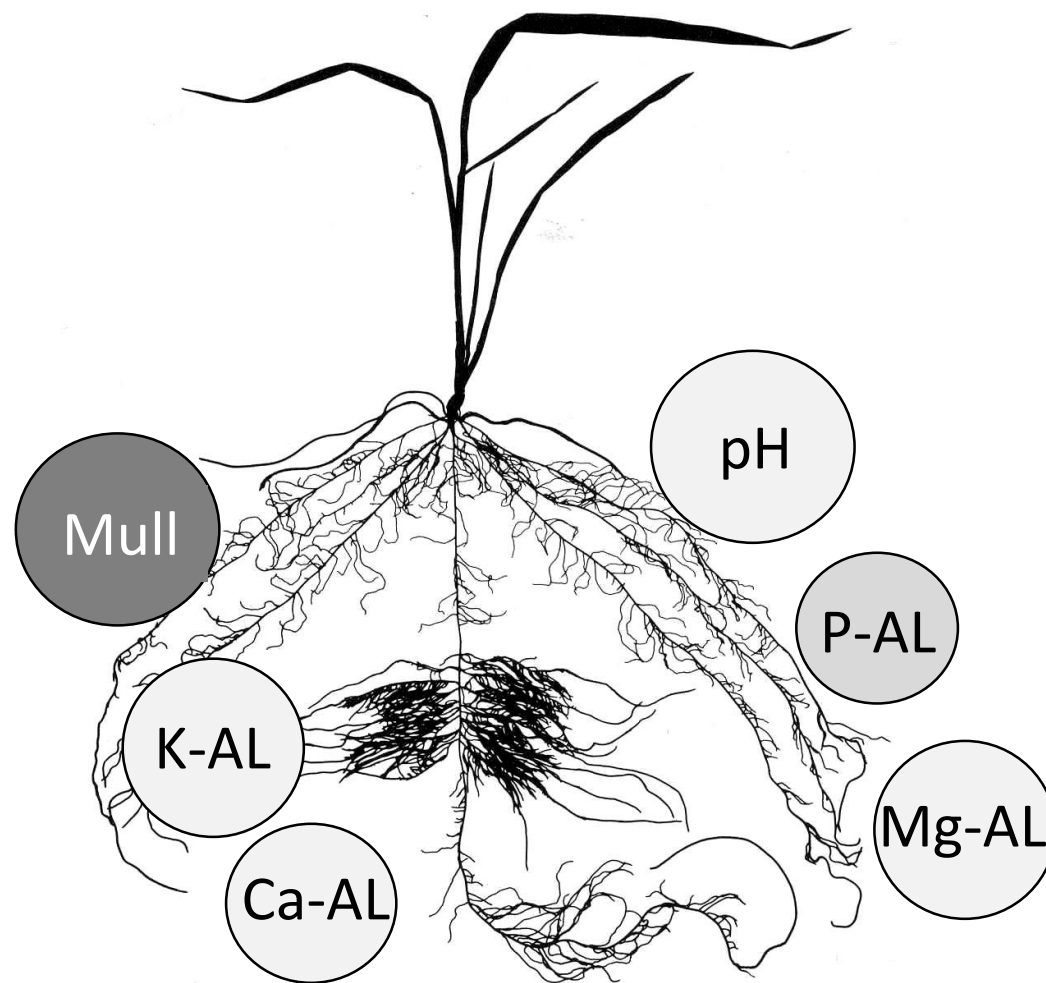
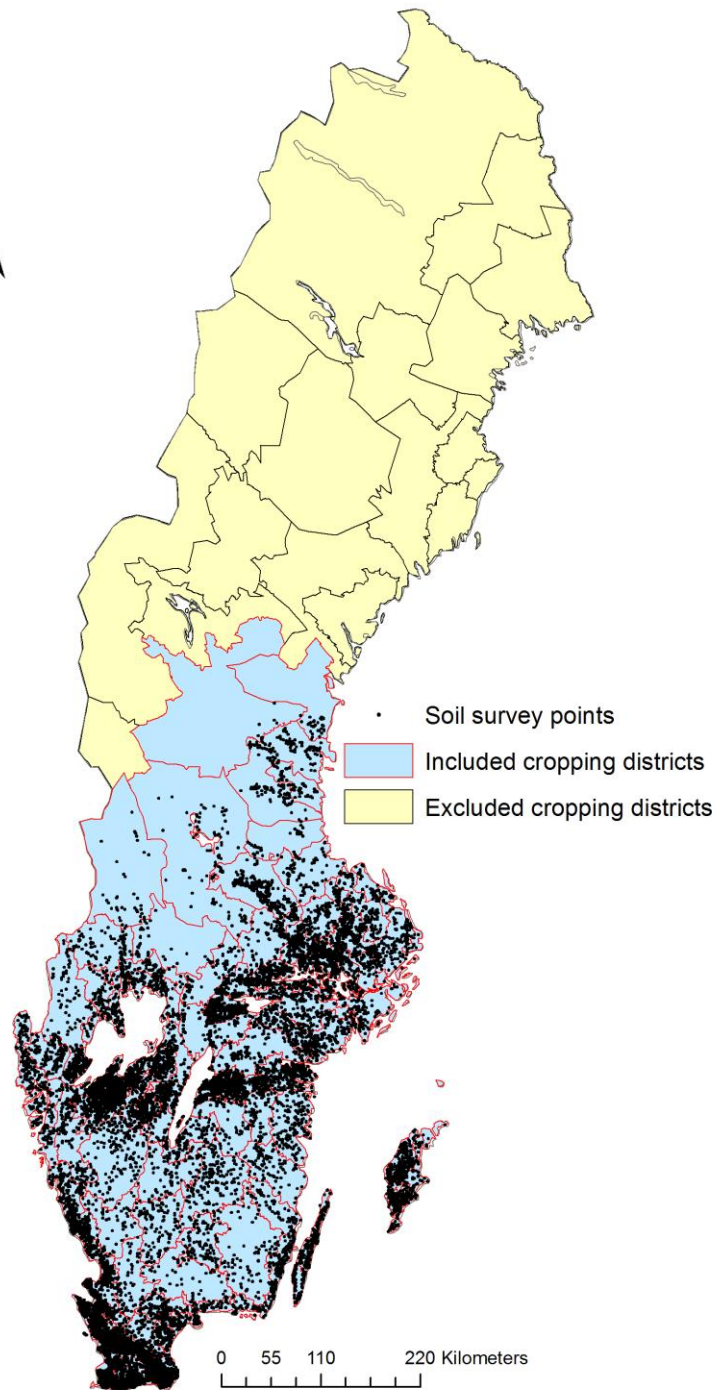


Vilka påverkbara, kemiska markegenskaper begränsar skördarna nuförtiden?



Holger Kirchmann med flera
Institutionen för mark och miljö
SLU
holger.kirchmann@slu.se



Jordbruksverkets nationella Jordartskartering

- Den mest omfattande inventering av åkermarkens tillstånd
- Matjordprov av 0-20 cm djup
- Antal mineraljordar $n = 11419$
- Antal organogena jordar $n = 1135$
- Totalt $n = 12554$

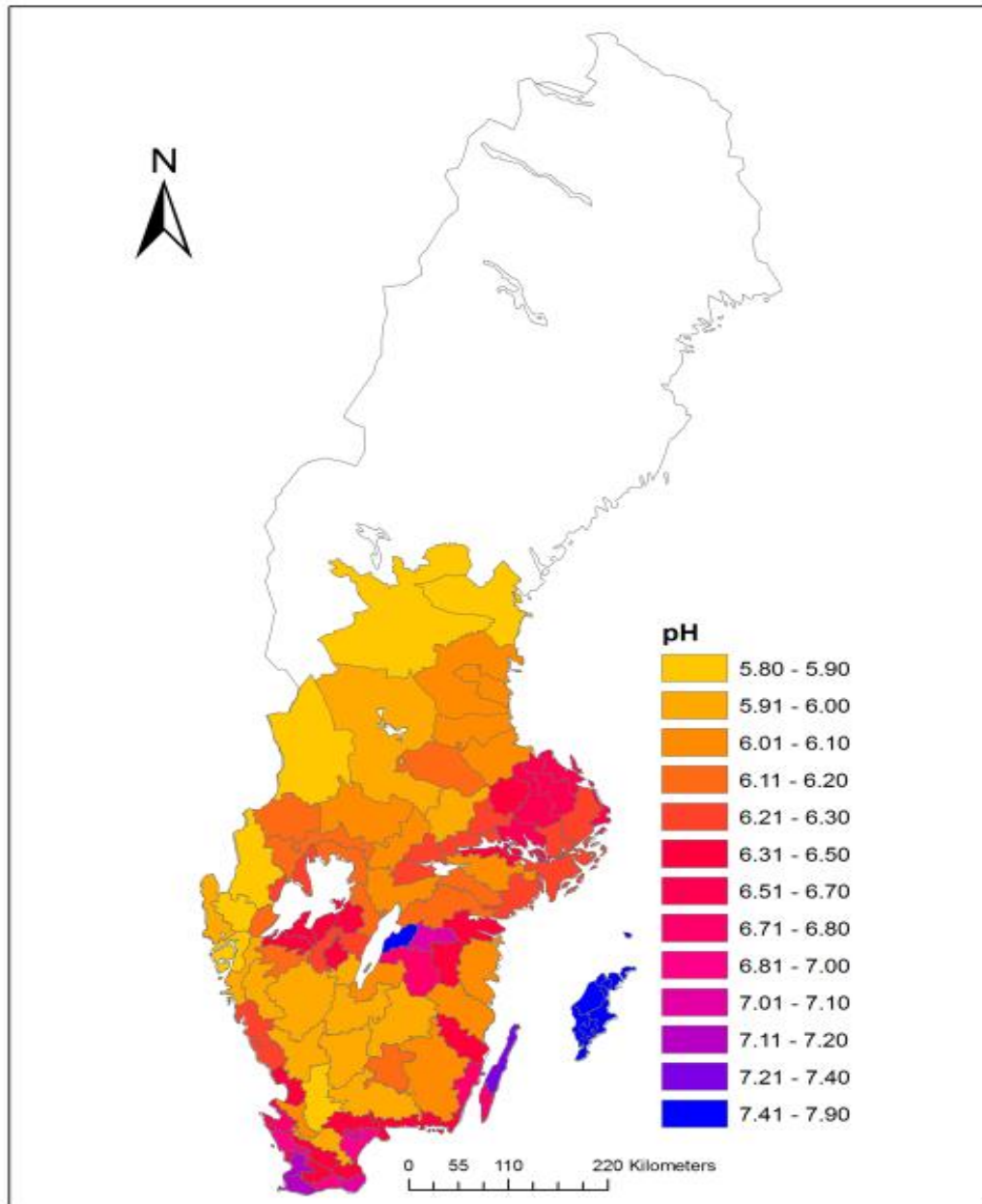
Djodjic, F., 2015. Jordartsfördelning och växtnäringstillstånd i svensk åkermark. Institutionen för vatten och miljö. *Rapport 2015:11*, SLU.

Åkermarkens pH värden

Medel pH värde: $6,4 \pm 0,7$ (standard avvikelse)

Median pH värde: 6,3.

Flera stora odlingsregioner har pH värden omkring 6



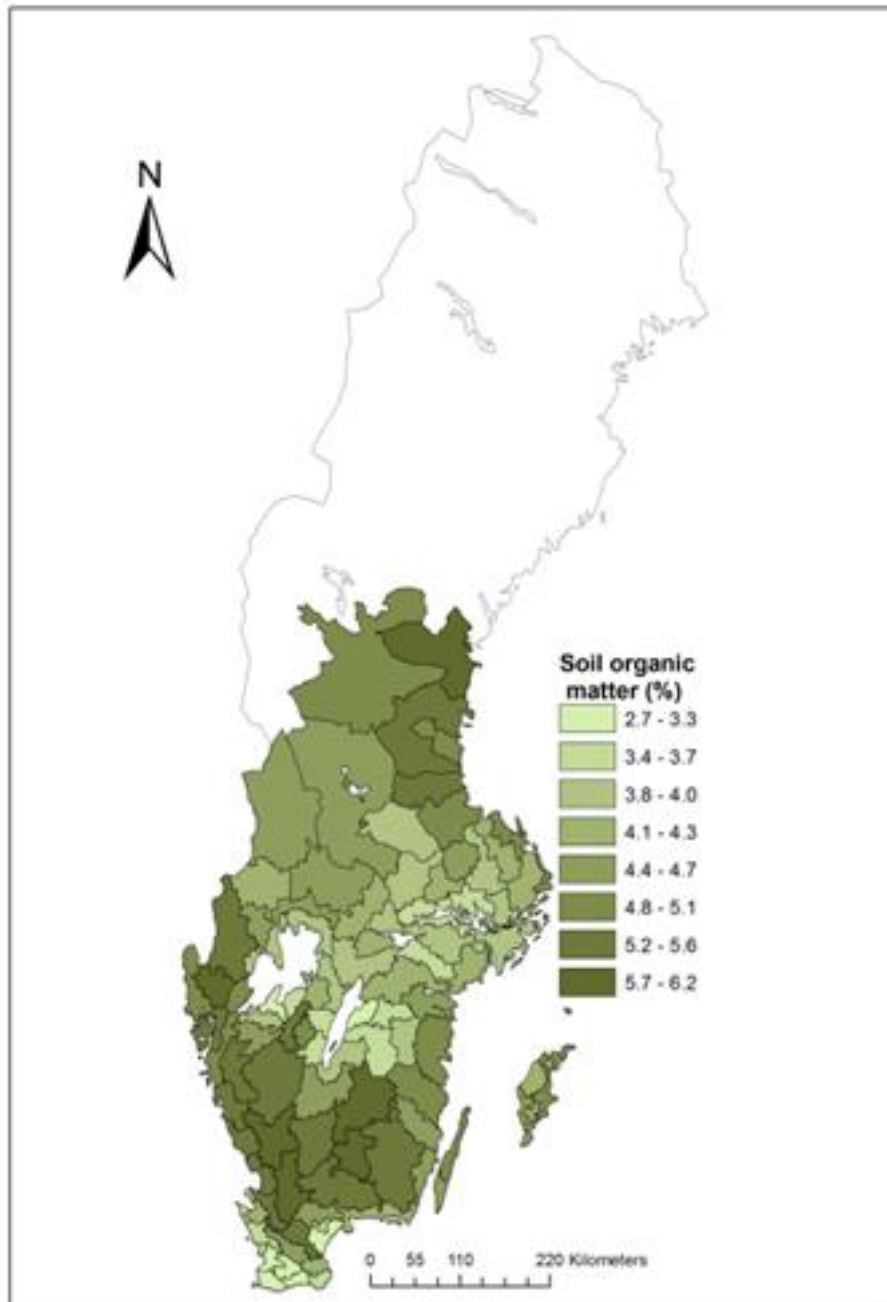
Åkermarkens multhalter

Medelvärde: 6,4 %

Medianvärde: 4,1 %

I några områden där sockerbetor och potatis odlas är halterna låga.

