

Slutrapport till projekt H102-0003-SVX:

Mangantillförsel i höstkorn ökar övervintring och skörd på jordar med manganbrist

Eva Stoltz & Ann-Charlotte Wallenhammar
HS Konsult AB, Box 271, 701 45 Örebro
eva.stoltz@hushallningssallskapet.se
2012-12-10



Foto: Eva Stoltz

Sammanfattning

Mangan är ett mikronäringsämne som är nödvändig för växten, och brist i höstkorn kan leda till utvintring. Växttillgängligt mangan i jorden varierar över året och brist förekommer främst i lätta, luckra jordar och i jord med högt pH. Kvävetillförsel på hösten kan också påverka utvintringen. Syftet var att undersöka om gödning med mangan kan minska utvintring i höstkorn på fält där manganbrist förekommer ofta. Samtidigt undersöktes effekten av kvävetillförsel under hösten på utvintring.

Effekterna av bladgödning med $MnSO_4$, Mantrac Optiflo eller NoroTec™ Mangan applicerade vid olika tidpunkter till höstkorn, jämfördes i tre fältförsök under 2011-2012. Manganstatusen mättes med en manganskanner (NN-Easy55, NutriNostica) som anger ett PEU-värde (Plant Efficiency Unit), samtidigt gjordes okulär färggradering. Två av försöken skördades.

Samtliga manganprodukter tillförda under hösten förbättrade manganstatusen i växten och minskade utvintringen i höstkorn. Effekterna varierade mellan försöksplatser. I försöket med störst effekt av mangantillförsel minskade utvintringen från 46 % till mellan 11 och 27 % beroende på produkt. Produkternas rangordning vad gäller förbättrad övervintring var: $MnSO_4 > NoroTec^{\text{TM}}$ Mangan $>$ Mantrac Optiflo. Bladgödslingen på hösten var inte tillräcklig för att helt motverka manganbrist. Skördeökningen av mangan varierade mellan 1 och 12 % beroende på produkt. Högst skördeökning erhöles i leden med $MnSO_4$.

Mangantillförsel på våren hade i dessa försök ingen ytterligare effekt på beståndet eller på manganstatusen i plantan. Skörden var dock något högre i leden med två manganbehandlingar (höst och vår) jämfört med bara en höstbehandling. Tillförsel av kväve i form av kalksalpeter på hösten ökade utvintringen och minskade manganstatusen i plantan. Skörden var i genomsnitt 1320 kg/ha (16 %) lägre i leden med kvävetillförsel. Manganskannern kan vara ett effektivt verktyg vid bedömning av gödningens behovet av mangan.

Fler undersökningar med upprepade bladgödningar samt utsädesbehandling med mangan behövs för att bedöma om manganstatusen i plantorna, övervintring och skörd kan förbättras ytterligare. Även orsaken till utvintringen behöver undersökas, dvs. om manganbristen har en direkt påverkan på växten eller om bristen gynnar växtpatogener som i sin tur orsakar utvintringen.

Bakgrund

Utvintringskador i höstkorn har uppmärksamats på lätta jordar med högt pH och antas bero på manganbrist. Det är vanligt att bladgödning med mangan utförs, ofta utan kunskap om behov verkligen finns. När verklig brist föreligger är inte mängden tillförd mangan tillräcklig, eftersom plantor med bristsymptom ändå förekommer (Ljungars, muntligen). Kvävegödning på hösten kan också förbättra övervintringsförmågan enligt erfarenhet (Ljungars, muntligen). Tidigare undersökning av effekterna av mangangödning på övervintringen i höstsäd visade inga samband, vilket berodde troligtvis på milda vintrar utan påfrestning (Ljungars, 2002).

Mangan är ett mikronäringsämne som är nödvändigt för växten och behövs bl.a. i fotosyntesen och är viktigt för växtens försvarssystem (Marschner, 1995; Magnusson,

2002). Mangan tas främst upp som en tvåvärd jon, Mn^{2+} i växten. Växttillgängligheten av mangan varierar mycket över året (Fogelberg, 2001). Under syrerika förhållanden, i lätta, luckra jordar eller under torra perioder, oxideras mangan och blir därmed otillgängligt för växten (Huber, 1993). Högt pH är en annan faktor som minskar växttillgängligheten eftersom mangan då bindes hårt till markpartiklar och organiskt material (Page, 1962). Mangan kan snabbt ändra form i jorden därför rekommenderas bladgödning framför fast mangangödning (MacNaedhe & Fleming, 1984; Marshner, 1995).

Lätt manganbrist kan vara svår att upptäcka då inga tydliga symptom syns. Att manganbrist gör att plantor blir mindre frosthärdiga är känt (Magnusson, 2002).

Syftet var att undersöka om gödning med mangan kan minska utvintring i höstkorn på fält där manganbrist förekommer ofta. Samtidigt undersöktes effekten av kvävetillförsel under hösten på utvintring.

Ett tidigare projekt genomfördes 2010-2011 med liknande frågeställning och försöksplan: H092-0006-SVX "Manganbrist kan orsaka utvintring av höstvetete och höstkorn" (Stoltz & Wallenhammar, 2011). Där undersöktes manganstatus och övervintringsförmåga i både höstvetete och höstkorn. Eftersom störst bristsymptom hittades i höstkornsförsöken har vi valt att använda den grödan i försöken under perioden 2011-2012. Resultaten från de mätningar som utfördes med samma metod under båda försöksperioderna har slagits samman. Därmed presenteras vissa resultat från samtliga sex försök under åren 2010-2012 och vissa från de tre försöken under perioden 2011-2012.

Utförande

Försök utlagda 2010-2011

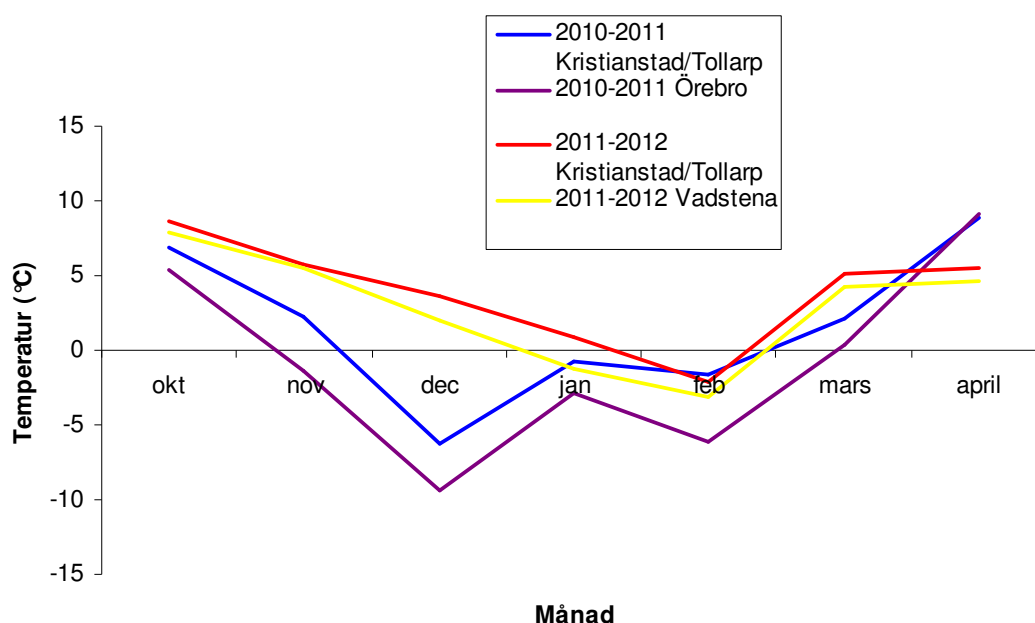
Tre försök anlades, ett i höstvetete (SW Kranish) och två i höstkorn (Apropos, Ssd) i fält där manganbrist är vanligt förekommande (tabell 1). Utförande och resultat är presenterade i slutrapporten för projekt H092-0006-SVX: Manganbrist kan orsaka utvintring av höstvetete och höstkorn.

