



Kärnanalyser – Ett bra verktyg för att bedöma näringsstatus i spannmål?

Utvärdering av koppar- och manganhalter i vete

Gustav Persson

Examensarbete/Självständigt arbete • 30 hp
Sveriges lantbruksuniversitet, SLU
Fakulteten för naturresurser och jordbruksvetenskap
Institutionen för Mark och miljö
Agronom mark och växt - Masterprogram
Examensarbeten/Institutionen för Mark och miljö
Serienummer: 2026:10
Uppsala 2026



Kärnanalyser – Ett bra verktyg för att bedöma näringsstatus i spannmål? Utvärdering av koppar- och manganhalter i vete

Grain analysis – A good tool for assessing nutrient status in cereals? Evaluation of copper and manganese levels in wheat

Gustav Persson

Handledare:	Karin Hamnér, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för Mark och Miljö
Bitr. handledare:	Malin Lovang, Lovang lantbrukskonsult AB
Bitr. handledare:	Ellen Landström, Lovang lantbrukskonsult AB
Examinator:	Sofia Delin, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för Mark och Miljö

Omfattning:	30 hp
Nivå och fördjupning:	Avancerad nivå, A2E
Kurstitel:	Självständigt arbete i Markvetenskap för agronomer
Kurskod:	EX1053
Program/utbildning:	Agronom mark och växt - Masterprogram
Kursansvarig inst.:	Institutionen för Mark och Miljö
Utgivningsort:	Uppsala
Utgivningsår:	2026
Nummer i serien:	2026:10
Serietitel:	Examensarbeten/Institutionen för mark och miljö
Omslagsbild:	Gustav Persson
Upphovsrätt:	Alla bilder används med upphovspersonens tillstånd

Nyckelord:	Koppar, kopparhalt, kärnanalys, lerhalt, mangan, manganhalt, markfaktorer, mullhalt, pH, spannmål, vete
-------------------	---

Sveriges lantbruksuniversitet

Fakulteten för naturresurser och jordbruksvetenskap

Institutionen för Mark & Miljö

Sammanfattning

I Sverige är det brist av koppar eller mangan som är mest förekommande vad gäller mikronäringsbrister i spannmål. Gödslingsbehov av mikronäringsämnen är dock svårbedömt, bland annat för att det saknas bra metoder för att analysera tillgången i marken. Som ett led i att försöka förbättra beslutstödet för gödsling av koppar och mangan undersöktes om kärnanalyser av mogen kärna kan förbättra bedömningen av näringsstatusen hos vete. Detta gjordes genom att undersöka om det finns ett samband mellan halt i kärna och halt i växande biomassa för koppar och mangan, genom att analysera i data insamlad från dels försök i höstvet, dels försök i vårvete. Utöver halter i kärna utvärderades även om markfaktorer som pH, lerhalt och mullhalt, samt de meteorologiska faktorerna nederbörd och medeltemperatur, ytterligare kunde förbättra bedömningen av koppar- och manganstatus i grödan. Detta gjordes med hjälp av de markprover som tagits i försöken, samt väderdata från SMHI, men även med hjälp av data från den svenska nationella Mark- och grödoinventeringen.

Resultatet visade att det finns ett samband mellan kärna och växande biomassa med avseende på halten av koppar och mangan. Särskilt starkt var sambandet för mangan ($R^2 > 0,53$), medan sambandet för koppar var sämre ($R^2 \approx 0,25$). När markfaktorer inkluderades i bedömningen ökade förklaringsgraden för både koppar och mangan. Även de meteorologiska faktorerna hade viss förklaring på halten i grönmassan. De markfaktorer som spelade störst roll för halten i växten var för koppar lerhalt och i viss mån kopparhalt i marken, och för mangan pH.

Slutsatsen blir att kärnanalyser är ett bra verktyg för att bedöma statusen av mangan i vete, och att det även finns ett samband för koppar, även om förklaringen här inte är lika stark. Det går alltså att jämföra analysvärdena med från litteraturen hämtade kritiska gränser eller med stora material som Mark- och grödoinventeringen för att få en uppfattning om var en viss halt ligger och om det finns risk för brist. Även om en upptäckt brist i kärnan inte kan åtgärdas retroaktivt, kan upprepade provtagningar möjliggöra att problemfält eller problemområden kan identifieras, vilket möjliggör framtida åtgärder. Genom att även ta hänsyn till de lokala markförhållandena vad gäller lerhalt eller pH kan bedömningen av risken för brist ytterligare förbättras.

Nyckelord: Koppar, kopparhalt, kärnanalys, lerhalt, mangan, manganhalt, markfaktorer, mullhalt, pH, spannmål, vete

Abstract

In Sweden, copper or manganese deficiency are the most common deficiencies in terms of micronutrient deficiencies in cereals. However, the need for fertilisation of micronutrients is difficult to assess, partly because there are no good methods for analysing the availability in the soil. As part of an attempt to improve the decision support for fertilization of copper and manganese, it was investigated whether grain analyses can improve the assessment of the nutritional status of wheat. This was done by investigating whether there is a correlation between grain content and growing biomass content for copper and manganese, by analysing data collected from experiments in winter wheat and spring wheat. In addition to content in grain, soil factors such as pH, clay content and organic matter content, as well as the meteorological factors precipitation and mean temperature, were also evaluated to see if it could further improve the assessment of copper and manganese status in the crop. This was done using the soil samples taken in the experiments, as well as weather data from SMHI, but also using data from the Swedish national soil and crop inventory.

The results showed that there is a correlation between grain and growing biomass with respect to the content of copper and manganese. The correlation was particularly strong for manganese ($R^2 > 0.53$), while the correlation for copper was not as good ($R^2 \approx 0.25$). When soil factors were included in the assessment, the degree of explanation for both copper and manganese increased. Meteorological factors also had some explanation on the concentration in the growing biomass. The soil factors that played the greatest role in explaining the content of the plant were for copper clay content and to some extent soil copper content, and for manganese pH.

The conclusion is that grain analyses are a good tool for assessing the status of manganese in wheat, and that there is also a correlation for copper, although the explanation here is not as strong. It is thus possible to compare the analysis values with critical limits taken from the literature or with large materials such as the soil and crop inventory to get an idea of where a certain concentration lies and whether there is a risk of deficiency. Although a detected deficiency in the grain cannot be fixed retroactively, repeated sampling can allow problem fields or problem areas to be identified, making future action possible. By also considering the local soil conditions in terms of clay content or pH, the assessment of the risk of deficiency can be further improved.

Keywords: Cereals, clay content, copper, copper content, grain analysis, manganese, manganese content, organic matter content, pH, soil properties, wheat

Innehållsförteckning

Tabellförteckning	8
Figurförteckning	9
Förkortningar	12
1. Inledning	13
1.1 Syfte och frågeställningar	14
1.2 Avgränsningar	14
2. Bakgrund	15
2.1 Växternas näringsförsörjning	15
2.2 Koppar och mangan i marken	16
2.2.1 Koppar i marken	18
2.2.2 Mangan i marken	18
2.3 Koppar och mangan i växten	19
2.3.1 Näringsupptag i växten	20
2.3.2 Omlagring till kärna	21
2.3.3 Brist av mikronäringsämnen	22
2.3.4 Koppar i växten	23
2.3.5 Mangan i växten	24
2.4 Analysmetoder för koppar och mangan	25
2.4.1 Jordanalyser	25
2.4.2 Växtanalyser	27
2.4.3 Kärnanalyser	28
3. Metod och material	29
3.1 Litteraturstudie	29
3.2 Försök och provtagningar	29
3.2.1 Höstveteförsök	29
3.2.2 Vårveteförsök	30
3.2.3 Mark- och grödoinventeringen	32
3.3 Datahantering och statistisk analys	33
3.3.1 Höst- och vårveteförsök	33
3.3.2 Mark- och grödoinventeringen	34
4. Resultat	36
4.1 Koppar	36
4.1.1 Höst- och vårveteförsöken	36
4.1.2 Markfaktorer	41
4.2 Mangan	46
4.2.1 Höst- och vårveteförsöken	46

4.2.2 Markfaktorer.....	51
5. Diskussion	55
5.1 Kan kärnanalyser användas för att bedöma status av koppar och mangan i spannmål?.....	55
5.2 Kan kunskap om platsens markegenskaper förbättra bedömningen?	58
5.3 Framtida forskning	60
6. Slutsats	62
Referenser.....	63
Populärvetenskaplig sammanfattning	67
Tack	69
Appendix	70

Tabellförteckning

Tabell 1: Halter av koppar (Cu) och mangan (Mn) extraherade med salpetersyra (HNO_3) i svensk åkermarksmatjord (0–20 cm). n = 5 131. Omarbetad från Eriksson et al. (2017).....	16
Tabell 2: Medianhalter av koppar och mangan extraherade med salpetersyra (HNO_3) i svensk åkermarksmatjord (0–20 cm), uppdelat efter jordartsklass baserat på Soil Survey Division Staff (1993). Omarbetad från Eriksson et al. (2017).....	16
Tabell 3: Nederbördens inverkan på koppar och mangan i jord och växtvävnad hos höstsäd. Data från McGrath et al. (2008).	17
Tabell 4: Totalhalter av koppar (Cu) och mangan (Mn) i kärna av höstvet, vårkorn respektive havre i svensk spannmål, baserade på data från Mark- och grödoinventeringen. Omarbetad från Eriksson et al. (2017).	19
Tabell 5: Medianhalter av koppar (Cu) och mangan (Mn) (mg/kg ts) i kärna hos höstvet, i fyra olika produktionsområden baserade på produktionsområdesindelningen PO18. Baserad på data från Mark- och grödoinventeringen (2026a).	20
Tabell 6: Andel koppar (Cu) och mangan (Mn) i växtens ovanjordiska biomassa som normalt återfinns i kärnan (%), samt medelhalter i spannmålskärna och uppskattade medelhalter i spannmålshalm. Värdena avser medel för höstvet, vårkorn och havre. Omarbetad från Hamnér et al. (2012).....	21
Tabell 7: Medelvärden för halter av koppar (Cu) och mangan (Mn) extraherade med EDTA, DTPA respektive HCl i 44 undersökta jordar i Nya Zeeland ($\mu\text{g/g}$ jord). Data från Haynes (1997).	26
Tabell 8: Klimatdata, markegenskaper och halter av koppar (Cu) och mangan (Mn) i kärnprover för höst- och vårvete på de försöksplatser som ingick i arbetet.	31
Tabell 9: Beskrivning av antalet observerade värden för platser, behandlingar och upprepningar från försöken använda i arbetet.....	32
Tabell 10: Medianer för mark- och kärnvärden hämtade från Mark- och grödoinventeringen på kommunnivå. I de fall värdena är hämtade från två kommuner (X/Y) är markvärdena hämtade från den första (X), och kärnvärdena från den andra (Y).....	35

Figurförteckning

- Figur 1: Linjär regression för sambandet mellan Cu-halt i grönmassa och kärna i höstvetet i stadiet 37 respektive 65. Regression på sammanslagning av tre kvävenivåer (80, 160 och 240 kg N/ha) där varje N-nivå är markerad (cirkel, triangel resp. kvadrat). Helt dragen linje indikerar signifikansnivå *** ($p < 0,001$). $n=84$ 37
- Figur 2: Linjär regression för sambandet mellan Cu-halt i grönmassa och kärna i vårvetet i stadiet 37 respektive 65. Regression på sammanslagning av två sorter (Sibeliuss och Diskett) där sorterna är markerade (cirkel resp. triangel). Streckad linje indikerar signifikansnivå ** ($p < 0,01$), ingen linje = ingen signifikans. $n=24$ (DC37), $n=18$ (DC65)..... 37
- Figur 3: Lådagram för kopparhalter i höst- och vårveteförsöken, uppdelat på behandling och utvecklingsstadiet. Medelhalter framgår som X i lådan, medianhalter som streck. Övre och undre kvartil utgörs av lådans ändpunkter, max- och minpunkter indikeras av morrhåren. 38
- Figur 4a-d: Lådagram för kopparhalter i höstvete (a-b) samt vårvete (c-d), uppdelat på sort, plats och utvecklingsstadiet. Medianhalter framgår som streck i lådan. Övre och undre kvartil utgörs av lådans ändpunkter, max- och minpunkter indikeras av morrhår. För detaljerad info se Tabell A 5 i Appendix..... 40
- Figur 5a-f: Samband mellan kopparhalt i DC37 och halt i kärna + mark- och vädervariabler i höstveteförsöken förklarade genom multipel regressionsanalys med Stepwise-metoden. Respektive förklaringsvariabels bidrag till den totala förklaringsgraden anges av stapelns höjd. Grå = positiv relation, Vit = negativ relation. Förklaringsvariabler framgår av figuren: (a-c) utan kopparhalt i marken, (d-f) med kopparhalt i marken. Uppifrån och ner adderas förklaringsvariabler. Observera att antalet observationer (n) skiljer sig åt. Halten i kärnans förklaringsgrad på halten i DC37 är 0,24 (Figur 1). 42
- Figur 6a-f: Samband mellan kopparhalt i DC65 och halt i kärna + mark- och vädervariabler i höstveteförsöken förklarade genom multipel regressionsanalys med Stepwise-metoden. Respektive förklaringsvariabels bidrag till den totala förklaringsgraden anges av stapelns höjd. Grå = positiv relation, Vit = negativ relation. Förklaringsvariabler framgår av figuren: (a-c) utan kopparhalt i marken, (d-f) med kopparhalt i marken. Uppifrån och ner adderas förklaringsvariabler. Observera att antalet observationer (n) skiljer sig åt. Halten i kärnans förklaringsgrad på halten i DC65 är 0,26 (Figur 1). 43
- Figur 7a-f: Samband mellan kopparhalt i DC37 (a-c) respektive DC65 (d-f) och halt i kärna + mark- och vädervariabler i vårveteförsöken förklarade genom multipel

regressionsanalys med Stepwise-metoden. Respektive förklaringsvariabels bidrag till den totala förklaringsgraden anges av stapelns höjd. Grå = positiv relation, Vit = negativ relation. Förklaringsvariabler framgår av figuren: Uppifrån och ner adderas förklaringsvariabler. Halten i kärnans förklaringsgrad på halten i DC37 är 0,33. För DC65 finns ingen signifikant påverkan av halten i kärnan (Figur 2).	44
Figur 8: Samband mellan kopparhalt i kärna och markvariablerna kopparhalt i marken (HNO_3), pH, lerhalt och mullhalt, förklarat genom multipel regressionsanalys med Stepwise-metoden. Dataunderlag: Mark- och grödoinventeringens mark- och gröddata för höstvetete. Respektive förklaringsvariabels bidrag till den totala förklaringsgraden anges av stapelns höjd. Grå = positiv relation, Vit = negativ relation. Förklaringsvariabler framgår av figuren.	45
Figur 9: Linjär regression för sambandet mellan Mn-halt i grönmassa och kärna i höstvetetet i stadie 37 respektive 65. Regression på sammanslagning av tre kvävenivåer (80, 160 och 240 kg N/ha) där varje N-nivå är markerad (cirkel, triangel resp. kvadrat). Helt dragen linje indikerar signifikansnivå *** ($p < 0,001$). $n=84$	47
Figur 10: Linjär regression för sambandet mellan Mn-halt i grönmassa och kärna i vårvetetet i stadie 37 respektive 65. Regression på sammanslagning av två sorter (Sibeliuss och Diskett) där sorterna är markerad (cirkel resp. triangel). Streckad linje indikerar signifikansnivå ** ($p < 0,01$), helt dragen linje *** ($p < 0,001$). $n=24$ (DC37), $n=18$ (DC65).	47
Figur 11: Lådagram för manganhalter i höst- och vårveteförsöken, uppdelat på behandling och utvecklingsstadie. Medelhalter framgår som X i lådan, medianhalter som streck. Övre och undre kvartil utgörs av lådans ändpunkter, max- och minpunkter indikeras av morrhår. Punkter utanför dessa visar extremvärden.	48
Figur 12a-d: Lådagram för manganhalter i höstvetete (a-b) samt vårvete (c-d), uppdelat på sort, plats och utvecklingsstadie. Medianhalter framgår som streck i lådan. Övre och undre kvartil utgörs av lådans ändpunkter, max- och minpunkter indikeras av morrhår. För detaljerad info se Tabell A 9 i Appendix.	50
Figur 13a-f: Samband mellan manganhalt i DC37 (a-c) respektive DC65 (d-f) och halt i kärna + mark- och vädervariabler i höstveteförsöken förklarat genom multipel regressionsanalys med Stepwise-metoden. Respektive förklaringsvariabels bidrag till den totala förklaringsgraden anges av stapelns höjd. Grå = positiv relation, Vit = negativ relation. Förklaringsvariabler framgår av figuren: Uppifrån och ner adderas förklaringsvariabler. Halten i kärnans förklaringsgrad på halten i grönmassan är 0,53 (DC37) och 0,65 (DC65) (Figur 9).	52

- Figur 14a-f: Samband mellan manganhalt i DC37 (a-c) respektive DC65 (d-f) och halt i kärna + mark- och vädervariabler i vårveteförsöken förklarat genom multipel regressionsanalys med Stepwise-metoden. Respektive förklaringsvariabelns bidrag till den totala förklaringsgraden anges av stapelns höjd. Grå = positiv relation, Vit = negativ relation. Förklaringsvariabler framgår av figuren: Uppifrån och ner adderas förklaringsvariabler. Halten i kärnans förklaringsgrad på halten i grönmassan är 0,64 (DC37) och 0,38 (DC65) (Figur 10). 53
- Figur 15: Samband mellan manganhalt i kärna och markvariablerna manganhalt i marken (HNO_3), pH, lerhalt och mullhalt, förklarat genom multipel regressionsanalys med Stepwise-metoden. Dataunderlag: Mark- och grödoinventeringens mark- och gröddata för höstvete. Respektive förklaringsvariabelns bidrag till den totala förklaringsgraden anges av stapelns höjd. Grå = positiv relation, Vit = negativ relation. Testade förklaringsvariabler framgår av figuren. 54

Förkortningar

Förkortning	Betydelse
Cu	Koppar
DGT	Diffuse Gradients in Thin films
DTPA	Dietylentriaminpentaättiksyra
EDTA	Etylendiamintetraättiksyra
HCl	Saltsyra
HNO ₃	Salpetersyra
Mn	Mangan
<i>n</i>	Antal observationer
N	Kväve
NuHI	Nutrient Harvest Index
<i>p</i>	Sannolikhetsvärde
<i>r</i>	Pearsons korrelationskoefficient
<i>R</i> ²	Förklaringsgrad
ts	torrsubstans

1. Inledning

Dagens och framtidens lantbruk står inför en mängd utmaningar. Flera av dessa är starkt kopplade till klimatförändringarna med mer oberäkneliga väderförhållanden och större frekvens av torka och översvämningar. Även jordbruksmark som bebyggs och tas ur produktion, energibehov som ökar och som ett led i den ökade efterfrågan på grön och förnybar energi, och en ständigt växande befolkning globalt sett bidrar till utmaningarna. Produktionen måste helt enkelt öka, samtidigt som den ska bli hållbarare, använda mindre resurser och med en mindre tillgänglig areal. Ledordet för att lyckas med detta är ökad effektivitet.

Ett led i ökad effektivitet är att ombesörja en god näringstillgång för de växter som odlas, för att undvika brister och därmed förlorad skörd eller kvalitet. Växter har behov av 14 näringsämnen i mineralform, som anses essentiella för deras överlevnad och vitalitet (Rao 2009). Dessa ämnen behövs i varierande mängder, och för att optimera växtodlingen är det viktigt att se till att rätt mängd av varje näringsämne finns tillgängligt då växten behöver det. För att kunna göra detta behövs bra och välgrundade beslutsstöd, som hjälper till i bedömningen av den aktuella situationen för att avgöra om en åtgärd, som gödsling, behövs eller ej.

Beslutsstöden är baserade på en mängd information som är relevant för den aktuella näringsämnet och grödan. Viktiga faktorer är givetvis grödans behov av näringsämnet, tillgången i marken och växtens förmåga att ta upp och tillgodogöra sig näringsämnet, men även faktorer som påverkar dessa som markens pH, jordart och klimatförhållanden. För att ta reda på hur den aktuella situationen ser ut och ha något att basera besluten på används olika analyser för de relevanta parametrarna.

Dagens beslutsstöd är inte alltid fulländade, framför allt vad gäller mikronäringsämnen, och det finns situationer där bedömningen av gödslingsbehov kan vara knepigt. Två av de näringsämnen som det föreligger svårigheter kring är koppar och mangan. Flertalet faktorer som styr tillgängligheten är kända, men ändå kan risken för brist och behovet av gödsling vara svårbedömt, framför allt för att det saknas lämpliga och tillfredsställande analysmetoder för vissa parametrar. Ett led i att förbättra beslutsstöden och därmed undvika brister kan vara att inkludera fler och bättre analyser. En sådan faktor skulle kunna vara kärnanalyser, en parameter som idag ännu är relativt outforskad.

1.1 Syfte och frågeställningar

Syftet med arbetet var att utreda om kärnanalyser av spannmål kan användas som ett verktyg i en värdering för att bedöma näringsbrister av koppar och mangan. Målet var att öka förståelsen för hur kärnanalyser kan användas i praktisk växtnäringsrådgivning. Beslutsunderlaget för bedömning av risksituationer för brister av flertalet mikronäringsämnen är idag inte alltid det bästa, och kompletterande värderingverktyg är därför högst önskvärda. Ett sådant tänkbart verktyg är kärnanalyser. Fokus i detta arbete låg på ämnena koppar och mangan, då det under svenska förhållanden oftast är dessa det kan uppstå en bristsituation kring i stråsäd.

Genom att utvärdera näringskoncentrationer i växande gröda och kärna, och koppla detta till markanalyser, var målet att kunna dra slutsatser kring i vilken grad kärninnehållet speglar upptag och behov av koppar och mangan.

Två huvudsakliga frågeställningar ska besvaras i arbetet:

- 1) Är kärnanalyser ett lämpligt verktyg för att bedöma status av koppar och mangan i spannmål?
- 2) Kan bedömningen av statusen av koppar och mangan i spannmål förbättras genom att förutom kärnanalysen också inkludera andra faktorer såsom markegenskaper på den aktuella platsen (pH, mullhalt, textur)?

1.2 Avgränsningar

Arbetets mål har varit att utreda analysmetoder och bristsituationer i spannmål, därför har inte andra grödor behandlats. Vidare har fokus legat på de två mikronäringsämnena koppar och mangan, varför övriga näringsämnen till allra högsta grad utelämnats ur beskrivningen. Motiveringen till detta är att det under svenska förhållanden är just dessa två ämnen som det föreligger störst risk för brist i stråsäd, vad gäller mikronäringsämnena.

Materialet som ligger till grund för arbetets utredning är främst baserat på prover från vår- respektive höstvete, varför samband, behov och brister i andra spannmålsarter inte i lika hög utsträckning har kunnat utredas, även om andra arter i viss mån tas upp för möjlighet till jämförelse. En ytterligare aspekt att ha i åtanke är att det provtagna materialet kommer från ett fåtal sorter av vete, vilket skulle kunna ha påverkan på resultatet av utredningen. Detta eftersom individuella sortegenskaper kan påverka faktorer som upptag och omlagring, och därmed är det inte givet att de presenterade resultaten är representativa för alla sorter.

2. Bakgrund

2.1 Växternas näringsförsörjning

Växter har behov av ett flertal näringsämnen för dess överlevnad, reproduktion och för att optimal skörd ska uppnås. Dessa ämnen delas in i två klasser, makronäringsämnen och mikronäringsämnen, beroende på hur stor mängd av ämnena som växten tar upp. Makronäringsämnen tas upp i storleksskalan 10–300 kg/ha, medan mikronäringsämnen tas upp i mängder <10 kg/ha (oftast <1 kg/ha). Till makronäringsämnena hör kväve (N), fosfor (P), Kalium (K), svavel (S) magnesium (Mg) och kalcium (Ca) (Eriksson et al. 2011).

Dagens kunskapsläge anger att alla växter är i behov av åtta mikronäringsämnen, nämligen: bor (B), klor (Cl) koppar (Cu), järn (Fe), mangan (Mn), molybden (Mo), nickel (Ni) och zink (Zn) (Rao 2009; Toor et al. 2021). Dessa ämnen är essentiella för växterna och fyller därmed funktioner som inte kan ersättas av något annat ämne. Ämnena kan behövas i fotosyntesen, protein- och kolhydratsynteser och ingår även i enzymer (Mengel et al. 2001).

I marken kan näringsämnena föreligga i fyra former, (i) lösta i markvätskan, (ii) adsorberade på markpartiklar i utbytbar form eller som ytkomplex, (iii), bundna i mineraler, eller (iv) ingående i organiskt material och mikroorganismer (Eriksson et al. 2011). Näringsämnena som finns i lösning kan transporteras till roten på tre sätt, genom massflöde, diffusion eller rottillväxt. Själva upptaget till roten kan sedan ske passivt eller aktivt, beroende på ämne (Cornell University 2010; Marschner et al. 2023). Visst upptag av näringsämnen kan även ske via bladen, vilket gör det möjligt att gödsla inte bara via marken, utan även via bladen (Marschner et al. 2023).

Optimala halter av mikronäringsämnen i grödan är viktigt både ur ett produktions- och ett kvalitetsperspektiv. För låga halter kan leda till både stora skördetapp och brister hos djur eller människa när grödan ska konsumeras, och för höga halter kan i stället orsaka toxicitet (Reuter et al. 1997). Globalt finns det problem med både stora brister, och för höga halter på sina ställen. I Sverige är det dock ovanligt med både toxicitet och mycket stora skördetapp (Hamnér et al. 2012). Det som är av allra störst vikt för växternas försörjning av mikronäringsämnen är möjligheten att ta upp de ämnen som finns i marken, alltså att mikronäringsämnena måste föreligga i växttillgängliga former. Det är alltså inte den totala mängden i marken som är avgörande (Hamnér 2016).

2.2 Koppar och mangan i marken

Markens innehåll av koppar och mangan kan variera i stor utsträckning. I den svenska Mark- och grödoinventeringen har halter på <0,2–120 mg/kg ts för koppar och 18–9500 mg/kg ts för mangan uppmätts. Medianhalterna ligger på 11 mg/kg ts för koppar, och 360 mg/kg ts för mangan (Eriksson et al. 2017) (Tabell 1). Halten beror i grunden på markens modermaterial, dess ursprung och sammansättning, och är ofta lägst i jordar sprungna ur sura magmatiska bergarter och i sand. Med tiden kommer flertalet jordbildande processer påverka innehållet i jorden, och dessa processer påverkas i sig av bland annat klimat, vegetation och topografi. Innehållet av koppar och mangan i marken kan också påverkas av deposition via regn eller damm eller via föroreningar från mänsklig aktivitet (Roques et al. 2013).

Tabell 1: Halter av koppar (Cu) och mangan (Mn) extraherade med salpetersyra (HNO₃) i svensk åkermarksmatjord (0–20 cm). n = 5 131. Omarbetad från Eriksson et al. (2017).

	Cu (mg kg ⁻¹ ts)	Mn (mg kg ⁻¹ ts)
Undre kvartil (Q1)	7,4	220
Median (Q2)	11	360
Övre kvartil (Q3)	19	550

Att halterna beror på jordens sammansättning är tydligt i material från Mark- och grödoinventeringen, när prover delats upp efter jordart (Tabell 2). Sandiga jordar har ofta lägst halter, medan styva jordar har högst, något som gäller för både koppar och mangan. Även regionvis stämmer detta (Tabell A 1, Appendix), där Skånes och Hallands slättbygder, som generellt sett har lättare jordar än Västergötland, Östergötland och Mälardalen, även har lägre halter av koppar och mangan (Eriksson et al. 2017; Mark- och grödoinventeringen 2026a).