I områden med vallodling och omfattande djurhållning är halterna som högst.



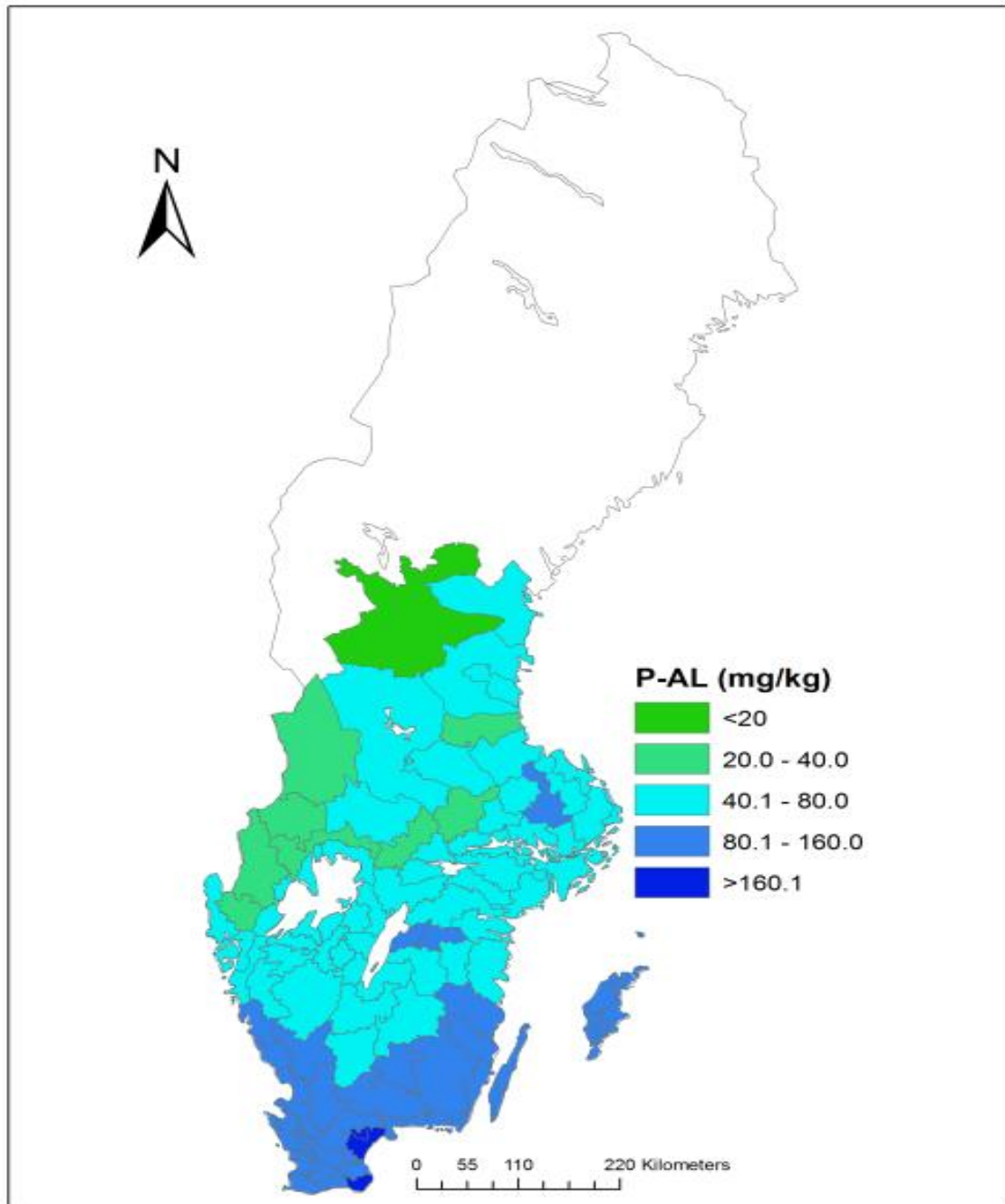
Åkermarkens P-AL halter

Medelvärde: $8,0 \pm 7,4$ mg P-AL 100 g^{-1} jord

Medianvärde: 5,8 mg P-AL 100 g^{-1} jord

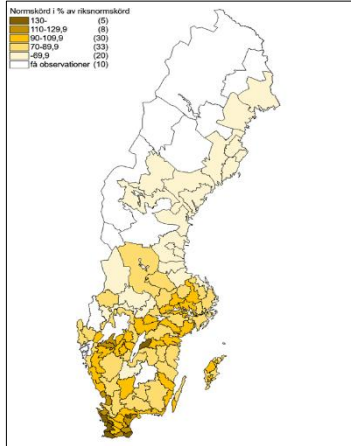
Halterna minskar från söder till norr

Mer fosforgödsel har tillförts i södra delar av landet då mer krävande grödor (sockerbetor, potatis) odlas

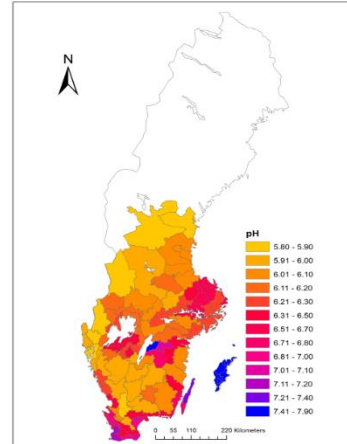


Koppling mellan nationell markinventering och skördestatistik (SCB)

Skördeområden



Markinventering



Korrelationer



Jordprov per skördeområde: 127
(variation 7-291)

Provtäthet av jord: 1 prov per 258 ha
(variation 192-916 ha)

Antal skördeområden: 90

Skörd (2016)

Höstvet

Vårvete

Höstkorn

Vårkorn

Havre

Höstraps

Vårrops

Potatis

Sockerbetor

Korrelationer

Markegenskaper

pH P-AL Mull K-AL Ca-AL Mg-AL

Korrelationstabell mellan markinventering och skördestatistik

	Markegenskaper					
Gröda	pH	P-AL	Mull	K-AL	Mg-AL	Ca-AL
Höstvete	0,73***					
Vårvete	0,40**					
Råg	0,56***					
Höstkorn	0,67					
Vårkorn	0,70***					
Havre	0,55***					
Höstraps	0,58***					
Vårraps	-0.05					
Ärtor	0,62***					
Potatis	0,71***					
Sockerbetor	0,75***					
Alla grödor	0,55***					

Korrelationstabell mellan markinventering och skördestatistik

	Markegenskaper					
Gröda	pH	P-AL	Mull	K-AL	Mg-AL	Ca-AL
Höstvete	***	0,76***				
Vårvete	**	0,54***				
Råg	***	0,47*				
Höstkorn	-	-				
Vårkorn	***	0,58***				
Havre	***	0,50***				
Höstraps	***	0,81***				
Vårraps	-	0,16				
Ärtor	***	0,60***				
Potatis	***	0,60***				
Sockerbetor	***	0,11				
Alla grödor	***	0,51***				

Korrelationstabell mellan markinventering och skördestatistik

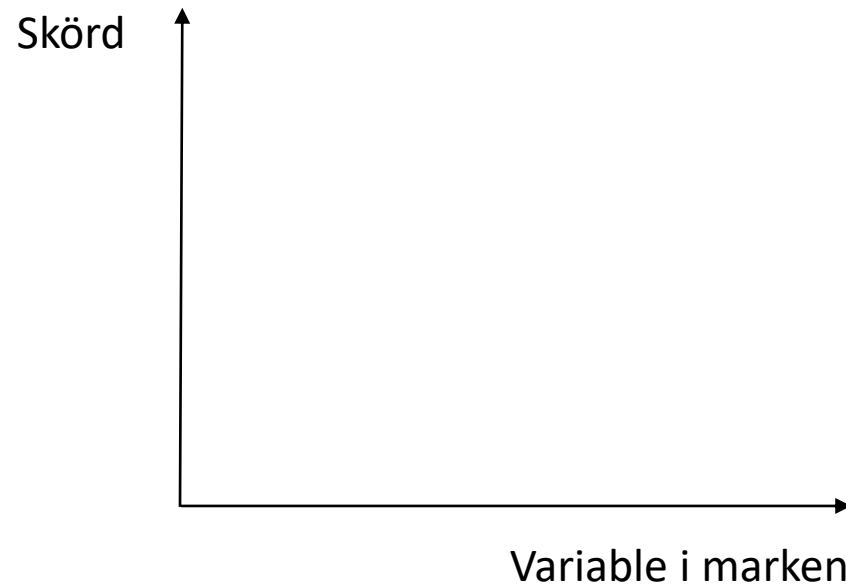
	Markegenskaper					
Gröda	pH	P-AL	Mull	K-AL	Mg-AL	Ca-AL
Höstvete	***	***	- 0,32*			
Vårvete	**	***	0,06			
Råg	***	*	- 0,30			
Höstkorn	-	-	- 0,63			
Vårkorn	***	***	- 0,50***			
Havre	***	***	- 0,36***			
Höstraps	***	***	- 0,34			
Vårraps	-	-	0,17			
Ärtor	***	***	0,03			
Potatis	***	***	- 0,40*			
Sockerbetor	***	-	- 0,61*			
Alla grödor	***	***	- 0,32***			

Korrelationstabell mellan mark- och skördedata från bördighetsförsöken

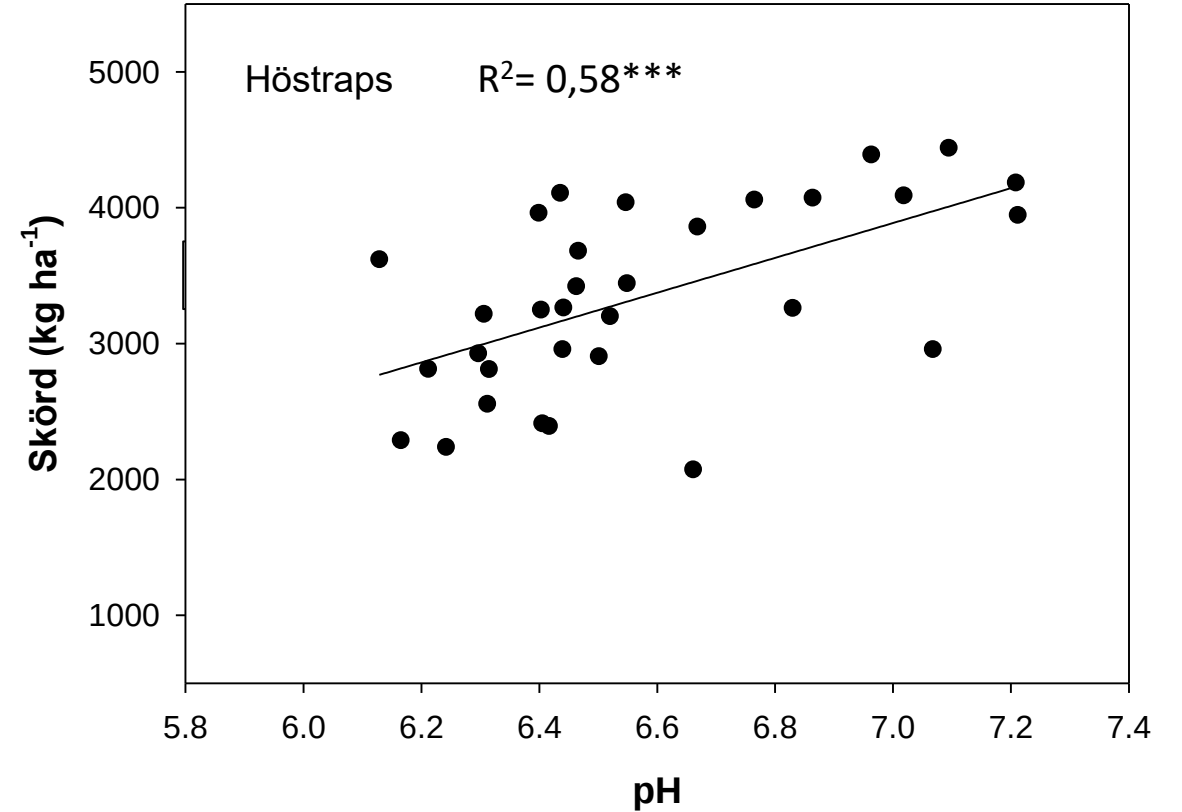
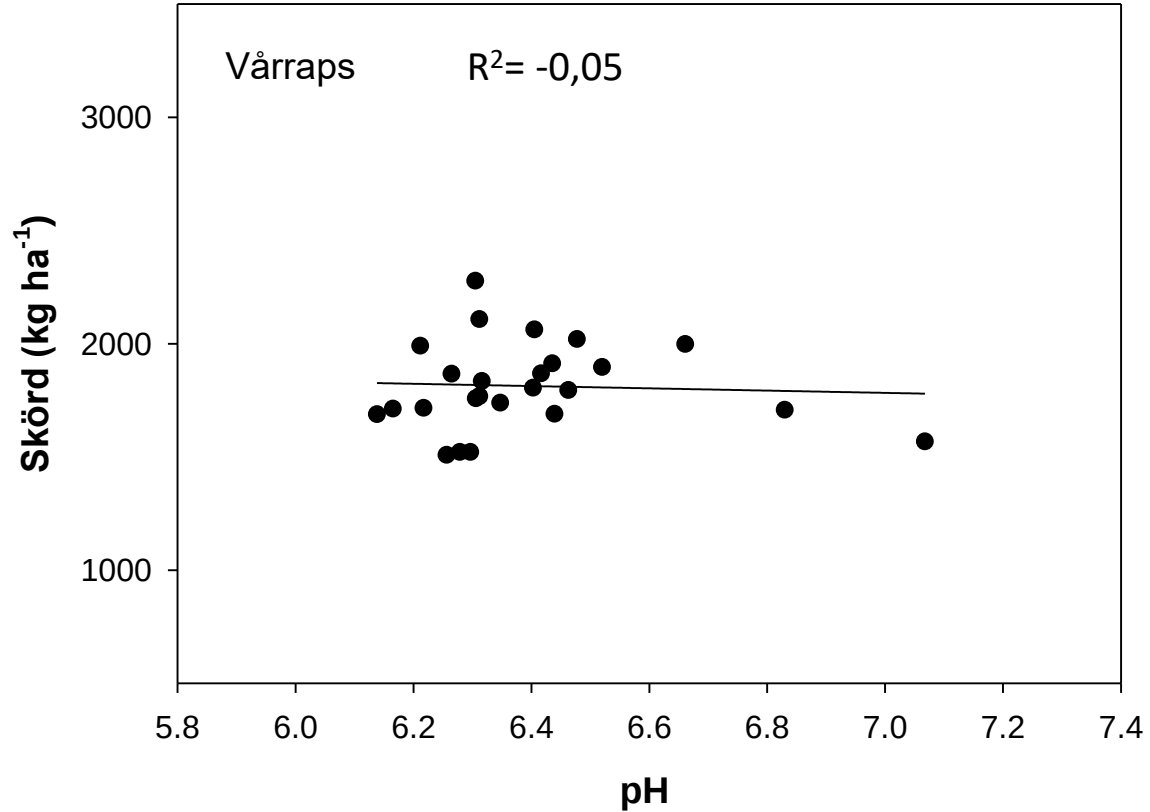
	Markegenskaper					
Gröda	pH	P-AL	Mull	K-AL	Mg-AL	Ca-AL
Höstvete	0,64***	0,47***	-0,25			
Vårkorn	0,45**	0,61***	-0,34			
Havre	0,67***	0,47	-0,07			
Vårraps	0,39*	0,63***	-0,08			
Sockerbetor	0,68***	0,68***	-0,37			