Försök utlagda 2011-2012

Under hösten 2011 anlades tre försök i höstkorn (Apropos, Ssd) på fält där manganbrist är vanligt förekommande (tabell 1). Samtliga försök gödslades med 50 kg/ha kieserit ($MgSO_4$) för att undvika effekter av sulfatjonen i $MnSO_4$. Medeltemperatur på respektive försöksplats visas i figur 1.

Tabell 1. Försöksplatsernas gröda, datum för mangangödsling och jordens markkemiska egenskaper

År	Plats	Gröda	Datum		pH	mull (%)	ler (%)	sand/grovmo (%)	P-AL (mg/100g)	K-AL (mg/100g)
			Mn-tillförsel höst	Mn-tillförsel vår						
2010-2011										
	Kristianstad	H-korn	26 okt	30 mar	7,7	4,9	7	73	23	5
	Tollarp	H-korn	26 okt	30 mar	6,9	4,6	6	71	8	11
	Örebro	H-vete	26 okt	12 apr	6,8	3,6	35	15	<2	10
2011-2012										
	Kristianstad	H-korn	3 okt	23 mar	6,6	1,8	5	85	18	19
	Tollarp	H-korn	21 okt	22 mar	6,9	3,9	6	72	33	21
	Vadstena	H-korn	27 okt	22 mar	7,8	2,6	22	41	21	18



Figur 1. Medeltemperatur i luften på försöksplatserna under oktober-april säsong 2010-2011 och 2011-2012

Försöksutförande 2011-2012

Försöksdesignen var en split-plot design med 2 x 7 led x 3 block (tabell 2). De av leverantörerna rekommenderade doserna för respektive produkt användes. Försöken utfördes av försöksutförare på HS Kristianstad i Skåne och på HS Rådgivning Agri i Östergötland.

Tabell 2. Försökplan HST-1005A

Behandling	Tidpunkt
A Obehandlat	
B MnSO ₄ , 3 kg/ha (1 kg Mn)	höst ¹
C MnSO ₄ , 3 kg/ha (1 kg Mn)	höst och vår ²
D Mantrac Optiflo, 1 l/ha (500 g Mn)	höst
E Mantrac Optiflo, 1 l/ha (500 g Mn)	höst och vår
F NoroTec™ Mangan, 1 l/ha (150 g Mn)	höst
G NoroTec™ Mangan, 1 l/ha (150 g Mn)	höst och vår

1. 0 kg N³/ha
2. 30 kg N/ha

¹slutet av oktober, minst DC 21

²vid tillväxt start (under mars eller början av april)

³kvävet tillfördes som kalksalpeter (Ca(NO₃)₂)

Analys med Mn-skanner

Bladprover togs vid två tillfällen under hösten; en och två veckor efter tidpunkten för manganbehandlingarna. Bladen analyserades med en manganskanner (NN-Easy55, NutriNostica). Mätningarna utfördes på fyra slumpmässigt uttagna blad per ruta. Bladen transporterades till laboratorium och förvarades i kylskåp (8° C) fram till mätning (max 2 dygn). Endast unga, visuellt friska blad skannades. Innan mätning mörkeranpassades bladen ca 25 min med hjälp av speciella clips avsedda för skannern (figur 2a). Skannern redovisar ett PEU (Plant Efficiency Unit)-värde som visar manganstatusen i bladet och om gödslingsbehov finns eller inte (figur 2b). Gödslingsbehov finns för värden mellan 75 och 89 (brist), mellan 69 och 75 (stark brist) och för värden som understiger 60 indikeras mycket stark brist. Värden mellan 90 och 94 visar ingen eller lätt brist och värden > 95 visar ingen brist (gödsling ej nödvändig).

Manganskannern har tidigare utvärderats och bekräftats som en fungerande metod för att bestämma manganstatusen i plantor (Holst Laursen, 2007; Husted, 2007).



Figur 2. a) Innan manganskanning mörkeranpassades bladen med hjälp av ett clips. b) Mätning med manganskanner. Foto: Eva Stoltz

Okulär färggradering

Vid samma tidpunkt som bladprover uttogs för manganskanning utfördes en okulär färggradering av plantorna i fält. En metod utvecklades där färgen bedömdes på de äldsta, de mellersta och de yngsta bladen. Bladen delades in i följande klasser med

indexvärden: gul (index 25), gul-grön (index 50), grön-gul (index 75), grön (index 100) dvs. ju högre färgindex, desto grönare plantor. Därefter beräknades ett medelvärde av färgindex för hela plantan.

Planträkning - utvintring

Planträkning utfördes under höst och vår i fastlagda sträckor (2 x 1 m per ruta). Andelen utvintrade plantor beräknades utifrån planträkningen.

Beståndsgradering

Beståndet graderades höst och vår genom okulär bedömning (0-100 %).

Manganhalt i utsäde

På samtliga försöksplatser användes höstkornssorten Apropos (Ssd). Utsäde som använts vid sådd på de tre försöksplatserna samlades in. Delar av proven analyserades på manganhalt för att undersöka skillnaden mellan olika utsädespartier. Kärnor ur proverna såddes i plastkärl i vermiculite, bevattades med kranvatten och placerades ljust i rumstemperatur. Fem kärnor per kärl med fyra upprepningar såddes. Då plantornas första blad var tillräckligt stort för att skannas utfördes en manganskanning som beskrivet ovan. Blad nummer två skannades också.

Skörd

Enligt försöksplanen skulle inte försöken skördas. Då stort intresse för försöken visades från odlare och försöksutförare beslutades att de två Skåneförsöken skulle skördas.

Statistik

En blandad linjär modell användes med manganbehandling, kvävebehandling och försöksplats samt samspelet mellan dem som fixa faktorer samt block(plats) och block x kvävebehandling(plats) som slumpmässiga faktorer. Parvisa tester med Tukey's HSD-metod användes för att identifiera skillnader mellan enskilda medelvärden om $p < 0,05$. Eftersom manganbehandlingarna var likartade utfördes kontrastanalyser för PEU-värden och utvintring. Kontrasten mellan obehandlat led och genomsnittet för samtliga manganprodukter, mellan obehandlat led och respektive mangan gödslingsprodukt, mellan de olika manganprodukterna, samt mellan genomsnitten för en respektive två behandlingstillfällen analyserades. Resultaten för utvintring transformerades för att minska variansen. Linjära regressionsanalyser användes för att identifiera samband mellan olika uppmätta parametrar. Data analyserades i JMP 9.0 (SAS Institute, 2010).