Tabell 2: Medianhalter av koppar och mangan extraherade med salpetersyra (HNO₃) i svensk åkermarksmatjord (0–20 cm), uppdelat efter jordartsklass baserat på Soil Survey Division Staff (1993). Omarbetad från Eriksson et al. (2017).

Jordartsklass (antal prover)	Cu (mg kg ⁻¹ ts)	Mn (mg kg ⁻¹ ts)
Sand, loamy sand (n = 528)	5,8	145
Sandy loam, loam, sandy clay loam, clay loam (n = 2 545)	10	340
Silt loam, silt, silty clay loam (n = 1 066)	12	410
Sandy clay, silty clay, clay (n = 801)	26	490

Tillgängligheten för de flesta mikronäringsämnen bestäms i ett första steg av hur lättvittrade primärmineralerna är. I ett andra steg påverkas tillgängligheten även av

en mängd faktorer hos jorden och grödan, exempelvis pH, mullhalt, adsorption, dräneringstillstånd och läckage, mikrobiell aktivitet, rotdensitet, näringsupptag och utsöndring av substanser från rötterna (Roques et al. 2013). En av de viktigare faktorerna som påverkar tillgängligheten av näringsämnen är markens pH (Young 2013). För både koppar och mangan minskar tillgängligheten generellt med ökat pH, särskilt betydande är detta för mangan (Marschner et al. 2023).

De kemiska processer som är involverade i vittring och utbyte av mikronäringsämnen mellan olika mineraler är komplexa och inte alltid helt förstådda. Detta gäller även för de olika former och faser som ämnena kan föreligga som i marken och marklösningen. Faktorer som minskar rotutveckling, som låga temperaturer, vattenmättad och markpackning, påverkar också möjligheten att ta upp mikronäringsämnen. Dessa faktorer kan, tillsammans med exempelvis torka och angrepp av patogener orsaka brister och stress hos växten, tillfälligt eller mer permanent, trots att det egentligen kanske finns tillräckligt med näringsämnen i jorden. Antingen föreligger de helt enkelt i en otillgänglig form, eller är grödan hindrad att ta upp dem av andra skäl (Roques et al. 2013).

Vattenhalten i marken har en stor effekt på mikronäringsämnenas tillgänglighet för växten, med ett större och bättre upptag vid fuktigare jord. Vid jämförelser mellan ett torrt och ett blött år var halter av samtliga undersökta ämnen, bland annat koppar och mangan, högre i grödans grönmassa det blöta året, trots att värdena i jorden var snarlika (Tabell 3) (McGrath et al. 2008). En anledning till detta är att blötare år med mer vatten i marken kan minska tillgången på syre, vilket förhindrar att mangan oxideras och blir otillgängligt för växten (Hansson 2024). Även temperaturen spelar roll för tillgängligheten av mikronäringsämnen, där brister oftare observeras under kallare perioder. Höstsäd är mindre känsligt för näringsbrister orsakade av torka än vårsäd, tack vare dess mer utvecklade rotsystem som gör det möjligt att utnyttja mikronäringsämnen i en större del av markprofilen (Roques et al. 2013).

Tabell 3: Nederbördens inverkan på koppar och mangan i jord och växtvävnad hos höstsäd. Data från McGrath et al. (2008).

År	Nederbörd per månad (maj – sep) (mm)	Halt i jordprov (mg/l)		Halt i växtvävnad (mg/kg ts)	
		Koppar	Mangan	Koppar	Mangan
1990	6,4	3,7	84	5,1	51
1991	37,4	3,6	91	7,4	111

2.2.1 Koppar i marken

Koppar i marken kommer vanligen från vittring av primärmineraler innehållande kopparföreningar, där de vanligaste kopparföreningarna är sulfider (Roques et al. 2013; Eriksson et al. 2011). Kopparhalten är betydligt högre i magmatiska bergarter än i sedimentära bergarter (Roques et al. 2013). Kopparhalten i marken är starkt kopplat lerhalten. Minst växttillgängligt koppar finns på lätta jordar med hög mullhalt (Jordbruksverket 2025).

Koppar förekommer i första hand som tvåvärda katjoner (Cu^{2+}) i jorden, antingen på lerytor eller komplexbundet med organiskt material. Koppar binds hårt på adsorptionsytorna på lerpartiklar och till organiskt material, vilket spelar stor roll för rörligheten och tillgängligheten av koppar i jorden. En viss del av kopparn i jorden är också immobiliserad av mikroorganismer. Att koppar binds hårt betyder att en relativt liten del av det totala kopparinnehållet i marken är tillgängligt för växter (Eriksson et al. 2011).

Den begränsade mobiliteten i marken gör också att risken för läckage minskar. På lättare jordar är rörligheten något högre, liksom i dåligt dränerade jordar. Vid tillförsel av koppar förblir det mesta av tillförseln i matjorden hos väl-dränerade jordar (Mengel et al. 2001). Effekten av tillförsel av koppar till marken kan vara i upp till tio år beroende på mängd och jordart. Det antyder också att kopparstatusen i marken inte tenderar att ändras särskilt mycket över tid om ingen större tillförsel görs, och att analys av kopparstatusen inte behöver göras väldigt frekvent såvida inte en större behandling gjorts (Sinclair & Edwards 2008).

2.2.2 Mangan i marken

Mangan har relativt hög förekomst i jordskorpan, där det är det tolfte mest förekommande grundämnet (SLU 2025). Mangan ingår bland annat i de primära mineralen muskovit, hornblände, biotit och augit. Mangan med höga oxidationstal (Mn(III) och Mn(IV)) fälls ut som svårslösliga sekundära mineral, och förekommer i sekundära mineral som pyrolusit (MnO_2) och manganit (MnOOH). Ett flertal manganoxider och andra manganmineral kan bildas i jorden, allt ifrån lösliga föreningar till starkt oxiderade föreningar med låg löslighet. I marklösningen förekommer mangan som Mn^{2+} (Eriksson et al. 2011). Denna jon är lätttröglig i jorden och kan lätt läcka ut ur markprofilen (Mengel et al. 2001).

Varken den utbytbara delen eller totalhalten har visat sig ha något särskilt starkt samband med modermaterialets ursprung. En mycket liten del av det totala manganinnehållet i marken finns i marklösningen och är därmed tillgängligt för växterna (Roques et al. 2013). Det är lösligheten som kan vara begränsande för växttillgängligheten. Lösligheten påverkas starkt av pH och redox-förhållanden (syretillgång) i marken (Mengel et al. 2001). Mikrobiell oxidation av mangan till

oxider med mycket låg löslighet, går ganska långsamt mellan pH 5 och 6, men ökar markant när pH kommer över 7,5 (Wild 1988). Reduktionen av manganoxider går snabbare vid lägre pH. Lindsay (1972) visade att lösligt mangan sjönk hundrafalt för varje enhet pH ökade. Den mikrobiella oxidationen ökar också med större tillgång på organiskt material (Eriksson et al. 2011).

Fältförhållanden som kan leda till manganbrist är högt mark-pH, hög mullhalt (på grund av komplexbindning med organiskt material och ökad mikrobiell oxiderande aktivitet), dålig rotutveckling, dålig rot-markkontakt på grund av för lucker såbädd, låg marktemperatur och liten nederbörd. Tillsammans bestämmer dessa faktorer hur allvarlig en brist kan tänkas bli. En regel är att ju högre mullhalten är, desto lägre behöver pH vara för att förebygga brist (Roques et al. 2013). Tillfälliga bristsituationer kan ofta uppstå vid dåliga markfysikaliska förhållanden, särskilt efter perioder med kallare och torrare väder som orsakar stress hos en gröda med något sämre rotsystem (Mengel et al. 2001). Snabb tillväxt kan också späda på bristrisker. Erfarenheter från rådgivning anger att när manganbrist iakttagits på ett fält är det inte ovanligt att brister återkommande observeras (Roques et al. 2013).

2.3 Koppar och mangan i växten

De olika spannmålgrödorna har i genomsnitt olika halter i kärnan av koppar och mangan (Tabell 4). Av de grödor som utvärderas i Mark- och grödoinventeringen, höstvete, vårkorn och havre, har korn högst halt koppar och havre lägst. För mangan är det tvärtom, där korn har lägst halt och havre högst. Vete ligger därmed mitt emellan dessa två (Eriksson et al. 2017). Även om vete inte är det spannmålsslag som har högst halt koppar eller mangan, räknar man ändå med att det är den grödan som har störst behov, eftersom skördarna generellt sätt är större (Hamner et al. 2012).

Tabell 4: Totalhalter av koppar (Cu) och mangan (Mn) i kärna av höstvete, vårkorn respektive havre i svensk spannmål, baserade på data från Mark- och grödoinventeringen. Omarbetad från Eriksson et al. (2017).

	Cu (mg kg ⁻¹ ts)	Mn (mg kg ⁻¹ ts)	Cu (mg kg ⁻¹ ts)	Mn (mg kg ⁻¹ ts)	Cu (mg kg ⁻¹ ts)	Mn (mg kg ⁻¹ ts)
	Höstvete	Höstvete	Vårkorn	Vårkorn	Havre	Havre
Undre kvartil (Q1)	3,3	21	3,6	12	2,9	33
Median (Q2)	4,0	27	4,5	14	3,6	44
Övre kvartil (Q3)	4,5	34	5,3	18	4,6	55

Halterna i höstvetekärna skiljer sig mellan olika regioner i landet (Tabell 5). Skåne och Hallands slättbygder, som har de lättaste jordarna i jämförelsen, har de lägsta medianhalterna av både koppar och mangan. Mälarbygden som å sin sida har de styvaste jordarna har de högsta halterna koppar och mangan (Mark- och grödoinventeringen 2026a).

Tabell 5: Medianhalter av koppar (Cu) och mangan (Mn) (mg/kg ts) i kärna hos höstvete, i fyra olika produktionsområden baserade på produktionsområdesindelningen PO18. Baserad på data från Mark- och grödoinventeringen (2026a).

Plats	Art	Ämne	Median
Mälar- och Hjälmabygden	Höstvete	Cu	4,2
Skåne-Hallands slättbygd	Höstvete	Cu	3,6
Vänerslätten	Höstvete	Cu	4,1
Östgötaslätten	Höstvete	Cu	4,2
Mälar- och Hjälmabygden	Höstvete	Mn	30
Skåne-Hallands slättbygd	Höstvete	Mn	24
Vänerslätten	Höstvete	Mn	29
Östgötaslätten	Höstvete	Mn	26

2.3.1 Näringsupptag i växten

Försök har visat att upptag av flertalet mikronäringsämnen, däribland koppar och mangan, i grova drag följer biomassaproduktionen, med ett något snabbare upptag under tidiga utvecklingsstadier och vid höga kvävegödslingsnivåer (Hamnér et al. 2017). Att behovet av koppar följer biomassaproduktionen är även visat av bland annat Loneragan et al. (1981). Det är också visat att halter av näringsämnen i grödan har starkt samband med utvecklingsstadiet (Hamnér et al. 2017).

Obalanser i grödan kan uppstå på grund av konkurrens och interaktion mellan näringsämnen vid upptag, vilket kan påverka grödans tillväxt (Reisenauer 1988). Konkurrens mellan makronäringsjonerna K^+ , Mg^{2+} och Ca^{2+} och mikronäringsjonerna Zn^{2+} och Mn^{2+} anses ha signifikanta effekter, medan effekterna för koppar inte är lika stora (Bergmann 1992).

Även under senare delar av växtsäsongen kan upptaget av flera mikronäringsämnen vara av betydelse för grödans näringstillförsel (Marschner et al. 2023). Att upptaget av näringsämnen kan se olika ut över växtsäsongen är något som har observerats i bland annat vete. Denna variation under växtsäsongen (Hocking 1994) skulle bland annat kunna förklaras med variationer i tillgängligheten i jorden under säsongen.

Den begränsade växttillgängligheten i jorden gör växterna beroende av diffusion och rottillväxt för upptag (Hamnér et al. 2017).

Eftersom halterna av bland annat koppar och mangan i marken ofta är så låga att mobilisering av växtens rötter krävs (Kirkby & Römheld 2004) kan rotsystemets relativa storlek i förhållande till den ovanjordiska biomassan spela roll för halten i grödan. Högvakastande sorter skulle kunna få lägre mikronäringshalter på grund av att den underjordiska biomassan är förhållandevis mindre jämfört med mer lågvakastande sorter (Kirchmann et al. 2009).

2.3.2 Omlagring till kärna

Andelen av ett specifikt mikronäringsämne som omlagras från vegetativ biomassa till kärna (remobilisering) är varierande, beroende på ämnets rörlighet i växten och olika behov (Marschner et al. 2023). Förmågan att omlagra näringsämnen via floemet beror i hög grad på mobiliteten av det enskilda näringsämnet. All form av näringstransport till kärnan måste i något skede gå via floemet, på grund av diskontinuitet i xylemet i stjälken (O'Brien et al. 1985). Exempelvis är mangan svårrorligt i floemet och omlagras därför bara till en relativt liten del medan koppar däremot är mer lättrorligt med en större andel som hamnar i kärnan (Mengel et al. 2001). Detta återspeglar sig i de halter som uppmätts i kärna respektive halm (Tabell 6), där koppar i en sammanställning hade ett medelvärde på 60 % för andel i kärna av ovanjordisk biomassa, och mangan ett motsvarande värde på 39 % (Hamnér et al. 2012).

Tabell 6: Andel koppar (Cu) och mangan (Mn) i växtens ovanjordiska biomassa som normalt återfinns i kärnan (%), samt medelhalter i spannmålskärna och uppskattade medelhalter i spannmålshalm. Värdena avser medel för höstvet, vårkorn och havre. Omarbetad från Hamnér et al. (2012).

Ämne	Andel i kärnan av ovanjordisk biomassa (%) (min–max)	Medelhalt i spannmålskärna (mg/kg ts)	Uppskattad medelhalt i spannmålshalm (mg/kg ts) *	Viktig faktor för omlagringen
Cu	60 (40–70)	4,0	2,7	Mindre omlagring vid låg halt i växten
Mn	39 (25–45)	30	47	Hög immobilitet i floemet

* Uppskattningen av halten i halm utgår från medelhalten i kärnan av höstvet, vårkorn och havre samt ett skördeindex på 0,50.

Ämnenas omlagring påverkas också av dess koncentrationer och bindningsformer i växtens vegetativa delar. Om koncentrationen i växtens gröna delar är låg och ämnet är bundet i växtens strukturer så att det inte kan frigöras påverkar detta halten i kärnan. Detta innebär också att förhållandet mellan vegetativ biomassa och kärna, dvs skördeindex, kan påverka halterna av ämnen i kärnan. Varierande skördeindex för olika sorter kan alltså förklara observationer där sorter odlade på samma plats

har avvikande halter i kärnan, tillsammans med olika sorters eventuella förmåga att mobilisera näringsämnen från marken (Marschner et al. 2023).

Det finns indikationer på att en välgödslad högväxtande gröda kan få lägre koncentrationer av mikronäringsämnen, bland annat koppar (Kirchmann et al. 2009). Trots att förrådet av ett mikronäringsämne i marken kan vara stort, kan alltså den växttillgängliga fraktionen vara för liten för att tillgodose grödans behov (Hamnér et al. 2012).

2.3.3 Brist av mikronäringsämnen

Utvärderingar har visat att halter av mikronäringsämnen i svensk spannmål är låga till måttliga jämfört med vad som rapporterats för andra länder. Detta betyder att det kan finnas risker att halterna inte når upp till de kritiska gränsvärdena för brist (Hamnér 2016). Vad gäller risk för brister i spannmål är det framför allt halter av koppar och mangan som uppmätts understiga kritiska värden i svenska provtagningar, men även i någon mån zink och nickel (Hamnér et al. 2012; Hamnér 2016). Brist av koppar och mangan har också rapporterats ett flertal försök och i praktiskt lantbruk (Hamnér 2016).

Jämförs de halter av näringsämnen som en växt behöver med den producerade biomassan uppstår oftast ett mönster. Vid låga halter ökar biomassan kontinuerligt om halten i växten ökar, fram till ett visst värde där kurvan planar ut och en ökad halt inte längre innebär ökad produktion. Det är denna punkt som är den kritiska, under punkten har grödan en brist, och över är grödan välförsedd (Reuter et al. 1997). Exakt vilka de kritiska värdena för brist är för respektive ämne och gröda är dock inte helt klarlagt (Hamnér et al. 2012). Det finns en variation i uppmätta och rekommenderade värden för bristvärdering, och detta har bland annat att göra med komplexiteten i jämförelser mellan olika jordar, pH, tid för provtagning, del av växten och analysmetod (Hamnér et al. 2012; Roques et al. 2013). Värdena kan ses som uppskattningar, riktmärken på bristrisken och inte en absolut, väldefinierad, gräns. Vissa av bristgränsvärdena är dessutom baserade enbart på analys av gröna växtdelar och inte kärna (Alloway 2008). För att diagnostisera mikronäringsbrister finns tre tillvägagångssätt: granskning av visuella symtom, jordanalys och vävnadsanalys (Roques et al. 2013).

Kvävegödslingsnivån och jordens bördighet kan också påverka risken för brist. Bördiga jordar med god tillgång till näringsämnen löper låg risk att drabbas av näringsbrister till följd av ökad kvävegödsling. Jordar med sämre förmåga att leverera mikronäringsämnen kan å sin sida bli problemjordar vid höga kvävegödslingsnivåer utan tillförsel av mikronäringsämnen, eftersom risk för brist och skördebortfall kan uppstå (Hamnér et al. 2017). Packad alv och låg tillgänglighet i matjorden kan bidra till denna effekt (Hamnér 2016).

2.3.4 Koppar i växten

Koppar krävs för en mängd olika funktioner i växter, bland annat för produktion av livskraftiga pollen och upprätthållande av cellväggsstrukturer. Det är också en viktig komponent i många proteiner som krävs för redox-processer i växten. Därför är koppar viktigt för fotosyntesen, respiration och reglering av hormoner. Eftersom koppar har en mängd funktioner i växten kan brist leda till flertalet problem, även om alla inte leder till synliga symtom (Mengel et al. 2001).

Upptag och omlagring

Koppar tas upp som Cu^{2+} -jon av växter, och en viktig faktor för växtens tillgång till koppar har visats vara rottillväxt (Chalmers et al. 1999). Koppar har beskrivits ha varierande rörlighet i floemet. Koppar kan beskrivas som immobilt då ingen omlagring från gamla till unga blad sker när växten har brist, men det är också mobilt eftersom koppar kan transporteras från åldrande till yngre blad (Loneragan et al. 1981). Hill et al. (1978; 1979a; b; c) visade att omlagring av koppar sker tillsammans med kväve från åldrade blad, och att det är på detta vis som majoriteten av grödans totala kopparhalt vid mognad återfinns i kärnan.

Brist

Det har konstaterats problem med låga halter av koppar i delar av Sverige, framför allt i södra och sydvästra delarna av landet, och här har även synliga bristsymtom på kopparbrist observerats. Även många mulljordar har konstaterats ha påtagliga problem med kopparbrist (Jordbruksverket 2025). Enligt McAndrew et al. (1984) är korn känsligast för brist, följt av havre och sen vete. Vårsäd kan vara mer känsligt än höstsäd på grund av det mindre utvecklade rotsystemet (Jordbruksverket 2025).

Symptomen på kopparbrist i vete kan uppträda på både gamla och unga blad. Vid brist tenderar bladen att se bleka och vissnande ut. Ett tydligt symtom på kopparbrist är så kallad gulspetsjsjuka där bladspetsen krullar sig och dör av. I vete kan kärnorna bli skruppna av kopparbrist. Noder och stam kan även bli lila, till följd av melaninavlagringar (Snowball & Robson 1991).

För att undvika brist kan gödsling göras. Eftersom koppar kan bindas till jorden kan man förrådsgödsla marken. Gödsling till marken är dock inte att rekommendera till mulljordar, eftersom det organiska materialet kommer binda den tillsatta kopparn hårt. Vid akuta behov är bladgödsling mest effektivt, eftersom det är mer snabbverkande (Jordbruksverket 2025).

Jordarten har betydelse för tillgången och därmed vilken halt i marken som krävs för att undvika bristsituationer. För koppar anger McGrath et al. (2008) att det finns risk för brist på lätta jordar om EDTA-extraherbart koppar är lägre än 2,5 mg/kg ts, medan på styva jordar är gränsen 1,0 mg/kg ts (McGrath et al. 2008). I Sverige

används 2M HCl som extraktionsmetod, och här anses koncentrationer under 7 mg Cu/kg jord kunna ge risk för brist i känsliga grödor som stråsäd (Jordbruksverket 2025).

De värden som litteraturen anger som gränsen för kopparbrist i kärna ligger inom intervallet 2–3 mg/kg ts (Garnett & Graham 2005; Alloway 2008; Sinclair & Edwards 2008; Kirchmann & Eskilsson 2010). Sylvester-Bradley (2023) sammanfattar det som att den kritiska gränsen för kopparbrist i vetekärna är 3 mg/kg ts. För brist i bladvävnad anges gränsen till 4 mg/kg ts (Alloway 2008). Skulle detta appliceras på den svenska spannmålsskörden skulle mellan 3 och 25 % av den skördade spannmålen ha för låga värden, vilket alltså betyder kopparnivåerna kan vara icke-optimala och leda till skördebegränsning. Baserat på detta skulle det kunna finnas en dold kopparbrist i svensk spannmål som kan påverka skörden utan synliga symptom. (Hamnér et al. 2012).

2.3.5 Mangan i växten

Mangans huvudsakliga funktion i växten är att upprätthålla och aktivera enzymer som är involverade i proteinsyntes, lipidmetabolism och fotosyntesen. Mangan reglerar bland annat nitratreduktasenzymet, vilket betyder att manganbrist kan leda till ackumulering av nitrat i växtvävnaden. Brist på mangan leder också till en minskning av fotosyntesens effektivitet, vilket minskar produktionen av biomassa. Grödan har ett relativt stort behov av mangan under hela livscykeln (Mengel et al. 2001). Manganhalten i växter varierar mycket, från spår upp till 500 mg/kg ts, beroende på tillgängligheten i marken och markfukten. Högre, toxiska halter, kan uppstå vid odling på väldigt sura jordar (Roques et al. 2013). Chalmers et al. (1999) rapporterar att med en veteskörd på 8 ton/ha tar grödan upp ca 400-500 g Mn/ha, där 150-200 g Mn/ha förs bort med kärnskoroden.

Upptag och omlagring

Mangan tas upp av växten via rötterna i form av katjonen Mn^{2+} . Diffusion är ett viktigt transportsätt för manganet till roten (Mengel et al. 2001). Bara en liten del av manganet omlagras till kärnan (Garnett & Graham 2005) vilket betyder att hela växten behöver analyseras för att ta reda på det totala upptaget av mangan (Hamnér & Kirchmann 2015). Det är även så att unga delar av växten har högre manganhalter. Mangan har dålig förmåga att omlagras, på grund av immobiliteten i floemet (Mengel et al. 2001).

Brist

Manganbrist i spannmålsgrödor är ett välkänt problem, och gödsling med mangan är vanligt (Sinclair & Edwards 2008). På grund av det kontinuerliga behovet av mangan under säsongen uppstår lätt tillfälliga brister, när väder eller

markförhållanden ändras. Känsligast för brist är havre, följt av vete, och sen korn (Chalmers et al. 1999). Brist på mangan i vete kan likna symptom på järn- eller magnesiumbrist. Symtom syns på unga blad, som kan bli bleka och slappa, varefter ljusgrå fläckar och ränder uppträder på bladen, vid basen av det yngsta helt utvecklade bladet. Efterhand blir bladen ljusare på grund av förlust av klorofyll, och de kollapsar till sist på grund av nekros (Snowball & Robson 1991). Höstsäd är mindre känsligt för manganbrist orsakat av torka än vårsäd, tack vare att dess mer utvecklade rotsystem bättre kan ta upp näring ur en större del av markprofilen (Roques et al. 2013). Manganbrist på hösten i vete kan dock leda till utvintring. Ett tydligt tecken på brist är att grödan är grönare i körspår, en följd av att marken blivit mer packad och därför innehåller mindre syre (Jordbruksverket 2025).

Manganbrist åtgärdas bäst med bladgödsling. Eftersom behovet är kontinuerligt och mangan är svårörligt i växten kan flera gödslingsomgångar behövas (Jordbruksverket 2025). Markgödsling med mangan har inte visat särskilt bra resultat, eftersom det tillsatta manganet snabbt fastläggs. Surgörande kvävegödsel har däremot visats ha effekt på mangan tillgången (Chalmers et al. 1999; Mengel et al. 2001).

Bristgränsen för mangan i växten anges till 10–20 mg/kg ts (Mengel et al. 2001; Alloway 2008; Marschner et al. 2023). Gränsen 20 mg/kg ts ska gälla för både kärna och övrig vävnad (McGrath et al. 2013). Sylvester-Bradley (2023) sammanfattar det som att den kritiska gränsen för manganbrist i vetekärna är 20 mg/kg ts. När Roques et al. (2013) undersökte vid vilken halt som mangan gödsling gav effekt i förhållande till pH fann de att 20 mg Mn/kg ts i vävnad skulle kunna användas som gränsvärde för mangan gödsling av jordar med pH under 7,0.

2.4 Analyismetoder för koppar och mangan

2.4.1 Jordanalyser

Det finns ett flertal olika extraktionsmetoder som används för att bestämma mängden växttillgängliga mikronäringsämnen i jorden. Fördelen med att använda sig av jordanalyser i ett beslutsstöd är att det möjliggör insatser för att förbättra grödans förhållanden innan etablering. Metoderna kan vara baserade på syror som saltsyra (HCl) eller salpetersyra (HNO₃), på kelatkomplex som etylendiamintetraättiksyra (EDTA) eller dietyltriäminpentaättiksyra, (DTPA), saltlösningar innehållande exempelvis ammoniumacetat (NH₄OAc) eller ammoniumnitrat (NH₄NO₃) (Roques et al. 2013). Även extraktion med vattenlösning förekommer (Jönsson & Augustinsson 2019).

En ytterligare metod är så kallad CAT-extraktion, som sker med en blandning av 0,01 M CaCl₂ + 0,002 M DTPA (Alt 2001). Detta är en metod som bland annat

erbjuds för mikronäringsanalys i Sverige (Eurofins u.å.), och är utredd i Tyskland med uppsatta riktvärden (Thuringer Landesanstalt für Landwirtschaft 2003; Jönsson & Augustinsson 2019). Vilken metod som är mest lämplig att använda beror på vilket mikronäringsämne som ska undersökas, eftersom olika ämnen beter sig på olika sätt i marken beroende på markens och ämnets kemiska egenskaper (Roques et al. 2013). Metoderna är olika starka och extraherar därmed olika stor mängd näringsämnen ur marken. Salpetersyra och saltsyra är starka extraktionsmetoder som tar ut mer än bara den växttillgängliga andelen i marken. Dessa visar dock sällan stark korrelation med upptaget av mikronäringsämnena hos grödan (Hamnér 2016). Faktum är att det inte finns riktigt bra analysmetoder för mikronäringsämnena som visar konsekvent bra relationer med halten i växten (Menzies et al. 2007). En annan svårighet med analys av mikronäringsämnena är att halterna vid bristgränser ofta är väldigt låga (Alt 2001).