Nästa steg:

Att plotta markegenskaper såsom pH, P-AL, mull mot avkastningen från skördeområden resp långliggande försök

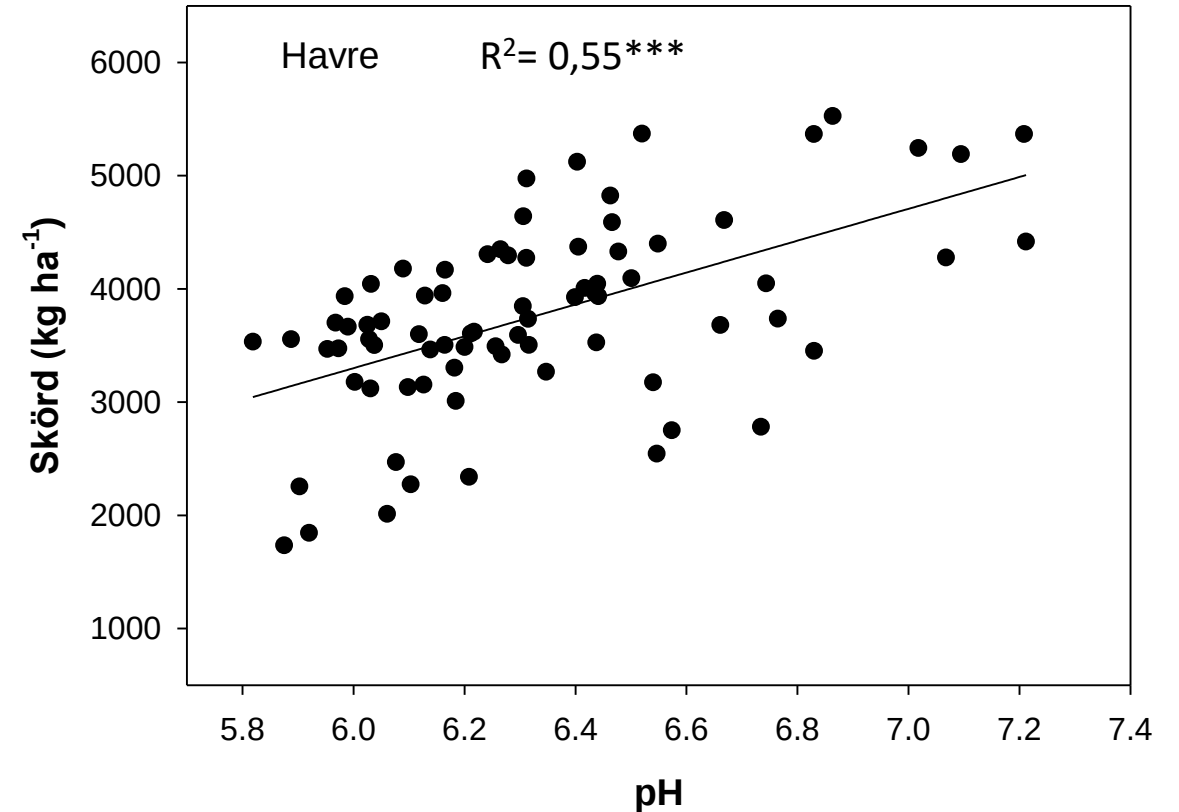
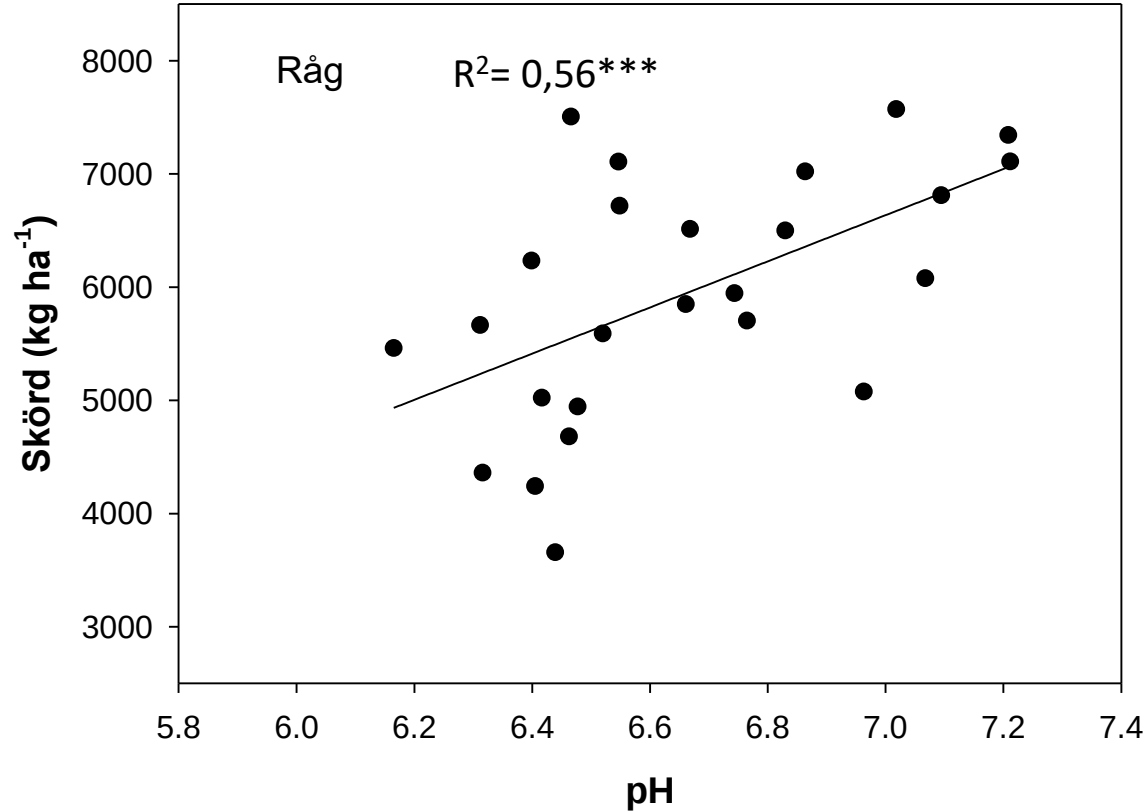


Samband mellan markens pH och rapsskördar



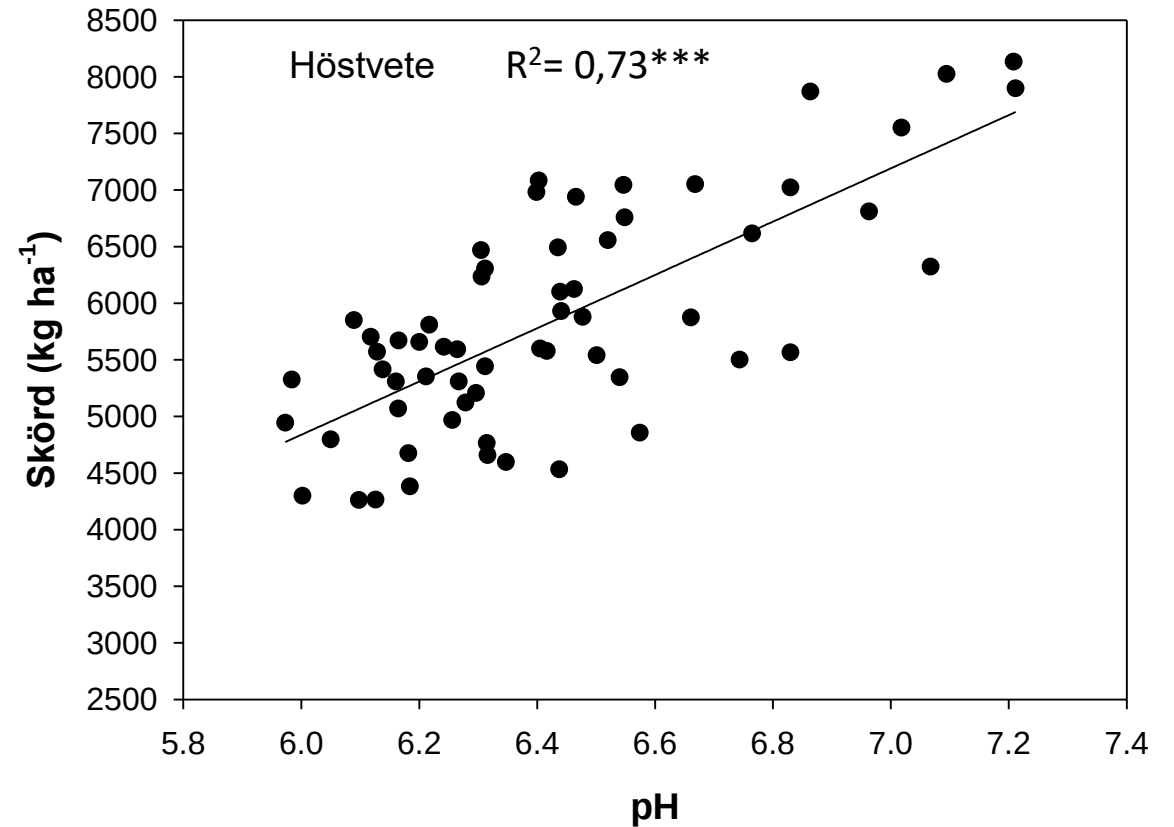
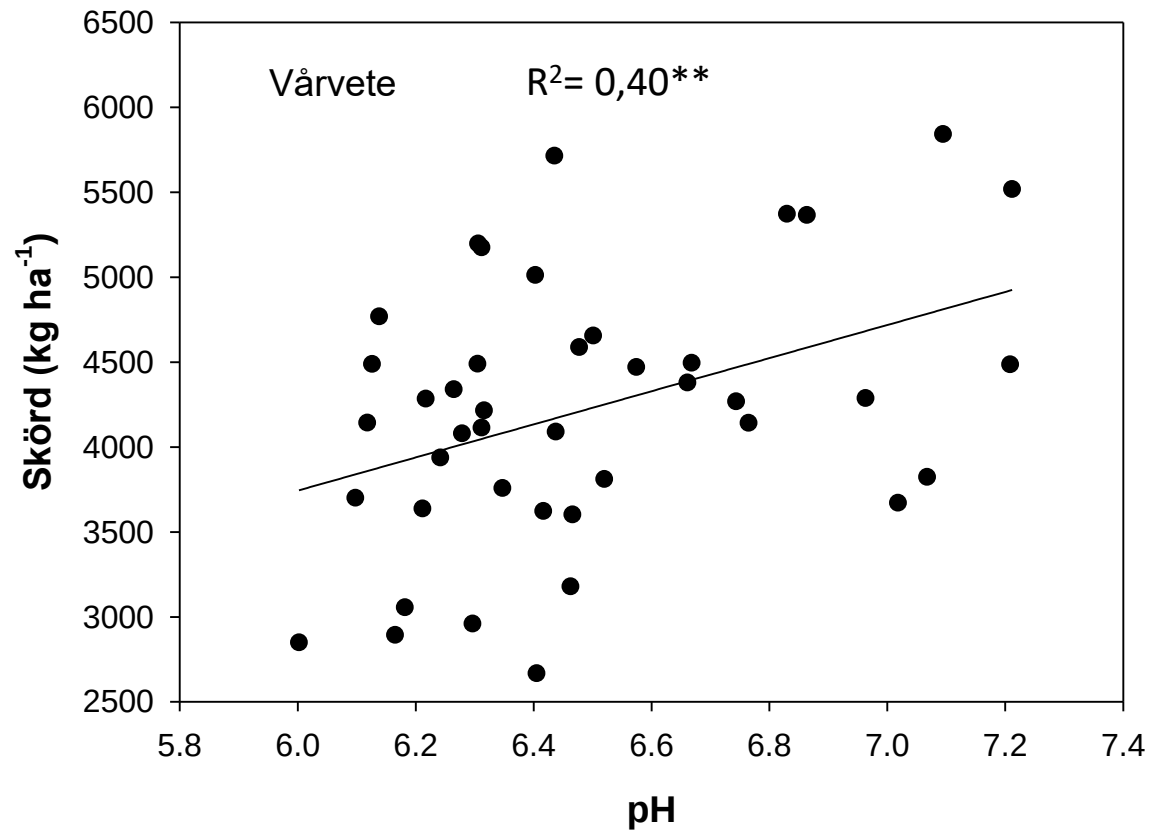
Vårappsskördar visar inget samband med pH, höstraps visar ett signifikant positivt samband.