Resultat

Nedan redovisas en sammanställning av resultaten i samtliga sex försök av de undersöka parametrar i led A-E som utförts på samma sätt under båda försöksperioderna (2010-2012). Därefter följer resultaten från försöken utförda 2011-2012.

Samtliga sex försök under 2010-2012

I tabell 3 visas medelvärden av manganstatus, planträkningar samt beräknad utvintring från samtliga sex försök som utförts under 2010-2012 i led A-E. Vid höstmätningarna hade leden med samma manganprodukt blivit lika behandlade tex. B och C hade båda fått en behandling med $MnSO_4$.

Tabell 3. PEU (Plant Efficiency Unit) i blad av höstkorn två veckor efter manganbehandling under höst och vår, antal plantor samt utvintring. Medelvärden av sex försök

Huvudeffekt	PEU höst	PEU vår	Antal plantor (st/m ²)		Utvintring ² (%)
			höst	vår	
Manganbehandling (F1)					
A. Obehandlat	81,8 ^{c1}	78,7	248	148 ^b	21 ^a
B. MnSO ₄ höst	89,3 ^{ab}	81,0	256	208 ^a	13 ^b
C. MnSO ₄ höst och vår	90,8 ^a	81,0	248	200 ^{ab}	14 ^b
D. Mantrac Optiflo höst	87,8 ^b	80,2	248	200 ^{ab}	15 ^{ab}
E. Mantrac Optiflo höst och vår	87,4 ^b	80,2	264	208 ^a	16 ^{ab}
N-behandling (F2)					
1. 0 kg N/ha	88,2	80,5	248	208	13 ^b
2. 30 kg N/ha	86,6	79,9	256	192	18 ^a
Plats (F3)					
Kristianstad (2010-2011)	93,7 ^a	73,5 ^d	312 ^a	232 ^a	25 ^a
Örebro (2010-2011) (höstvet)	92,0 ^{ab}	91,0 ^a	288 ^{ab}	272 ^a	6 ^b
Tollarp (2010-2011)	86,1 ^{bc}	73,6 ^d	192 ^e	160 ^b	15 ^{ab}
Kristianstad (2011-2012)	85,3 ^c	76,9 ^{cd}	256 ^{bc}	160 ^b	34 ^a
Tollarp (2011-2012)	77,9 ^d	81,8 ^{bc}	216 ^{de}	160 ^b	24 ^a
Vadstena (2011-2012)	89,4 ^{abc}	84,7 ^{ab}	232 ^{cd}	224 ^{ab}	4 ^b
CV	3,8	5,2	11,9	14,8	29,3
<i>p</i> (Mn-behandling)	<0,001	<i>es</i>	<i>es</i>	0,002	0,013
<i>p</i> (N-behandling)	<i>es</i> (0,080) ³	<i>es</i>	<i>es</i>	<i>es</i>	0,047
<i>p</i> (Plats)	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
<i>p</i> (Plats x Mn-behandling)	<0,001	<i>es</i>	0,028	<0,001	<0,001

¹Olika bokstäver visar signifikanta skillnader mellan behandlingarna inom varje huvudeffekt

²Data transformerades genom roten ur för att minska variansen

³ *es* = ej signifikant

Två veckor efter manganbehandlingen under hösten visade de mangangödslade leden signifikant högre PEU-värden jämfört med obehandlat led (tabell 3, 4). Mangansulfat hade något högre PEU-värde än Mantrac Optiflo (tabell 3, 4). Tillförsel av kväve på hösten hade ingen effekt på manganstatusen i växten vid höstmätningen. Manganstatusen varierade mellan platserna och var högst (93,7) i Kristianstad (2010-2011) och lägst (77,9) i Tollarp (2011-2012). Det fanns även signifikanta interaktioner mellan försöksplats och manganbehandling vilket betyder att manganbehandlingen hade olika effekt beroende på plats. Skillnaderna i PEU-värdet på hösten var signifikanta mellan manganbehandlingarna i Tollarp under båda försöksperioderna, men inte i övriga försök.

Två veckor efter manganbehandlingen på våren fanns ingen signifikant skillnad i PEU-värde mellan de olika manganbehandlingarna. Resultaten från kontrastanalysen visar dock att PEU-värdet på våren ökade då samtliga mangangödslingsled jämfördes med obehandlat led (tabell 4). MnSO₄ hade större effekt på PEU-värdet i växten på våren än Mantrac Optiflo då produkterna jämfördes med obehandlat led. Det fanns ingen skillnad i PEU-värde mellan manganprodukterna på våren. Inga skillnader mellan behandling på hösten jämfört med både höst- och vårbehandling hittades. Inte heller fanns skillnader i PEU-värde på våren mellan de två kvävebehandlingarna (tabell 3).

Tillförsel av MnSO₄ på hösten gav signifikant lägre utvintring jämfört med obehandlat led (tabell 3). Kontrastanalysen visar att samtliga manganbehandlingar gav lägre utvintring jämfört med obehandlat led (tabell 4). Det fanns ingen