Det finns inte en internationellt accepterad standard för att bestämma växttillgängliga koncentrationer av mikronäringsämnena, vilket gör att det finns skillnader mellan procedur och metod mellan olika länder och labb (Roques et al. 2013). För koppar finns det uppmätta korrelationer mellan extraktionsmetoder som EDTA, DTPA, HNO_3 , CAT, med flera, men sambanden är inte konsekventa och beror bland annat på vilken gröda som provtagits, och ofta är korrelationerna inte heller jättestarka (Lombnæs & Singh 2003; Tandy et al. 2011; Roques et al. 2013; Hamnér 2016; Jönsson & Augustinsson 2019). I Sverige är standardmetoden för att få en uppfattning om koppartillgången i marken extraktion med 2M HCl (Jordbruksverket 2025). För mangan är den rådande uppfattningen att jordanalys inte är särskilt tillförlitligt för att bedöma brister (Mengel et al. 2001; Roques et al. 2013). Även om det finns riktvärden uppsatta för mangan för exempelvis CAT-analys, bedöms dessa som något osäkra (Thuringer Landesanstalt für Landwirtschaft 2003).

En jämförelse mellan olika mätmetoder för markkoncentrationer av koppar och mangan visar på stora skillnader mellan mätvärden för de olika metoderna. EDTA-extraktion gav exempelvis dubbelt så högt värde för koppar och 12 gånger så stort värde för mangan, jämfört med DTPA-extraktion (Tabell 7) (Haynes 1997).

Tabell 7: Medelvärden för halter av koppar (Cu) och mangan (Mn) extraherade med EDTA, DTPA respektive HCl i 44 undersökta jordar i Nya Zeeland ($\mu\text{g/g}$ jord). Data från Haynes (1997).

Extraktionsmetod	Cu ($\mu\text{g/g}$)	Mn ($\mu\text{g/g}$)
EDTA	1,81	32
DTPA	0,95	2,8
HCl	1,3	21

Det finns begränsningar i de metoder som oftast används för jordanalys som man bör vara uppmärksam på. Begränsningarna beror bland annat på att provtagning bara görs vid ett tillfälle och därmed inte visar förändringar med tiden och att variationer inom korta avstånd i fält kan vara svåra att fånga. Att prover oftast bara tas i matjorden, även om också alven kan vara en viktig källa till näringsämnen för växten, är också en faktor att ta hänsyn till. Även det faktum att rotutveckling och därmed förutsättningar för växten att ta upp och få tillgång till näringsämnen skiljer sig på grund av varierande struktur i jordar är en viktig faktor, och att extraktionsmetoderna har svårt att efterlikna denna miljö (Hamnér 2016).

En teknik som testats som inte bygger på extraktion är DGT (Diffuse Gradients in Thin films). Det är en teknik som är baserad på diffusion av joner genom marken. (Zhang et al. 2001). En fördel med DGT jämfört med extraktionsmetoder är att den i mycket större utsträckning efterliknar processer i växternas naturliga miljö. Därför har DGT tekniken föreslagits som ett alternativt sätt att mäta tillgängligheten av bland annat mikronäringsämnen (Tandy et al. 2011). Tester som gjort med DGT-tekniken visar att den kan vara bra, och till och med bättre på att uppskatta växttillgängliga halter koppar än extraktionsmetoder som EDTA och DTPA (Mundus et al. 2012; McGrath et al. 2013), men att den inte fungerar lika bra för mangan. Det visar också att en mätmetod som fungerar bra för ett mikronäringsämne, inte nödvändigtvis fungerar bra för ett annat (Mundus et al. 2012).

2.4.2 Växtanalyser

Växtanalys kan antingen göras som en bladsaftanalys där växtsaften analyseras, eller som en torrsubstansanalys där hela vävnaden analyseras. Fördelen med bladsaftanalys är att det går snabbare och att provtagningen är lättare, men det ger också bara en ögonblicklig bild av näringsinnehållet i växten just vid provtagningstillfället. Vävnadsanalys kräver lite mer tid och arbete med insamling och bearbetning av provet, men är å andra sidan mer robust då det visar näringsupptaget under en längre period och är därmed mindre känsligt för tillfälliga fluktuationer, samt att det är mer lämpat för ämnen som har låg mobilitet i växten (Riechelman et al. 2021).

Att analysera växtvävnad under växtsäsongen ger en indikation på grödans status och de uppmätta värden kan jämföras med kritiska gränser för brist (Bussink & Temminhoff 2004). Nyttan med vävnadsanalys varierar dock mellan olika mikronäringsämnen. Vävnadsanalys ska kanske inte användas ensamt, men tillsammans med jordanalys kan det vara ett verktyg för att diagnostisera mikronäringsbrister (Sinclair & Edwards 2008). Chalmers et al. (1999) menar att det är liten skillnad mellan friska och bristdrabbade växter vad gäller kopparnivåer i vävnad, vilket betyder att provtagning av växtvävnad har begränsad betydelse

jämfört med jordprovtagning. För mangan däremot anses växtanalys fungera väl och är det som rekommenderas för att bedöma status i växten (Mengel et al. 2001; Roques et al. 2013).

Vävnadsanalys av mikronäringsämnen försvåras av att fördelningen inom växten inte alltid är jämn, vilket beror på olika mobilitet för olika näringsämnen och därmed olika halter beroende på ålder på en specifik växt del. Växtanalyser bör med fördel tas relativt tidigt på säsongen, om målet är att hinna rätta till eventuella brister. Ofta rekommenderas analys av de yngsta fullt utvecklade bladen, för att undvika att brister som bara ses på de yngsta bladen döljs av äldre vävnad vid analys av exempelvis hela plantan (Reuter et al. 1997).

2.4.3 Kärnanalyser

Att analysera halten av mikronäringsämnen som koppar och mangan i kärnan för att ta reda på eventuella brister är något som förespråkas i bland annat Storbritannien (Sylvester-Bradley 2023; AHDB u.å.). Även annan litteratur anger att halter av mikronäringsämnen i kärnan kan användas för att bedöma status i grödan, eftersom det går att visa om en gröda haft brist genom att jämföra med uppmätta gränsvärden (Reuter et al. 1997; McGrath et al. 2013).

Det finns dock begränsningar med att använda halten i kärnan som en indikator för bristsituationer, eftersom det inte är självklart att halten i kärnan återspeglar näringsstatusen under den vegetativa tillväxten. Detta eftersom omlagringen av näringsämnen till kärnan beror på ett flertal faktorer kopplade till processer inuti växten, och inte bara hur tillgången i marken varit (Reuter et al. 1997). Exempelvis kan skillnader i den totala halten påverka omlagringen, eftersom näringsämnen kan bindas till strukturer i växten och därmed otillgängliggöras för omlagring, och vid låga halter kan då en relativt liten andel bli omlagrad till kärnan. Även grödans kvävestatus kan ha inverkan på omlagringen, där mer kväve tillgängligt för omlagring också kan innebära att en större del mikronäringsämnena kan omlagras. Grödans behov av tillräckliga halter av näringsämnen för att säkerställa groningen och vitalitet hos kärnan kan också påverka omlagringen, där omlagring kan begränsas vid höga halter om tillräckliga mängder mikronäringsämnen redan är uppnått (Hamnér 2016). Även det faktum att årsvariationer mellan halter i växten och kärnan är stora bidrar till osäkerhet i bedömning av näringsstatus med hjälp av kärnanalys när kritiska gränser kan variera från år till år (Reuter et al. 1997).

3. Metod och material

3.1 Litteraturstudie

En del av arbetet bestod av litteraturstudier och sammanställande av information från för ämnet relevant litteratur. Denna litteratur har framtagits genom bland annat sökningar i databaser som Google Scholar och bibliotekets Primo, med sökfraser som exempelvis "*Micronutrients*", "*Micronutrients in cereals*", "*Trace element concentrations in cereals*" och "*Trace element concentrations in winter and spring wheat*". Denna litteratur har sen sovrats och sammanställts till en för arbetet relevant bakgrundsinformation.

En del av litteraturen har även letats upp genom tillhandahållande av relevant litteratur från handledare, där sedan relevanta och intressanta referenser följts vidare. Detta har gjorts genom att söka på titel och författare i ovan nämnda databaser, eller i sökmotor på internet.

3.2 Försök och provtagningar

Resterande del av arbetet baserades på data från två tidigare genomförda försökserier i vete, en i höstvet och en i vårvete. Dessutom har data från den svenska nationella Mark- och grödoinventeringen använts.

3.2.1 Höstveteförsök

Försöksserien i höstvet genomfördes 2014, med sådd hösten 2013. Försöken var fördelade på 14 platser i södra och mellersta Sverige, med två för tiden ofta odlade sorter, Ellvis och Julius (Tabell 8). Försöken var i grunden utlagda för att testa skörderespons vid olika kvävenivåer. Försöksleden vid respektive plats bestod av fyra olika kvävenivåer: 0, 80, 160 och 240 kg N/ha och varje led bestod av fyra upprepningar.

Provtagningar av biomassa gjordes på sju av platserna vid fyra tillfällen under växtsäsongen, vid DC23 (bestockning), DC37 (stråskjutning), DC65 (blomning) och DC93 (kärnmognad) (Zadoks et al. 1974). Provtagning gjordes av hela plantan, som klipptes av cirka 2 cm över markytan. Vid analys av provet från DC93 analyserades kärnan och halmen separat. Analyser av halter av näringsämnen, inklusive koppar och mangan i grönmassa och kärna gjordes efter torkning. Hela kärnor analyserades för att undvika kontaminering vid malning.

De övriga sju platserna provtogs i DC37, i ledet som fått 160 kg N/ha. Vid provtagningen i DC37 togs även markprover från matjorden på samtliga 14 platser. Detta gjordes genom att prover från de olika blocken och rutorna samlades ihop till ett gemensamt prov för varje försöksplats, som analyserades för markparametrarna pH, lerhalt och mullhalt. Även analys av koppar i marken med 7M HNO₃-extraktion genomfördes, där ett prov per försöksruta analyserades. Prover av kopparhalt i marken togs endast i en kvävenivå (160 kg N/ha). För mer detaljer kring försöken se Hamnér (2016) och Hamnér et al. (2017).

Höstveteförsökens upplägg gav möjlighet till 112 observationer per stadie. Av dessa exkluderades alla observationer med 0 kg N/ha, på grund av att kvävebrist kan antas påverka upptaget och omlagringen av övriga näringsämnen och inte vara representativ för praktiska förhållanden i fält. Totalt antal observationer per stadie i höstvete blev alltså 84 (Tabell 9). För DC23 finns endast mätvärden i en kvävenivå, 160 kg N/ha, vilket gör att detta stadie bara har 28 observationer.

Till dessa observationer kan även de mätningar som gjorts av kopparhalt i marken läggas. Dessa finns tagna i 160 kg N-behandlingen, vilket ger 28 observationer. Till dessa läggs även de prover som tagits på ytterligare sju platser, där det finns mätningar på grönmassa i stadie 37. På grund av saknade värden för vissa parametrar har någon observation i vissa beräkningar gått bort.

3.2.2 Vårveteförsök

Vårveteproverna som användes i detta arbete togs i försök med selengödsling som genomförts i anslutning till sortförsöken i vårvete (L7-0301-2025). För detaljerad information kring sortförsöken se Jäck (2025) och Nordic Field Trial System (2025). Fyra av sortförsökens platser användes i arbetet, belägna i Uppland, Södermanland, Östergötland och Blekinge (Tabell 8). Två vårvetesorter, Sibelius och Diskett, på respektive försöksplats var med i försöken.

Prover av biomassa, hela plantor, samlades in DC37 och DC65 på respektive försöksplats. I Östergötland uteblev provtagning i DC65. Även kärnor samlades in i samband med mognad. Biomassan och kärnorna analyserades sedan för halter av näringsämnen, inklusive koppar och mangan. Data från markprover tagna i sortförsöken, analyserade för pH, lerhalt och mullhalt, hämtades från respektive försöksplats.

Vårveteförsökens upplägg gav totalt 24 observationer, 12 för varje sort. Detta gäller DC37 och kärna. För DC65 blev antalet observationer totalt 18, på grund av den missade provtagningen (Tabell 9).

Tabell 8: Klimatdata, markegenskaper och halter av koppar (Cu) och mangan (Mn) i kärnprover för höst- och vårvete på de försöksplatser som ingick i arbetet.

Namn på provplats	Landskap	Provtagningsår	Vår/höst-vete	Sort	Nederbörd årlig under provtagningsåret (mm) (sept-aug) *	Nederbörd under växtsäsong (mm) (mars-juni)	Medeltemp under provtagningsåret (°C) (sept-aug)	Medeltemp under växtsäsong (°C) (mars-juni)	pH	Ler (%)	Mull (%)	Median Cu-halt Kärna (mg/kg ts)	Median Mn-halt Kärna (mg/kg ts)	Medelhalt Cu mark (HNO ₃) (mg/kg ts)
Strömsholm	Västmanland	2014	Höst	Ellvis	650	235	8,1	9,2	6	49	5	3,6	31,4	28,14
Grästorp	Västergötland	2014	Höst	Julius	863	242	8,6	9,7	6,5	33	4,3	3,5	25,7	7,18
Skultuna	Västmanland	2014	Höst	Julius	629	215	7,7	8,7	6,7	20	2,1	2,9	21,1	21,90
Grillby	Uppland	2014	Höst	Julius	598	185	7,9	8,6	6,4	38	5,8	4,0	22,4	32,78
Karlsfält	Dalsland	2014	Höst	Julius	839	243	8,6	9,5	6,1	23	10,5	3,1	23,4	6,81
Falkenberg	Halland	2014	Höst	Ellvis	1122	233	9,5	10,4	7,3	14	3,2	3,0	22,6	9,70
Örebro	Närke	2014	Höst	Ellvis	778	254	8,2	9,4	6,6	32	3,1	3,1	24,1	14,50
Brunnby	Södermanland	2025	Vår	Diskett & Sibelius	541	138	8,0	9,6	6,3	34	6,4	4,8	35,3	
Uppland	Uppland	2025	Vår	Diskett & Sibelius	449	110	7,8	9,2	6,3	50	5,7	4,9	24,3	
Östergötland	Östergötland	2025	Vår	Diskett & Sibelius	465	93	8,3	9,6	6,1	4	4,8	3,4	45,5	
Hellegården	Blekinge	2025	Vår	Diskett & Sibelius	453	90	9,5	10,3	5,7	23	22	5,1	43,8	
Glyttinge	Östergötland	2014	Höst						6,8	31	2,8			24,22
Höjagården	Skåne	2014	Höst						7,1	29	3,5			8,61
Klagstorp	Skåne	2014	Höst						7,5	19	1,5			10,55
Kårby	Östergötland	2014	Höst						6,8	22	4,8			11,90
Skofteby	Västergötland	2014	Höst						6,3	11	2,7			8,57
Teckomatorp	Skåne	2014	Höst						7,6	16	3,0			7,50
Tjustorp	Skåne	2014	Höst						6,3	15	3,6			7,12

*Noterbart är att flera platser hade hög nederbörd i augusti 2014

Tabell 9: Beskrivning av antalet observerade värden för platser, behandlingar och upprepningar från försöken använda i arbetet.

Parameter/mätpunkt	Försöksplatser	Behandlingar (kvävenivå/sort)	Uppprepningar	Antal observationer
DC23-Höstvete	7	1	4	28
DC37-Höstvete	14	3 (1) *	4	112
DC65-Höstvete	7	3	4	84
Kärna-Höstvete	7	3	4	84
MarkCu(HNO ₃)-Höstvete	14	1	4	56
pH, ler, mull, meteorologiska data- Höstvete	7			7
DC37-Vårvete	4	2	3	24
DC65-Vårvete	3	2	3	18
Kärna-Vårvete	4	2	3	24
pH, ler, mull, meteorologiska data- Vårvete	4			4

* 7 platser med tre upprepningar, 7 platser med en upprepning.

3.2.3 Mark- och grödoinventeringen

Den svenska nationella Mark- och grödoinventeringen är en del av miljöövervakningsprogrammet ”Yttäckande rikskartering av åkermark”, även kallat Åkermarksinventeringen, finansierat av Naturvårdsverket (Eriksson 2021). Målet med inventeringen är att kartlägga tillståndet i svensk jordbruksmark och grödornas kvalitet i relation till markens innehåll och odlingsåtgärder. De första proverna togs 1988, och sedan 2001 finns cirka 2000 fasta provplatser jämnt spridda över Sveriges åkermark, där matjordsprover tas vart 10:e år. I de fall som grödan under provtagningsåret är höstvete, vårkorn eller havre, tas även ett kärnprov.

På de insamlade proverna analyseras sedan en mängd markfaktorer, som pH, jordart och innehåll av för växter viktiga näringsämnen. Analys av näringsämnena koppar och mangan har gjorts efter extraktion med 7M HNO₃. Gällande analys av kärnproverna analyseras dessa på flertalet näringsämnen och spårelement, däribland koppar och mangan. All insamlade data går att hämta via SLU, där sorteringar utifrån typ av undersökning, undersökta parametrar, plats och provtagningsområden kan göras (Miljödata MVM 2026).

Data från Mark- och grödoinventeringen har samlats in för att kunna jämföra det rikstäckande materialet med proverna från höstvete- och vårveteförsöken, och för att bättre kunna utvärdera betydelsen av markfaktorer. I vissa fall redovisas endast medianhalter, vilket ersätter medelhalter. Detta då de kan anses var mer representativa för genomsnittsvärdet än medelhalterna, på grund av de få men mycket avvikande extremvärden som finns i provet och påverkar medelhalten.

3.3 Datahantering och statistisk analys

All datahantering och analys har skett i Microsoft Excel och R/R Studio.

3.3.1 Höst- och vårveteförsök

Data av koppar- och manganhalter i växande gröda och mogen kärna insamlad från respektive försöksserier har sorterats och kategoriserats i Excel utifrån plats, behandling (kvävenivå) och sort. Medelhalter, maxvärden, minvärden, medianer och under- och övre kvartil har räknats ut för respektive kategori. Linjära regressioner för att undersöka samband mellan halter i kärna och grönmassa för koppar respektive mangan har gjorts i Excel, dels för respektive kategori (kvävenivåer i höstvete, sorter i vårvete), dels för sammanslagningar av alla kategorier i respektive försök. Förklaringsgrad (R^2), p-värden (signifikansnivå) och övriga regressionsparametrar räknades ut i Excel med hjälp av tilläggspaketet *Analysis ToolPak*. Lådagram har gjorts i Excel och R, med hjälp av paketet "ggplot2", för att åskådliggöra spridning och variationer, dels uppdelat på behandlingar, dels uppdelat på sort och plats.

För att få en uppfattning om omlagringen har även skördeindex för koppar och mangan (NuHI) räknats ut för höstveteförsöken. I vårveteförsöken gjordes en ANOVA-analys med hjälp av *Analysis ToolPak* för att se eventuella skillnader variationer mellan sorterna. Detta kunde inte göras i höstveteförsöken, eftersom det där bara fanns en sort per plats. För höstveteförsöken gjordes i stället motsvarande ANOVA-analys på de olika kvävenivåerna.

Till varje försöksplats har, förutom den markdata som tagits fram i försöken, även data för nederbörd och temperatur hämtats från SMHI. Den data som hämtats kommer från närmaste liggande mätstation i förhållande till provplatsen, som mätt parametrarna nederbörd (månad) eller medeltemperatur (månad). Både data för hela växtodlingsåret (september-augusti året därpå) och för växtsäsongen (mars-juni, den period där tillväxt och upptag av näringsämnen bedöms vara störst) har inkluderats (Tabell 8).

Mark- och meteorologiska data för respektive plats har tillsammans med analysvärden för kärna använts i multipla regressionsanalyser med hjälp av Stepwise-metoden för att undersöka förklaringsgrad för halterna i DC37 och DC65 i respektive försök. Detta har gjorts i R, med paketen "readxl" (hämta exccelfil), "tidyr" (för att omstrukturera data), "dplyr" (för att sortera i data) "relaimpo" (dela upp förklaringsgraden på respektive parameter). Modellen som använts är en Stepwise-metod som bakifrån (backwards) sorterar bort parametrarna från den

multipla regressionen så att lägsta AIC (=bästa förklaring) uppnås. I de fall som parametrarna inte uppvisat signifikant eller nära signifikant ($p < 0,05$) påverkan på modellen har dessa manuellt rensats bort. Även korrelationstabeller med korrelationskonstanter (r) för alla insamlade parametrar för respektive försök har gjorts med R, med hjälp av paketet "sjPlot" (Tabell A 11 & Tabell A 12, Appendix). Korrelationskonstanten i kvadrat är samma värde som förklaringsgraden (R^2).

3.3.2 Mark- och grödoinventeringen

Data för både markfaktorer (pH, lerhalt, mullhalt, CEC, koppar- och manganhalt i marken) och halter i kärnan i höstvet (koppar- och manganhalt) har hämtats och sammanställts i tabeller, dels på riksnivå, dels i produktionsområden och dels på kommunnivå. Data på kommunnivå har hämtats med avsikten att kunna jämföra med provplatserna i höst- och vårveteförsöken. Därför har den kommun som respektive provplats ligger i valts ut och mark och kärnvärden har hämtats därför. I ett flertal fall har antalet prover inom en kommun varit så få, framför allt för kärnproverna, att provresultaten inte redovisats (vid under 10 prover per valt geografiskt område redovisas inte halterna för att man inte ska kunna identifiera provplatsen och dess värden). I dessa fall har närmsta kommun med tillgängliga värden, som bedömts ha ungefär liknade förhållande valts (Tabell 10).

Markfaktorernas påverkan på halten i kärnan har kunnat undersökas med detta material. Detta har gjorts genom att alla tillgängliga prover för ovan nämnda markfaktorer matchats mot alla tillgängliga prover för höstvetekärna med avseende på plats och provtagningsår, så att rätt markprov hamnat mot rätt kärnprov. Gällande mullhalt togs alla jordar med mullhalt över 40 % bort eftersom gränsen för att jorden ska benämnas som mulljord går där, och mulljordar beter sig annorlunda jämfört med mineraljordar (Eriksson et al. 2011). Totalt landade det i 1023 prover tagna på samma plats vid samma tillfälle med markfaktorer och höstvetekärna. För vissa av proverna saknades lerhalt och CEC, varför beräkningar där dessa ingår är baserade på något färre observationer. Likt för höst- och vårveteförsöken gjordes i R, med bas i materialet från Mark- och grödoinventeringen, en korrelationstabell (Tabell A 10, Appendix) för alla faktorer, samt en Stepwise regressionsanalys för att se i vilken grad markfaktorerna kunde förklara koppar- respektive manganhalten i kärnan.

Tabell 10: Medianer för mark- och kärnvärden hämtade från Mark- och grödoinventeringen på kommunnivå. I de fall värdena är hämtade från två kommuner (X/Y) är markvärdena hämtade från den första (X), och kärnvärdena från den andra (Y).

Kommun	Motsvarar provplats (Kommun)	pH	Ler (%)	Mull (%)	Cu Mark (mg/kg ts)	Mn Mark (mg/kg ts)	Cu Kärna (mg/kg ts)	Mn Kärna (mg/kg ts)
Köping/ Västerås	Strömsholm (Hallstahammar)	6,2	41	3,6	24	540	4,1	28
Grästorp/ Vara	Grästorp (Grästorp)	6,5	36	4,4	9,7	420	3,8	27
Västerås	Skultuna (Västerås)	6,3	44	3,9	27	450	4,1	28
Enköping	Grillby (Enköping)	6,5	49	4,1	30	570	4	28
Mellerud	Karlsfält (Mellerud)	6,3	30	5,1	9,9	370	3,9	27
Falkenberg /Halmstad	Falkenberg (Falkenberg)	6,2	9	5	8,4	250	3,5	32
Örebro	Örebro (Örebro)	6,1	29	4,4	13	310	4,1	33
Eskilstuna/ Västerås	Brunnby (Eskilstuna)	6,3	43	4,3	26	510	4,1	28
Enköping	Uppland (Enköping)	6,5	49	4,1	30	570	4	28
Mjölby + Motala *	Östergötland (Mjölby)	6,6	23	3,55	13,5	430	4,25	24
Sölvesborg/ Kristianstad	Helgegården (Sölvesborg)	6,3	4	3,5	7,4	110	3,9	22