Sambanden mellan markens pH och råg- resp havreskördar



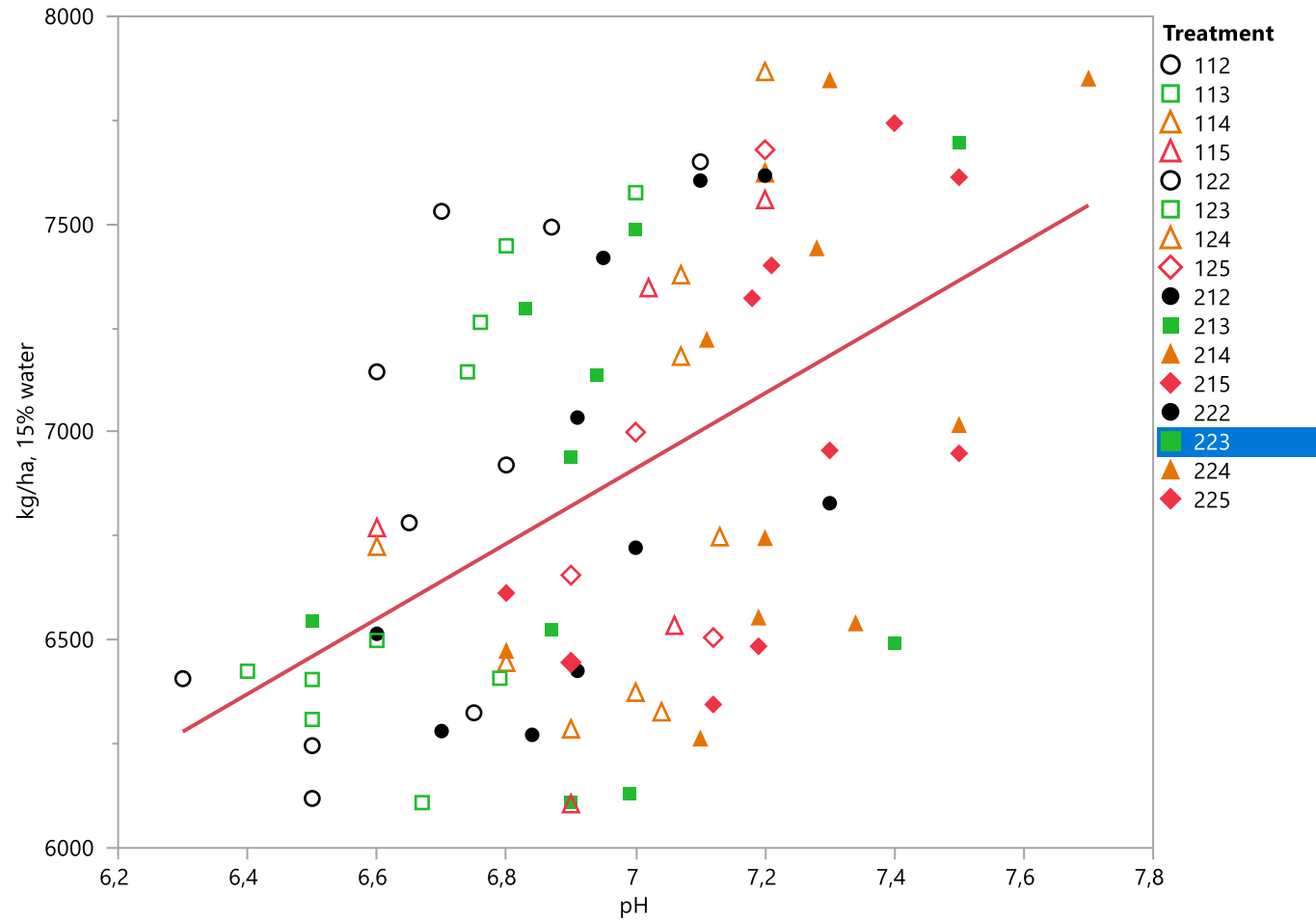
Det positiva sambandet gäller för råg och havre

Sambanden mellan markens pH och veteskördar

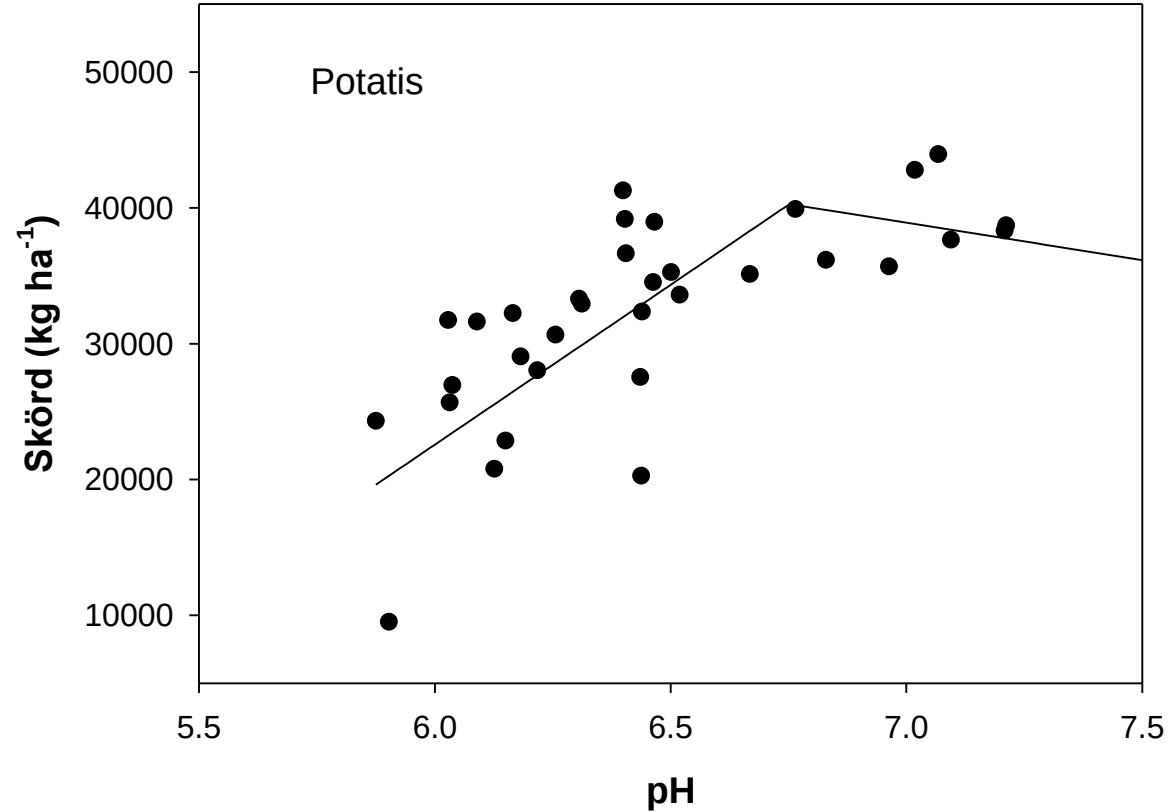


Både vår- och höstveteskördar visar ett signifikant positivt samband.
Det finns en betydande potential för skördeökning även pH värden högre än 6,5.