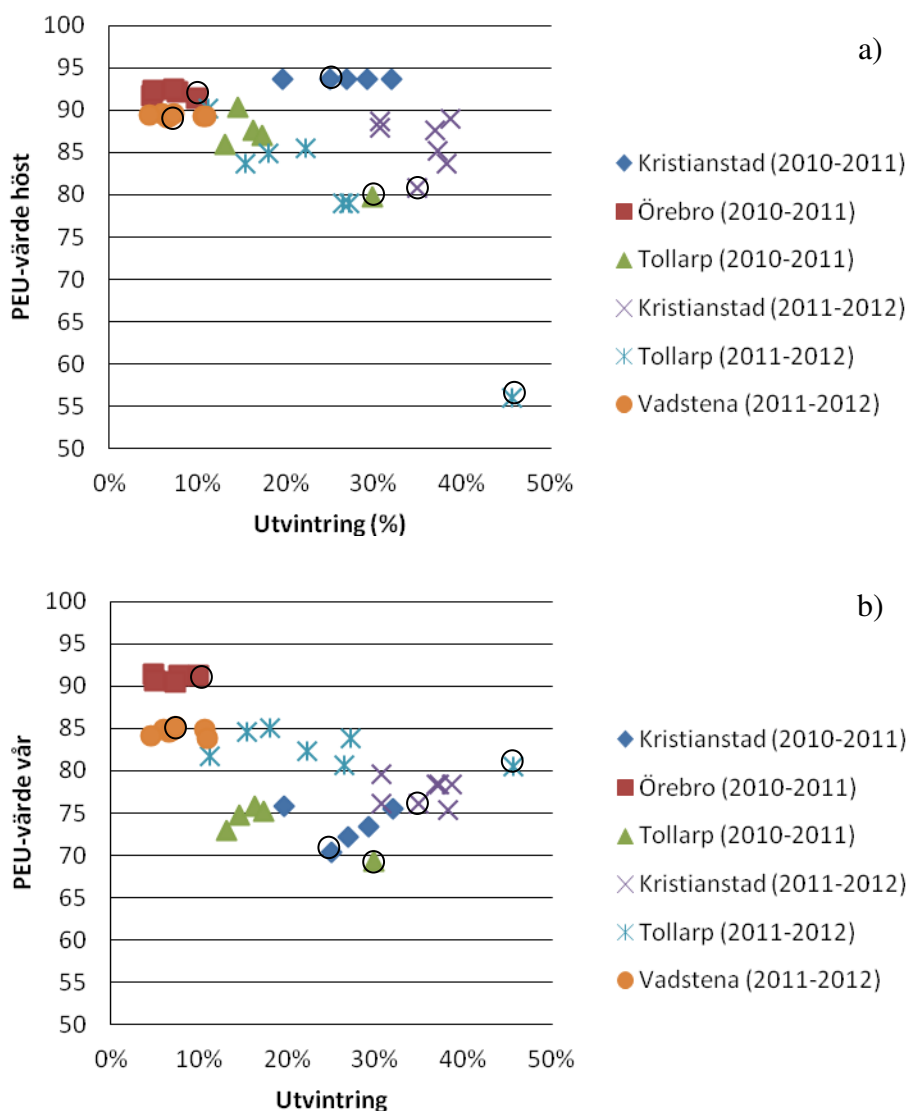
signifikant skillnad i utvintring mellan manganprodukter (tabell 3, 4). Inte heller fanns skillnader mellan en manganbehandling på hösten jämfört med både höst- och vårbehandling. Tillförsel av kväve på hösten ökade utvintringen signifikant. Utvintringen varierade mellan platserna och var högre i försöken i Skåne jämfört med försöken i Mellansverige (tabell 3). Signifikanta interaktioner mellan försöksplats och manganbehandling för utvintring hittades (tabell 3). Interaktionerna berodde på att signifikanta skillnader mellan behandlingarna fanns i Tollarpsförsöket 2011-2012 men inte i övriga försök trots relativt hög utvintring i båda Kristianstadsförsöken.

Tabell 4. Sannolikhet för skillnader i en kontrastanalys mellan obehandlat led jämfört med medelvärdet av samtliga manganbehandlingar, mellan obehandlat led och behandlingarna med samma produkt, mellan de båda produkterna och mellan de båda gödslingstidpunkterna, sex försök

	PEU 2 v höst	PEU 2 v vår	Utvintring
Obehandlat led (A) vs. mangangödsling (B-E)	<0,001	0,015	<0,001
Obehandlat (A) vs. MnSO ₄ (B-C)	<0,001	0,007	<0,001
Obehandlat (A) vs. Mantrac Optiflo (D-E)	<0,001	es (0,078)	0,003
MnSO ₄ (B-C) vs. Mantrac Optiflo (D-E)	<0,001	es	es
Höstgöddling (B, D) vs. höst- och vårgödsling (C, E)	es ¹	es	es

¹es = ej signifikant

Samband mellan utvintring och PEU-värden under höst och vår visas i figur 2 a och b. PEU-värden <80 på våren gav generellt en högre utvintring än vid PEU-värden >80. Effekterna av mangangödslingen varierade mellan försöksplatserna. Trots höga PEU-värden på hösten i plantorna i Kristianstadsförsöket 2010-2011, var utvintringen relativt hög och PEU-värdena på våren var låga. I Örebroförsöket var PEU-värdet högt både höst och vår och utvintringen var låg. I båda Tollarpsförsöken minskade utvintringen med ökande PEU-värde på hösten.



Figur 3. Samband mellan utvintring och PEU (Plant Efficiency Unit)-värden på höst a) och vår b). Medelvärden av manganbehandlingarna, obehandlade led är markerade med ○

Tre försök utförda 2011-2012

Manganhalt i utsäde

I tabell 5 redovisas analyserna av manganhalt i utsädet från de tre försöksplatserna. Resultaten visar att manganhalten var högst i utsädet som användes i Vadstena. Det är svårt att avgöra om skillnaderna är stora eftersom endast ett samlingsprov uttogs från varje parti och ingen kunskap om variationen inom partiet finns.

Tabell 5. Manganhalt i utsädet som har använts på de olika försöksplatserna samt PEU värden i blad i kärlförsök

	Försöksplats		
	Vadstena	Tollarp	Kristianstad
Manganhalt (mg/kg)	19	15	16
PEU blad 1	89,7	90,0	89,3
PEU blad 2	89,7 ab	90 a	88,8 b

Manganskanningen av plantor som växt i vermiculite visade små men signifikanta skillnader i blad 2. Utsädet från Tollarp hade högst PEU-värde medan utsädet från Kristianstad hade lägst. I mätningen av blad 1 fanns inga signifikanta skillnader.

Hösten 2011

Höstmätningarna av manganstatus med manganskanner, färggraderingarna och plant-räkningarna som utfördes redovisas i tabell 6. Vid höstmätningarna hade leden med samma manganprodukt blivit lika behandlade tex. B och C hade båda fått en behandling med $MnSO_4$.

Tabell 6. PEU (Plant Efficiency Unit) i blad av höstkorn, färgindex (FI) och bestånd på hösten en och två veckor efter manganbehandlingarna utförts. Medelvärden av tre försök

Huvudeffekt	PEU 1v	PEU 2v	FI 1v	FI 2v	Bestånd (%)
Mn-behandling (F1)					
A. Obehandlat	77,8 ^{c1}	75,3 ^c	86,1 ^b	77,8 ^b	98
B. $MnSO_4$ höst	86,0 ^a	87,7 ^{ab}	84,7 ^b	75,5 ^{bc}	99
C. $MnSO_4$ höst och vår	87,2 ^a	89,5 ^a	84,3 ^b	73,6 ^c	98
D. Mantrac Optiflo höst	81,7 ^b	84,6 ^b	89,4 ^a	85,6 ^a	99
E. Mantrac Optiflo höst och vår	80,6 ^{bc}	84,1 ^b	89,4 ^a	86,1 ^a	98
F. NoroTec™ Mangan höst	86,5 ^a	87,3 ^{ab}	89,4 ^a	85,6 ^a	98
G. NoroTec™ Mangan höst och vår	85,7 ^a	87,2 ^{ab}	88,4 ^a	83,3 ^a	99
N-behandling					
1. 0 kg N/ha	84,6	86,5	85,6 ^b	78,6 ^b	98 ^b
2. 30 kg N/ha	82,7	83,7	89,2 ^a	83,6 ^a	99 ^a
Plats					
Kristianstad	83,0 ^b	86,1 ^a	89,1 ^a	80,2 ^b	100 ^a
Tollarp	76,9 ^c	79,8 ^b	81,3 ^b	75,8 ^b	100 ^a
Vadstena	91,1 ^a	89,4 ^a	91,7 ^a	87,3 ^a	96 ^b
5,0					
CV	4,6	<0,001	2,4	4,9	1,5
p (Mn-behandling)	<0,001	es	<0,001	<0,001	es
p (N-behandling)	es ² (0,078)	(0,057)	0,009	0,005	0,026
p (plats)	<0,001	<0,001	0,004	0,002	<0,001
p (Mn-behandling x plats)	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	es