* Medelvärde för båda kommunerna

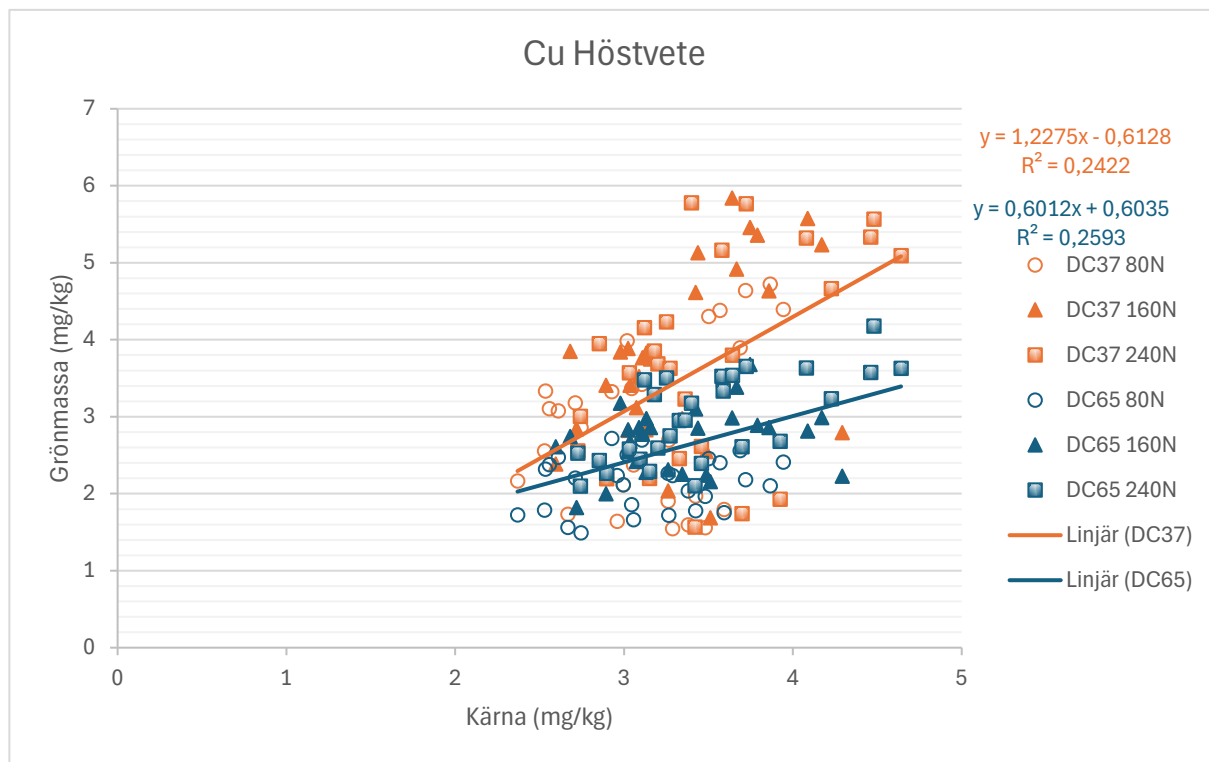
4. Resultat

4.1 Koppar

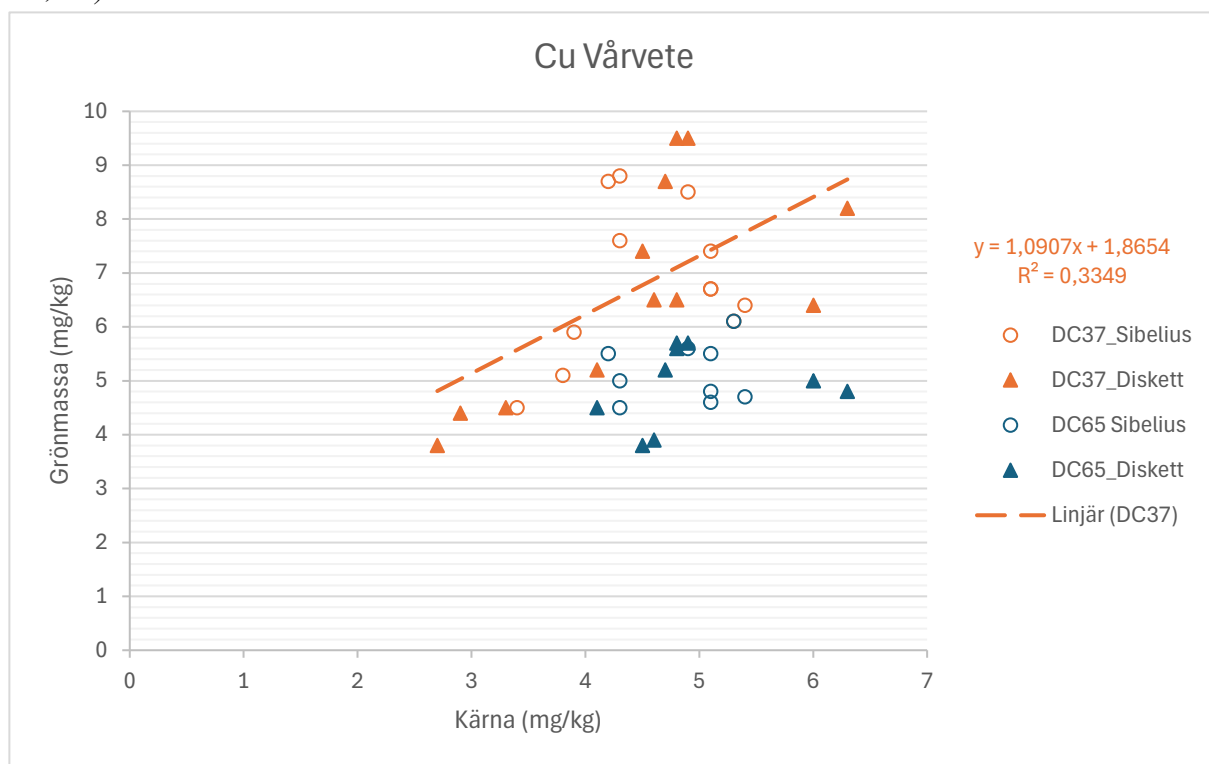
4.1.1 Höst- och vårveteförsöken

I höstveteförsöken fanns ett signifikant samband ($p < 0,001$) mellan Cu-halter i kärna och grönmassa både i stadie 37 och 65, med en förklaringsgrad på 24 respektive 26 % när alla tre kvävenivåer slagits ihop (Figur 1). När kvävenivåerna delats upp var för sig sjönk graden av signifikans (Tabell A 2, Appendix). I stadie 23 fanns ingen signifikans. I stadie 37 var nivåerna 160 och 240 kg N signifikanta på nivån ($p < 0,01$) med förklaringsgrader runt 25 % och i stadie 65 var det endast 240 kg N nivån som var signifikant ($p < 0,01$, $R^2 = 0,46$). Förklaringsgraderna varierade även väldigt mycket när sambandet för varje enskild plats och utvecklingsstadie testades på 160 kg N nivån, från nästan obefintliga till mycket goda ($R^2 > 0,6$) (data ej visade). Generellt hade stadie 37 högre halter av koppar än stadie 65, och de allra högsta värdena i respektive stadie stod de två högre kvävenivåerna för (Figur 1, Tabell A 3, Appendix). ANOVA-analys visade att det fanns signifikanta skillnader i kopparhalt mellan de olika kvävenivåerna. För kärnan var nivåerna 80 kg N och 240 kg N signifikant skilda ($p = 0,026$). I DC37 var nivåerna 80 kg N och 160 kg N respektive 80 kg N och 240 kg N signifikant skilda ($p = 0,012$). I DC65 var alla kvävenivåer signifikant skilda från varandra ($p < 0,001$). Gällande omlagring hamnade medelvärden för Cu-skördeindex på 79, 78 och 76 % för kvävenivåerna 80 kg N, 160 kg N och 240 kg N respektive.

Gällande vårveteförsöken var det endast två samband som var signifikanta, i stadie 37 när de två sorterna slagits ihop ($p < 0,01$; $R^2 = 0,33$; Figur 2) och i stadie 37 för sorten Diskett ($p < 0,05$, $R^2 = 0,48$). Övriga testade samband var icke-signifikanta. Även i vårvetet hade stadie 37 signifikant högre medelhalt än stadie 65, och halterna var jämt fördelade mellan sorterna (Figur 2). ANOVA-analys på sorterna visade att det inte fanns några signifikanta skillnader i kopparhalt mellan sorterna Sibelius och Diskett i något utvecklingsstadie (DC37, DC65) eller kärna. När höst- och vårveteförsöken slogs ihop till en gemensam regression ökade förklaringsgraden till 55 och 64 % för DC37 respektive DC65.

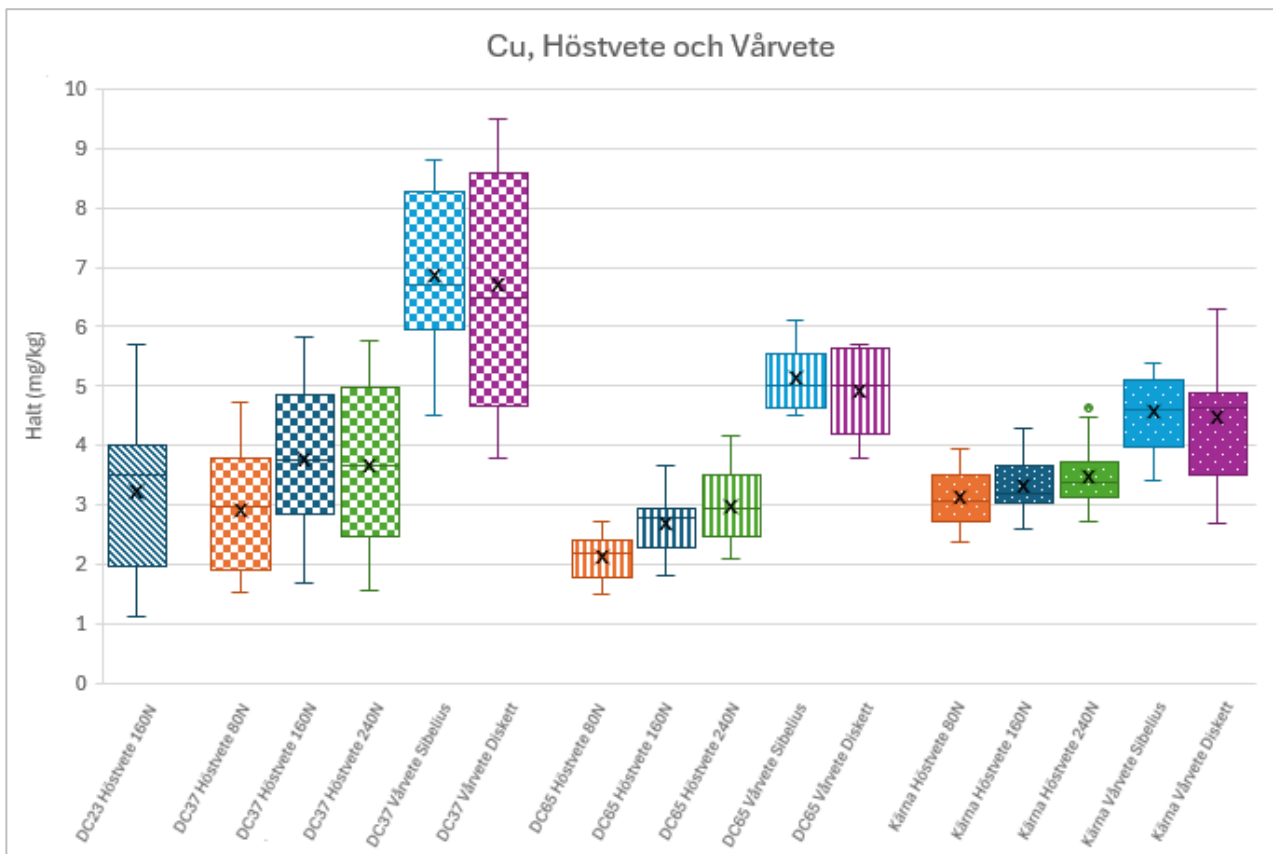


Figur 1: Linjär regression för sambandet mellan Cu-halt i grönmassa och kärna i höstvetet i stadie 37 respektive 65. Regression på sammanslagning av tre kvävenivåer (80, 160 och 240 kg N/ha) där varje N-nivå är markerad (cirkel, triangel resp. kvadrat). Heldragen linje indikerar signifikansnivå *** ($p < 0,001$). $n=84$



Figur 2: Linjär regression för sambandet mellan Cu-halt i grönmassa och kärna i vårvetet i stadie 37 respektive 65. Regression på sammanslagning av två sorter (Sibeliuss och Diskett) där sorterna är markerad (cirkel resp. triangel). Streckad linje indikerar signifikansnivå ** ($p < 0,01$), ingen linje = ingen signifikans. $n=24$ (DC37), $n=18$ (DC65).

Vårvetet hade generellt högre halter av koppar än höstvetet, något som gällde för alla utvecklingsstadier (Figur 3), med halter som högst upp mot 10 mg/kg ts i stadie 37, att jämföra med höstvetet där halterna i vissa fall låg under 2 mg/kg ts i utvecklingsstadierna 23, 37 och 65. I alla stadier var också spridningen större hos vårvetet än höstvetet. Gällande sortskillnader var spridningen större hos Diskett än Sibelius. Höstvetet hade liten spridning i stadie 65 och i kärnan, men större spridning i stadie 23 och 37. För höstvete ökade halterna med kvävenivå, något som gällde för både DC37, DC65 och kärna. Störst spridning hade både höst- och vårvetet i stadie 37 (Figur 3, även Tabell A 4 och Tabell A 5 i Appendix). För både höst- och vårvete var halterna som högst i stadie 37. I senare stadier sjönk halterna, för höstvete var halterna som lägst i stadie 65, medan vårvete hade lägst halter i kärnan.

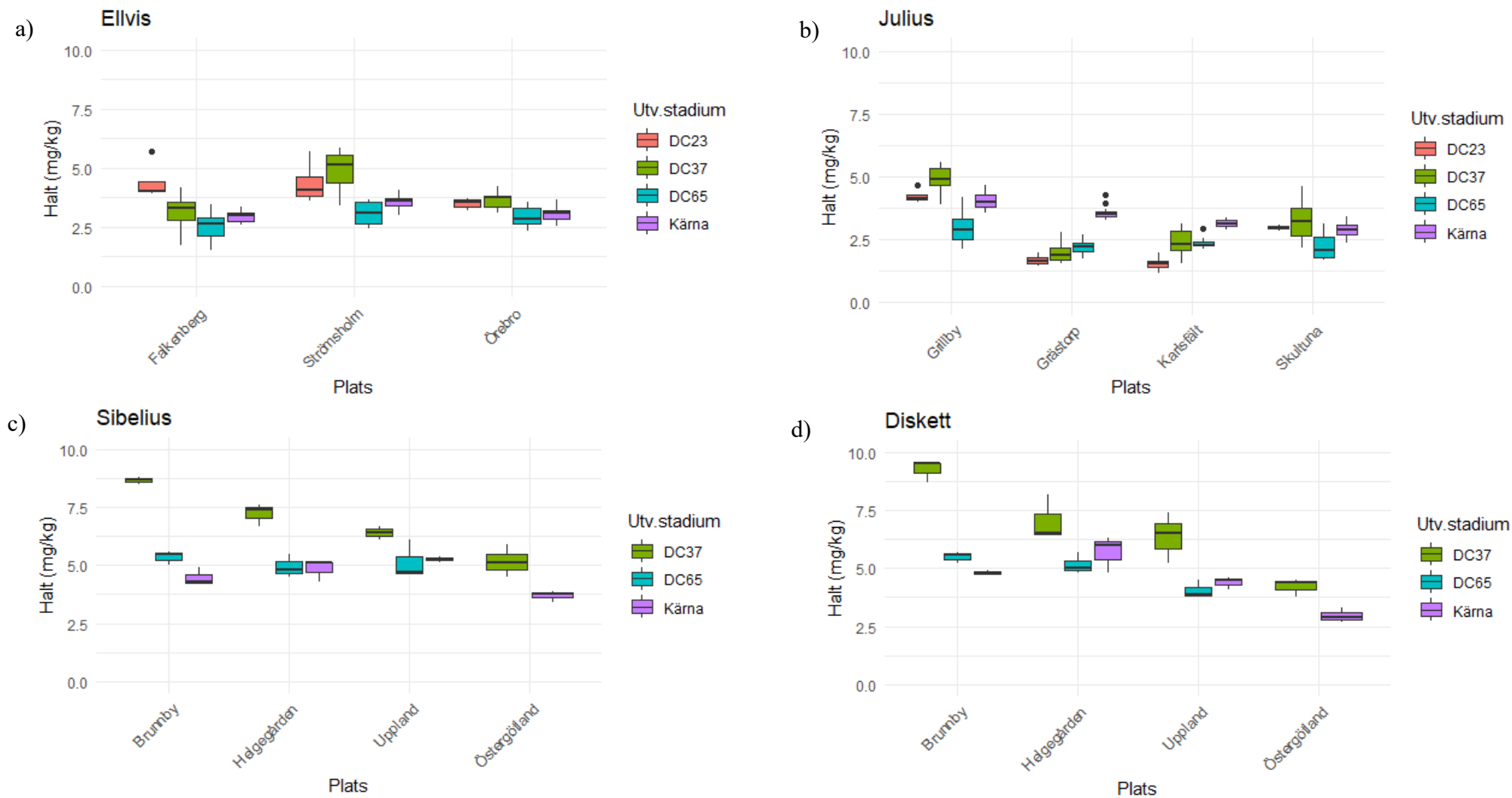


Figur 3: Lådagram för kopparhalter i höst- och vårveteförsöken, uppdelat på behandling och utvecklingsstadie. Medelhalter framgår som X i lådan, medianhalter som streck. Övre och undre kvartil utgörs av lådans ändpunkter, max- och minpunkter indikeras av morrhåren.

Höstveteförsökens halter från de olika platserna visade att Strömsholm hade högst kopparhalter, men också stor spridning i DC23, DC37 och DC65 (Figur 4). Även Grillby hade högre halter än övriga försöksplatser. Ett mönster där halten sjönk i ordningen DC37>kärna>DC65 kunde observeras, där halten i kärnan var något högre än halten i DC65. Detta gällde för flertalet platser, med undantag för

Grillby, Grästorp och Karlsfält. Halterna i stadie 23 varierade stort. Grästorp och Karlsfält hade de lägsta halterna, i stadie 23 och 37.

Platserna för vårveteförsöken uppvisade liknande mönster för båda sorterna (Figur 4). Brunnby hade de högsta halterna, i stadie 37, medan Östergötland hade de lägsta. Även här fanns ett mönster att halterna i stadie 37 var högst, halterna i stadie 65 lägst och halten i kärnan något högre än halten i stadie 65. Detta gällde för tre av provplatserna, med undantag för Brunnby.



Figur 4a-d: Lådagram för kopparhalter i höstvet (a-b) samt vårvete (c-d), uppdelat på sort, plats och utvecklingsstadium. Medianhalter framgår som streck i lådan. Övre och undre kvartil utgörs av lådans ändpunkter, max- och minpunkter indikeras av morrhår. För detaljerad info se Tabell A 5 i Appendix.

4.1.2 Markfaktorer

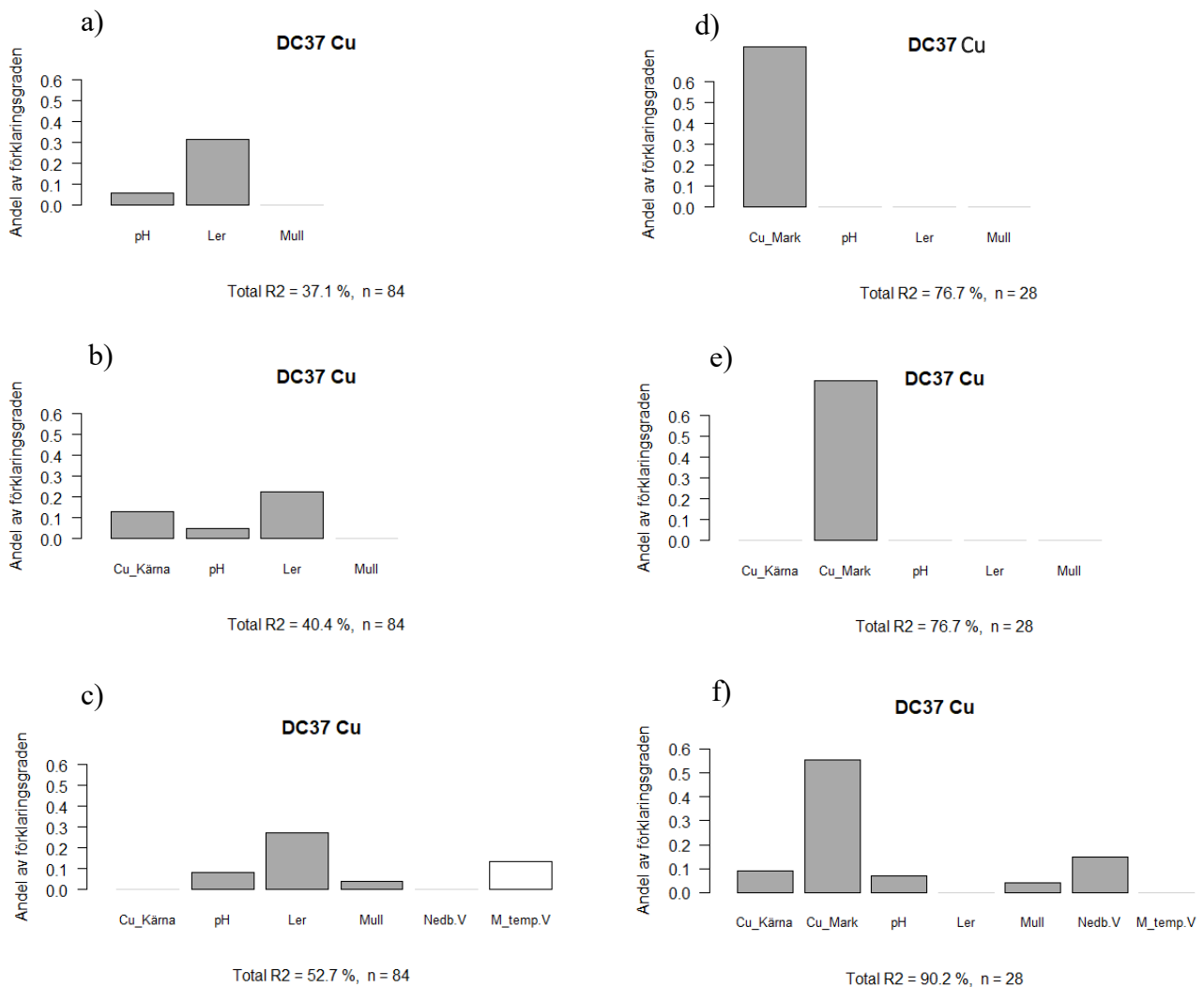
I höstveteförsöken fanns flertalet signifikanta korrelationer mellan mark- och växtfaktorer (Tabell A 11, Appendix). Halten koppar i marken hade korrelation med kopparhalten i DC37, DC65 och kärna, som mest med $r=0,57$. Lerhalt hade en positiv korrelation på 0,60 med halt i kärna, samt en positiv korrelation på 0,67 med kopparhalt i marken. Nederbörden under växtsäsongen hade en negativ korrelation med koppar i stadie 37 och kärna ($r = -0,47$ resp. $-0,44$). Både medeltemperatur och nederbörd hade negativa korrelationer med kopparhalt i marken.

I vårveteförsöken fanns det färre starka och signifikanta korrelationer mellan olika markfaktorer och kopparhalten i växten (Tabell A 12). Lerhalt hade en positiv korrelation på 0,55 med halt i kärna, och mullhalt hade en korrelation på 0,54 med halten i kärnan. Årlig nederbörd hade i detta försök en positiv korrelation med koppar i DC37 och DC65 (0,68 respektive 0,48), men ingen signifikant korrelation med halten i kärnan.

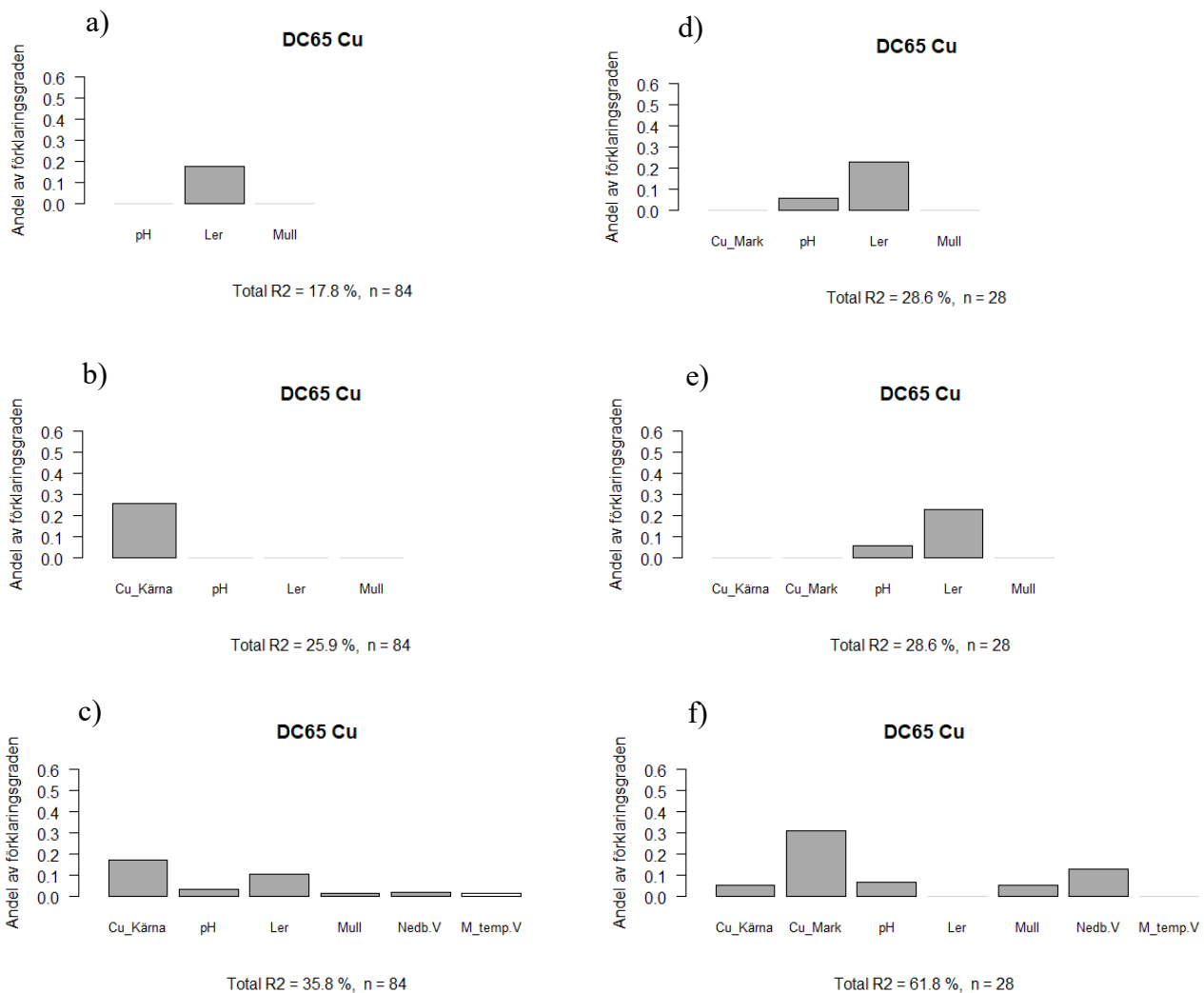
I Mark- och grödoinventeringens material (Tabell A 10) fanns signifikanta positiva korrelationer på 0,29 mellan kopparhalt i marken och halt i kärna, 0,43 mellan lerhalt och halt i kärna, 0,55 mellan lerhalt och kopparhalt i marken samt 0,39 mellan mullhalt och kopparhalt i marken. pH hade ingen korrelation med koppar, varken i mark eller kärna.

Den multipla regressionsanalys med Stepwise-metoden som gjorts visade att förklaringsgraden för halten i växten ofta ökade med fler förklaringsfaktorer. För höstveteförsöken ökade förklaringsgraden i DC37 från 37 % med pH, lerhalt och mullhalt som förklaringsfaktorer, till 53 % när halt i kärna, nederbörd och temperatur lagts till. Lerhalten stod för en stor del av förklaringen, mellan 20 och 30 % (Figur 5a-c). Halten av koppar i marken förklarade i denna modell en mycket stor del av variationen i DC37, nästan 77 %, men ändå ökade förklaringsgraden till 90 % när meteorologiska faktorer lades till (Figur 5d-f).

För höstvete i stadie 65 (Figur 6) var förklaringsgraden från den multipla regressionsanalysen generellt lägre än i stadie 37, men den ökade ändå från 18 till 36 % när förklaringsfaktorerna gick från endast pH, ler och mull, till att även inbegripa halt i kärnan och meteorologiska faktorer. Lerhalten och halten i kärnan hade störst inverkan på förklaringen. Kopparhalt i marken hade inte alls lika stor förklaring på halten i stadie 65 som på halten i stadie 37, men gav ändå ett tillskott till förklaringen. Förklaringen ökade även när meteorologiska faktorer lades till, från 29 till 62 %. Även i stadie 65 var lerhalten, tillsammans med kopparhalten i marken, den faktor som förklarade variationen i växten bäst.