Korrelation mellan markens pH och veteskördar från kalkförsöken i Lanna

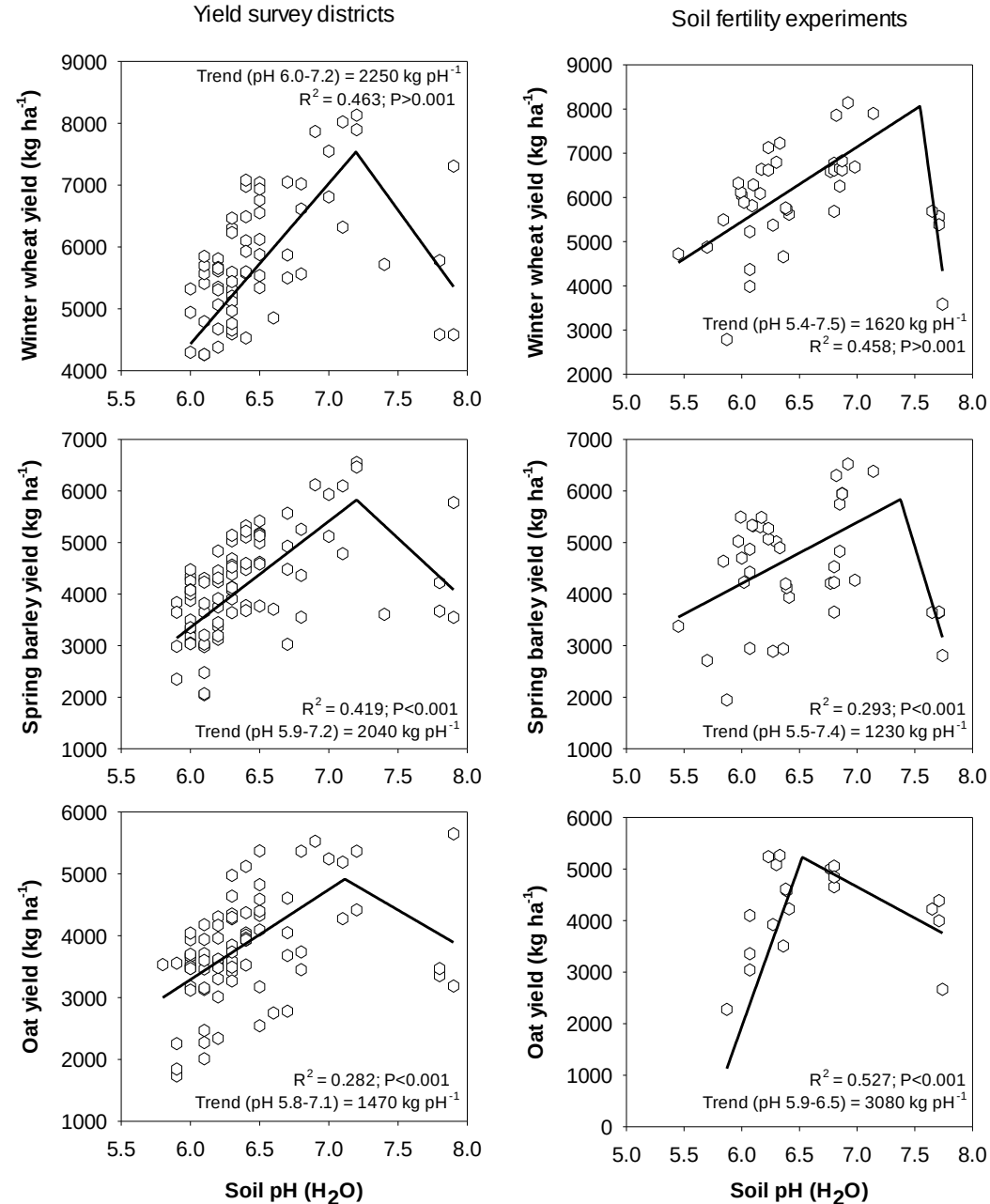


Sambandet mellan markens pH och potatisskördar

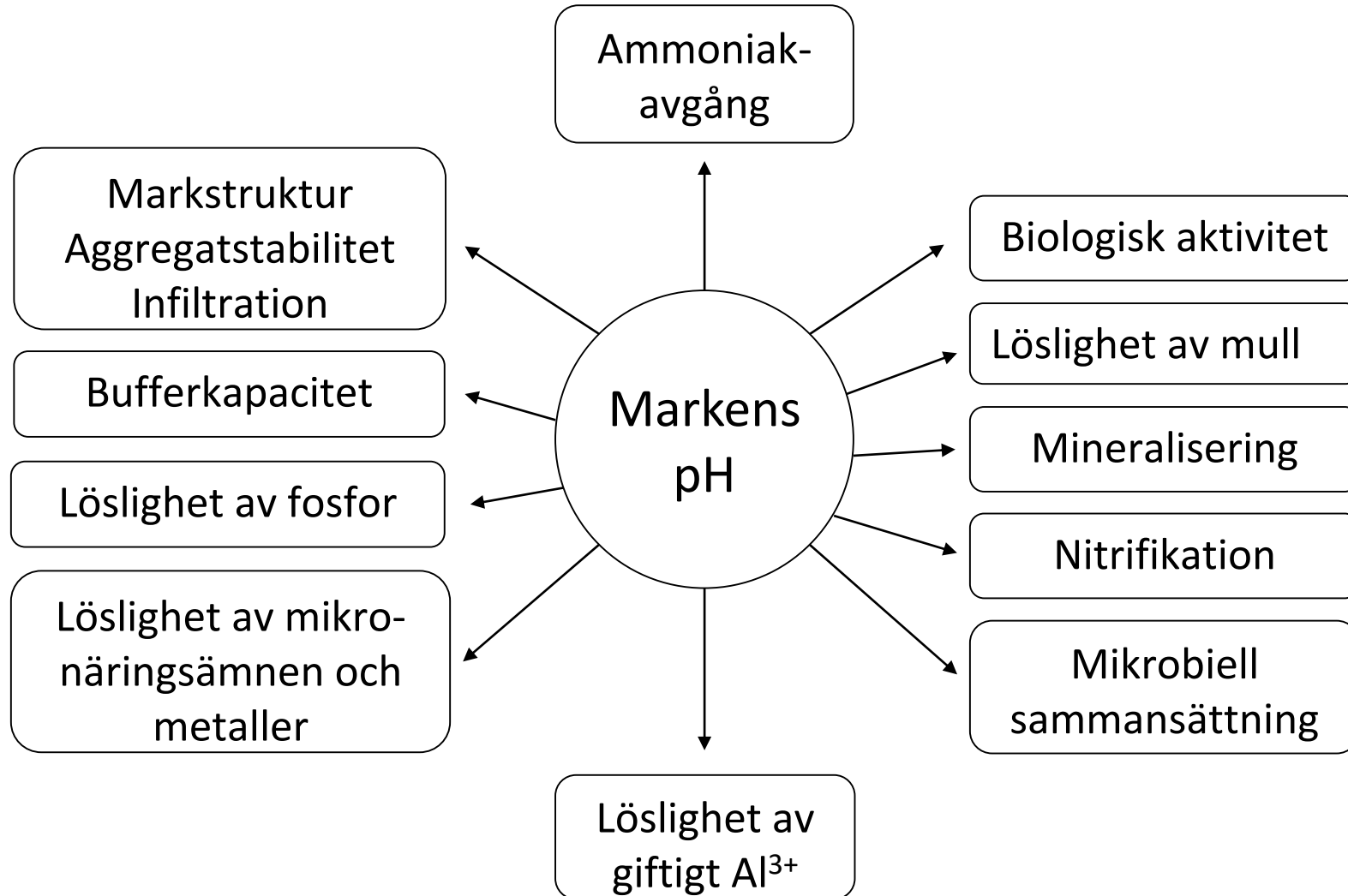


För potatis gäller sambandet bara upp till pH 6,7

När man inkluderar alla kalkrika jordar (pH >7,5) så finner man en brytpunkt



Markens pH är en 'master' variabel

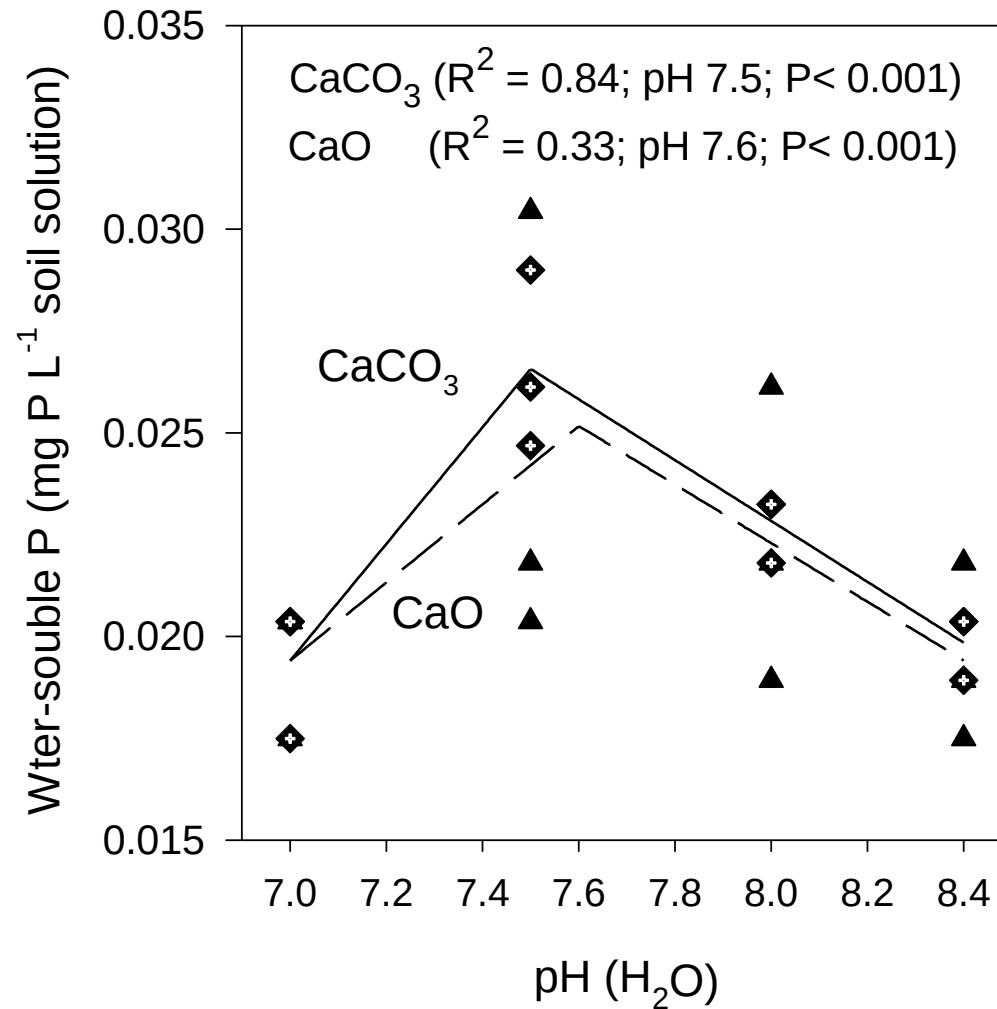


Varför skulle skördarna kunna öka vid pH värden högre än 6,5?

Möjliga mekanismer

- Koncentrationen av vattenlöslig fosfor kan öka i marken upp till pH 7,5
- Mer utbytbara och lösta Ca-joner vid pH 7 än 6,5 kan påverka
 - (i) kaliumtillgängligheten då fler Ca^{2+} joner konkurrerar med K^+ om bindningsplatser
 - (ii) växtupptaget av ammonium genom att förhållandet $\text{Ca}:\text{NH}_4$ i marklösningen ändras

Halten vattenlöslig fosfor i en lerjord efter stegvis kalkning upp till pH 8.4



Getahun et al. , 2021. Liming (CaCO₃ and CaO) affects clay dispersion, aggregate stability and dissolved reactive phosphorous in a humid clay. Soil Tillage Research (submitted)

Effekten av olika Ca:NH₄ förhållanden i marklösningen på grödors biomassaproduktion

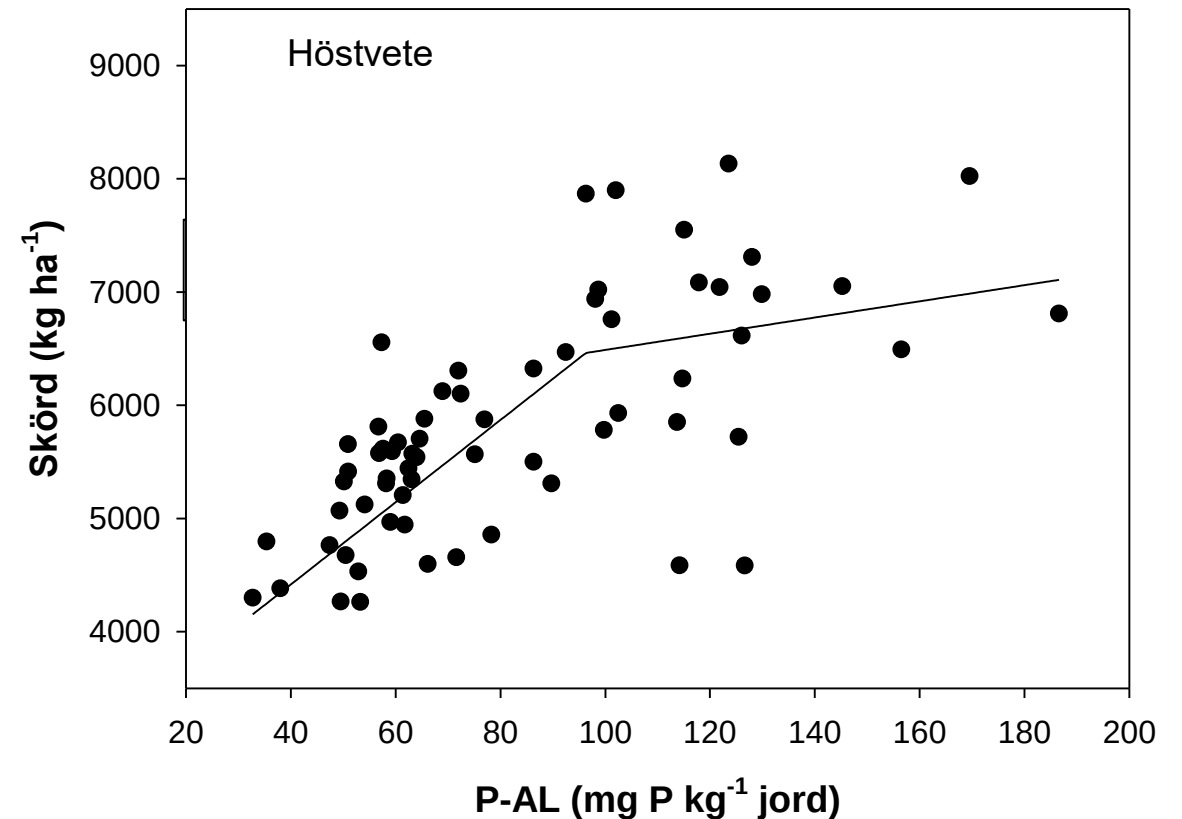
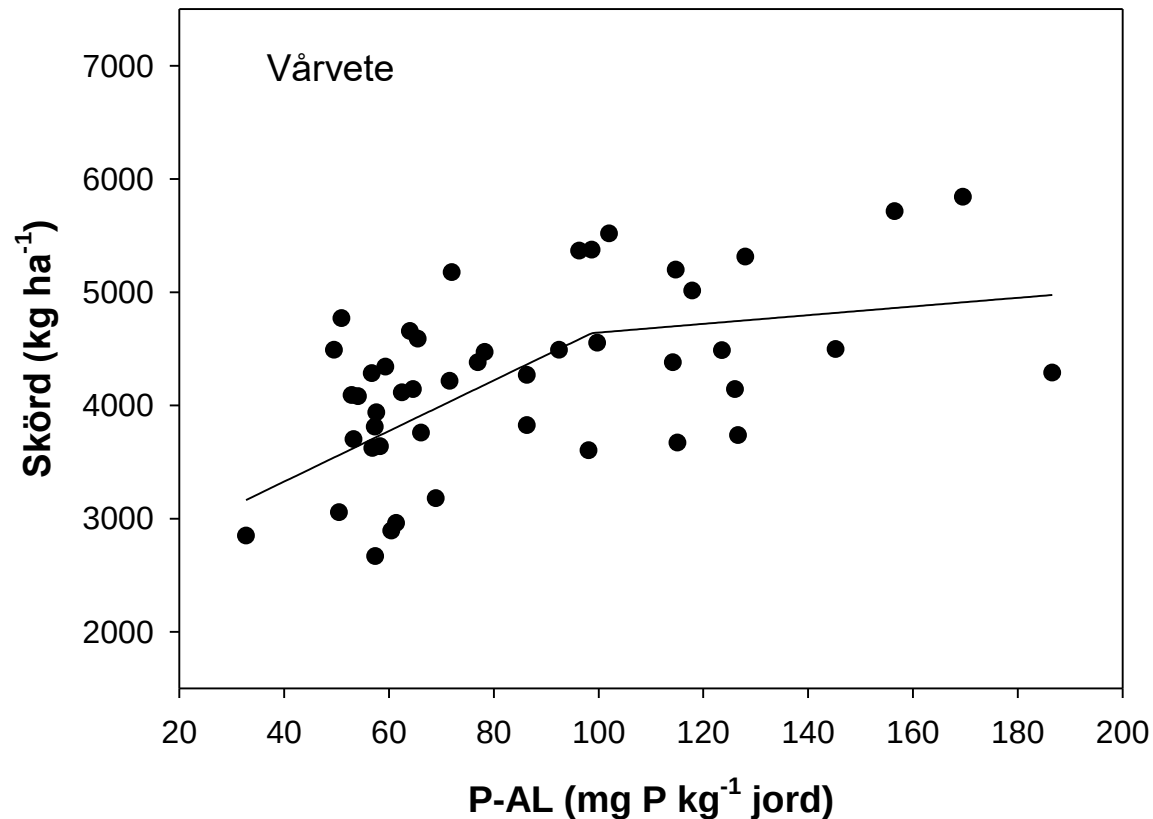
Ca:NH ₄	Korn (g ts per kruka)		Havre		Vete	
	Ovanjordisk	Rötter	Ovanjordisk	Rötter	Ovanjordisk	Rötter
0,3:1	12,81	3,44	15,86	2,17	8,09	0,39
0,6:1	21,06	4,48	16,19	2,37	11,01	0,50
1,2:1	21,02	3,26	18,56	2,66	13,18	0,68

Fenn & Feagley, 1999. Review of beneficial uses of calcium and ammonium salts for stimulating plant growth and metabolite translocation.
Communications in Soil Science and Plant Analysis 30, 2627-2641.

Korrelationstabell mellan mark- och skördedata

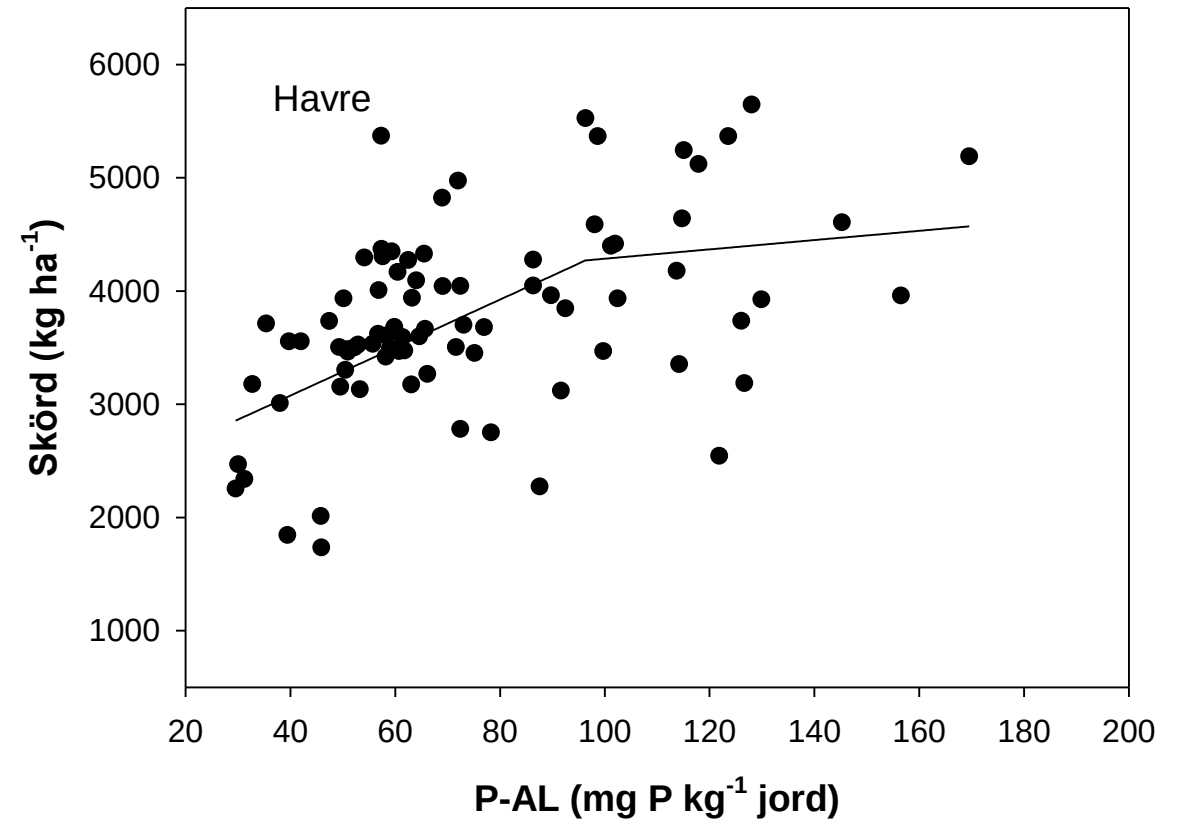
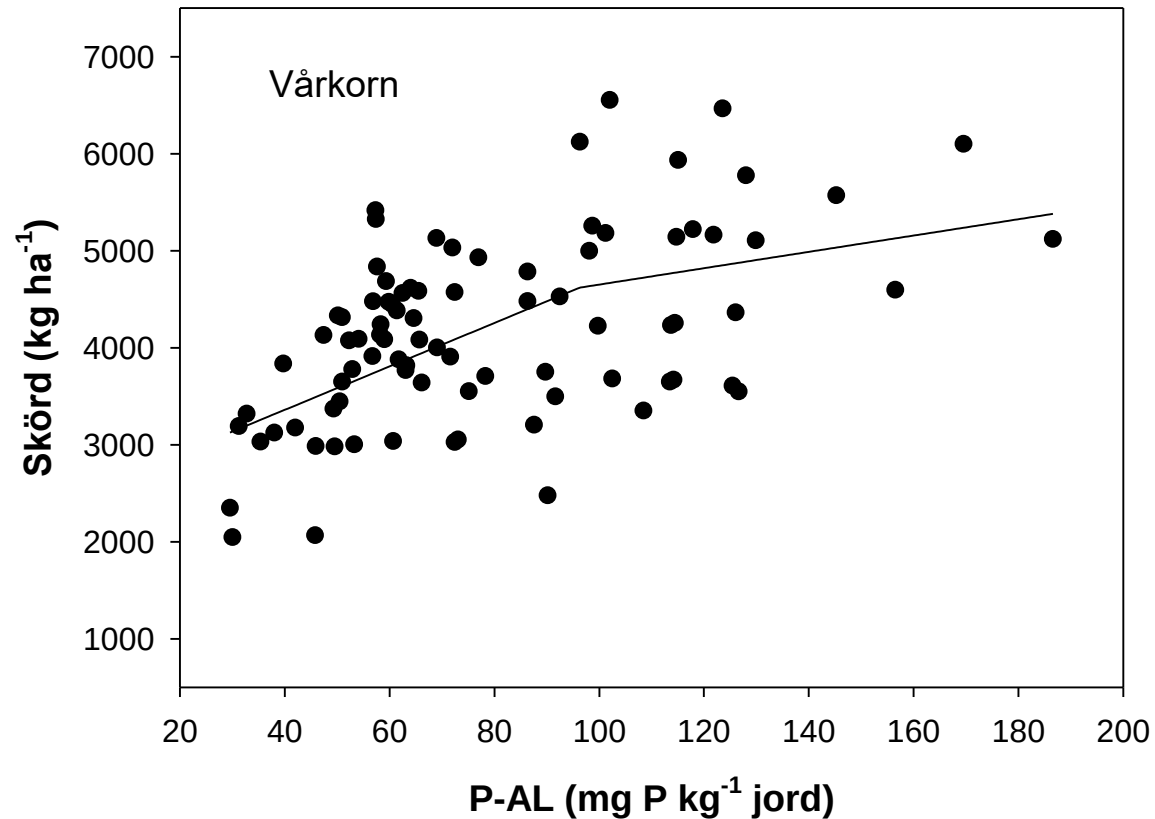
	Markegenskaper					
Gröda	pH	P-AL	Mull	K-AL	Mg-AL	Ca-AL
Höstvete	***	0,76***				
Vårvete	**	0,54***				
Råg	***	0,47*				
Höstkorn	-	-				
Vårkorn	***	0,58***				
Havre	***	0,50***				
Höstraps	***	0,81***				
Vårraps	-	0,16				
Ärtor	***	0,60***				
Potatis	***	0,60***				
Sockerbetor	***	0,11				
Alla grödor	***	0,51***				