¹Olika bokstäver visar signifikanta skillnader mellan behandlingarna inom varje huvudeffekt

² es = ej signifikant

Mätningen med manganskannern en vecka efter manganbehandlingen, visar tydliga effekter av tillförseln av mangan (tabell 6). Signifikant högst PEU-värde hittades i behandlingarna med $MnSO_4$ och NoroTec™ Mangan, medan Mantrac Optiflo hade något lägre värden. Behandlingen utan tillförd mangan (A) visade allra lägst värde, dock inte signifikant skiljt från en av behandlingarna med Mantrac Optiflo (E). Liknande resultat uppmättes vid det andra måttillfället, två veckor efter mangantillförsel, dvs. obehandlat led (A) visade lägst PEU-värde medan $MnSO_4$ tillfört både höst och vår behandlingarna visade det högsta. Lägst PEU-värde hittades i försöket i Tollarp och högst i Vadstenaförsöket.

I försöken i Skåne ökade manganstatusen något vid den andra manganskanningen, två veckor efter manganbehandlingarna, medan den minskade i Vadstenaförsöket (tabell 6). Vid det andra graderingstillfället var PEU under 90 på samtliga platser.

Ingen signifikant effekt av kvävebehandlingen hittades på manganstatusen under hösten. Det fanns ändå tecken på att tillförsel av kväve minskade PEU-värdet något vid båda mättillfällena (tabell 6).

Signifikanta interaktioner mellan Mn-behandling och försöksplats hittades för båda PEU- mätningarna. Signifikanta skillnader mellan Mn-behandlingarna hittades i Tollarpsförsöket vid båda mättillfällena. Vid första mättillfället fanns även skillnader i Kristianstadsförsöket medan inga signifikanta skillnader hittades i Vadstenaförsöket vid något av mättillfällena.

Lägst färgindex hade obehandlat led och plantorna behandlade med $MnSO_4$ vid båda graderingstillfällena (tabell 6). Färgindex var signifikant högre i försöken i Vadstena och Kristianstad vid första graderingstillfället jämfört med i Tollarp. Vid andra graderingstillfället hade färgindex sjunkit på samtliga platser. Tillförsel av kväve resulterade i något högre färgindex. Signifikanta interaktioner mellan Mn-behandling och försöksplats hittades även för färgindex vilket berodde på att signifikanta skillnader mellan behandlingarna hittades i Tollarp men inte i övriga försök.

Bestånden var bra under hösten och inga skillnader mellan leden fanns. I försöken i Skåne var bestånden bättre jämfört med i Vadstenaförsöket (tabell 6).

Våren 2012

Värmätningarna av manganstatus med manganskanner, färggraderingarna och planräkningar som utfördes redovisas i tabell 7. Vid värmätningarna hade led C, E och F blivit behandlade med mangan ytterligare en gång.

Tabell 7. PEU (Plant Efficiency Unit) i blad av höstkorn, färgindex (FI) och bestånd på våren en och två veckor efter manganbehandlingarna utförts. Medelvärden av tre försök

Huvudeffekt	PEU 1v	PEU 2v	FI 1v	FI 2v	Bestånd
Manganbehandling (F1)					
A. Obehandlat	83,7	80,4	43,9	60,2	91 bc
B. $MnSO_4$ höst	82,6	81,1	48,5	62,0	96 a
C. $MnSO_4$ höst och vår	86,6	81,6	46,6	61,6	94 abc
D. Mantrac Optiflo höst	83,5	81,1	48,0	60,6	90 c
E. Mantrac Optiflo höst och vår	82,1	81,4	46,0	60,1	94 abc
F. NoroTec™ Mangan höst	85,1	82,8	47,2	60,6	95 ab
G. NoroTec™ Mangan höst och vår	85,0	82,7	47,8	61,1	93 abc
Kvävebehandling (F2)					
1. 0 kg N/ha	86,5 a	82,3	50,0 a	63,0 a	97 a
2. 30 kg N/ha	81,7 b	80,8	43,7 b	59,1 b	90 b
Plats (F3)					
Kristianstad	80,3 b	77,5 b	21,5 b	61,7 a	87 b
Tollarp	81,5 b	82,7 ab	58,1 a	63,1 a	96 a
Vadstena	90,5 a	84,6 a	60,9 a	58,3 b	97 a
CV	5,5	4,0	10,4	3,1	5,0
p (Mn-behandling)	es(0,075) ²	es(0,075)	es(0,096)	es(0,092)	0,003
p (N-behandling)	0,010	es	<0,001	<0,001	0,002
p (plats)	0,003	0,040	0,002	0,001	0,002
p (Mn-behandling x plats)	es	es	es	0,001	es

¹Olika bokstäver visar signifikanta skillnader mellan behandlingarna inom varje huvudeffekt

² es = ej signifikant

Inga signifikanta effekter på PEU-värdet av manganbehandlingen hittades vare sig en eller två veckor efter manganbehandlingen (tabell 7). Kontrastanalyserna visade att tillförsel av Noro Tec™ Mangan resulterade i högre PEU-värde än Mantrac Optiflo 1 v efter bladgödsling och högre PEU-värde jämfört med obehandlat led 2 v manganbehandling (tabell 8). Det fanns även starka tendenser att tillförsel Noro Tec™ Mangan ökade PEU-värdet mer i plantorna jämfört med MnSO₄ och Mantrac Optiflo vid mätningen 2 v efter manganbehandling.

Tillförsel av kväve på hösten resulterade i signifikant lägre manganstatus i växten på våren (tabell 7). Skillnaden var signifikant en vecka efter manganbehandling och tendenserna fanns kvar ytterligare en vecka senare. Plantorna i Vadstenaförsöket hade högst manganstatus vid båda tillfällena, men inte signifikant skiljt från plantorna i Tollarpförsöket två veckor efter manganbehandlingen.

Plantorna i obehandlat led (A) visade lägst färgindex vid den första avläsningen, men skillnaden var inte signifikant (tabell 7). Vid det andra tillfället var skillnaderna mycket små mellan de olika manganbehandlingarna. Färgindex var signifikant lägre där 30 kg ha⁻¹ N hade tillförts på hösten vid båda graderingstillfällena. Färgindex var signifikant högre i försöken i Vadstena och Tollarp vid första graderingstillfället jämfört med Kristianstadsförsöket. Vid det andra graderingstillfället var färgindex signifikant lägre i Vadstenaförsöket jämfört med de båda Skåneförsöken. Interaktionen mellan plats och manganbehandling var signifikant.

Plantantalet varierade mellan försöksplatserna på hösten men var lika inom behandlingarna (tabell 9). Antalet plantor på våren var signifikant högre i ledet med MnSO₄ tillfört en gång jämfört med obehandlat led. Interaktionen mellan manganbehandling och plats var signifikant och signifikanta skillnader hittades mellan manganbehandlingarna i Skåneförsöken men inte i försöket i Vadstena.