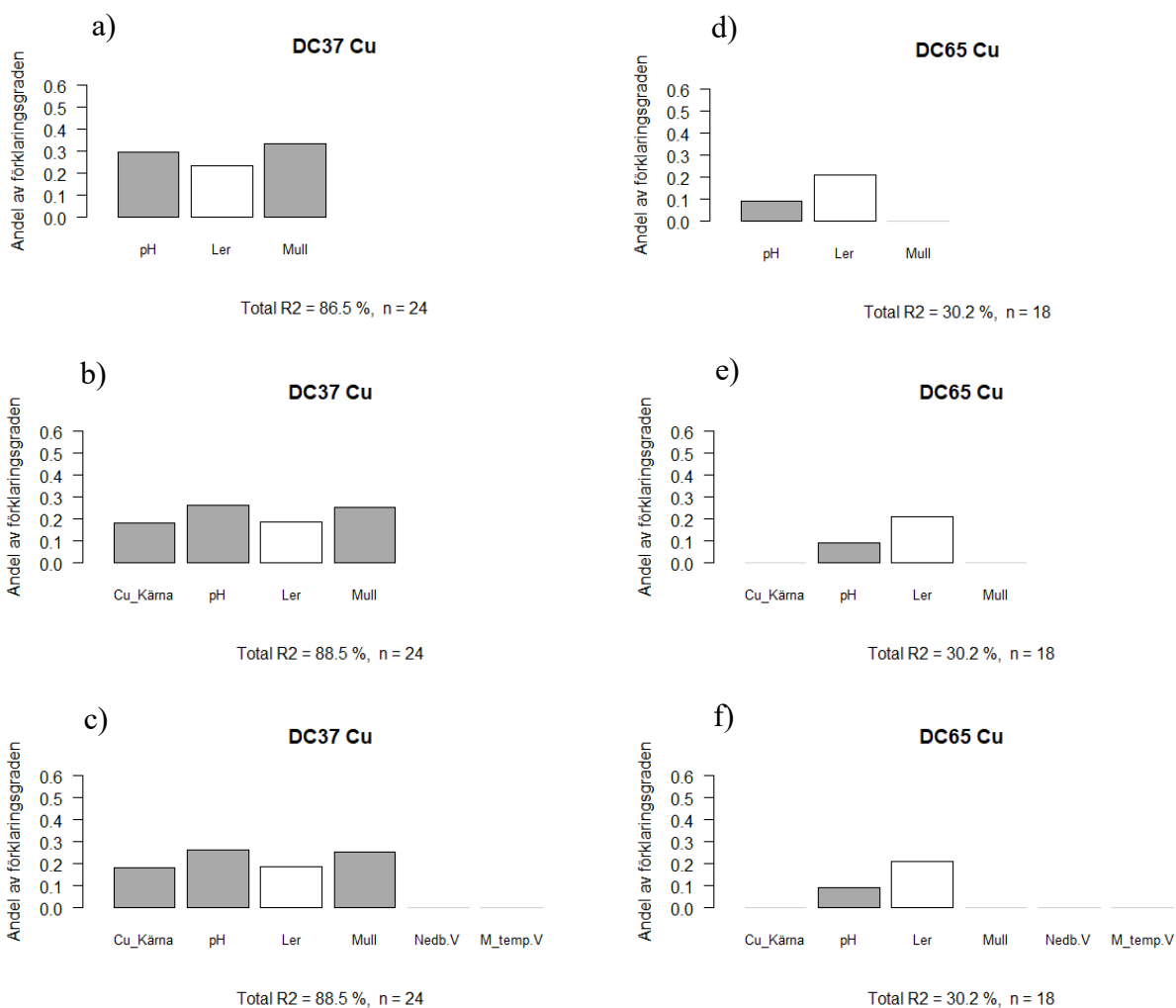


Figur 5a-f: Samband mellan kopparhalt i DC37 och halt i kärna + mark- och vädervariabler i höstveteförsöken förklarar genom multipel regressionsanalys med Stepwise-metoden. Respektive förklaringsvariabelns bidrag till den totala förklaringsgraden anges av stapelns höjd. Grå = positiv relation, Vit = negativ relation. Förklaringsvariabler framgår av figuren: (a-c) utan kopparhalt i marken, (d-f) med kopparhalt i marken. Uppifrån och ner adderas förklaringsvariabler. Observera att antalet observationer (n) skiljer sig åt. Halten i kärnans förklaringsgrad på halten i DC37 är 0,24 (Figur 1).



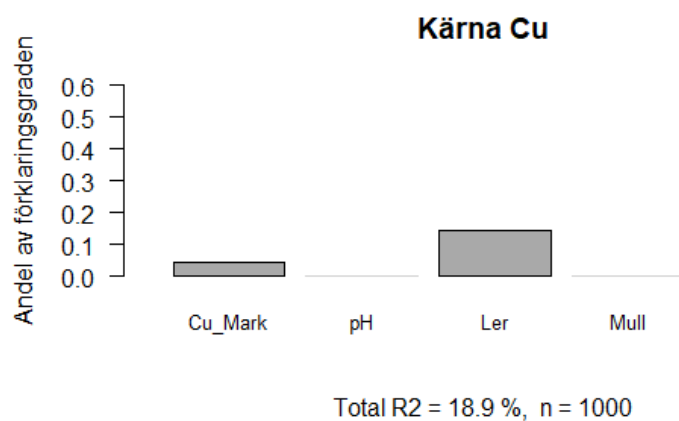
Figur 6a-f: Samband mellan kopparhalt i DC65 och halt i kärna + mark- och vädervariabler i höstveteförsöken förklarad genom multipel regressionsanalys med Stepwise-metoden. Respektive förklaringsvariabelns bidrag till den totala förklaringsgraden anges av stapelns höjd. Grå = positiv relation, Vit = negativ relation. Förklaringsvariabler framgår av figuren: (a-c) utan kopparhalt i marken, (d-f) med kopparhalt i marken. Uppifrån och ner adderas förklaringsvariabler. Observera att antalet observationer (n) skiljer sig åt. Halten i kärnans förklaringsgrad på halten i DC65 är 0,26 (Figur 1).

För vårveteförsöken syntes endast en liten ökning av förklaringsgraden i DC37 när halt i kärna och meteorologiska data lades till som förklaringsvariabler (Figur 7). I DC65 ökade inte förklaringsgraden alls med fler förklaringsvariabler. Både pH, mull- och lerhalt hade stor förklaring på halten i DC37, tillsammans gav dem en förklaringsgrad på 87 %. Lerhalten hade i denna modell en negativ relation med halten i växten, både i DC37 och DC65.



Figur 7a-f: Samband mellan kopparhalt i DC37 (a-c) respektive DC65 (d-f) och halt i kärna + mark- och vädervariabler i vårteförsöken förklarar genom multipel regressionsanalys med Stepwise-metoden. Respektive förklaringsvariabelns bidrag till den totala förklaringsgraden anges av stapelns höjd. Grå = positiv relation, Vit = negativ relation. Förklaringsvariabler framgår av figuren: Uppifrån och ner adderas förklaringsvariabler. Halten i kärnans förklaringsgrad på halten i DC37 är 0,33. För DC65 finns ingen signifikant påverkan av halten i kärnan (Figur 2).

I den multipla regressionsanalysen av data från Mark- och grödoinventeringen (Figur 8) kan utläsas att de faktorer som påverkar halten i kärnan var lerhalt (14 %) och kopparhalt i marken (5 %), vilket tillsammans gav en förklaringsgrad på 19 %. I den multipla regressionsanalysen testades även CEC som faktor, förutom kopparhalt i marken, pH, lerhalt och mullhalt, men det gav ingen ytterligare information till modellen.



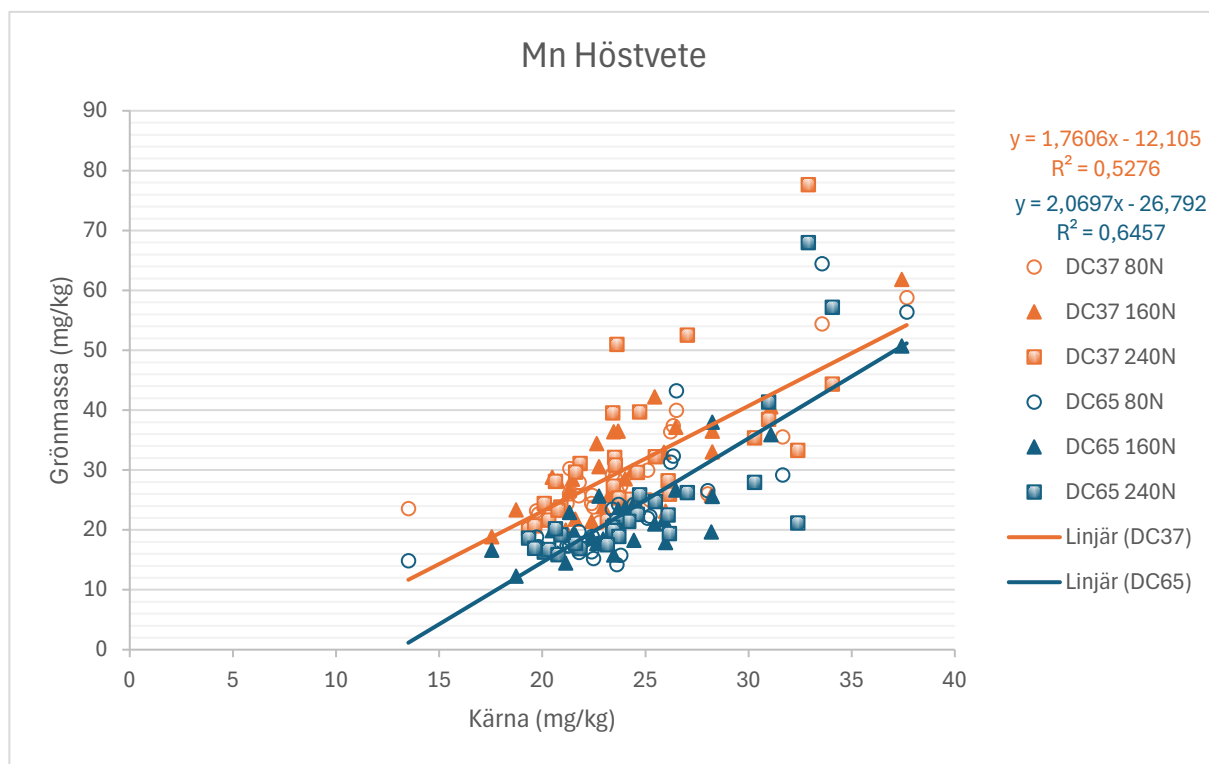
Figur 8: Samband mellan kopparhalt i kärna och markvariablerna kopparhalt i marken (HNO_3), pH, lerhalt och mullhalt, förklarat genom multipel regressionsanalys med Stepwise-metoden. Dataunderlag: Mark- och grödoinventeringens mark- och gröddata för höstvet. Respektive förklaringsvariabelns bidrag till den totala förklaringsgraden anges av stapelns höjd. Grå = positiv relation, Vit = negativ relation. Förklaringsvariabler framgår av figuren.

4.2 Mangan

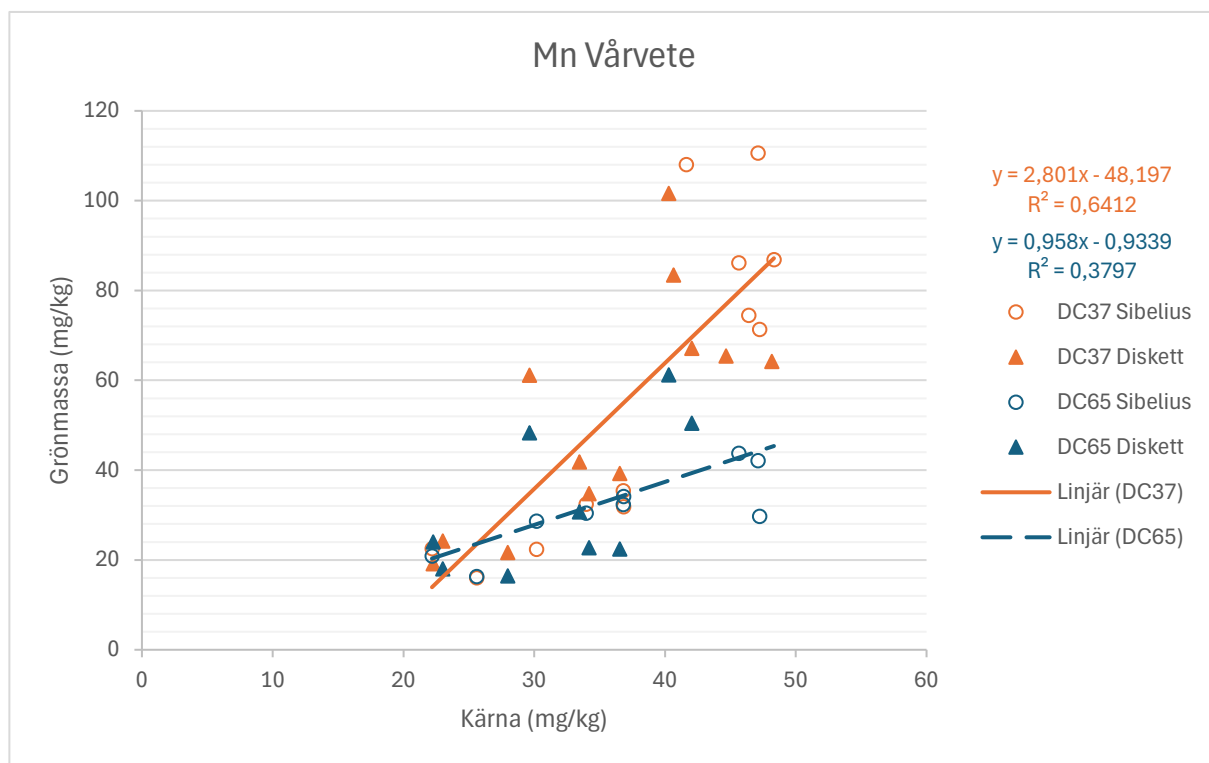
4.2.1 Höst- och vårveteförsöken

För höstveteförsöken fanns ett signifikant samband mellan kärna och grönmassa både i stadie 37 och 65, med en förklaringsgrad på 53 respektive 65 % när alla tre kvävenivåer slagits ihop ($p < 0,001$; Figur 9). När kvävenivåerna delats upp var för sig fanns det fortfarande ett signifikant samband, men med lägre förklaringsgrad (Tabell A 6, Appendix). När sambanden för varje enskild plats undersöktes på 160 kg N nivån var förklaringsgraden i DC37 och DC65, men även DC23, relativt konsekventa och ibland över 90 % (data ej visade). Generellt hade stadie 37 högre halter av mangan än stadie 65, med en relativ jämn fördelning mellan kvävenivåerna (Figur 9). Medelvärdena för skördeindex för mangan låg på 0,53, 0,59 och 0,62 för de respektive kvävenivåerna 80 kg N, 160 kg N och 240 kg N. ANOVA-analys visade inga signifikanta skillnader i manganhalt mellan de olika kvävenivåerna i något stadie.

Gällande vårveteförsöken fanns det signifikanta samband mellan halter i kärna och grönmassa för båda utvecklingsstadierna och sorterna, förutom för Diskett i stadie 65 (Figur 10, Tabell A 6). För vid sammanslagning av sorterna var $p < 0,001$ och $R^2 = 0,64$ för stadie 37, och stadie 65 hade signifikansnivå $p < 0,01$ och $R^2 = 0,38$. Liksom för höstvetet hade stadie 37 generellt högre halter än stadie 65 (Figur 10). ANOVA-analys visade att det inte fanns några signifikanta skillnader i manganhalt mellan de två sorterna, varken i DC37 eller DC65. Sibelius hade dock signifikant högre manganhalt än Diskett i kärnan (38,5 respektive 35,2 mg/kg ts; $p = 0,041$). När höst- och vårveteförsöken slogs ihop till en gemensam regression hamnade förklaringsgraden på 69 och 52 % för DC37 respektive DC65.

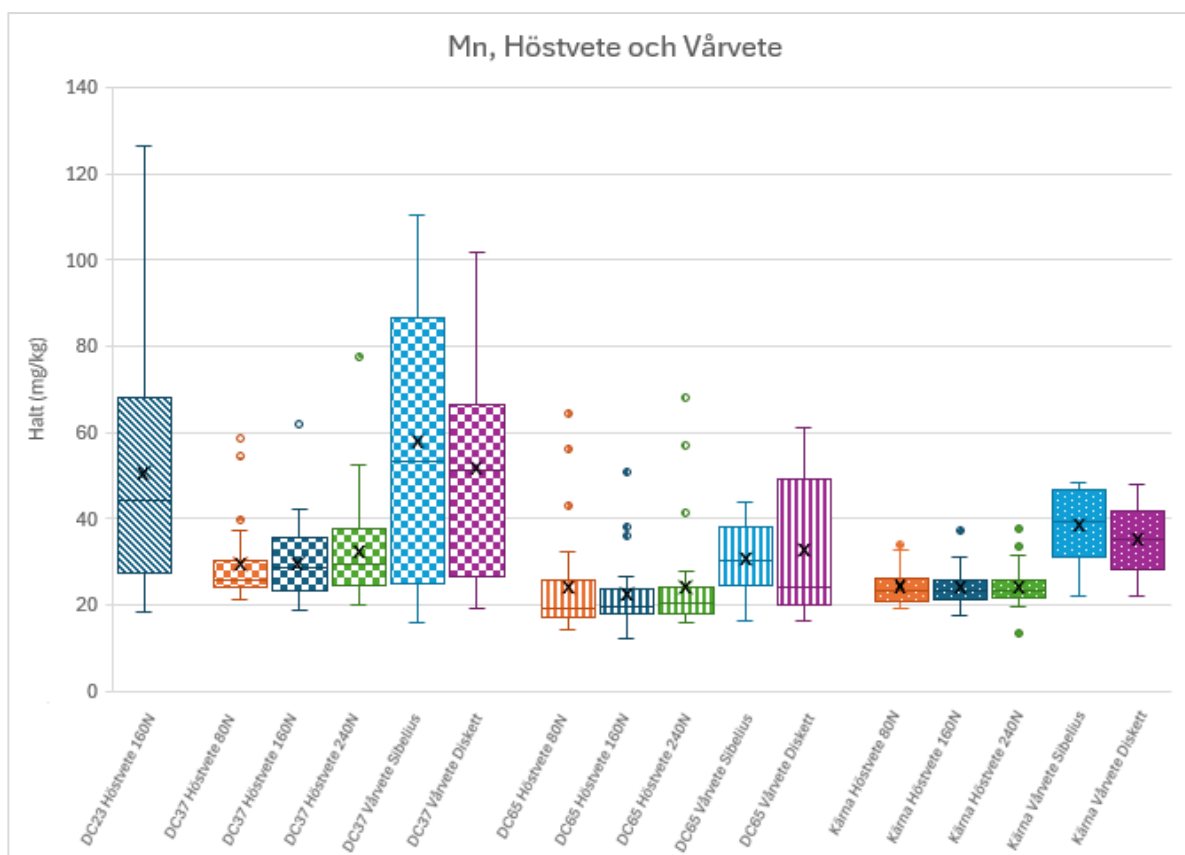


Figur 9: Linjär regression för sambandet mellan Mn-halt i grönmassa och kärna i höstvetet i stadie 37 respektive 65. Regression på sammanslagning av tre kvävenivåer (80, 160 och 240 kg N/ha) där varje N-nivå är markerad (cirkel, triangel resp. kvadrat). Heldragen linje indikerar signifikansnivå *** ($p < 0,001$). $n=84$



Figur 10: Linjär regression för sambandet mellan Mn-halt i grönmassa och kärna i vårvetet i stadie 37 respektive 65. Regression på sammanslagning av två sorter (Sibeliuss och Diskett) där sorterna är markerad (cirkel resp. triangel). Streckad linje indikerar signifikansnivå ** ($p < 0,01$), heldragen linje *** ($p < 0,001$). $n=24$ (DC37), $n=18$ (DC65).

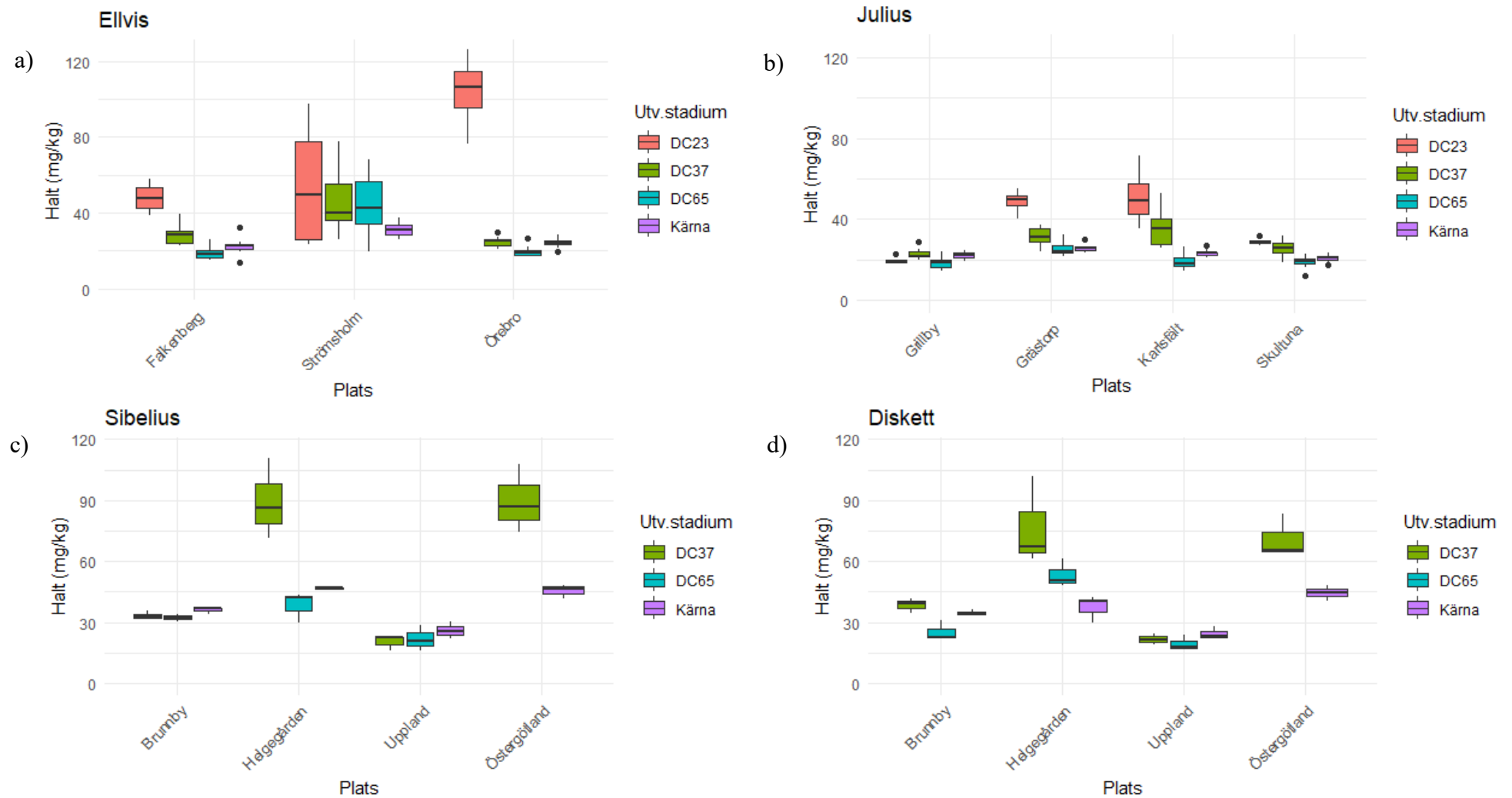
Vårvetet hade generellt högre halter av mangan än höstvetet, något som gällde för alla utvecklingsstadier och kärnan (Figur 11). Särskilt tydligt var detta i stadie 37 och i kärnan. Spridningen var klart större för vårvetet i alla stadier, något som gällde för båda vårvetesorterna. Störst spridning hade vårvete i stadie 37. Diskett tenderade att ha något lägre halt än Sibeliuss (se även ovan). I höstvete var spridningen störst i stadie 23, i övriga stadier var spridningen relativt liten, jämfört med vårvete. I stadie 37 ökade halterna något med kvävenivå, något som inte syntes i DC65 eller i kärnan. För vårvete var halterna störst i stadie 37 för att sedan generellt vara lägst i stadie 65 och något högre i kärnan. Samma mönster kunde ses för höstvete, där halten i stadie 23 var klart högst, för att sedan sjunka i stadie 37 och 65, där halten i kärnan var något högre än i stadie 65 (Figur 11 och Figur 12, även Tabell A 7, Tabell A 8 och Tabell A 9, Appendix).



Figur 11: Lådagram för manganhalter i höst- och vårveteförsöken, uppdelat på behandling och utvecklingsstadium. Medelhalter framgår som X i lådan, medianhalter som streck. Övre och undre kvartil utgörs av lådans ändpunkter, max- och minpunkter indikeras av morrhår. Punkter utanför dessa visar extremvärden.

Gällande höstvetet, uppdelat på plats, hade Strömsholm störst spridning för alla utvecklingsstadier och kärna (Figur 12). Örebro hade den klart högsta halten, i DC23, för att sedan ha relativt låga halter i övriga stadier. Medelhalterna i kärna varierade mindre än i grönmassan.

Platserna för vårveteförsöken uppvisade liknande mönster för båda sorterna. Hellegården och Östergötland hade betydligt högre halter och större spridning i alla stadier, jämfört med Brunnby och Uppland.



Figur 12a-d: Lådagram för manganhalter i höstvetete (a-b) samt vårvete (c-d), uppdelat på sort, plats och utvecklingsstadium. Medianhalter framgår som streck i lådan. Övre och undre kvartil utgörs av lådans ändpunkter, max- och minpunkter indikeras av morrhår. För detaljerad info se Tabell A 9 i Appendix.

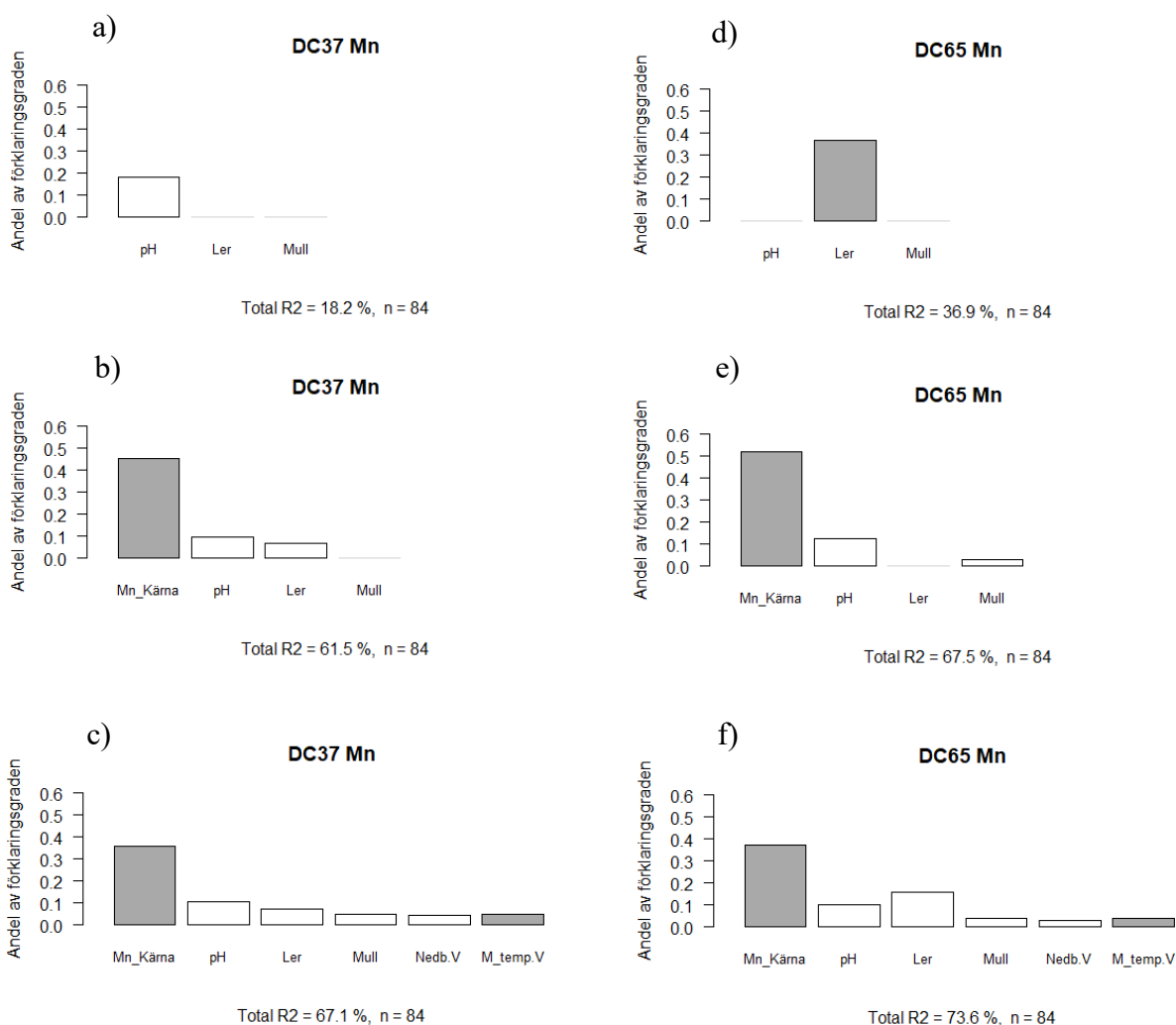
4.2.2 Markfaktorer

I höstveteförsöken fanns signifikanta korrelationer mellan mark- och växtfaktorer för mangan (Tabell A 11, Appendix). pH hade en negativ korrelation med manganhalt i DC37, DC65 och i kärna ($r \approx -0,45$). Lerhalt hade en positiv korrelation på 0,6 med halt i DC65 och i kärna. Även mullhalt och nederbörd hade positiva korrelationer på 0,28 med halt i DC37.

