0263>
- Lecompte, F., Abro, M. A., Nicrot, P. C. (2010). Contrasted responses of *Botrytis cinerea* isolates developing on tomato plants grown under different nitrogen

- nutrition regimes. *Plant Pathology*. 59(5), 891-899. <https://bsppjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/j.1365-3059.2010.02320.x>
- Limami, A., Hirel, B., Lothier, J. (2022). Does Potassium (K⁺) Contribute to High-Nitrate (NO₃⁻) Weakening of a Plant's Defense System Against Necrotrophic Fungi?. *International Journal of Molecular Sciences*. 23(24), 15631. <https://www.mdpi.com/1422-0067/23/24/15631>
- Marzec-Schmidt, K., Persson, L., Wallenhammar, A-C., Jonsson, A. (2013). *Control of soil borne pathogens with boron*. XVIIth International Plant Nutrition Colloquium & Boron Satellite Meeting: Istanbul. https://www.researchgate.net/publication/323739017_Control_of_soil_borne_pathogens_with_boron
- Miljödepartementet (2022). *Förordning om hållbar användning av växtskyddsmedel*. (Fakta-pm om EU-förslag 2021/22:FPM112 : COM(2022) 305). Stockholm: Regeringskansliet.
- Newton, A. C., Guy, D. C. (1998). Exploration and exploitation strategies of powdery mildew on barley cultivars with different levels of nutrients. *European Journal of Plant Pathology*. 104, 829-833. <https://link.springer.com/article/10.1023/A:1008614621523>
- Näringsdepartementet (2017). *En livsmedelsstrategi för Sverige – fler jobb och hållbar tillväxt i hela landet*. (Regeringens proposition 2016/17:104). Stockholm: Regeringskansliet.
- Perrenoud, S. (1990). Potassium and Plant Health. IPI Research Topics No.3. 2 uppl. Bern: International Potash Institute. https://www.ipipotash.org/uploads/udocs/ipi_research_topics_no_3_potassium_and_plant_health_2nd_completely_revised_edition.pdf
- Rice, R.W. (2007). The Physiological Role of Minerals in the Plant. I: Datnoff, L. E., Elmer, W. H., Huber, D. M. (red.) *Mineral Nutrition and Plant Disease*. Saint Paul: The American Phytopathological Society. 9-29
- Robert, C., Bancal, M-O., Ney, B., Lannou, C. (2004). Wheat leaf photosynthesis loss due to leaf rust, with respect to lesion development and leaf nitrogen status. *New Phytologist*. 165(1), 227-241. <https://nph.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/j.1469-8137.2004.01237.x>
- Solomon, P. S., Tan, K-C., Oliver, R. P. (2003). The nutrient supply of pathogenic fungi; a fertile field for study. *Molecular Plant Pathology*. 4(3), 203-210. <https://bsppjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1046/j.1364-3703.2003.00161.x>
- Stoltz, E., Wallenhammar, A-C. (2012). Micronutrients reduce root rot in red clover (*Trifolium pratense*). *Journal of Plant Disease and Protection*. 119(3), 92-99. https://www.researchgate.net/publication/258205759_Micronutrients_reduce_root_rot_in_red_clover_Trifolium_pratense
- Stoltz, E. Wallenhammar, A-C. (2017). *Slutrapport för projektet - Mangan och zink kan minska angreppen av rotröta i rödklöver under fältförhållanden vallår 2*. Hushållningssällskapet. <https://hushallningssallskapet.se/wp-content/uploads/2016/02/slutr-mn-zn-vallar-2-3.pdf>

- Sveriges Lantbruksuniversitet (2011). *Fungicider och Fungicidresistens*. (Faktablad om växtskydd 33 J). Uppsala: Sveriges Lantbruksuniversitet. https://www.slu.se/globalassets/ew/org/inst/ekol/faktablad/faktablad-vaxtskydd/faktablad_om_vaxtskydd_33j_webb.pdf
- Tripathi, R., Tewari, R., Singh, K. P., Keswani, C., Minkina, T., Srivastava, A. K., De Corato, U., Sansinenea, E. (2022). Plant mineral nutrition and disease resistance: A significant linkage for sustainable crop protection. *Frontiers in Plant Science*. 13: 883970. Doi: 10.3389/fpls.2022.883970. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpls.2022.883970/full>
- Veresoglou, S. D., Barto, E. K., Menexes, G., Rilling, M. C. (2012). Fertilization affects severity of disease caused by fungal plant pathogens. *Plant Pathology*. 62, 961-969. <https://bsppjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1111/ppa.12014>
- Wallenhammar, A-C., Nilsson-Linde, N., Jansson, J., Stoltz, E. L-Baekström, G. (2008). Influence of root rot on the sustainability of grass/legume leys in Sweden. *Grassland Science in Europe*. 13, 341-343. https://www.researchgate.net/profile/Jordan-Markovic/publication/353038455_Nutritive_value_in_leaves_and_stems_of_lucerne_with_advanced_maturity_and_a_comparison_of_methods_for_determination_of_lignin_content/links/6332e34c86b22d3db4e87e62/Nutritive-value-in-leaves-and-stems-of-lucerne-with-advanced-maturity-and-a-comparison-of-methods-for-determination-of-lignin-content.pdf#page=366
- Wallenhammar, A-C., Almquist, C., Schwelm, A., Roos, J., Marzec-Schmidt, K., Jonsson, A., Dixelius, C. (2014). Clubroot, a persistent threat to Swedish oilseed rape production. *Canadian Journal of Plant Pathology*. 36(1), 135-141. <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/07060661.2013.870606?scroll=top&needAccess=true&role=tab&aria-labelledby=full-article>
- Yang, F., Jensen, J. D., Spliid, N. H., Svensson, B., Jacobsen, S., Jørgensen, L. N., Jørgensen, H. J. L., Collinge, D. B., Finnie, C. (2010). Investigation of the effect of nitrogen on severity of Fusarium Head Blight in barley. *Journal of Proteomics*. 73(4). 743-752. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S187439190900308X>
- Young, C. C., Cheng, K. T., Waller, G. R. (1991). Phenolic compounds in conducive and suppressive soils on clubroot disease of crucifers. *Soil Biology and Biochemistry*. 23(12), 1183-1189. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/003807179190032F>

Muntlig källa

Månsson, Joel (2023). Jordbrukare, Biskopshagens odlingar <http://www.biskopshagensodlingar.se/>

Publicering och arkivering

Godkända självständiga arbeten (examensarbeten) vid SLU publiceras elektroniskt. Som student äger du upphovsrätten till ditt arbete och behöver godkänna publiceringen. Om du kryssar i **JA**, så kommer fulltexten (pdf-filen) och metadata bli synliga och sökbara på internet. Om du kryssar i **NEJ**, kommer endast metadata och sammanfattning bli synliga och sökbara. Även om du inte publicerar fulltexten kommer den arkiveras digitalt. Om fler än en person har skrivit arbetet gäller krysset för samtliga författare. Du hittar en länk till SLU:s publiceringsavtal på den här sidan:

- <https://libanswers.slu.se/sv/faq/228316>.

JA, jag/vi ger härmed min/vår tillåtelse till att föreliggande arbete publiceras enligt SLU:s avtal om överlåtelse av rätt att publicera verk.

NEJ, jag/vi ger inte min/vår tillåtelse att publicera fulltexten av föreliggande arbete. Arbetet laddas dock upp för arkivering och metadata och sammanfattning blir synliga och sökbara.