Utvintringen var högre i försöken i Skåne jämfört med i Östergötland. Inga signifikanta skillnader mellan enskilda manganbehandlingar hittades (tabell 9). Tillförsel av kväve på hösten ökade utvintringen signifikant. Interaktionen mellan manganbehandling och plats var signifikant, och signifikanta skillnader hittades mellan manganleden i Tollarp men inte i övriga försök. I Tollarp var utvintringen högst i obehandlat led med 46 %, och varierade mellan 11 och 27 % beroende på manganprodukt. Kontrastanalyserna visade att tillförsel av samtliga manganbehandlingar minskade utvintringen (tabell 8). Produkternas rangordning vad gäller förbättrad övervintring var: 1. MnSO₄, 2. NoroTec™ Mangan, 3. Mantrac Optiflo.

Tabell 8. Sannolikhet för skillnader i en kontrastanalys mellan obehandlat led jämfört med medelvärdet av samtliga manganprodukter, mellan obehandlat led och behandlingarna med samma produkt och mellan de båda gödslingstidpunkterna, tre försök

	PEU 1 v vår	PEU 2 v vår	Utvintring
Obehandlat led (A) vs. mangangödsling (B-G)	<i>es</i> ¹	<i>es</i>	0,048
Obehandlat led (A) vs. MnSO ₄ (B-C)	<i>es</i>	<i>es</i>	0,024
Obehandlat led (A) vs. Mantrac Optiflo (D-E)	<i>es</i>	<i>es</i>	<i>es</i>
Obehandlat led (A) vs. NoroTec™ Mangan (F-G)	<i>es</i>	0,018	<i>es</i> (0,093)
MnSO ₄ (B-C) vs. Mantrac Optiflo (D-E)	<i>es</i>	<i>es</i>	<i>es</i>
MnSO ₄ (B-C) vs. Noro Tec™ Mangan (F-G)	<i>es</i>	<i>es</i> (0,081)	<i>es</i>
Mantrac Optiflo (D-E) vs. Noro Tec™ Mangan (F-G)	0,050	<i>es</i> (0,068)	<i>es</i>
Höstgödning (B, D, F) vs. höst- och vårgödsling (C, E, G)	<i>es</i>	<i>es</i>	<i>es</i>

¹es = ej signifikant

Tabell 9. Antal plantor samt beräknad andel utvintring i höstkorn, tre försök

Huvudeffekt	Antal plantor höst (st/m ¹)	Antal plantor vår (st/m ²)	Utvintring (%)
Manganbehandling (F1)			
A. Obehandlat	232	168 b	22
B. MnSO ₄ höst	240	192 a	16
C. MnSO ₄ höst och vår	232	184 ab	15
D. Mantrac Optiflo höst	240	184 ab	17
E. Mantrac Optiflo höst och vår	240	176 ab	19
F. NoroTec™ Mangan höst	232	184 ab	19
G. NoroTec™ Mangan höst och vår	232	184 ab	15
Kvävebehandling (F2)			
1. 0 kg N/ha	232	192 a	14
2. 30 kg N/ha	240	168 b	21
Plats (F3)			
Kristianstad	256 a	160	33 a
Tollarp	216 c	160	21 a
Vadstena	232 b	216	5 b
CV	11,4	13,6	30,5
<i>p</i> (Mn-behandling)	<i>es</i> ²	<i>es</i> (0,071)	<i>es</i>
<i>p</i> (N-behandling)	<i>es</i>	0,021	<i>es</i> (0,083)
<i>p</i> (plats)	0,001	0,039	0,007
<i>p</i> (Mn-behandling x plats)	<i>es</i>	<0,001	0,006

¹Olika bokstäver visar signifikanta skillnader mellan behandlingarna inom varje huvudeffekt

² es = ej signifikant

Signifikanta linjära samband mellan medelvärdena av utvintring och PEU-värde fanns en och två veckor efter behandlingen på hösten från samtliga tre försök (tabell 10). På våren var sambanden mellan utvintring och PEU-värden inte signifikanta. Sambanden mellan graderingarna av färgindex (FI) och utvintring var inte signifikanta under höstmätningen, men däremot under våren.

Tabell 10. Sannolikheten för linjära samband mellan utvintring och uppmätta PEU-värden eller färgindex (FI) en och två veckor efter manganbehandling under höst och vår. Medelvärden av mangangödslings-behandlingarna från samtliga tre försök, totalt sju punkter per samband

		R ²	<i>p</i>
höst	PEU 1v	-0,60 ¹	0,040
	PEU 2v	-0,73	0,014
	FI 1v	-0,06	es ²
	FI 2 v	-0,05	es
vår	PEU 1v	-0,14	es
	PEU 2v	-0,17	es
	FI 1v	-0,61	0,037
	FI 2 v	0,60	0,040

¹Negativt värde visar ett negativt samband

²es = ej signifikant

Skörd

MnSO₄ tillförd både höst och vår resulterade i högst skörd, 868 kg/ha (12 %) högre än obehandlade led (tabell 11). Övriga manganbehandlingar visade något högre skörd jämfört med obehandlat. En kontrastanalys där en manganbehandling på hösten jämfördes med manganbehandlingar höst och vår, visade att skillnaden nästan var signifikant ($p = 0,054$), dvs. två manganbehandlingar resulterade i högre skörd jämfört med en behandling. Kvävegödsling på hösten resulterade i minskad skörd i genomsnitt med ca 1 300 kg/ha (16 %). Det fanns ingen signifikant skillnad i skörd mellan försöksplatserna. Interaktionen mellan manganbehandling och försöksplats för skörden var signifikant och visar att signifikanta skillnader mellan manganbehandlingarna hittades i Tollarpsförsöket men inte i Kristianstadsförsöket. Figur 4 visar sambanden mellan PEU-värdet på hösten och skörd i de båda försöken. Sambandet är signifikant för Tollarpsförsöket men inte för Kristianstadsförsöket.

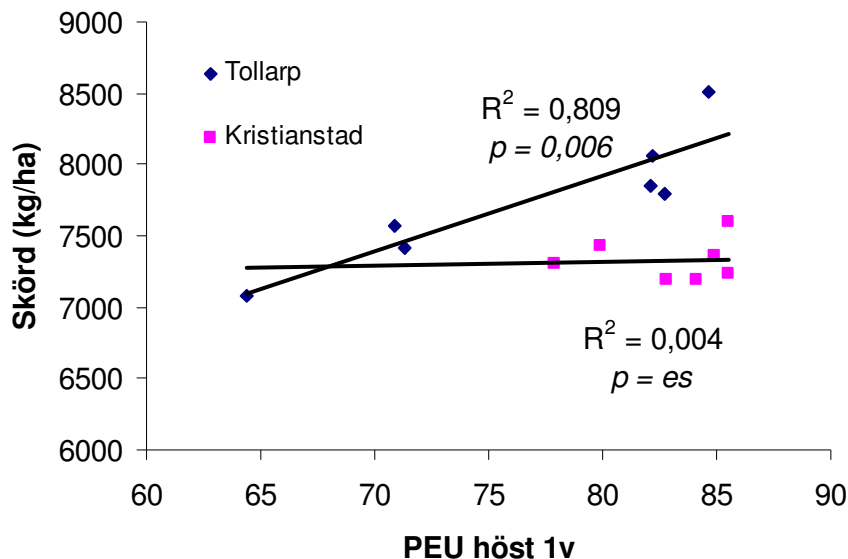
Det fanns inga stora skillnader i vattenhalt, tusenkornvikt och proteinhalt mellan manganbehandlingarna även om det fanns statistiskt signifikanta skillnader för vattenhalt och proteinhalt. Vattenhalterna skiljde sig med 0,5 % mellan led C och D (tabell 11). Proteinhalten var högst i obehandlat led och i led D, signifikant högre jämfört med led C. Kvävegödsling på hösten resulterade i en 0,7 % högre vattenhalt och 1,2 % högre proteinhalt i kärnan jämfört med ogödslad behandling. I Tollarpsförsöket var vattenhalt högre medan tusenkornvikt och proteinhalt var lägre jämfört med försöket i Kristianstad.