Även i vårveteförsöken fanns det signifikanta korrelationer mellan manganhalt i växten och markparametrar (Tabell A 12, Appendix). pH hade en stark negativ korrelation med manganhalt i DC37, DC65 och i kärna, upp till -0,8. I detta försök hade lerhalt en negativ korrelation med DC37, DC65 och kärna på ($r \approx 0,8$). Mullhalt hade en positiv korrelation på 0,50 med DC37 och 0,81 med DC65, men ingen signifikant korrelation med halten i kärnan. Nederbörd under växtsäsongen hade en negativ korrelation med DC37, DC65 och kärnan, medan medeltemperatur hade starka positiva korrelationer med DC37, DC65 och kärna.

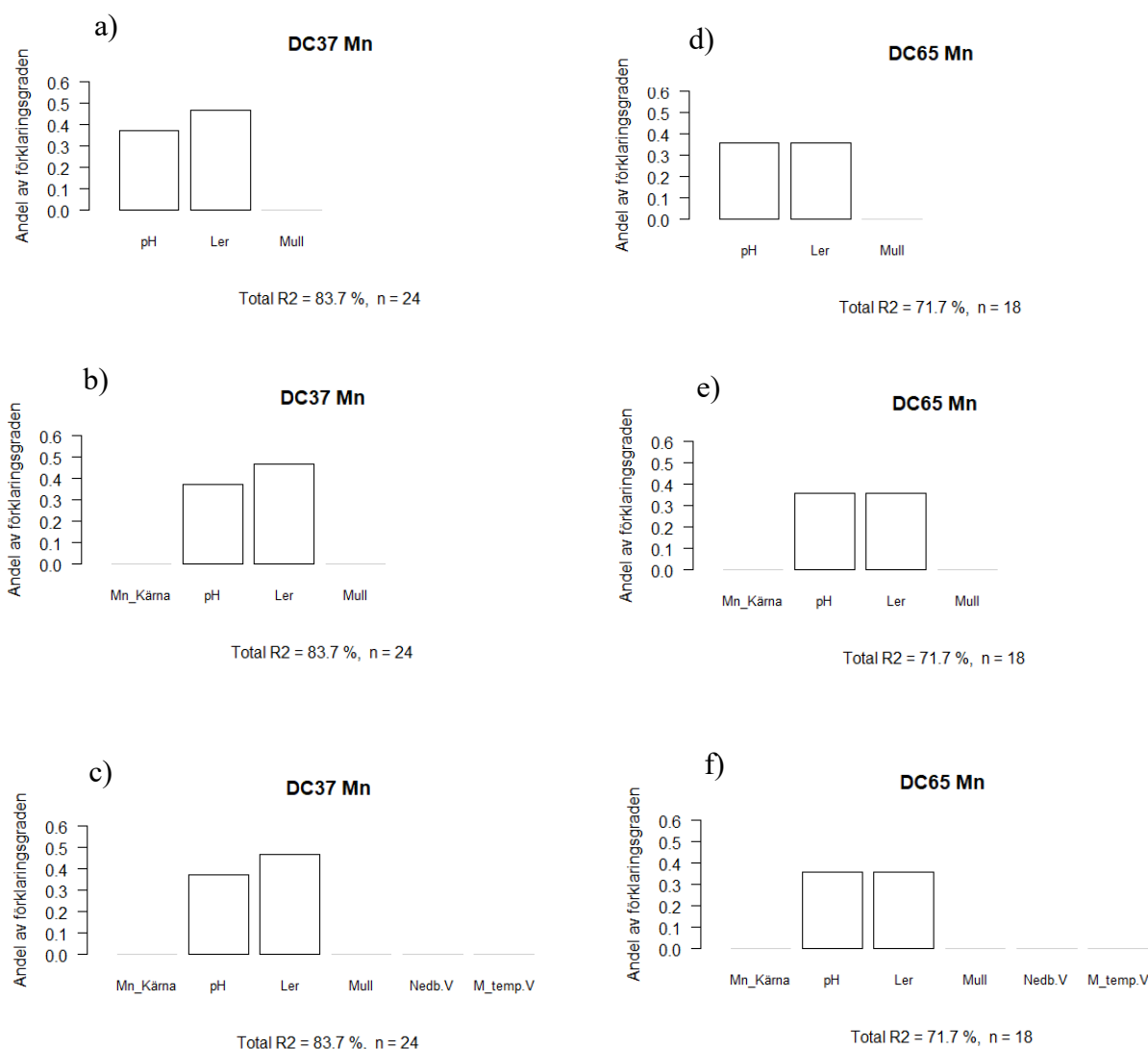
I Mark- och grödoinventeringens material (Tabell A 10, Appendix) fanns signifikanta korrelationer på -0,47 mellan halt i kärna av mangan och pH, 0,28 mellan lerhalt och manganhalt i marken, 0,06 mellan manganhalt i marken och halt i kärna, samt 0,11 mellan manganhalt i marken och mullhalt. Lerhalt hade ingen signifikant korrelation med manganhalten i kärnan.

Den multipla regressionsanalys med Stepwise-metoden som gjorts visade att förklaringsgraden ofta ökar med fler förklaringsfaktorer. För höstveteförsöket ökade förklaringsgraden i DC37 från 18 % med pH, lerhalt och mullhalt som förklaringsfaktorer, till 67 % när halt i kärna, nederbörd och temperatur lades till. Halten i kärnan och pH stod för de största delarna av förklaringen (Figur 13). För motsvarande tillägg av förklaringsfaktorer i stadiet 65 ökade förklaringsgraden från 37 till 74 %. Här var lerhalt, halt i kärna och pH viktiga faktorer. För båda stadierna ökade förklaringsgraden med någon procentenhet när den meteorologiska datan byttes ut från växtsäsong till årsvis nederbörd och temperatur.



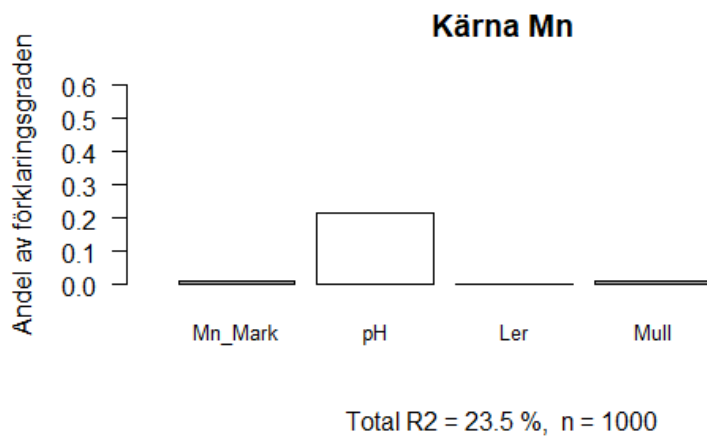
Figur 13a-f: Samband mellan manganhalt i DC37 (a-c) respektive DC65 (d-f) och halt i kärna + mark- och vädervariabler i höstveteförsöken förklarar genom multipel regressionsanalys med Stepwise-metoden. Respektive förklaringsvariabelns bidrag till den totala förklaringsgraden anges av stapelns höjd. Grå = positiv relation, Vit = negativ relation. Förklaringsvariabler framgår av figuren: Uppifrån och ner adderas förklaringsvariabler. Halten i kärnans förklaringsgrad på halten i grönmassan är 0,53 (DC37) och 0,65 (DC65) (Figur 9).

För vårveteförsöken syntes ingen ökning av förklaringsgraden när fler förklarande faktorer lades till (Figur 14), varken i DC37 eller DC65. I båda stadierna var det bara pH och lerhalt som hade betydelse för förklaringen. De två faktorerna stod för ungefär lika stor del av den totala förklaringen, som var 84 respektive 72 % för DC37 respektive DC65. Både lerhalt och pH bidrog i denna modell negativt till förklaringen.



Figur 14a-f: Samband mellan manganhalt i DC37 (a-c) respektive DC65 (d-f) och halt i kärna + mark- och vädervariabler i vårveteförsöken förklarad genom multipel regressionsanalys med Stepwise-metoden. Respektive förklaringsvariabelns bidrag till den totala förklaringsgraden anges av stapelns höjd. Grå = positiv relation, Vit = negativ relation. Förklaringsvariabler framgår av figuren: Uppifrån och ner adderas förklaringsvariabler. Halten i kärnans förklaringsgrad på halten i grönmassan är 0,64 (DC37) och 0,38 (DC65) (Figur 10).

I den multipla regressionsanalysen av data från Mark- och grödoinventeringen (Figur 15) kan utläsas att den faktor som huvudsakligen påverkar halten i kärnan av mangan var pH (21,5 %), som hade en negativ korrelation med halten i kärnan. Manganhalt i marken och mullhalt bidrog med var sin knappa procent till förklaringen, vilket gav en total förklaringsgrad på 23,5 %. I den multipla regressionsanalysen testades även CEC som faktor, förutom kopparhalt i marken, pH, lerhalt och mullhalt, men det gav ingen ytterligare information till modellen.



Figur 15: Samband mellan manganhalt i kärna och markvariablerna manganhalt i marken (HNO₃), pH, lerhalt och mullhalt, förklarat genom multipel regressionsanalys med Stepwise-metoden. Dataunderlag: Mark- och grödoinventeringens mark- och gröddata för höstvet. Respektive förklaringsvariabelns bidrag till den totala förklaringsgraden anges av stapelns höjd. Grå = positiv relation, Vit = negativ relation. Testade förklaringsvariabler framgår av figuren.

5. Diskussion

5.1 Kan kärnanalyser användas för att bedöma status av koppar och mangan i spannmål?

För att kunna använda kärnanalyser som ett led i att bedöma status och eventuella brister av koppar och mangan i spannmål krävs det att kärnan är en bra spegelbild av halterna i den växande grödan. Finns det en korrelation mellan kärnvärden och värden i grönmassan, kan exempelvis brister upptäckas i efterhand. När grödan är skördad är det givetvis inte något som går att göra något åt innevarande säsong, men som i ett led i att bättre förstå kommande års behov kan man ta detta med sig i bedömningen, eventuellt tillsammans med andra faktorer. Resultaten från detta arbete visar att det finns samband mellan kärn- och växtvärden, och även om sambanden är något varierande är det absolut möjligt att använda dessa i utvärderingar av brister.

Kärnanalysen skulle alltså kunna användas som ett verktyg för att bedöma brister i en lite större skala, exempelvis på fält eller gårdsnivå. I och med att upptag av mikronäringsämnen starkt påverkas av årsmånen, bör inte för starka slutsatser kring problemfält dras utifrån värden från enskilda år. Det är alltså viktigt att ta prover flera år i följd för att få en bra övergripande bild av exempelvis en fältstation. Det är ju dessutom så att observerade brister tenderar att återkomma på samma platser (Roques et al. 2013).

Kopparhaltens korrelationer mellan kärna och grönmassa var varierande. Några visade bra signifikans, vissa var inte signifikanta. Även förklaringsgraden var mycket varierande, oftast följer förklaringsgraden signifikansen där en bättre signifikans också ger en bättre förklaringsgrad, men förklaringsgraden blev bara i två fall högre än 0,25 (Tabell A 2, Appendix). Kopparhalten i DC37 verkar gå att förutsäga något bättre i båda försöken, jämfört med halten i DC65. Det är alltså inte helt självklart att det går att förutsäga kopparhalten i växten med hjälp av kärnan, även om det i några fall finns en förklaring. Den låga förklaringsgraden indikerar att det finns ytterligare faktorer som är viktiga att ta hänsyn till.

För mangan är sambandet mellan kärna och grönmassa starkare än för koppar, där i stort sett alla korrelationer var signifikanta och många har förklaringsnivåer på 55–70 % (Tabell A 6, Appendix). I vårveteförsöken var sambanden inte lika starka, men här är också dataunderlaget mindre. För mangan ökade förklaringsgraden från DC37 till DC65 i höstveteförsöken, men i vårveteförsöken var förklaringsgraden i stället lägre i DC65 än i DC37. Att förklaringsgraden är relativt hög i både höst- och vårveteförsöken styrker att det finns ett gott samband.

Gemensamt för båda försöken är att signifikansen och förklaringsgraden blir bättre när fler observationer läggs ihop (kvävenivåer eller sorter). I små datamaterial kan det var svårt att se tydliga trender, men ju större materialet är desto mer repetitivt blir provet. Därför är detta inte ett konstigt fenomen, och att förklaringen ökar visar att det faktiskt finns ett samband. Att vårveteförsöken har färre prover och färre antal provplatser, gör att det blir svårare att dra slutsatser kring det materialet. Att halterna varierar mer, och att de generellt är högre än i höstveteförsöken innebär att en större variation är täckt. Detta medför också att de generella slutsatserna styrks när vårveteförsökens resultat sammanfaller med höstveteförsökens. Att det finns variation, och att sambanden ibland är bättre, och ibland är sämre, visar också att det finns andra faktorer som spelar in, som är platsberoende och kan skifta mellan platser, år och sorter.

De uppmätta halterna av koppar, och mangan, är generellt högre i vårveteförsöken. Att vårvete skulle kunna ha högre halter av i alla fall koppar kan styrkas av tidigare försök, men för mangan verkar skillnaderna vara mindre (Hussain et al. 2010; Jäköbsone et al. 2015). Dock rapporterar Sillanpää (1982) att inga skillnader mellan vår- och höstformer av vete kunde ses. På grund av att höst- och vårvete kan ha olika halter av näringsämnen är det därför inte givet att höst- och vårveteförsöken i detta arbete kan behandlas som ett enda stort material även om det är samma art som provtagits. Något att ta hänsyn till här är även årsmånens stora påverkan på näringsupptaget, då proverna tagits olika år. Årets förhållanden gällande nederbörd, temperatur och övriga tillväxtfaktorer påverkar i stor grad möjligheterna att ta upp koppar och mangan, något som bland annat Roques et al. (2013) skriver om. För att testa utfallet kördes regressioner på sammanslaget material (båda veteförsöken) för både koppar och mangan. För koppar ökade förklaringsgraden, men eftersom materialen inte riktigt är jämförbara och dessa höga förklaringsnivåer inte setts i materialet tidigare kan detta inte anses vara representativt. För mangan blev inte skillnaden i förklaringsgrad så markant, vilket också är rimligt då båda materialen var för sig presterade liknade förklaringsnivåer.

I materialet som ligger till grund för detta arbete finns det värden som ligger under de gränsvärden som rapporterats som kritiska (3 mg/kg ts för koppar och 20 mg/kg ts för mangan (Sylvester-Bradley 2023)). Det betyder att det kan finnas plantor som varit hämmade av brist. Att det varit så, och att många av proverna ligger kring dessa gränser gör att resultatet tydligt kan kopplas till frågeställningarna, när målet är att kunna bedöma möjligheterna att förutse bristsituationer. Höstveteförsökens värden är generellt låga, även vid jämförelser med materialet från Mark- och grödoinventeringen (Tabell 4). Medelvärdena för både koppar och mangan i höstveteförsöken ligger ofta i den understa kvartilen i Mark- och grödoinventeringens material. Att använda kärnanalyser som en bedömning på näringsstatus skulle alltså kunna göras genom att jämföra mot de kritiska gränserna.

Ett annat alternativ är att jämföra med det stora materialet i Mark- och grödoinventeringen för att få en uppfattning om ett visst värde ligger lågt eller högt på skalan, när man vet att det finns ett samband mellan halt i kärna och halt i växande biomassa. Den åtgärd som lättast sätts in om brister noterats är gödsling, och ofta är skörderesponsen som krävs för att gödsling med ett mikronäringsämne ska bli lönsam ganska låg (några hundra kilo per hektar) (Roques et al. 2013). Detta gör att gödsling på jordar där man noterat bristrisker absolut borde rekommenderas.

Något att ta i beaktande när man tittar på resultaten från vår- och höstveteförsöken och jämför det med värden från Mark- och grödoinventeringen är att många av försöksprovplatsernas jordar har relativt hög lerhalt. Både koppar- och manganbrister uppträder oftare på lätta jordar (Jordbruksverket 2025), varför prover från platser med högre lerhalt kanske i lägre utsträckning lämpar sig för utvärdering av brister. Att tänka på vid jämförelser mellan proverna från höst- och vårveteförsöken och Mark- och grödoinventeringens prover på kommunnivå, är att det är svårt att ta fram representativa data på det sättet. Det som tagits fram är det bästa möjliga med det materialet som finns, men att en hel kommun ska vara representativ för en viss provplats är svårt att tänka sig, ännu mindre i de fall då antalet prover varit så få att grannkommuner varit tvungna att väljas. Detta blir något godtyckligt, men är bättre än inget alls för jämförelse.

En ytterligare aspekt att ha i åtanke är att det provtagna materialet kommer från ett fåtal sorter av vete, vilket skulle kunna påverka resultatet av utredningen. Detta eftersom individuella sortegenskaper kan påverka faktorer som upptag och omlagring, och därmed är det inte givet att de presenterade resultaten är representativa för alla sorter. Man bör även komma ihåg att det undersökta materialet enbart innehåller prover från vete och att resultaten därför inte är direkt överförbara på andra spannmålslag, då dessa visat sig ha andra halter av näringsämnen (Eriksson 2010; 2021).

Att det finns tendenser att halterna av framför allt koppar, men även mangan i höstveteförsöken ökar med ökad kvävegödsling är en intressant observation. Detta är något som skulle kunna påverka omlagringen och bristgränser och skulle därmed kunna vara något att ta hänsyn till vid bedömning av gödslingsbehov, något som även tagits upp av Hamnér et al. (2017). De visade även att den högre halten för koppar och mangan endast berodde på ökat upptag och inte förbättrad omlagring (Hamnér et al. 2017). En tänkbar delförklaring skulle kunna vara att en mer välförsörd planta kan utveckla ett större rotsystem som därmed har bättre möjligheter att ta upp koppar och mangan.

Att ta i beaktande vid jämförelser med andra studier är att proverna i detta arbete är analyserade på hela plantan, medan det finns andra provtagningsmetoder där man

enbart analyserar blad, ofta endast de senast utvecklade bladet. En ytterligare aspekt att beakta gällande alla analyser av mikronäringsämnen är att eftersom halterna är så låga finns det alltid risk att analysen inte blir helt rätt (Roques et al. 2013). Dessutom finns det risk att kontamination från redskap och utrustning kan påverka resultatet (Sillanpää 1982).

Eftersom svenska studier av mikronäringsämnen inte finns i överflöd är en stor del av litteraturen i detta arbete baserad på resultat från andra länder. Bedömningen är att beskrivningarna i hög grad även gäller i svenska förhållanden, en växt fungerar ju exempelvis på samma vis här som i England, men viss hänsyn kan ändå tas till detta. Gällande kärnanalys för bedömning av näringsstatus har det varit mycket svårt att hitta vetenskaplig litteratur, vilket har gjort det svårt att kunna göra direkta jämförelser mellan denna studies resultat och tidigare upptäckter. Slutsatsen kring detta är att ämnet är outforskat, och att relationer mellan halt i kärna och halt i grönmassa behöver utredas mer. Detta betyder också att denna studie i sig är unik.

5.2 Kan kunskap om platsens markegenskaper förbättra bedömningen?

Enligt de korrelationsunderökningar som gjorts i arbetet finns det flera faktorer som spelar in som man skulle kunna addera till en kärnanalys för att bedöma näringsstatusen hos en gröda. Att det går att förbättra förutsägelsen av upptag och halter i växten genom att sammanväga flera faktorer samtidigt visas även av exempelvis Lombnæs & Singh (2003). De viktigaste faktorerna för bedömning av kopparstatus är lerhalt och till viss del kopparhalt i marken, och för mangan pH-värdet.

Väderfaktorer påverkar också, men på vilket vis är inte entydigt enligt resultaten. Det finns både positiva och negativa korrelationer med koppar- och manganhalter (Tabell A 11 och A 12, Appendix), vilket gör det svårt att dra några slutsatser kring hur vida ökad nederbörd eller temperatur minskar eller ökar halten i växten. En förklaring till osäkerheten kan vara att den meteorologiska datamängden inte är särskilt stor och att även andra platsförutsättningar kan påverka utfallet, eftersom vädret och platsens övriga egenskaper här inte kan skiljas åt.

Enligt de multipla regressioner som gjorts ser man att förklaringsgraden ofta ökar med fler förklaringsvariabler. Detta är dock inte helt konsekvent, och ibland skiftar olika parametrars bidrag till förklaringen när andra faktorer tas bort eller läggs till. Detta är en konsekvens av att det finns korrelationer mellan förklaringsvariablerna, att flera faktorer samvarierar och så kallade skensamband. Om kärnan har korrelation med halten i växten, men lerhalt å sin sida har korrelation med både halten i kärnan och halten i växten, kan exempelvis kärnans bidrag till förklaringen

bli olika beroende på vilka och hur många faktorer som stoppas in i modellen. Därför är det viktigt att titta på de enskilda korrelationerna (se Appendix) för att se hur olika faktorer kan samvariera.

Att det finns korrelationer mellan parametrarna medför att det kan vara svårt att få en bild av exakt hur mycket en enskild faktor bidrar till en förklaring. I analysen av de multipla regressionerna bör man alltså inte fokusera exakt på hur mycket varje faktor i sig bidrar eller för den delen exakt på R^2 värdet. Man bör i stället fokusera på tendenserna, vilken faktor eller faktorer som har störst betydelse, och om förklaringsgraden ökar när fler variabler läggs till eller inte. Dessutom är dataunderlaget i höst- och vårveteförsöken för litet för att dra säkra slutsatser, med sju respektive fyra markprover totalt per försök. Detta gör att individuella avvikande värden får stort utslag, vilket kan resultera i oväntade resultat som att lerhalten i vårveteförsöken både för mangan och koppar har en negativ påverkan på förklaringsgraden. För analyserna av kopparhalt i marken är underlaget extra litet, något som bör tas i beaktande när resultatet granskas. De höga förklaringsgraderna i Figur 5d-f ska tolkas med försiktighet, när man jämför med annan litteratur (Singh et al. 1994; Hamnér 2016; Eriksson et al. 2017) där den förklarande faktorn för salpetersyra-extraherad kopparhalt i marken varit mycket lägre.

För att se markfaktorernas bidrag är det säkrare att titta på det mycket större materialet från Mark- och grödoinventeringen. Att höstveteförsöken både för koppar och mangan visar liknande betydelser av markfaktorerna (att lerhalten är viktigast för koppar men att det även finns samband med kopparhalt i marken, och att pH är klart viktigast för mangan) som Mark- och grödoinventeringen styrker trovärdigheten i höstveteförsökens resultat. Att det är just dessa faktorer som bidrar för respektive ämne ligger helt i linje med tidigare studier, exempelvis Eriksson et al. (2017), Hamnér (2016) & Sillanpää (1982).

Uppmäta korrelationer behöver inte betyda att det finns ett direkt orsakssamband, speciellt när dataunderlaget är litet. Att mer regn skulle ge mindre koppar i kärna och mark behöver exempelvis inte var sant. Det kan också exempelvis vara platsberoende, att platser som får mer regn har mindre koppar i marken, på grund av andra orsaker. Med ett större dataunderlag skulle dessa potentiellt missvisande och osäkra samband kunna utvärderas på ett säkrare sätt.

Något att ta med sig när man jämför kopparhalten i marken, och även manganhalten i marken för den delen, i detta arbete med annan litteratur och rekommendationer är att den här är extraherad med salpetersyra. Enligt Jordbruksverkets rekommendationer är annars extraktion med saltsyra (HCl) det som rekommenderas (Jordbruksverket 2025) för kopparhalt i marken. Båda dessa extraktionsmetoder tar ut mer än bara den växttillgängliga fraktionen, något som

för övrigt kan förklara att sambandet med halten i växten inte är jättebra, men salpetersyra är en starkare syra än saltsyra och de uppmätta värden är därför inte direkt jämförbara.

5.3 Framtida forskning

För att ta resultatet från detta arbete vidare och utveckla slutsatserna mer finns det ett flertal möjligheter till framtida underökningar. Till att börja med hade det varit intressant med ett större dataunderlag som har både mark-, gröd- och kärnprover. Ju fler prover som finns att tillgå med olika förutsättningar desto säkrare kan slutsatserna bli. Ett material som Mark- och grödoinventeringen är idealt för övergripande slutsatser, så att utvärdera ett liknade material där även analys av grönmassa ingår skulle vara mycket intressant.

Körningar med väderfaktorerna i multipel regressionsanalys antyder att vädret och därmed årsmånen spelar roll för upptaget, då dessa ökar förklaringsgraden för halten i växten. Exakt på vilket vis och i vilken utsträckning behöver utredas mer (även beskrivet ovan). Försöken som ligger till grund för detta arbete utfördes endast under ett år (höstvete 2014, vårvete 2025). För att fånga den variation som finns mellan olika år hade man kunnat lägga ur försök som utfördes flera år i rad på samma plats. Då hade man mycket bättre kunnat se den betydelse som årsmånen har. Även kvävegödslingsnivå eller kvävehalt i kärnan skulle kunna inkluderas i undersökningen med den multipla regressionsanalysen som en ytterligare förklaringsfaktor, eftersom det visats sig både i denna studie och av exempelvis Hamnér et al. (2017) att kvävenivån har en relation till halten mikronäringsämne i kärnan.

En annan intressant aspekt att titta på skulle kunna vara att inkludera fler näringsämnen i analysen. Även om koppar och mangan är de mikronäringsämnen som det i svenska förhållanden är störst risk för brist i spannmål, finns det även andra ämnen där det förekommer bristrisker (Hamnér et al. 2012). Att även inkludera andra spannmålsslag eller andra grödor än vete kan också vara en möjlighet. Även om vete är den annuella gröda som odlas mest i Sverige, så finns det ju också andra spannmål och grödor, där behoven och bristriskerna kanske ser annorlunda ut. Utifrån litteraturen ser det ut som att olika stråsådesarter beter sig lite olika och har lite olika behov av mikronäringsämnen, vilket gör att det vore intressant och viktigt att undersöka dessa på liknande sätt. Det finns studier som visat ännu bättre förklaringsnivåer när exempelvis havre jämförts mot markfaktorer och för andra ämnen än koppar och mangan (Hamnér et al. 2013), vilket hade varit mycket intressant att undersöka vidare. Ett första steg i detta skulle kunna vara att inkludera fler sorter av höst- eller vårvete, för att få en bredare bild av eventuella sortskillnader i upptag och omlagring.