Sambanden mellan P-AL och skördar av vår- och höstvet



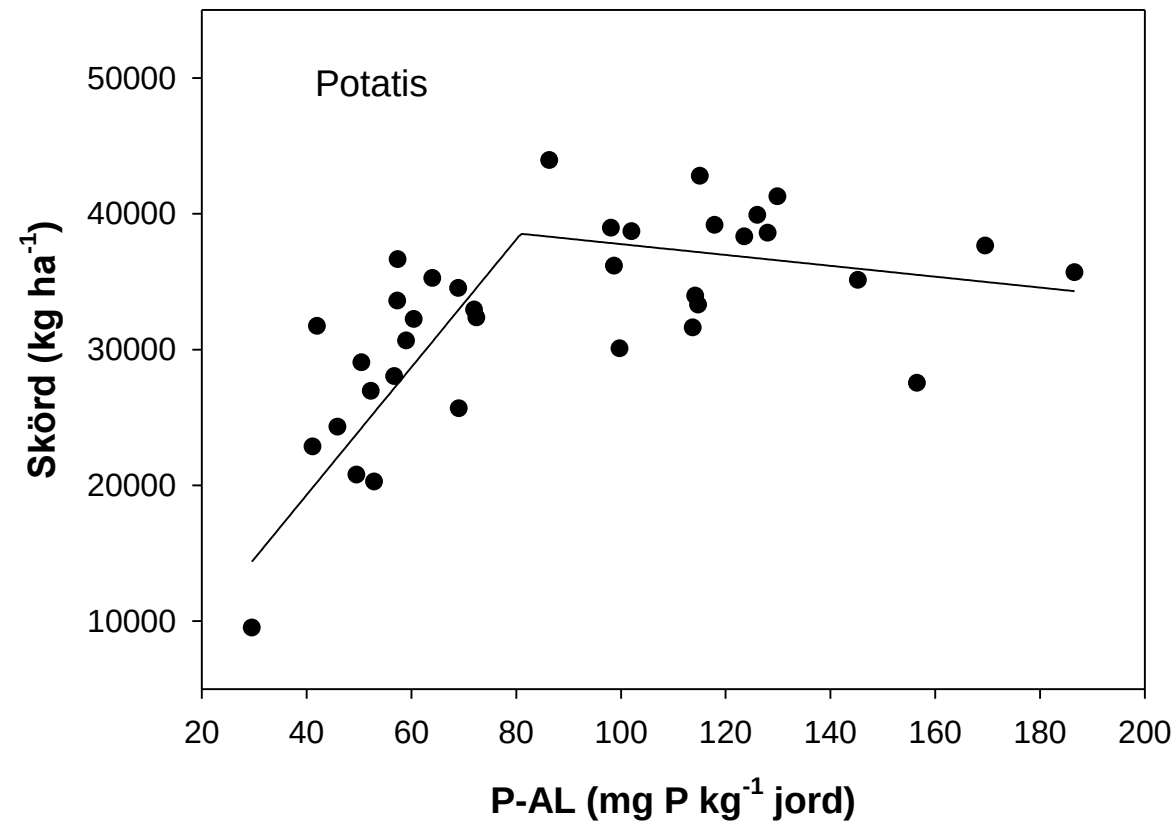
Data kunde bäst anpassas till två linjer med en brytpunkt omkring 10 mg P per 100 g jord.
Detta innebär att skördeökningen är mindre efter brytpunkten.

Sambanden mellan P-AL och skördar av vårkorn och havre



Brytpunkten ligger omkring 10 mg P per 100 g jord

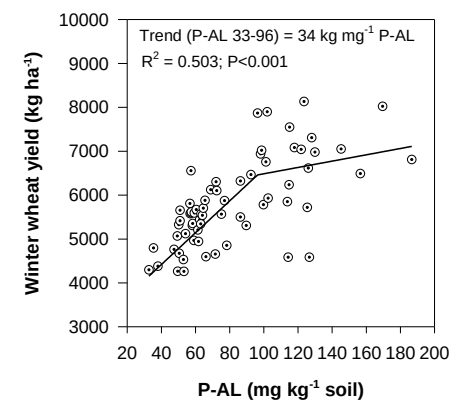
Sambandet mellan P-AL och potatisskörd



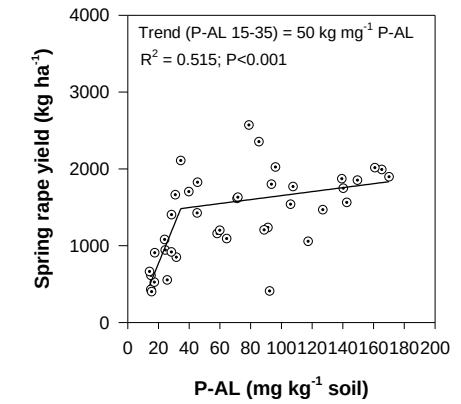
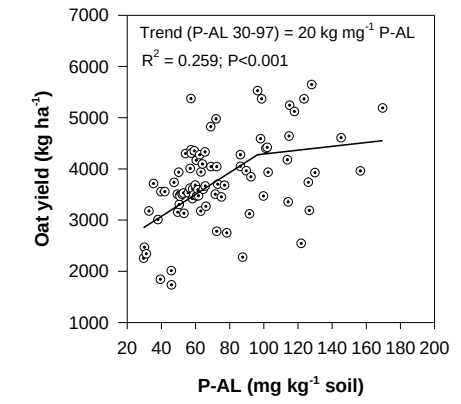
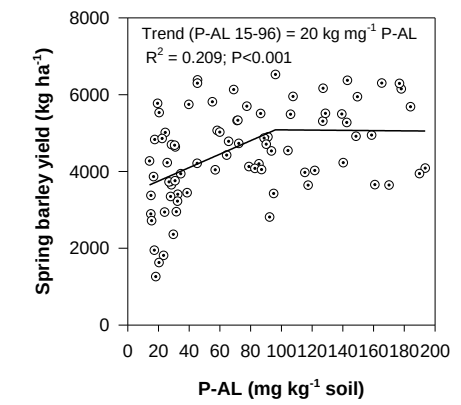
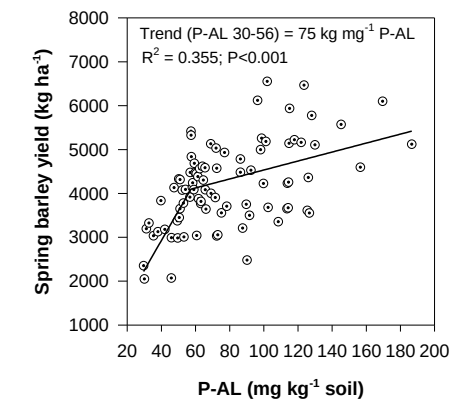
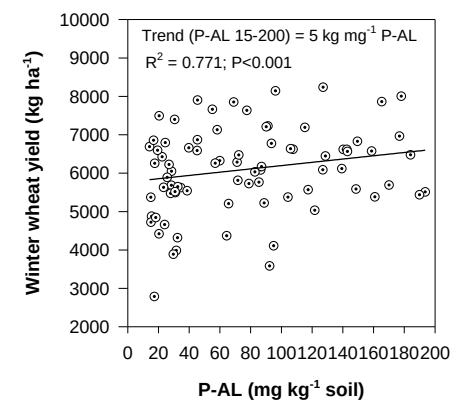
Brytpunkten ligger omkring 9 mg P per 100 g jord

Brytpunkten för kraftig och svag respons varierade

Yield survey districts



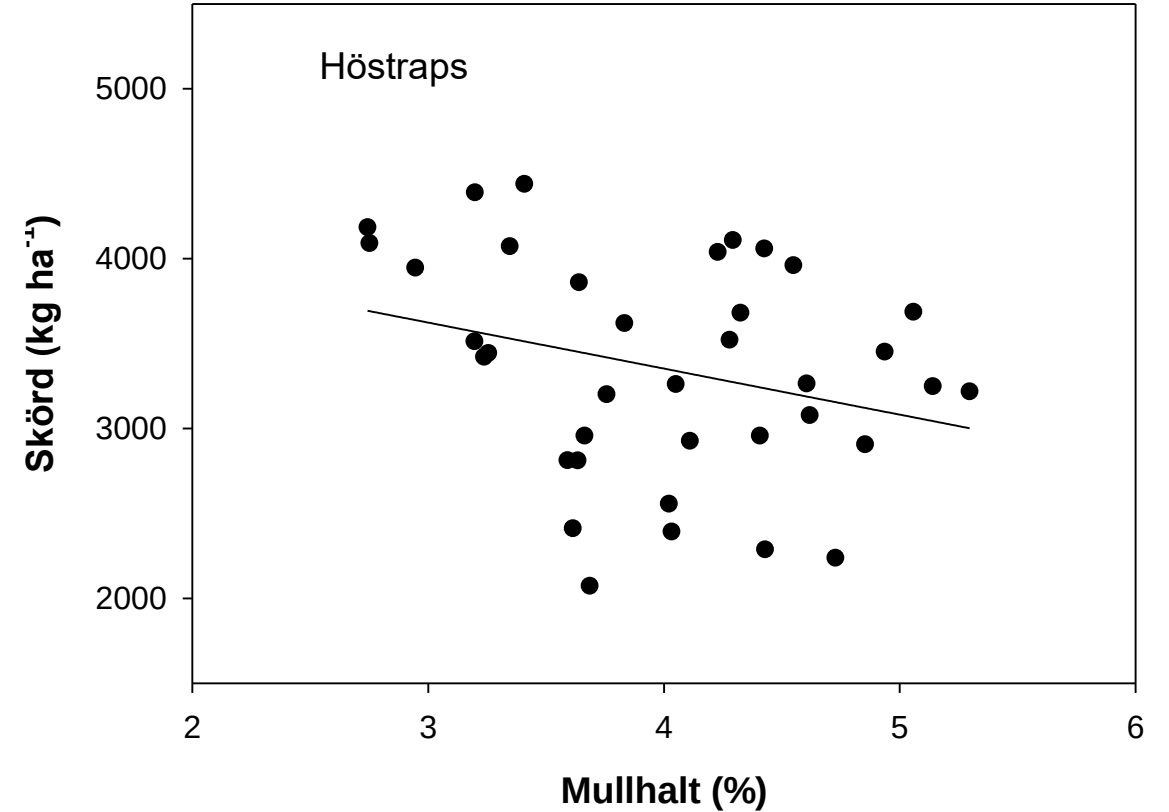
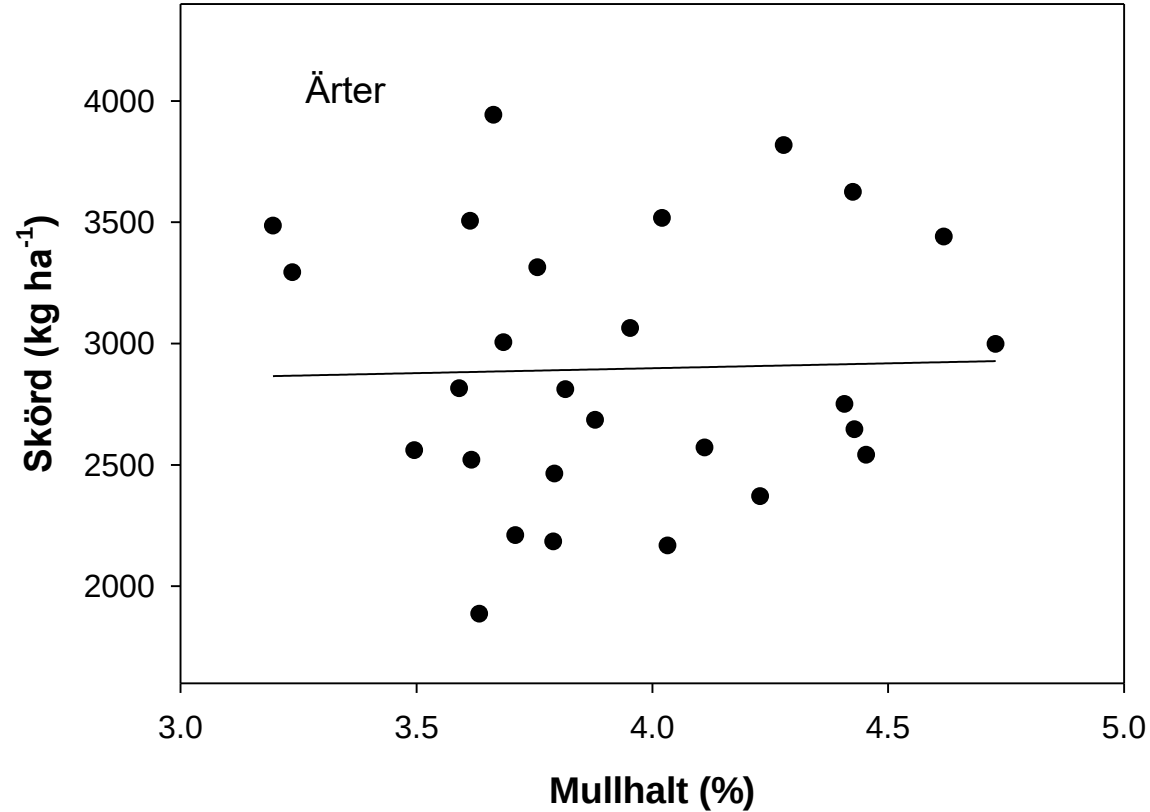
Soil fertility experiments