Tabell 11. Kärnskörd av höstkorn vid 15 % vattenhalt (vh), vh vid skörd, tusenkornvikt (tkv) och proteinhalt i kärna, medelvärden av två försök

Huvudeffekt	Skörd 15 % vh (kg/ha)	Relativ skörd	Vattenhalt (%)	Tkv (g)	Protein (%)
Mn behandling					
A. Obehandlat	7188 ^{c1}	100	13,6 ^{ab}	45,3	10,0 ^a
B. MnSO ₄ höst	7710 ^{ab}	107	13,3 ^{ab}	43,8	9,5 ^{ab}
C. MnSO ₄ höst och vår	8056 ^a	112	13,2 ^b	44,1	9,4 ^b
D. Mantrac Optiflo höst	7302 ^{bc}	101	13,7 ^a	44,6	10,0 ^a
E. Mantrac Optiflo höst och vår	7501 ^{bc}	104	13,5 ^{ab}	44,6	9,8 ^{ab}
F. Noro Tec Mangan	7515 ^{bc}	104	13,6 ^{ab}	44,2	9,6 ^{ab}
G. Noro Tec Mangan	7521 ^{bc}	104	13,3 ^{ab}	44,4	9,6 ^{ab}
N behandling					
1. 0 kg N ha ⁻¹	8202 ^a	100	13,1 ^b	44,5	9,1 ^b
2. 30 kg N ha ⁻¹	6882 ^b	84	13,8 ^a	44,5	10,3 ^a
Plats					
Kristianstad	7330	100	12,3 ^b	50,2 ^a	10,4 ^a
Tollarp	7754	106	14,6 ^a	38,6 ^b	9,0 ^b
CV	5,2		2,6	3,1	4,5
<i>p</i> (Mn behandling)	<0,001		0,006	<i>es</i> ²	0,007
<i>p</i> (N behandling)	0,003		0,008	<i>es</i>	0,007
<i>p</i> (plats)	<i>es</i>		<0,001	<0,001	0,028
<i>p</i> (plats x behandling)	0,045		<i>es</i>	<i>es</i>	0,017

¹Olika bokstäver visar signifikanta skillnader mellan behandlingarna inom varje huvudeffekt

² *es* = ej signifikant



Figur 4. Samband mellan PEU-värde 1 v efter manganbehandling på hösten och skörd, två försök

Diskussion

Vi har visat att mangantillförsel på hösten minskar utvintring av höstkorn när brist förekommer (tabell 3, 4, 8, 9). Generellt ökar övervintringen med ökat PEU-värde på hösten (tabell 10). Det fanns dock variationer mellan de olika försöksplasterna och en hög manganstatus på hösten garanterar inte hög övervintring (figur 2a). Störst effekt

av mangangödsling visades i Tollarpsförsöket 2011-2012 där manganbristen också var störst (tabell 6). Fältet i Tollarp tillhör en grisproducent och svinflytgödsel har tillförts regelbundet. Svinflytgödsel bidrar till höga P-AL tal i jorden (tabell 1) vilket kan minska växtens manganupptag (Pedas, 2011). Stallgödsel kan också innehålla manganoxiderande bakterier, vilket leder till att andelen växttillgängligt mangan i jorden minskar (Huber & Haneklaus, 2007). Samtliga försöksplatser 2011-2012 hade höga P-AL tal och relativt högt pH i jorden (tabell 1).

Det fanns inga stora skillnader i utvintring mellan de olika manganprodukterna, men den av leverantörerna rekommenderade dosen av $MnSO_4$ var något effektivare jämfört med Mantrac Optiflo och NoroTec™ Mangan (tabell 8, 9).

Mangangödsling tidigt på våren hade ingen ytterligare effekt på beståndet eller PEU-värde jämfört med en höstgödsling (tabell 4, 8). Däremot fanns effekten kvar från höstgödslingen, och Noro Tec™ Mangan hade något högre PEU på våren jämfört med övriga produkter (tabell 8). Trots att inga effekter på PEU-värdet hittades efter vårgödslingen var skörden något högre i leden med två behandlingar jämfört med en behandling av samma produkt (tabell 11).

Det går inte att förutspå utvintring eller bedöma manganstatus genom en okulär färggradering på hösten vilket visades i $MnSO_4$ -behandlingarna som hade lägst färgindex, men de högsta PEU-värdena och den bästa övervintringen (tabell 7, 10). Manganskannern är däremot ett mycket bra verktyg för att uppskatta behovet av mangantillförsel. Upprepade mätningar kan behövas i fält där tillgängligt mangan varierar kraftigt över året (figur 3 a och b) för att få en uppfattning om när bristen uppkommer och behovet för gödsling är som störst.

Skörden ökade signifikant av mangantillförsel i Tollarpsförsöket med störst manganbrist (tabell 11, figur 4). Leden med $MnSO_4$ var signifikant högre i jämfört med obehandlat led. I Kristianstadsförsöket fanns inga signifikanta skillnader mellan manganbehandlingarna men det fanns tendenser att ledet (C) med två $MnSO_4$ behandlingar hade något högre skörd (7600 kg/ha) jämfört med obehandlat led (7300 kg/ha).

Mätningarna med manganskannern visar att brist förekommer trots mangan tillförsel dvs. PEU under 90, i flera av försöken. Att bladgödsling inte fullständigt kan kompensera manganbrist på vissa jordar överensstämmer med tidigare undersökningar (Marcar & Grayham, 1986). Upprepade behandlingar under hösten kan förbättra manganstatusen ytterligare, eller en kombination med utsädesbehandling och bladgödsling med mangan.