Gällande markfaktorer hade det varit intressant och relevant att kunna inkludera alvens betydelse för näringsupptaget. Alven förbises ofta i studier likt denna, men givetvis har även alvens sammansättning betydelse för näringstillförseln.

En annan faktor som hade varit mycket relevant att undersöka är sambandet mellan extraktioner av mer lättillgänglig koppar och mangan och halten i växten. Eftersom den mikronäringsextraktion som används av exempelvis Eurofins i Sverige är CAT-extraktion (Eurofins u.å.), hade det varit intressant att inkludera detta i undersökningen. Även DGT-tekniken skulle kunna vara intressant att utreda mer, eftersom den visat vissa lovande resultat. Lättlösliga fraktioner av näringsämnen i marken kan tänkas variera mer inom korta distanser än totalhalten (Hamnér 2016), ett ytterligare argument för att undersöka lättillgängliga fraktioner mer. Även andra extraktionsmetoder skulle vara intressant att undersöka, för att se vilken som skulle kunna vara bäst. Att studier av bland annat Roques et al. (2013) och Hamnér (2016) visat att det finns jord- analysmetoder för markinnehåll som har samband med åtminstone kopparhalten i växt och kärna gör det mycket relevant.

När det nu är visat att halten i kärnan kan förklara en del av variationen i näringsämnenas halt i grönmassan, hade ytterligare ett område varit intressant att utreda mer, nämligen om det skulle vara möjligt att ta fram mer konkreta rekommendationer baserat på exempelvis lerhalt eller pH. Att även markfaktorer påverkar halterna i växten är också visat och beroende på markens egenskaper skulle alltså gödslingsrekommendationerna kunna tänkas variera på ett mer konkret sätt.

För att ytterligare förstå omlagring och mobilisering av mikronäringsämnen i olika förhållanden, hade även ytterligare studier av detta varit relevant. Att förstå mekanikerna bakom varför korrelationerna mellan halt i kärna och halt i grönmassa ibland är bättre och ibland sämre hade avsevärt ökat förståelsen för vad som spelar roll för näringsstatusen. Även det faktum att bristgränserna inte är helt klarlagda skulle kunna utredas mer.

6. Slutsats

Det finns ett samband mellan halter av koppar och mangan i kärna och grönmassa, men med varierande förklaringsgrad. För mangan visar resultaten på en tydlig koppling mellan halterna i den växande grödan och kärnan och här skulle kärnanalysen absolut kunna användas som ett led i att bedöma bristsituationer. För koppar finns en större variation där sambandet inte är lika starkt och där halterna i kärnan troligen behöver kompletteras med andra parametrar för att uppnå ett bra underlag för bedömning.

För att bedöma bristsituationer och gödslingsbehov kan man väga samman de faktorer som påverkar halterna i grödan. Här kan kärnanalysen vara en del i bedömningen. Studien har visat att lerhalten och i viss mån HNO_3 -extraherbart koppar i marken påverkar kopparhalten i grödan, och att pH-värdet är en viktig faktor som påverkar manganhalten. Även vädret och därmed markens fuktighet verkar spela roll. Genom att väga samman dessa faktorer kan en bättre bild av gödslingsbehovet framträda. Om man har en jord med högt pH och samtidigt har låga kärnvärden för mangan, är det exempelvis en indikation på att extra gödsling kan vara aktuellt. Likaledes kan låga kopparhalter i kärnan tillsammans med låg lerhalt kunna tänkas öka risken för brist.

Kärnanalysen kan alltså vara ett led i att bedöma näringsstatusen i spannmål, åtminstone för mangan, och kombinerar man detta med markfaktorer kan en ännu bättre bild av behovet ges. Även om en upptäckt brist med hjälp av kärnanalys inte kan åtgärdas under innevarande säsong, kan det vara ett effektivt verktyg för att upptäcka problemfält med dolda brister. Om prover tas kontinuerligt flera år i följd kan återkommande låga nivåer i vissa fält eller områden upptäckas, och åtgärder kan sättas in. Detta kan möjliggöra bättre och effektivare gödsling, något som är bra för både miljön och plånboken, och innebär bättre utnyttjande av resurser i lantbruket vilket är ett steg på vägen för att lösa framtidens utmaningar.

Referenser

- AHDB (u.å.). *Grain nutrient analysis and its role in management*.
<https://ahdb.org.uk/grain-nutrient-analysis-and-its-role-in-management>
 [2026-04-02]
- Alloway, B.J. (2008). *Micronutrient deficiencies in global crop production*. Springer.
- Alt, D. (2001). Advantages and disadvantages of cat-method for the chemical analysis of horticultural substrates as compared to several other extraction solutions. *Acta Horticulturae*, (548), 655–662.
<https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2001.548.81>
- Bergmann, W. (red.) (1992). *Nutritional disorders of plants: development, visual and analytical diagnosis*. G. Fischer.
- Bussink, D.W. & Temminhoff, E. (2004). *Soil and tissue testing for micronutrient status*. International Fertiliser Society. (Proceedings / International Fertiliser Society; 548)
- Chalmers, A.G., Sinclair, A.H. & Carver, M. (1999). Nutrients other than NPK for cereals: A review. *HGCA Research Review* 41
- Cornell University (2010). *Competency Area 2: Basic Concepts of Soil Fertility. Northeast Region Certified Crop Adviser (NRCCA) Study Resources*.
<https://nrcca.cals.cornell.edu/nutrient/CA2/CA0209.php> [2026-04-02]
- Eriksson, J. (2010). *Tillståndet i svensk åkermark och gröda, data från 2001-2007 =: Current status of Swedish arable soils and cereal crops, data from the period 2001-2007*. Naturvårdsverket.
- Eriksson, J. (2021). *Tillståndet i svensk åkermark och gröda : data från 2011-2017*. Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för mark och miljö.
<http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:slu:epsilon-p-111796>
- Eriksson, J., Dahlin, A.S., Sohlenius, G., Söderström, M. & Öborn, I. (2017). Spatial patterns of essential trace element concentrations in Swedish soils and crops. *Geoderma Regional*, 10, 163–174.
<https://doi.org/10.1016/j.geodrs.2017.07.001>
- Eriksson, J., Dahlin, S., Nilsson, I. & Simonsson, M. (2011). *Marklära*. Studentlitteratur.
- Eurofins (u.å.). *Så här tolkar du analysresultatet*
- Garnett, T.P. & Graham, R.D. (2005). Distribution and Remobilization of Iron and Copper in Wheat. *Annals of Botany*, 95 (5), 817–826.
<https://doi.org/10.1093/aob/mci085>
- Hamnér, K. (2016). *Micronutrients in Cereal Crops*. Department of Soil and Environment, Swedish University of Agricultural Sciences.
- Hamnér, K., Eriksson, J. & Kirchmann, H. (2013). Nickel in Swedish soils and cereal grain in relation to soil properties, fertilization and seed quality. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B - Soil & Plant Science*, 63 (8), 712–722. <https://doi.org/10.1080/09064710.2013.861507>
- Hamnér, K. & Kirchmann, H. (2015). Trace element concentrations in cereal grain of long-term field trials with organic fertilizer in Sweden. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 103 (3), 347–358.
<https://doi.org/10.1007/s10705-015-9749-7>
- Hamnér, K., Kirchmann, H. & Eriksson, J. (2012). *Mikronäringsämnen i svensk spannmål*. Institutinen för mark och miljö.
- Hamnér, K., Weih, M., Eriksson, J. & Kirchmann, H. (2017). Influence of nitrogen supply on macro- and micronutrient accumulation during growth of winter wheat. *Field Crops Research*, 213, 118–129.
<https://doi.org/10.1016/j.fcr.2017.08.002>

- Hansson, G. (2024). Manganbrist i höstvetete på lätt jord, SFR3-2305.
Sverigeförsöken Försöksrapport 2024
- Haynes, R.J. (1997). Micronutrient status of a group of soils in Canterbury, New Zealand, as measured by extraction with EDTA, DTPA and HCl, and its relationship with plant response to applied Cu and Zn. *The Journal of Agricultural Science*, 129 (3), 325–333.
<https://doi.org/10.1017/S0021859697004735>
- Hill, J., Robson, A. & Loneragan, J. (1978). The effects of copper and nitrogen supply on the retranslocation of copper in four cultivars of wheat. *Australian Journal of Agricultural Research*, 29 (5), 925–939.
<https://doi.org/10.1071/AR9780925>
- Hill, J., Robson, A. & Loneragan, J. (1979a). The effects of copper and nitrogen supply on the distribution of copper in dissected wheat grains. *Australian Journal of Agricultural Research*, 30 (2), 233–237.
<https://doi.org/10.1071/AR9790233>
- Hill, J., Robson, A.D. & Loneragan, J.F. (1979b). The Effect of Copper Supply on the Senescence and the Retranslocation of Nutrients of the Oldest Leaf of Wheat. *Annals of Botany*, 44 (3), 279–287.
<https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.aob.a085731>
- Hill, J., Robson, A.D. & Loneragan, J.F. (1979c). The Effects of Copper Supply and Shading on Retranslocation of Copper from Mature Wheat Leaves. *Annals of Botany*, 43 (4), 449–457.
<https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.aob.a085655>
- Hocking, P.J. (1994). Dry-matter production, mineral nutrient concentrations, and nutrient distribution and redistribution in irrigated spring wheat. *Journal of Plant Nutrition*, 17 (8), 1289–1308.
<https://doi.org/10.1080/01904169409364807>
- Hussain, A., Larsson, H., Kuktaite, R. & Johansson, E. (2010). Mineral Composition of Organically Grown Wheat Genotypes: Contribution to Daily Minerals Intake. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 7 (9), 3442–3456.
<https://doi.org/10.3390/ijerph7093442>
- Jākobsone, I., Kantāne, I., Zute, S., Jansone, I. & Bartkevičs, V. (2015). Macro-Elements and Trace Elements in Cereal Grains Cultivated in Latvia. *Proceedings of the Latvian Academy of Sciences. Section B. Natural, Exact, and Applied Sciences.*, 69 (4), 152–157.
<https://doi.org/10.1515/prolas-2015-0022>
- Jordbruksverket (2025). *Rekommendation för gödsling och kalkning*. (JO24-10)
- Jäck, O. (2025). PM vårsådda sortförsök i spannmål och trindsäd 2025.
- Jönsson, E. & Augustinsson, H. (2019). *Sammanfattning av Växtnäringsseminarium, Med fokus på jordanalyser av mikronäringsämnen samt magnesium och kalcium*
- Kirchmann, H. & Eskilsson, J. (2010). Low manganese (Mn) and copper (Cu) concentrations in cereals explained yield losses after lime application to soil. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B - Soil & Plant Science*, 60 (6), 569–572. <https://doi.org/10.1080/09064710903233847>
- Kirchmann, H., Mattsson, L. & Eriksson, J. (2009). Trace element concentration in wheat grain: results from the Swedish long-term soil fertility experiments and national monitoring program. *Environmental Geochemistry and Health*, 31 (5), 561–571.
<https://doi.org/10.1007/s10653-009-9251-8>
- Kirkby, E.A. & Römhed, V. (2004). *Micronutrients in plant physiology: functions, uptake and mobility*. International Fertiliser Society. (Proceedings / International Fertiliser Society; 543)

- Lindsay, W.L. (1972). Inorganic phase equilibria of micronutrients in soils. I: *Micronutrients in Agriculture*. (Soil Science Society of America). 41–57.
- Lombnæs, P. & Singh, B.R. (2003). Predicting Zn and Cu status in cereals – potential for a multiple regression model using soil parameters. *The Journal of Agricultural Science*, 141 (3–4), 349–357. <https://doi.org/10.1017/S0021859603003587>
- Loneragan, J.F., Robson, A.D. & Graham, R.D. (red.) (1981). *Copper in soils and plants*. Academic Pr.
- Mark- och grödoinventeringen (2026a). Datavärdsmap jordbruksmark (SLU). <https://miljodata.slu.se/mvm/>
- Mark- och grödoinventeringen (2026b). *Mark- och grödoinventeringen | sl.se*. <https://www.slu.se/miljoanalys/statistik-och-miljodata/miljodatakatalogen/mark-och-grodoinventeringen/> [2026-03-03]
- Marschner, H., Rengel, Z., Cakmak, İ. & White, P.J. (red.) (2023). *Marschner's mineral nutrition of plants*. Fourth edition. Academic Press.
- McAndrew, D.W., Loewen-Rudgers, L.A. & Racz, G.J. (1984). A GROWTH CHAMBER STUDY OF COPPER NUTRITION OF CEREAL AND OILSEED CROPS IN ORGANIC SOIL. *Canadian Journal of Plant Science*, 64 (3), 505–510. <https://doi.org/10.4141/cjps84-073>
- McGrath, D., Fleming, G.A. & Culleton, N. (2008). Trace Elements and Heavy Metals In Irish Soils., 2008. Teagasc. [2026-03-29]
- McGrath, S., Stobart, R., Blake-Kalff, M.M.A. & Zhao, F. (2013). *Current status of soils and responsiveness of wheat to micronutrient applications (HGCA Project Report No. 518)*. <https://repository.rothamsted.ac.uk/id/eprint/18993/> [2026-03-29]
- Mengel, K., Kirkby, E.A. & Kosegarten, H. (2001). *Principles of plant nutrition*. 5. ed. Kluwer Academic Publishers.
- Menzies, N.W., Donn, M.J. & Kopittke, P.M. (2007). Evaluation of extractants for estimation of the phytoavailable trace metals in soils. *Environmental Pollution*, 145 (1), 121–130. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2006.03.021>
- Miljödata MVM (2026). *Miljödata MVM*. <https://miljodata.slu.se/MVM/Search/Arable> [2026-03-09]
- Mundus, S., Lombi, E., Holm, P.E., Zhang, H. & Husted, S. (2012). Assessing the plant availability of manganese in soils using Diffusive Gradients in Thin films (DGT). *Geoderma*, 183–184, 92–99. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2012.03.014>
- Nordic Field Trial System (2025). *Försöksplan: L7-0301-2025 Vårvete. Sortförsök avkastning*. <https://nfts.dlbr.dk/Forms/VisPlan.aspx?PlanID=23732&GUID=5783d532-8853-4087-aa51-ba84a5f0e1e0> [2026-03-03]
- O'Brien, T.P., Sammut, M.E., Lee, J.W. & Smart, M.G. (1985). The Vascular System of the Wheat Spikelet. *Australian Journal of Plant Physiology*, 12 (5), 487–511. <https://doi.org/10.1071/PP9850487>
- Rao, I.M. (2009). *Essential plant nutrients and their functions*. (209). Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT).
- Reisenauer, H.M. (1988). Determination of plant-available soil manganese. I: Graham, R.D., Hannam, R.J., & Uren, N.C. (red.) *Manganese in Soils and Plants*. Springer Netherlands. <https://doi.org/10.1007/978-94-009-2817-6>
- Reuter, D.J., Robinson, J.B., Dutkiewicz, C., & Australian Soil and Plant Analysis Council (red.) (1997). *Plant analysis: an interpretation manual*. 2nd ed. CSIRO Pub.
- Riechelmann, B., Postma, R., Specken, J. & De Haan, J. (2021). Critical nutrient concentrations in arable crops; literature study on the usability of critical concentrations to diagnose nutrient deficiency and/or steer fertiliser application. *Rapport 1792N.20*

- Roques, S., Kendall, S., Smith, K.A., Newell Price, P. & Berry, P. (2013). *Review of the non-NPKS nutrient requirements of UK cereals and oilseed rape*.
- Sillanpää, M. (1982). *Micronutrients and the nutrient status of soils: a global study*. Food and Agriculture Org. of the United Nations. (FAO soils bulletin; 48)
- Sinclair, A.H. & Edwards, A.C. (2008). Micronutrient Deficiency Problems in Agricultural Crops in Europe. I: Alloway, B.J. (red.) *Micronutrient Deficiencies in Global Crop Production*. Springer Netherlands. 225–244. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-6860-7_9
- Singh, R.S., Singh, R.P., Rai, R.K. & Agrawal, H.P. (1994). Relationship between soil test methods and uptake of copper and zinc by grasses on polluted soils. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 25 (9–10), 1313–1320. <https://doi.org/10.1080/00103629409369117>
- SLU (2025). *Makroämnen*. <https://www.slu.se/om-slu/organisation/institutioner/mark-miljo/miljoanalys/markinfo/markkemi/totalhalter-i-mineraljorden/makroamnen/> [2026-04-02]
- Snowball, K. & Robson, A.D. (1991). *Nutrient deficiencies and toxicities in wheat: A guide for field identification*. International Maize and Wheat Improvement Center (CIMMYT). <https://hdl.handle.net/20.500.11766/70217> [2026-02-24]
- Soil Survey Division Staff (1993). Soil survey manual. Soil conservation service. I: *U.S. Department of Agriculture Handbook 18*.
- Sylvester-Bradley, R. (2023). Crop Nutrition: Measure to Manage. *Proceedings of Comifer-Gemas Rencontres 2023*
- Tandy, S., Mundus, S., Yngvesson, J., De Bang, T.C., Lombi, E., Schjoerring, J.K. & Husted, S. (2011). The use of DGT for prediction of plant available copper, zinc and phosphorus in agricultural soils. *Plant and Soil*, 346 (1–2), 167–180. <https://doi.org/10.1007/s11104-011-0806-y>
- Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft (2003). *Richtwerte zur Einstufung der Mikronährstoffgehalte in Böden bei Anwendung der CAT-Methode*. Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft.
- Toor, M.D., Adnan, M., ur Rehman, F., Tahir, R., Saeed, M.S., Khan, A.U. & Pareek, V. (2021). Nutrients and Their Importance in Agriculture Crop Production: A Review. *Indian Journal of Pure & Applied Biosciences*, 9 (1), 1–6. <https://doi.org/10.18782/2582-2845.8527>
- Wild, A. (1988). Russell's Soil Conditions and Plant Growth. *Experimental Agriculture*
- Young, S.D. (2013). Chemistry of Heavy Metals and Metalloids in Soils. I: Alloway, B.J. (red.) *Heavy Metals in Soils*. Springer Netherlands. 51–95. https://doi.org/10.1007/978-94-007-4470-7_3
- Zadoks, J.C., Chang, T.T. & Konzak, C.F. (1974). A decimal code for the growth stages of cereals. *Weed Research*, 14 (6), 415–421. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3180.1974.tb01084.x>
- Zhang, H., Zhao, F.-J., Sun, B., Davison, W. & McGrath, S.P. (2001). A New Method to Measure Effective Soil Solution Concentration Predicts Copper Availability to Plants. *Environmental Science & Technology*, 35 (12), 2602–2607. <https://doi.org/10.1021/es000268q>

Populärvetenskaplig sammanfattning

Näringsbrister vid odling av jordbruksgrödor leder både till skördebortfall och försämrad kvalitet för den som ska konsumera den blivande produkten. Detta innebär också ett ineffektivt utnyttjande av resurser eftersom grödan när den är påverkad av brist inte fungerar som den ska och därmed inte kan tillgodogöra sig övriga tillgångar som finns till förfogande på ett tillfredställande sätt. Att motverka brister är därför a och o vid växtodling. Det finns 14 grundämnen som växter huvudsakligen tar upp från marken som konstaterats livsnödvändiga för alla växter. Dessa ämnen delas upp i makronäringsämnen och mikronäringsämnen, baserat på hur stor mängd av ämnet som växten tar upp. Mikronäringsämnen tas upp i liten mängd, men ska för den sakens skull inte förringas då deras funktion fortfarande är livsviktig.

I Sverige är spannmålsodling den dominerade odlingen när det kommer till ettåriga grödor. Näringsbrister hos spannmål förekommer, och bland mikronäringsämnena är det brister av ämnena koppar och mangan som är vanligast. Eftersom det framförallt för mikronäringsämnena saknas bra beslutsstöd kring hur man ska bedöma status och brister i grödan efterfrågas det komplement till befintliga metoder. En möjlig metod som framförts är att analysera kärnan av spannmål för att bedöma vilken tillgång till näring som grödan har haft. För att detta ska fungera måste kärnans innehåll av näringsämnen spegla innehållet under den tid som växten växer, eftersom det är under denna tid som eventuella brister påverkar växten negativt.

Med anledning av ovanstående undersöktes det i detta arbete om det finns ett samband mellan halt av koppar, respektive mangan, i kärna och växande grönmassa hos vete, med syfte att ta reda på om kärnanalys kan vara ett bra sätt att bedöma näringsstatus hos spannmål. Detta gjordes genom att utvärdera data insamlad från försök som gjorts i dels höstvete och dels i vårvete. Eftersom det även är känt att odlingsmarkens förhållanden spelar roll för upptag och tillgänglighet av näringsämnen, inkluderades även markfaktorer som pH, lerhalt och mullhalt i analysen, för att se om bedömningen förbättrades tillsammans med kärnanalysen. Till detta användes även material från den riksomfattande Mark- och grödoinventeringen, som innehåller mark- och kärnprover från mer än 2000 provpunkter i svensk jordbruksmark.

Resultatet av arbetet visade att det finns ett samband mellan halt i kärna och halt i växande biomassa för både koppar och mangan. Sambandet var starkare för mangan än vad det var för koppar, vilket betyder att man i större utsträckning kan använda kärnans manganvärde för att bedöma statusen under växtens utveckling jämfört med koppar. När även markfaktorer inkluderas förbättrades bedömningen av näringsstatusen. I linje med tidigare studier visade det sig att de mest avgörande

markfaktorerna för koppar var lerhalten och i viss mån markens kopparinnehåll, medan det för mangan var pH.

Arbetets slutsats blir således att kärnanalyser går att använda för att bedöma statusen av koppar och mangan i spannmål, samt att kärnanalysen tillsammans med de viktigaste markfaktorerna kan förbättra bedömningen. Denna vetenskap öppnar nya möjligheter för bedömningen av brister på fält eller gårdsnivå, där analys av kärnans innehåll relativt lätt kan göras för att få en uppfattning om grödans status. En upptäckt brist i kärnan kan givetvis inte åtgärdas i efterhand, men informationen kan tas med till kommande års gödsling, där återkommande låga nivåer i kärnan kan indikera att åtgärder behöver vidtas. Något som inte i tillräcklig utsträckning kunnat utredas i detta arbete är den påverkan som årsmånen har på näringsstatusen hos grödan. För att göra detta hade det krävts upprepade försök på samma plats flera år i följd, något som hade varit ett intressant sätt att ta denna studie vidare.

Tack

Jag vill rikta ett stort tack till min huvudhandledare Karin Hamnér, samt till de biträdande handledarna Malin Lovang och Ellen Landström, för all hjälp på vägen med utformning av projektet, tankar och idéer under projektets gång, hjälp med bearbetning av resultat och text samt inspirerande samtal om växtnäring. Ett tack riktas även till Ingemar Gruvaeus på Yara för hjälp med finansiering av analyserna från vårveteförsöken, samt till övriga som bidragit till rapportens förbättring.

Appendix

Tabell A 1: Medianhalter av koppar och mangan, pH, ler och organiskt material i åkermark i fyra olika produktionsområden, baserade på produktionsområdesindelningen PO18. Baserad på data från Mark- och grödoinventeringen (Mark- och grödoinventeringen 2026a).

Plats	Parameter	Enhet	Median
Mälar- och Hjälmbygd	Cu	mg/kg ts	24
Skåne-Hallands slättbygd	Cu	mg/kg ts	9,5
Vänerslätten	Cu	mg/kg ts	9,5
Östgötaslätten	Cu	mg/kg ts	19
Mälar- och Hjälmbygd	Mn	mg/kg ts	440
Skåne-Hallands slättbygd	Mn	mg/kg ts	270
Vänerslätten	Mn	mg/kg ts	380
Östgötaslätten	Mn	mg/kg ts	510
Mälar- och Hjälmbygd	pH H ₂ O		6,2
Skåne-Hallands slättbygd	pH H ₂ O		6,6
Vänerslätten	pH H ₂ O		6,3
Östgötaslätten	pH H ₂ O		6,6
Mälar- och Hjälmbygd	Ler <0,002 mm	% av mineraljord ts	38
Skåne-Hallands slättbygd	Ler <0,002 mm	% av mineraljord ts	14
Vänerslätten	Ler <0,002 mm	% av mineraljord ts	22
Östgötaslätten	Ler <0,002 mm	% av mineraljord ts	33
Mälar- och Hjälmbygd	Org mtrl	% ts	4,1
Skåne-Hallands slättbygd	Org mtrl	% ts	3,3
Vänerslätten	Org mtrl	% ts	4,1
Östgötaslätten	Org mtrl	% ts	3,8

*Tabell A 2: Statistiska värden för regressionsberäkningar på kopparhalter.
Signifikansnivå p: * <0,05, **<0,01, *** <0,001.*

Graf/samband	x-värden	y-värden	antal observationer (n)	Lutning	Skärning	Förklaringsgrad (R ²)	Signifikans (p-värde)
80 kg N DC37	Kärna 80 kg N	DC37 80 kg N	28	0,79208	0,430712	0,114761849	0,077830682
80 kg N DC65	Kärna 80 kg N	DC65 80 kg N	28	0,143817	1,676263	0,033226714	0,353210265
160 kg N DC23	Kärna 160 kg N	DC23 160 kg N	28	0,350548	2,070322	0,015658241	0,525784575
160 kg N DC37	Kärna 160 kg N	DC37 160 kg N	28	1,262385	-0,42116	0,241232855	0,007952855 **
160 kg N DC65	Kärna 160 kg N	DC65 160 kg N	28	0,266463	1,799565	0,078527378	0,148642643
240 kg N DC37	Kärna 240 kg N	DC37 240 kg N	28	1,264559	-0,72816	0,257918219	0,005799065 **
240 kg N DC65	Kärna 240 kg N	DC65 240 kg N	28	0,742689	0,391886	0,459324703	7,42413E-05 ***
80, 160 & 240 kg N DC37	Kärna 80+160+240 kg N	DC37 80+160+240 kg N	84	1,227502	-0,6128	0,242196755	1,98848E-06 ***
80, 160 & 240 kg N DC65	Kärna 80+160+240 kg N	DC65 80+160+240 kg N	84	0,601203	0,603544	0,259348475	7,5376E-07 ***
Vårvete DC37	Kärna Vårvete	DC37 Vårvete	24	1,090693	1,865372	0,334935535	0,003048002 **
Vårvete DC65	Kärna Vårvete	DC65 Vårvete	18	0,166351	4,210812	0,023437933	0,544190989
Vårvete DC37 Diskett	Kärna Vårvete Diskett	DC37 Vårvete Diskett	12	1,257035	1,10191	0,483281871	0,012080426 *
Vårvete DC65 Diskett	Kärna Vårvete Diskett	DC65 Vårvete Diskett	9	0,199346	3,921024	0,038159406	0,614486176
Vårvete DC37 Sibelius	Kärna Vårvete Sibelius	DC37 Vårvete Sibelius	12	0,632192	3,979658	0,092153034	0,337447003
Vårvete DC65 Sibelius	Kärna Vårvete Sibelius	DC65 Vårvete Sibelius	9	0,16129	4,36129	0,018496597	0,727173716

Tabell A 3: Kopparvärden: medel, max, min, median, Q1 och Q3 för höst- och vårveteförsöken, uppdelat på kvävenivå och utvecklingsstadium.