Korrelationstabell mellan markinventering och skördestatistik

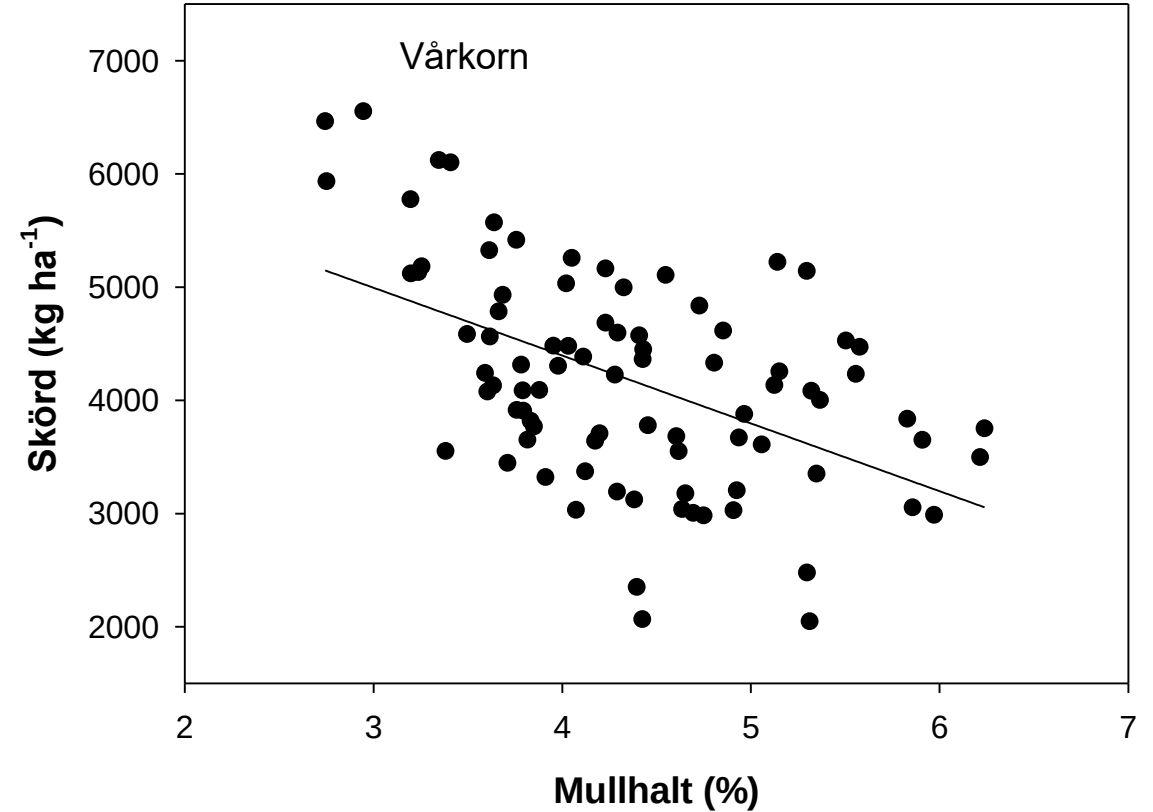
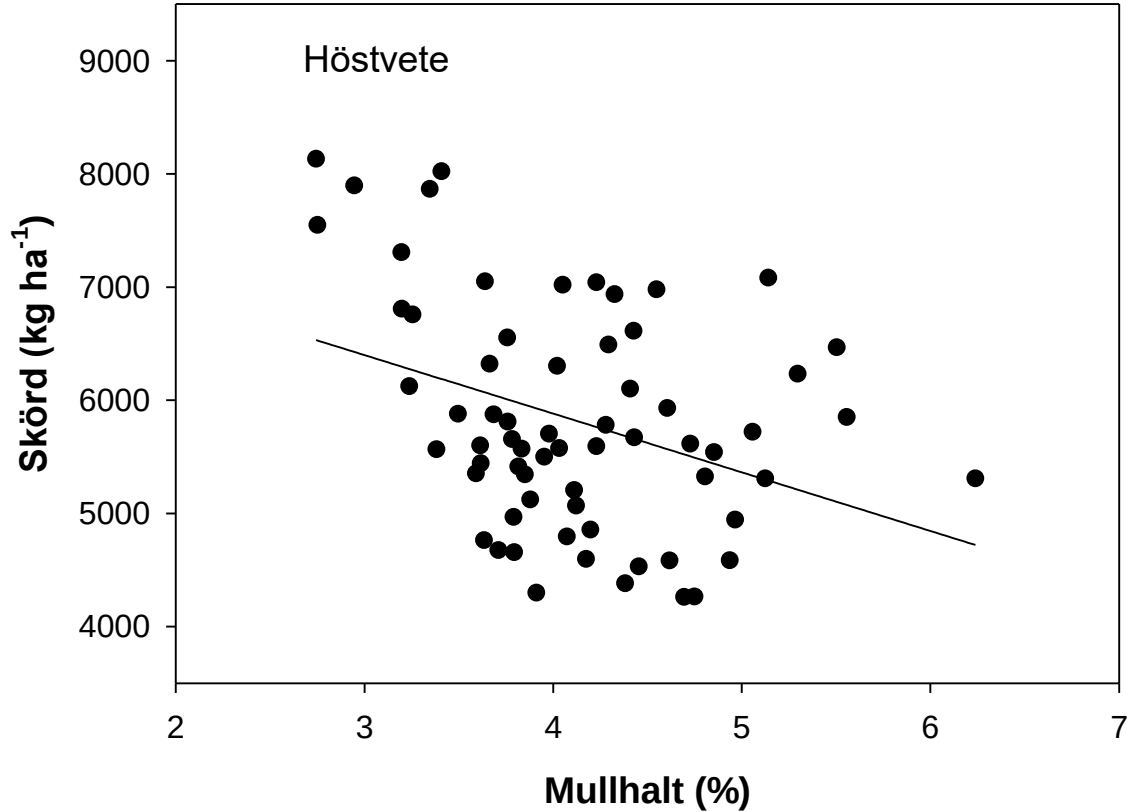
	Markegenskaper					
Gröda	pH	P-AL	Mull	K-AL	Mg-AL	Ca-AL
Höstvete	***	***	- 0,32*			
Vårvete	**	***	0,06			
Råg	***	*	- 0,30			
Höstkorn	-	-	- 0,63			
Vårkorn	***	***	- 0,50***			
Havre	***	***	- 0,36***			
Höstraps	***	***	- 0,34			
Vårraps	-	-	0,17			
Ärtor	***	***	0,03			
Potatis	***	***	- 0,40*			
Sockerbetor	***	-	- 0,61*			
Alla grödor	***	***	- 0,32***			

Sambanden mellan multhalter och skördar av ärter och höstraps



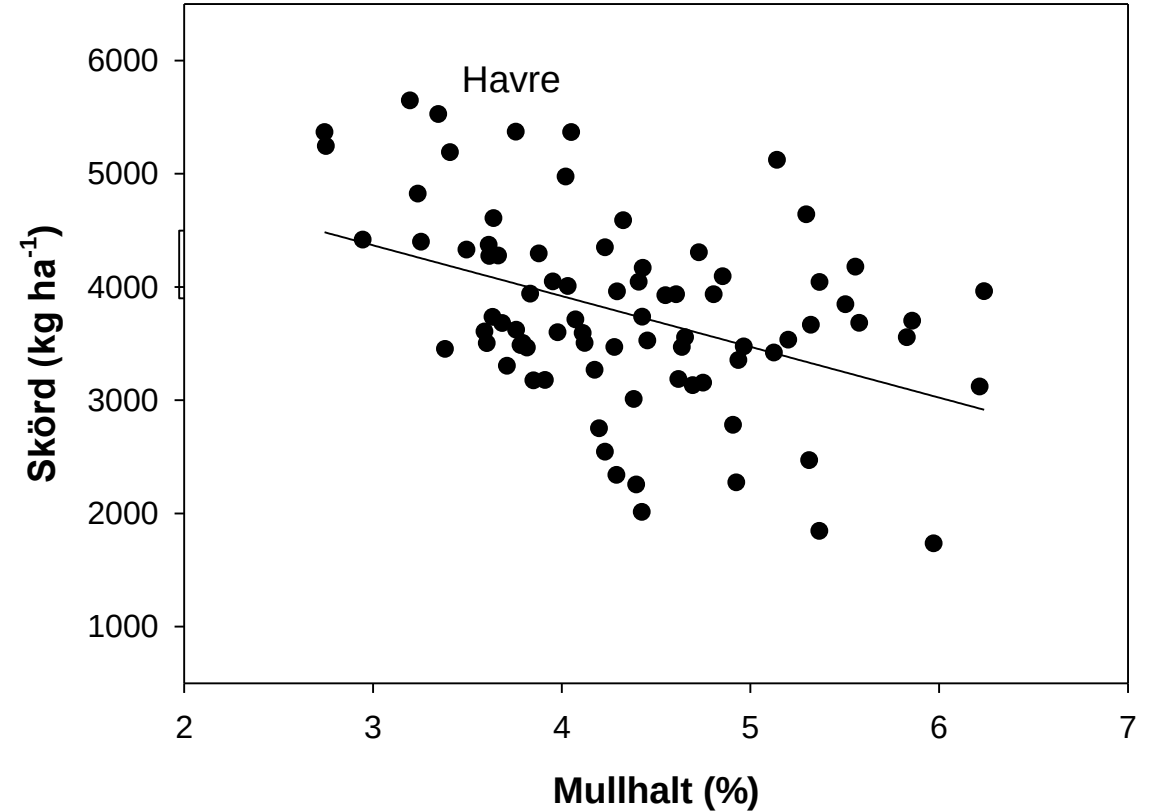
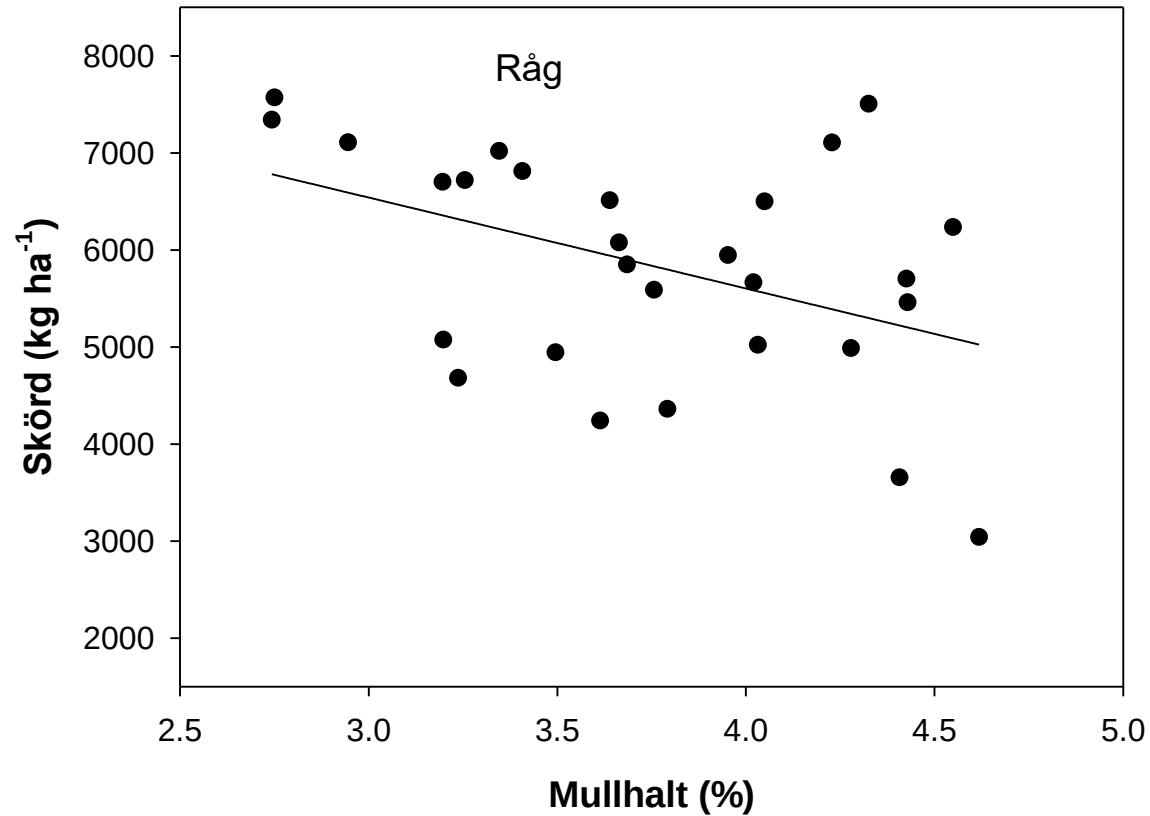
Ingen och negativ respons