Tillförsel av 30 kg N/ha som kalksalpeter på hösten orsakade en ökad utvintring (tabell 3, 9). Manganstatusen sjönk när kväve tillfördes och tydligast syntes detta våren 2012 då PEU-värdet var signifikant högre i ledet utan kväve vid mätningen 1 v efter behandling (tabell 7). Tillförsel av kväve på hösten orsakade ett sämre bestånd och lägre färgindex på våren jämfört med behandlingarna utan kväve (tabell 7). Effekten av kväve var störst i försöken under 2011-2012 (tabell 3, 9) och var inte signifikant i de tre försöken utförda under 2010-2011 (Stoltz och Wallenhammar, 2011). Medeltemperaturen under oktober-november 2011 var 7,2°C och 4,6°C motsvarande period 2010 var (figur 1). Den höga medeltemperaturen resulterade troligtvis i ökad tillväxt och lägre manganinnehåll i leden med tillfört kväve, vilket

ledde till en försämrad övervintring. Kvävetillförsel i form av kalksalpeter på hösten gav en betydande skördesänkning, i medeltal 1320 kg/ha (tabell 11). Tillförsel av ren kalksalpeter till korn resulterade i lägre mangankoncentration i skotten jämfört med en blandning av kalksalpeter och ammoniumkväve i tidigare utförd studie (Husted *et al.*, 2005). Därmed kan andra kvävekällor än kalksalpeter vara bättre lämpade i fält där manganbrist förekommer.

Fler studier behövs för att förklara vad utvintringen beror på. Manganbristen kan påverka plantan direkt om bristen är så stor att den är skadlig. Manganbrist kan också gynna växtpatogener bla. rotdödare (Huber, 1993) samtidigt som växtens försvarsmekanismer försämras (Marschner, 1995). Dessutom krävs fler undersökningar för att undersöka om upprepade bladgödslingar med mangan på hösten kan minska manganbristen, eller om andra åtgärder kan vidtas. Bladgödsling i kombination med utsädesbehandling kan kompensera manganbrist (Marcar & Grayham, 1986). Tillförsel av ammoniumsulfat är en åtgärd som försurar jorden och som därmed kan öka manganupptaget (Petersen, 2009). Utsädets ursprungliga manganhalt är viktig och kan variera dels mellan sorter och dels beroende på växtplats. Utsäde med tillräcklig manganhalt har bättre uppkomst jämfört med utsäde med låga halter (Marcar & Grayham, 1986). Kärlostudien visade inga samband mellan hög manganhalt i utsädet och högt PEU-värde (tabell 5). Eftersom det inte fanns upprepningar av manganhalten i utsädet finns ingen kunskap om variationen inom ett prov. Vissa sorter betecknas som manganeffektiva, dvs. har större förmåga att ta upp mangan än andra (Tong *et al.* 1997; Hebborn *et al.* 2005). För närvarande tas ingen hänsyn till manganinnehållet i utsädet i Sverige. Det saknas också kunskap om skillnader i manganeffektiviteten mellan olika sorter. De använda manganprodukterna innehåller olika mängder mangan och skillnaderna mellan produkternas effektivitet att förbättra övervintringen kanske kan utjämnas genom en justering av doseringen

Slutsatser

- Höstbladgödsling med samtliga manganprodukter i höstkorn förbättrade manganstatusen i växten och minskade utvintringen vid manganbrist.
- Produkternas rangordning vad gäller förbättrad övervintring var: $\text{MnSO}_4 > \text{NoroTec}^{\text{TM}} \text{Mangan} > \text{Mantrac Optiflo}$.
- Manganskannern är ett viktigt verktyg för att bedöma plantans manganbehov.
- Vårbladgödsling hade ingen effekt på beståndet eller manganstatusen i plantan, däremot ökade skörden mellan 6 och 346 kg/ha beroende på produkt.
- Tillförsel av kväve som kalksalpeter på hösten, minskade manganstatusen i plantan, ökade utvintringen och minskade skörden med i medeltal 1320 kg/ha.

Tack

Tack till Stiftelsen Svensk Växtnäringsforskning, NoroTec AB, Sverigeförsöken och Hushållningssällskapet Kristianstad för finansiering samt till Yara för lån av deras manganskanner (NN-Easy55, NutriNostica).

Referenser

- Fogelberg, H. 2001. Växtproduktion i jordbruket, Författarna och Bokförlaget Natur och Kultur/LTs förlag Centraltryckeriet, Borås, s 77.
- Hebborn, C.A., Pedas, P., Schjoerring, J.K, Knudsen, L. & Husted, S. 2005. Genotypic differences in manganese efficiency: field experiments with winter barley, (*Hordeum vulgare* L.) Plant Soil, 272, 233-244.
- Holst Laursen, K. 2007. Effektive gødskningsstrategier til afhjælpning av manganmangel. B2 Mangan og andre mikronæringsstoffer. Plantekongress 2007. Hämtat från: www.plantekongres.dk.
- Huber, D.M. 1993. The role of nutrition in the Take-all Disease of wheat and other small grains. Från: Soilborne plant pathogens: management of diseases with macro- and microelements av Engelhard A.W (ed). The American Phytopathological Society, USA.
- Huber, D.M. & Haneklaus, S. 2007. Managing nutrition to control plant disease. Landbauforschung Völklerode 4. 57, 313-322.
- Husted, S. 2007. Ny metode til eikker digonsticering af manganmangel. B2. Mangan og andre mikronæringsstoffer. Plantkongres 2007. Hämtat från: www.plantekongres.dk.
- Husted, S., Thomsen, M.U., Mattsson, M. & Schjoerring, J.K. 2005. Influence of nitrogen and sulphur form on manganese acquisition by barley (*Hordeum vulgare*). Plant Soil 268, 309-317.
- Ljungars, A. 2002. Mangangödsling till höstsäd. Skåneförsök 2002. Hushållningssällskapets Mulitmedia.
- Magnusson, M. 2002. Manganbrust smyger sig på, Fakta Trädgård, Nr 3, SLU.
- MacNaeidhe FS & Fleming GA. 1984. The effect of soil and foliar application of some manganese carriers on the yield of spring barley on peatland. Irish J Agr Res 23, 173-181.
- Marcar, N.E. & Grahan, R.D. 1986. Effect of seed manganese content on the growth of wheat (*Triticum aestivum*) under manganese deficiency. Plant Soil 96, 165-173.
- Marschner, H. 1995. Mineral Nutrition of Higher Plants. Academic Press, London.
- Page, E.R. 1962. Studies in soil and plant manganese. II,. The relationship of soil pH to manganese availability. Plant and Soil XVI, no 2. p 247-257.
- Pedas, P., Husted, S., Skytte, Kl & Schjoerring J.K. Elevated phosphorus impedes manganese acquisition by barley plants. Frontiers in Plant Nutrition, 2, 1-12.
- Petersen, J. 2009. Placeret ammoniumgødning om efteråret till forebyggelse av manganmangel. F4 Mangan og mikronæringsstoffer. Plantekongres 2009. Hämtat från: www.plantekongres.dk.
- SAS Institute, (2010) ©SAS Institute Inc. Campus Drive, Building T, Cary, NC, USA.
- Stoltz, E. & Wallenhammar, A.C. 2011. Manganbrist kan orsaka utvintring av höstvetete och höstkorn. Slutrapport för projekt H092-0006-SVX, Kungliga Skogs- och Lantbruksakademien.
- Tong, Y., Renger, Z. & Grahan, R.D. 1997. Interactions between nitrogen and manganese nutrition of barley genotypes differing in manganese efficiency. Ann. Bot. 79, 53-58.