Koppar	DC37_80	DC65_80	Kärna_80
Max	4,72	2,72	3,94
Min	1,54	1,49	2,37
Medel	2,91	2,13	3,14
Q1	1,92	1,78	2,72
Median	2,97	2,19	3,08
Q3	3,78	2,41	3,50
	DC23_160	DC37_160	DC65_160
Max	5,71	5,84	3,68
Min	1,13	1,69	1,82
Medel	3,24	3,79	2,69
Q1	1,97	2,83	2,29
Median	3,50	3,76	2,79
Q3	4,02	4,85	2,95
	DC37_240	DC65_240	Kärna_240
Max	5,78	4,18	4,64
Min	1,56	2,10	2,73
Medel	3,68	2,98	3,48
Q1	2,48	2,47	3,13
Median	3,66	2,95	3,38
Q3	4,98	3,52	3,72
	DC37_80+160+240	DC65_80+160+240	Kärna_80+160+240
Max	5,84	4,18	4,64
Min	1,54	1,49	2,37
Medel	3,46	2,60	3,32
Q1	2,48	2,23	3,02
Median	3,41	2,53	3,26
Q3	4,36	2,95	3,63
	DC37_Vårvete	DC65_Vårvete	Kärna_Vårvete
Max	9,50	6,10	6,30
Min	3,80	3,80	2,70
Medel	6,79	5,03	4,52
Q1	5,38	4,58	3,95
Median	6,60	5,00	4,65
Q3	8,43	5,60	5,10

Tabell A 4: Kopparvärden: medel, max, min, median, Q1 och Q3 för vårveteförsöken, uppdelat på plats, sort och utvecklingsstadium.

Koppar	Kärna_Brunnby Diskett	DC37_Brunnby Diskett	DC65_Brunnby Diskett	Kärna_Brunnby Sibeliuss	DC37_Brunnby Sibeliuss	DC65_Brunnby Sibeliuss
Max	4,90	9,50	5,70	4,90	8,80	5,60
Min	4,70	8,70	5,20	4,20	8,50	5,00
Medel	4,80	9,23	5,50	4,47	8,67	5,37
Q1	4,70	8,70	5,20	4,20	8,50	5,00
Median	4,80	9,50	5,60	4,30	8,70	5,50
Q3	4,90	9,50	5,70	4,90	8,80	5,60
	Kärna_Uppland Diskett	DC37_Uppland Diskett	DC65_Uppland Diskett	Kärna_Uppland Sibeliuss	DC37_Uppland Sibeliuss	DC65_Uppland Sibeliuss
Max	4,60	7,40	4,50	5,40	6,70	6,10
Min	4,10	5,20	3,80	5,10	6,10	4,60
Medel	4,40	6,37	4,07	5,27	6,40	5,13
Q1	4,10	5,20	3,80	5,10	6,10	4,60
Median	4,50	6,50	3,90	5,30	6,40	4,70
Q3	4,60	7,40	4,50	5,40	6,70	6,10
	Kärna_Östergötland Diskett	DC37_Östergötland Diskett	DC65_Östergötland Diskett	Kärna_Östergötland Sibeliuss	DC37_Östergötland Sibeliuss	DC65_Östergötland Sibeliuss
Max	3,30	4,50	0,00	3,90	5,90	0,00
Min	2,70	3,80	0,00	3,40	4,50	0,00
Medel	2,97	4,23	0,00	3,70	5,17	0,00
Q1	2,70	3,80	0,00	3,40	4,50	0,00
Median	2,90	4,40	0,00	3,80	5,10	0,00
Q3	3,30	4,50	0,00	3,90	5,90	0,00
	Kärna_Helgegården Diskett	DC37_Helgegården Diskett	DC65_Helgegården Diskett	Kärna_Helgegården Sibeliuss	DC37_Helgegården Sibeliuss	DC65_Helgegården Sibeliuss
Max	6,30	8,20	5,70	5,10	7,60	5,50
Min	4,80	6,40	4,80	4,30	6,70	4,50
Medel	5,70	7,03	5,17	4,83	7,23	4,93
Q1	4,80	6,40	4,80	4,30	6,70	4,50
Median	6,00	6,50	5,00	5,10	7,40	4,80
Q3	6,30	8,20	5,70	5,10	7,60	5,50
	Kärna_Diskett	DC37_Diskett	DC65_Diskett	Kärna_Sibeliuss	DC37_Sibeliuss	DC65_Sibeliuss
Max	5,40	8,80	6,10	6,30	9,50	5,70
Min	3,40	4,50	4,50	2,70	3,80	3,80
Medel	4,57	6,87	5,14	4,47	6,72	4,91
Q1	3,98	5,95	4,65	3,50	4,68	4,20
Median	4,60	6,70	5,00	4,65	6,50	5,00
Q3	5,10	8,28	5,55	4,88	8,58	5,65

Tabell A 5: Kopparvärden: medel, max, min, median, Q1 och Q3 för höst- och vårveteförsöken, uppdelat på plats och utvecklingsstadium.

Koppar	Kärna_Strömsholm	DC23_Strömsholm	DC37_Strömsholm	DC65_Strömsholm
Max	4,08	5,71	5,84	3,68
Min	3,02	3,58	3,42	2,41
Medel	3,57	4,36	4,96	3,08
Q1	3,41	3,66	4,33	2,55
Median	3,61	4,07	5,15	3,08
Q3	3,74	5,35	5,69	3,60
	Kärna_Grästorp	DC23_Grästorp	DC37_Grästorp	DC65_Grästorp
Max	4,29	1,99	2,79	2,68
Min	3,26	1,46	1,56	1,75
Medel	3,58	1,69	1,98	2,19
Q1	3,42	1,49	1,62	1,98
Median	3,48	1,66	1,86	2,19
Q3	3,67	1,92	2,42	2,37
	Kärna_Skultuna	DC23_Skultuna	DC37_Skultuna	DC65_Skultuna
Max	3,42	3,07	4,61	3,10
Min	2,37	2,81	2,17	1,66
Medel	2,90	2,95	3,23	2,19
Q1	2,69	2,85	2,59	1,74
Median	2,87	2,97	3,20	2,05
Q3	3,16	3,05	3,81	2,59
	Kärna_Grillby	DC23_Grillby	DC37_Grillby	DC65_Grillby
Max	4,64	4,65	5,57	4,18
Min	3,57	3,97	3,89	2,10
Medel	4,05	4,21	4,92	2,95
Q1	3,74	4,00	4,64	2,44
Median	3,98	4,12	4,90	2,87
Q3	4,40	4,53	5,35	3,49
	Kärna_Karlsfält	DC23_Karlsfält	DC37_Karlsfält	DC65_Karlsfält
Max	3,34	1,97	3,12	2,95
Min	2,90	1,13	1,54	2,11
Medel	3,13	1,54	2,35	2,36
Q1	3,00	1,23	1,96	2,24
Median	3,11	1,52	2,31	2,27
Q3	3,28	1,86	2,83	2,44
	Kärna_Falkenberg	DC23_Falkenberg	DC37_Falkenberg	DC65_Falkenberg
Max	3,36	5,71	4,15	3,48
Min	2,59	3,93	1,73	1,49
Medel	2,94	4,42	3,15	2,51
Q1	2,71	3,95	2,63	1,94
Median	3,01	4,02	3,30	2,64
Q3	3,11	5,29	3,60	2,93
	Kärna_Örebro	DC23_Örebro	DC37_Örebro	DC65_Örebro
Max	3,64	3,72	4,23	3,54
Min	2,53	3,20	3,07	2,32
Medel	3,06	3,50	3,62	2,91
Q1	2,69	3,25	3,33	2,53
Median	3,12	3,53	3,76	2,84
Q3	3,23	3,70	3,85	3,32
	Kärna_Brunnby		DC37_Brunnby	DC65_Brunnby
Max	4,90		9,50	5,70
Min	4,20		8,50	5,00
Medel	4,63		8,95	5,43
Q1	4,28		8,65	5,15
Median	4,75		8,75	5,55
Q3	4,90		9,50	5,63
	Kärna_Uppland		DC37_Uppland	DC65_Uppland
Max	5,40		7,40	6,10
Min	4,10		5,20	3,80
Medel	4,83		6,38	4,60
Q1	4,40		5,88	3,88
Median	4,85		6,45	4,55
Q3	5,33		6,88	5,05
	Kärna_Östergötland		DC37_Östergötland	DC65_Östergötland
Max	3,90		5,90	0,00
Min	2,70		3,80	0,00
Medel	3,33		4,70	0,00
Q1	2,85		4,25	0,00
Median	3,35		4,50	0,00
Q3	3,83		5,30	0,00
	Kärna_Hellegården		DC37_Hellegården	DC65_Hellegården
Max	6,30		8,20	5,70
Min	4,30		6,40	4,50
Medel	5,27		7,13	5,05
Q1	4,68		6,48	4,73
Median	5,10		7,05	4,90
Q3	6,08		7,75	5,55

*Tabell A 6: Statistiska värden för regressionsberäkningar på manganhalter.
Signifikansnivå p: * <0,05, **<0,01, *** <0,001.*

Graf/samband	x-värden	y-värden	antal observationer (n)	Lutning	Skärning	Förklaringsgrad (R^2)	Signifikans (p-värde)	
80 kg N DC37	Kärna 80 kg N	DC37 80 kg N	28	1,631929	-9,9657	0,677336028	7,61226E-08	***
80 kg N DC65	Kärna 80 kg N	DC65 80 kg N	28	2,202289	-29,0342	0,683932856	5,79415E-08	***
160 kg N DC23	Kärna 160 kg N	DC23 160 kg N	28	2,835606	-17,9196	0,146409259	0,044471871	*
160 kg N DC37	Kärna 160 kg N	DC37 160 kg N	28	1,719138	-11,5493	0,593234084	1,64079E-06	***
160 kg N DC65	Kärna 160 kg N	DC65 160 kg N	28	1,681728	-18,3936	0,713033364	1,61989E-08	***
240 kg N DC37	Kärna 240 kg N	DC37 240 kg N	28	1,920596	-14,6165	0,42161781	0,000185072	***
240 kg N DC65	Kärna 240 kg N	DC65 240 kg N	28	2,269024	-31,6539	0,609922231	9,40077E-07	***
80, 160 & 240 kg N DC37	Kärna 80+160+240 kg N	DC37 80+160+240 kg N	84	1,760634	-12,1054	0,527555854	5,32634E-15	***
80, 160 & 240 kg N DC65	Kärna 80+160+240 kg N	DC65 80+160+240 kg N	84	2,069662	-26,7916	0,645748598	3,61127E-20	***
Vårvete DC37	Kärna Vårvete	DC37 Vårvete	24	2,801023	-48,1971	0,641216528	2,60504E-06	***
Vårvete DC65	Kärna Vårvete	DC65 Vårvete	18	0,957951	-0,9339	0,37968952	0,006467919	**
Vårvete DC37 Diskett	Kärna Vårvete Diskett	DC37 Vårvete Diskett	12	2,303423	-29,2034	0,54660546	0,00599945	**
Vårvete DC65 Diskett	Kärna Vårvete Diskett	DC65 Vårvete Diskett	9	1,491934	-15,2796	0,410625934	0,062946206	
Vårvete DC37 Sibelius	Kärna Vårvete Sibelius	DC37 Vårvete Sibelius	12	3,288292	-68,4111	0,720961302	0,000475665	***
Vårvete DC65 Sibelius	Kärna Vårvete Sibelius	DC65 Vårvete Sibelius	9	0,798626	2,008796	0,696662951	0,005127119	**

Tabell A 7: Manganvärden: medel, max, min, median, Q1 och Q3 för höst- och vårveteförsöken, uppdelat på kvävenivå och utvecklingsstadium.

Mangan	DC37_80	DC65_80	Kärna_80
Max	58,79	64,44	37,67
Min	21,27	14,17	13,51
Medel	29,48	24,20	24,17
Q1	24,13	17,21	21,76
Median	26,01	19,34	23,57
Q3	30,16	25,96	25,96
	DC23_160	DC37_160	DC65_160
Max	126,47	61,84	50,69
Min	18,60	18,85	12,26
Medel	50,79	30,10	22,35
Q1	44,49	28,50	19,76
Median	27,47	23,45	17,97
Q3	68,00	35,86	23,93
	DC37_240	DC65_240	Kärna_240
Max	77,66	67,96	34,05
Min	20,12	15,86	19,33
Medel	32,59	24,12	24,58
Q1	24,59	17,96	21,07
Median	29,61	20,30	23,57
Q3	37,70	24,19	26,14
	DC37_80+160+240	DC65_80+160+240	Kärna_80+160+240
Max	77,66	67,96	37,67
Min	18,85	12,26	13,51
Medel	30,73	23,56	24,33
Q1	23,99	17,72	21,60
Median	28,13	19,90	23,57
Q3	35,12	24,23	26,06
	DC37_Vårvete	DC65_Vårvete	Kärna_Vårvete
Max	110,60	61,20	48,33
Min	16,00	16,30	22,18
Medel	55,04	31,78	36,86
Q1	26,10	22,00	29,76
Median	51,45	30,05	36,81
Q3	81,15	42,50	45,39

Tabell A 8: Manganvärden: medel, max, min, median, Q1 och Q3 för vårveteförsöken, uppdelat på plats, sort och utvecklingsstadium.

Mangan	Kärna_Brunnby Diskett	DC37_Brunnby Diskett	DC65_Brunnby Diskett	Kärna_Brunnby Sibeliuss	DC37_Brunnby Sibeliuss	DC65_Brunnby Sibeliuss
Max	36,52	41,80	30,70	36,82	35,40	34,10
Min	33,46	34,70	22,40	33,96	31,80	30,40
Medel	34,72	38,57	25,27	35,86	33,20	32,27
Q1	33,46	34,70	22,40	33,96	31,80	30,40
Median	34,17	39,20	22,70	36,79	32,40	32,30
Q3	36,52	41,80	30,70	36,82	35,40	34,10
	Kärna_Uppland Diskett	DC37_Uppland Diskett	DC65_Uppland Diskett	Kärna_Uppland Sibeliuss	DC37_Uppland Sibeliuss	DC65_Uppland Sibeliuss
Max	27,96	24,20	24,00	30,16	22,50	28,60
Min	22,26	19,10	16,40	22,18	16,00	16,30
Medel	24,41	21,63	19,47	25,97	20,27	21,90
Q1	22,26	19,10	16,40	22,18	16,00	16,30
Median	23,00	21,60	18,00	25,58	22,30	20,80
Q3	27,96	24,20	24,00	30,16	22,50	28,60
	Kärna_Östergötland Diskett	DC37_Östergötland Diskett	DC65_Östergötland Diskett	Kärna_Östergötland Sibeliuss	DC37_Östergötland Sibeliuss	DC65_Östergötland Sibeliuss
Max	48,17	83,40	0,00	48,33	108,00	0,00
Min	40,64	64,20	0,00	41,62	74,40	0,00
Medel	44,49	71,00	0,00	45,45	89,73	0,00
Q1	40,64	64,20	0,00	41,62	74,40	0,00
Median	44,67	65,40	0,00	46,39	86,80	0,00
Q3	48,17	83,40	0,00	48,33	108,00	0,00
	Kärna_Hellegården Diskett	DC37_Hellegården Diskett	DC65_Hellegården Diskett	Kärna_Hellegården Sibeliuss	DC37_Hellegården Sibeliuss	DC65_Hellegården Sibeliuss
Max	42,04	101,60	61,20	47,24	110,60	43,70
Min	29,62	61,10	48,30	45,63	71,30	29,70
Medel	37,31	76,60	53,30	46,66	89,33	38,50
Q1	29,62	61,10	48,30	45,63	71,30	29,70
Median	40,27	67,10	50,40	47,10	86,10	42,10
Q3	42,04	101,60	61,20	47,24	110,60	43,70
	Kärna_Diskett	DC37_Diskett	DC65_Diskett	Kärna_Sibeliuss	DC37_Sibeliuss	DC65_Sibeliuss
Max	48,17	101,60	61,20	48,33	110,60	43,70
Min	22,26	19,10	16,40	22,18	16,00	16,30
Medel	35,23	51,95	32,68	38,48	58,13	30,89
Q1	28,38	26,83	20,20	31,11	24,83	24,70
Median	35,35	51,45	24,00	39,22	53,35	30,40
Q3	41,69	66,68	49,35	46,92	86,63	38,10

Tabell A 9: Manganvärden: medel, max, min, median, Q1 och Q3 för höst- och vårveteförsöken, uppdelat på plats och utvecklingsstadium.

Mangan	Kärna_Strömsholm	DC23_Strömsholm	DC37_Strömsholm	DC65_Strömsholm
Max	37,67	97,62	77,66	67,96
Min	26,16	23,09	25,94	19,37
Medel	31,53	54,82	45,58	44,10
Q1	28,23	24,11	35,76	30,85
Median	31,36	49,28	40,25	42,30
Q3	33,92	91,06	57,69	56,98
Kärna_Grästorp	DC23_Grästorp	DC37_Grästorp	DC65_Grästorp	
Max	30,28	55,07	37,39	32,29
Min	23,39	40,18	24,04	21,73
Medel	25,63	48,68	31,74	25,42
Q1	24,38	42,35	28,70	22,79
Median	25,68	49,73	31,05	24,11
Q3	26,31	53,95	36,13	27,62
Kärna_Skultuna	DC23_Skultuna	DC37_Skultuna	DC65_Skultuna	
Max	23,73	31,59	32,08	22,89
Min	17,55	26,87	18,85	12,26
Medel	20,89	28,87	25,85	18,77
Q1	19,81	27,25	23,44	17,04
Median	21,10	28,52	25,54	19,11
Q3	21,68	30,85	28,38	20,59
Kärna_Grillby	DC23_Grillby	DC37_Grillby	DC65_Grillby	
Max	24,66	22,57	28,73	24,23
Min	19,33	18,60	19,95	14,46
Medel	22,23	19,78	22,76	18,74
Q1	20,85	18,63	21,31	16,07
Median	22,43	18,98	21,90	18,66
Q3	23,65	21,73	23,93	20,85
Kärna_Karlsfält	DC23_Karlsfält	DC37_Karlsfält	DC65_Karlsfält	
Max	27,03	71,68	52,54	26,23
Min	21,32	35,48	25,74	14,17
Medel	23,35	51,39	35,81	19,14
Q1	21,97	37,91	26,88	16,36
Median	23,44	49,20	35,37	18,31
Q3	23,66	67,05	41,55	21,38
Kärna_Falkenberg	DC23_Falkenberg	DC37_Falkenberg	DC65_Falkenberg	
Max	32,38	57,86	39,67	25,82
Min	13,51	38,69	22,65	14,86
Medel	22,39	47,97	28,55	19,07
Q1	20,54	39,96	24,00	16,17
Median	22,56	47,67	28,46	18,11
Q3	23,73	56,29	30,75	20,84
Kärna_Örebro	DC23_Örebro	DC37_Örebro	DC65_Örebro	
Max	28,18	126,47	29,94	26,54
Min	19,62	76,64	20,67	16,92
Medel	24,27	104,00	24,80	19,66
Q1	23,17	83,05	22,90	17,61
Median	24,07	106,45	25,13	18,93
Q3	25,78	122,51	25,95	21,41
Kärna_Brunnby	DC37_Brunnby	DC65_Brunnby		
Max	36,82	41,80	34,10	
Min	33,46	31,80	22,40	
Medel	35,29	35,88	28,77	
Q1	33,84	32,25	22,63	
Median	35,35	35,05	30,55	
Q3	36,80	39,85	32,75	
Kärna_Uppland	DC37_Uppland	DC65_Uppland		
Max	30,16	24,20	28,60	
Min	22,18	16,00	16,30	
Medel	25,19	20,95	20,68	
Q1	22,24	18,33	16,38	
Median	24,29	21,95	19,40	
Q3	28,51	22,93	25,15	
Kärna_Östergötland	DC37_Östergötland	DC65_Östergötland		
Max	48,33	108,00	0,00	
Min	40,64	64,20	0,00	
Medel	44,97	80,37	0,00	
Q1	41,38	65,10	0,00	
Median	45,53	78,90	0,00	
Q3	48,21	92,10	0,00	
Kärna_Helgegården	DC37_Helgegården	DC65_Helgegården		
Max	47,24	110,60	61,20	
Min	29,62	61,10	29,70	
Medel	41,98	82,97	45,90	
Q1	37,61	65,60	39,00	
Median	43,84	78,70	46,00	
Q3	47,14	103,85	53,10	

Tabell A 10: Korrelationskoefficienter med markerad signifikansnivå för mark och växtparametrar. Data från mark och grödoinventeringen. Signifikansnivå p: * <0,05, **<0,01, *** <0,001. n=1023

	Mn_Kärna	Mn_Mark	Cu_Kärna	Cu_Mark	pH	Ler	Mull	CEC
Mn_Kärna		0,066*	0,074*	0,083**	-0,474***	-0,016	0,111***	-0,129**
Mn_Mark	0,066*		0,126***	0,327***	0,082**	0,282***	-0,007	0,137**
Cu_Kärna	0,074*	0,126***		0,292***	-0,035	0,432***	0,153***	0,373***
Cu_Mark	0,083**	0,327***	0,292***		0,006	0,552***	0,389***	0,565***
pH	-0,474***	0,082**	-0,035	0,006		-0,022	-0,155***	0,175***
Ler	-0,016	0,282***	0,432***	0,552***	-0,022		0,240***	0,689***
Mull	0,111***	-0,007	0,153***	0,389***	-0,155***	0,240***		0,643***
CEC	-0,129**	0,137**	0,373***	0,565***	0,175***	0,689***	0,643***	
Computed correlation used pearson-method with pairwise-deletion								

Tabell A 11: Korrelationskoefficienter med markerad signifikansnivå för mark och växtparametrar. Data från provtagningar i höstveteförsök. Signifikansnivå p: * <0,05, **<0,01, *** <0,001. n=84 (112 för Cu37)

	DC37_Mn	DC65_Mn	Mn_Kärna	DC37_Cu	DC65_Cu	Cu_Kärna	Cu_Mark	pH	Ler	Mull	Nedb.år	Nedb.V	M.temp.år	M.temp.V
DC37_Mn		0,815***	0,726***	0,040	0,096	-0,018	-0,122	-0,426***	0,333**	0,276*	-0,008	0,286**	0,085	0,131
DC65_Mn	0,815***		0,804***	0,285**	0,161	0,150	0,257	-0,434***	0,608***	-0,001	-0,214	0,152	-0,116	-0,031
Mn_Kärna	0,726***	0,804***		0,204	0,214	0,123	0,148	-0,453***	0,614***	0,075	-0,133	0,284**	-0,043	0,061
DC37_Cu	0,040	0,285**	0,204		0,711***	0,491***	0,567***	-0,086	0,329***	-0,175	-0,503***	-0,471***	-0,398***	-0,436***
DC65_Cu	0,096	0,161	0,214	0,711***		0,509***	0,494**	-0,188	0,422***	-0,001	-0,212	-0,096	-0,140	-0,129
Cu_Kärna	-0,018	0,150	0,123	0,491***	0,509***		0,474*	-0,394***	0,602***	0,200	-0,381***	-0,441***	-0,272*	-0,337**
Cu_Mark	-0,122	0,257	0,148	0,567***	0,494**	0,474*		-0,304*	0,673***	0,003	-0,779***	-0,733***	-0,688***	-0,750***
pH	-0,426***	-0,434***	-0,453***	-0,086	-0,188	-0,394***	-0,304*		-0,581***	-0,596***	0,643***	-0,020	0,540***	0,513***
Ler	0,333**	0,608***	0,614***	0,329***	0,422***	0,602***	0,673***	-0,581***		0,207*	-0,621***	-0,106	-0,508***	-0,431***
Mull	0,276*	-0,001	0,075	-0,175	-0,001	0,200	0,003	-0,596***	0,207*		-0,017	0,049	0,102	-0,016
Nedb.år	-0,008	-0,214	-0,133	-0,503***	-0,212	-0,381***	-0,779***	0,643***	-0,621***	-0,017		0,500***	0,975***	0,968***
Nedb.V	0,286**	0,152	0,284**	-0,471***	-0,096	-0,441***	-0,733***	-0,020	-0,106	0,049	0,500***		0,430***	0,629***
M.temp.år	0,085	-0,116	-0,043	-0,398***	-0,140	-0,272*	-0,688***	0,540***	-0,508***	0,102	0,975***	0,430***		0,963***
M.temp.V	0,131	-0,031	0,061	-0,436***	-0,129	-0,337**	-0,750***	0,513***	-0,431***	-0,016	0,968***	0,629***	0,963***	

Computed correlation used pearson-method with pairwise-deletion

Tabell A 12: Korrelationskoefficienter med markerad signifikansnivå för mark och växtparametrar. Data från provtagningar i vårveteförsök. Signifikansnivå p: * <0,05, **<0,01, *** <0,001. n=24

	DC37_Mn	DC65_Mn	Mn_Kärna	DC37_Cu	DC65_Cu	Cu_Kärna	pH	Ler	Mull	Nedb.år	Nedb.V	M.temp.år	M.temp.V
DC37_Mn		0,815***	0,801***	-0,374	0,130	-0,180	-0,750***	-0,811***	0,496*	-0,278	-0,676***	0,722***	0,690***
DC65_Mn	0,815***		0,616**	-0,051	0,177	0,535*	-0,804***	-0,806***	0,814***	-0,135	-0,503*	0,829***	0,846***
Mn_Kärna	0,801***	0,616**		-0,191	0,203	-0,302	-0,565**	-0,856***	0,311	0,006	-0,441*	0,561**	0,597**
DC37_Cu	-0,374	-0,051	-0,191		0,347	0,579**	0,133	0,477*	0,192	0,681***	0,711***	-0,007	0,174
DC65_Cu	0,130	0,177	0,203	0,347		0,153	-0,025	-0,344	0,046	0,475*	0,296	0,088	0,221
Cu_Kärna	-0,180	0,535*	-0,302	0,579**	0,153		-0,250	0,554**	0,540**	-0,036	0,125	0,304	0,309
pH	-0,750***	-0,804***	-0,565**	0,133	-0,025	-0,250		0,463*	-0,916***	0,453*	0,730***	-0,990***	-0,925***
Ler	-0,811***	-0,806***	-0,856***	0,477*	-0,344	0,554**	0,463*		-0,109	0,070	0,529**	-0,429*	-0,437*
Mull	0,496*	0,814***	0,311	0,192	0,046	0,540**	-0,916***	-0,109		-0,309	-0,473*	0,944***	0,914***
Nedb.år	-0,278	-0,135	0,006	0,681***	0,475*	-0,036	0,453*	0,070	-0,309		0,866***	-0,334	-0,083
Nedb.V	-0,676***	-0,503*	-0,441*	0,711***	0,296	0,125	0,730***	0,529**	-0,473*	0,866***		-0,627**	-0,431*
M.temp.år	0,722***	0,829***	0,561**	-0,007	0,088	0,304	-0,990***	-0,429*	0,944***	-0,334	-0,627**		0,967***
M.temp.V	0,690***	0,846***	0,597**	0,174	0,221	0,309	-0,925***	-0,437*	0,914***	-0,083	-0,431*	0,967***	

Computed correlation used pearson-method with pairwise-deletion

Publicering och arkivering

Godkända självständiga arbeten (examensarbeten) vid SLU kan publiceras elektroniskt. Som student äger du upphovsrätten till ditt arbete och behöver i sådana fall godkänna publiceringen. I samband med att du godkänner publicering kommer SLU även att behandla dina personuppgifter (namn) för att göra arbetet sökbart på internet. Du kan närsomhelst återkalla ditt godkännande genom att kontakta biblioteket.

Även om du väljer att inte publicera arbetet eller återkallar ditt godkännande så kommer det arkiveras digitalt enligt arkivlagstiftningen.

Du hittar länkar till SLU:s publiceringsavtal och SLU:s behandling av personuppgifter och dina rättigheter på den här sidan:

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

☒ JA, jag, Gustav Persson har läst och godkänner avtalet för publicering samt den personuppgiftsbehandling som sker i samband med detta