Sambanden mellan mullhalter och skördar av höstveten och vårkorn



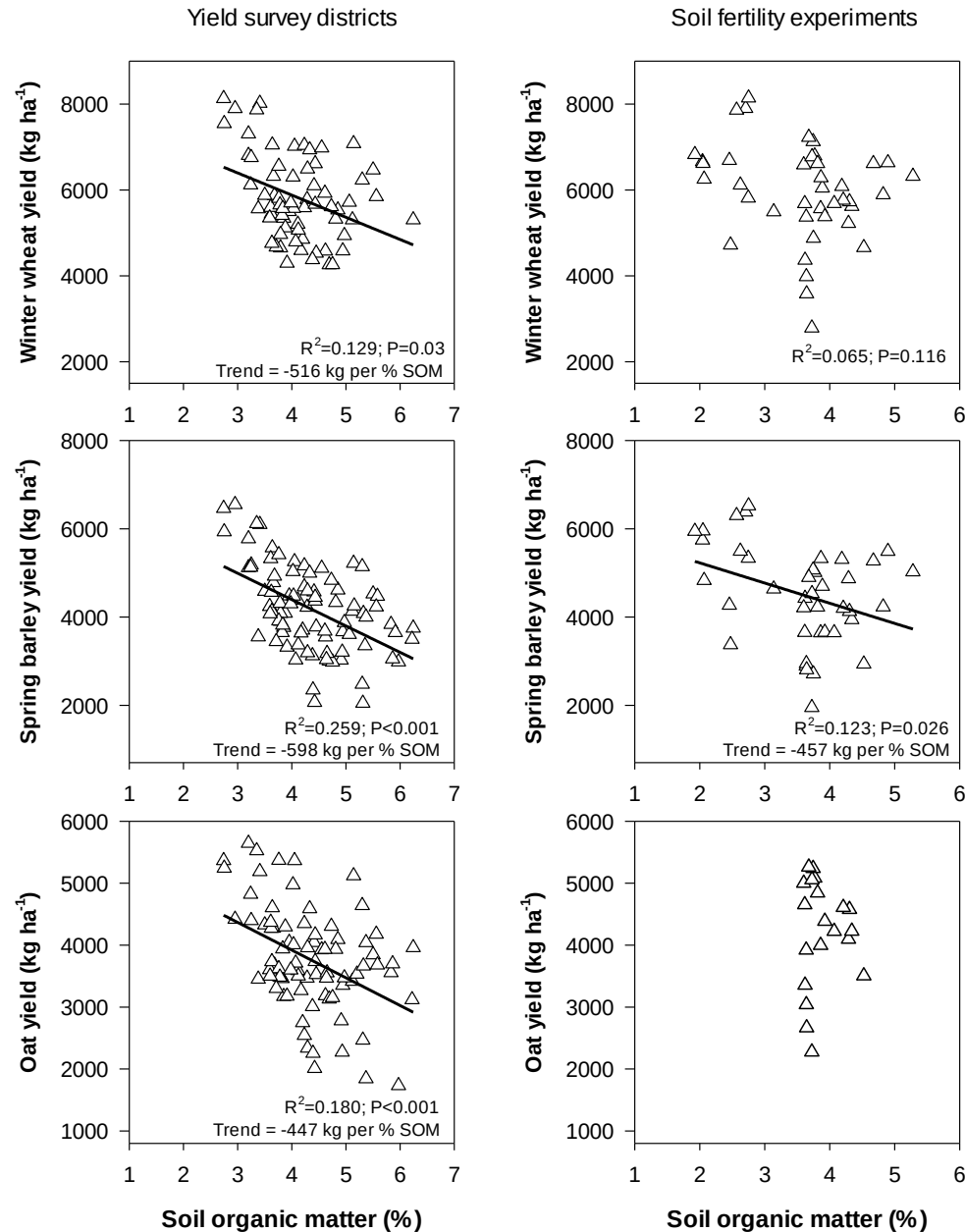
Negativ respons – mer mull leder till lägre skördar inom intervallet 3-6,5% mull

Sambanden mellan mullhalter och skördar av råg och havre

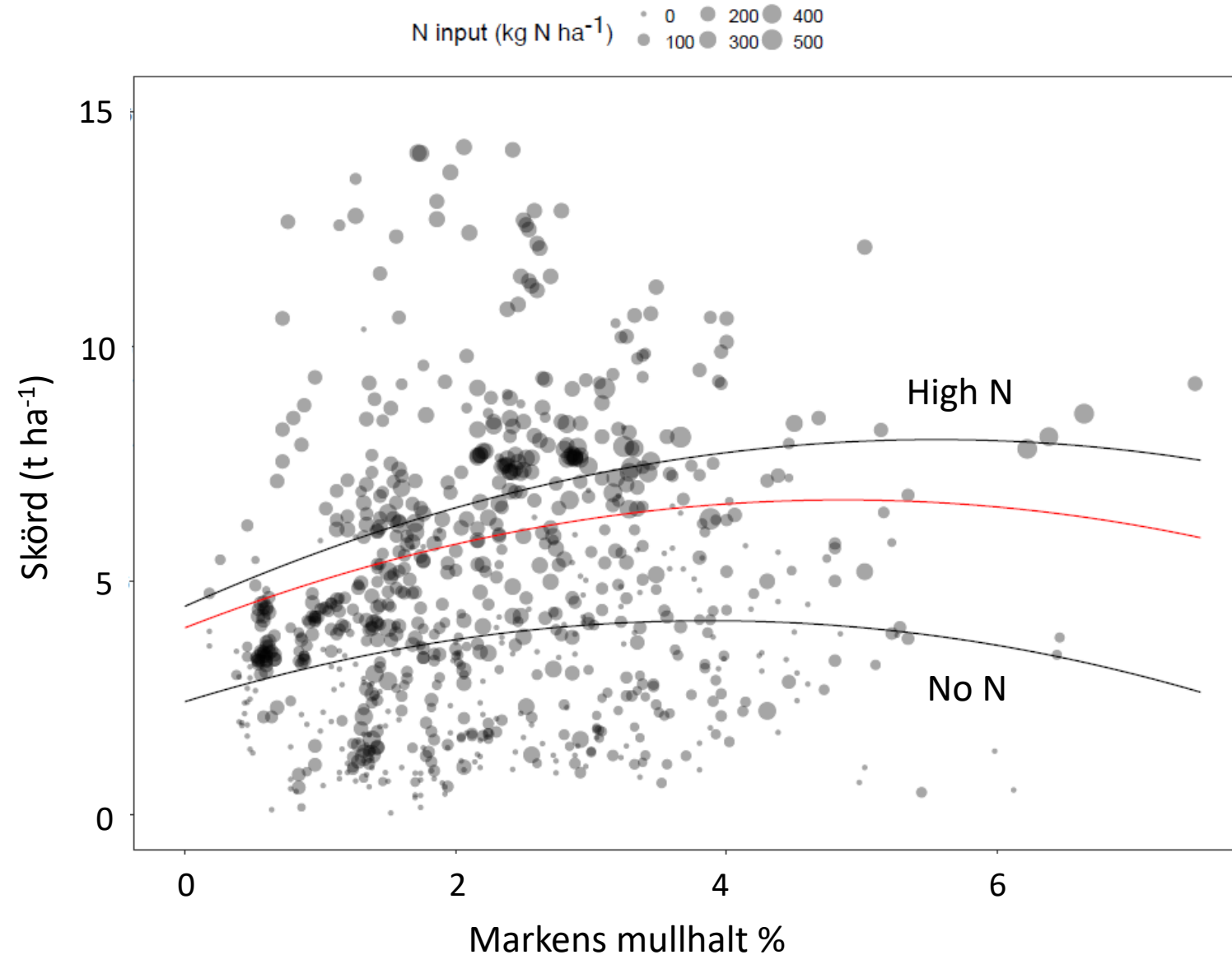


Negativ respons

Negativa trender både i markinventering och i bördighetsförsöken



Meta-analys: Sambandet mellan markens kolhalt och majsskördar

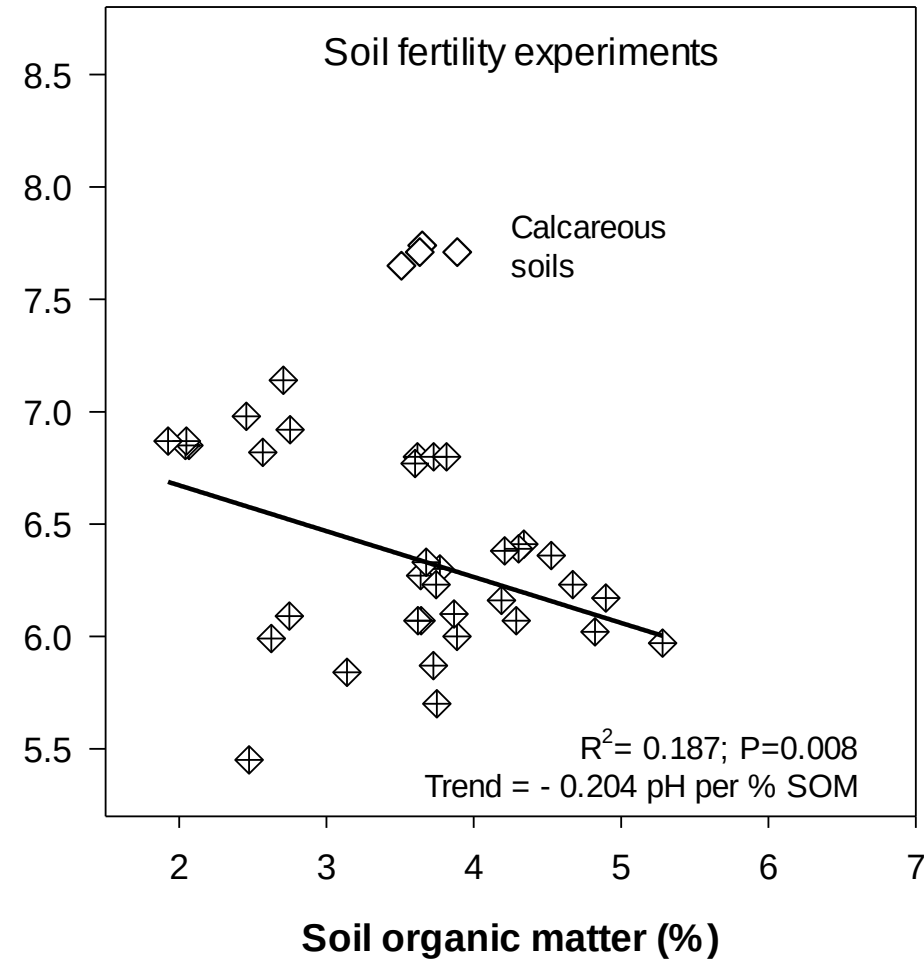
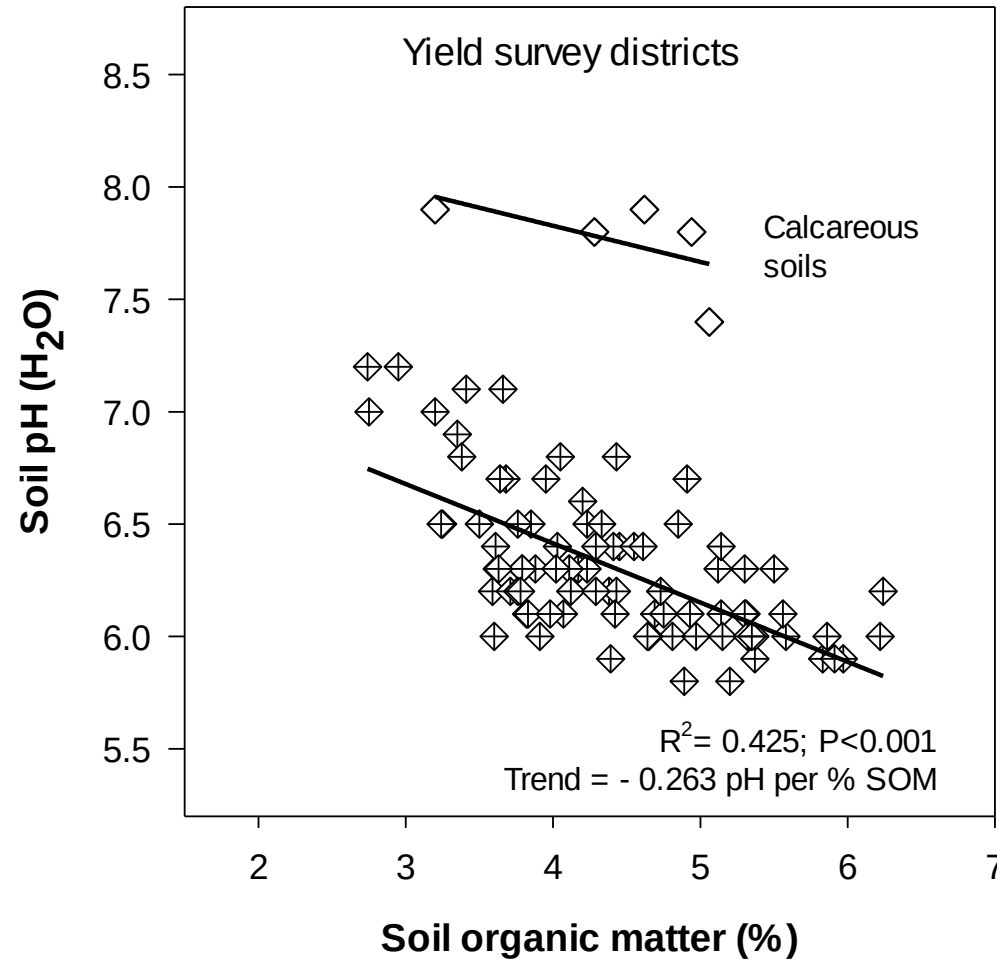


Oldfield et al. 2019. Global meta-analysis of the relationship between soil organic matter and crop yields. SOIL 5, 15-32. (Open Access)

<https://www.soil-journal.net/5/15/2019/>

Sambanden mellan mullhalt och markens pH

Kan detta vara förklaringen till varför skördarna blir lägre vid högre mullhalt?



Ökad mullhalt innebär lägre pH i marken

Slutsatser

- Låga pH värden kan vara den viktigaste skördebegränsande faktor idag.
- För att kunna uppnå högsta skördar krävs pH värden högre än 6,5.
- Kalkrekommendationer måste antagligen uppdateras. Riktvärdet bör förmodligen vara 7 för det flesta grödor.
- P-AL värden omkring 10 mg P per 100 g jord (klass IV) krävs för högavkastande grödor.
- Jordar med högre mullhalt har visat sig ha lägre pH värden, vilket skulle kunna förklara varför högre mullhalter inte nödvändigtvis ger bättre skördar.