

Rapport för projekt V10-0032-SVF

Mikronäringsämnen kan hämma rotröta hos rödklöver

Eva Stoltz & Ann-Charlotte Wallenhammar
HS Konsult AB, Box 271, 701 45 Örebro
2011-11-16



Foto: Eva Stoltz



Sammanfattning

Rödkläver (*Trifolium pratense* L.) har en central roll i Svenska slåttervallar. Allmän rotröta i rödkläver bidrar till att rödkläverhalten i blandvallar minskar med tiden. Det kan finnas ett samband mellan sjukdomsangreppsgraden av rotröta och växtens innehåll av mikronäringsämnen. Tidigare studier har visat att tillförsel av mangan, zink, koppar och bor potentiellt kan minska utvecklingen av rotröta. Syftet var att undersöka om tillförsel av mangan, zink, koppar och bor minskar utvecklingen av rotröta i rödkläver. Mikronäringen tillsattes i krukor med jord insamlad från fält. Det fanns även en behandling där samtliga ämnen tillförts och en kontroll. Dessutom testades en jord köpt på en plantmarknad. Därefter såddes SW Ares i samtliga krukor som placerades i växthus. Efter ca fyra månader avslutades försöket, angreppsgraden av rotröta i rötterna bestämdes och därefter analyserades rötterna på näringsämnen. Resultaten från denna studie visar att tillförsel med mangan och zink troligen minskar sjukdomsutvecklingen av rotröta i rödkläver. Angreppen av rotröta minskade med ökad mangankoncentration i roten. En annan faktor som påverkar rotröta är den inre transporten, dvs. förhållandet mellan $[\text{ämne}]_{\text{skott}}/[\text{ämne}]_{\text{rot}}$ av mikronäringsämnen och aluminium. Sjukdomsangreppen minskade med en minskad inre transport i växten. Tillförsel av mangan och zink ökar mangankoncentrationen i roten och minskar den inre transporten av mikronäringsämnen. Ytterligare studier krävs för att fastställa om tillförsel av mangan och zink minskar sjukdomsutvecklingen av rotröta även hos andra sorter av rödkläver och om samma resultat erhålls under fältförhållanden.

Introduktion

Rödkläver (*Trifolium pratense* L.) har en central roll i slåttervallar i hela landet där den normalt odlas i blandning med vallgräs (Wallenhammar och Anderson, 2002). Halten rödkläver i blandvallar minskar med tiden (Frankow-Lindberg, 1989; Rufelt, 1986; Nykänen *et al.*, 2000) och att allmän rotröta är en orsak till detta är väl studerat och fastställt (Wallenhammar *et al.*, 2005; Wallenhammar *et al.*, 2008). Allmän rotröta orsakas av ett svampkomplex där de huvudsakliga svamparna är *Fusarium avenaceum*(rotröta), *Sclerotinia trifoliorum*(klöverröta), *Cylindrocarpon destructans*, *Phoma medicaginis* och *Pytium spp.* (Lager, 2003). Trots många studier av rotröta i rödkläver har man inte hittat någon lösning på problemet, annat än att försöka få fram resistent klöversorter.

Att det finns samband mellan växtsjukdomar och brist på mikronäringsämnen är känt (Engelhard, 1993; Walters & Bingham, 2007). I två tidigare studier, finansierade av Svenska Vallstiftelsens Fonder, har sambandet mellan halten av näringsämnen och angreppsgrad av rotröta undersökts. Resultaten från de två studierna visade att de ämnen som verkar kunna påverka rotrötans utveckling är koppar, mangan, zink och bor (Stoltz, 2009; Stoltz, ej publicerat). Dessa ämnen har i andra studier minskat utvecklingen av sjukdomsangrepp (Engelhard, 1993; Marschner, 1995).

Syftet var att undersöka om tillsats av olika mikronäringsämnen kan minska angrepp av rotröta i rödkläver.

Hypotesen var att tillförsel av mangan, zink, koppar och bor kan minska angreppen av rotröta i rödkläver.

Material och metod

Jord samlades in den 3 juni 2010 från ett fält på Åkerby, väster om Örebro. Föregående år odlades rödkläverfrö på det utvalda fältet, och plantor som då undersöktes var angripna av rotröta. Därmed säkrades förekomsten av svamparna som orsakar rotröta i jorden. Jorden blandades väl och prov uttogs för pH och jordartsanalys (tabell 1), därefter fördelades den i

krukor (2,55 l). Dessutom testades en köpt uppgödslad jord (Pindstrup plantesæk, Danmark) (tabell 1).

Tabell 1. Jordens egenskaper

	Enhet	fältjord	köpt jord ¹
pH		6,0	4,9
P-AL	mg/100g	5,8	70
K-AL	mg/100g	8,1	166,5
Mg-AL	mg/100g	11,4	166,0
K/Mg		0,7	1,0
Ca-AL	mg/100g	140	1448
K-HCl	mg/100g	58	169
P-HCl	mg/100g	36	79
Cu-HCl	mg/kg	5,2	11,3
B (tillgänglig halt)	mg/kg	0,3	2,8
Mn (total halt)	mg/kg	49,7	29,3
Zn (total halt)	mg/kg	15,4	24,1
mull	%	4,4	84,5
ler	%	11,0	0,8
silt	%	44,5	12,7
sand&grovm	%	40,1	2,0
Jordart		mmh l Mo	Mull jord

¹ I den köpta jorden är extraherbar halt detsamma som total halt.

Det fanns totalt sju olika behandlingar (tabell 2) med fyra upprepningar. Krukor med jord från fält behandlades genom bevattning av gödselmedel innehållande bor (B), mangan (Mn), koppar (Cu) eller zink (Zn) samt en blandning av alla mineralerna (tabell 2). Det fanns en kontrollbehandling med fältjord, som tillsammans med den köpta jorden, fick motsvarande mängd kranvatten vid samtliga behandlingstillfällen. Krukorna behandlades vid tre tillfällen med mikronäringsämnen eller kranvatten; vid sådd den 4 juni, den 8 juli och den 25 augusti. Samtliga krukor med jord från fält fick P-K (fosfor-kalium) 11-21 (% av respektive ämne) motsvarande 200 kg K ha⁻¹, för att säkerställa kaliumbehovet.

Tabell 2. Försöksbehandlingar

Beteckning	Ämne och gödselprodukt	Koncentration av respektive ämne vid blötläggning av frö (g/l)	Mängd av respektive ämne	
			per kruka och tillfälle ¹ (mg)	motsvarande mängd i fält (kg ha ⁻¹)
A. Kontroll	inget tillfört	-	-	-
B. B	B i Bortrac	0,42	0,75	1
C. Mn	Mn i Mn 235	0,10	1,88	2,5
D. Zn	Zn i Zintrac	0,42	0,75	1
E. Cu	Cu i Coptrac	0,25	4,5	6
F. Alla ämnen	ΣB-E	ΣB-E	ΣB-E	ΣB-E
G. Köpt jord	inget tillfört	-	-	-

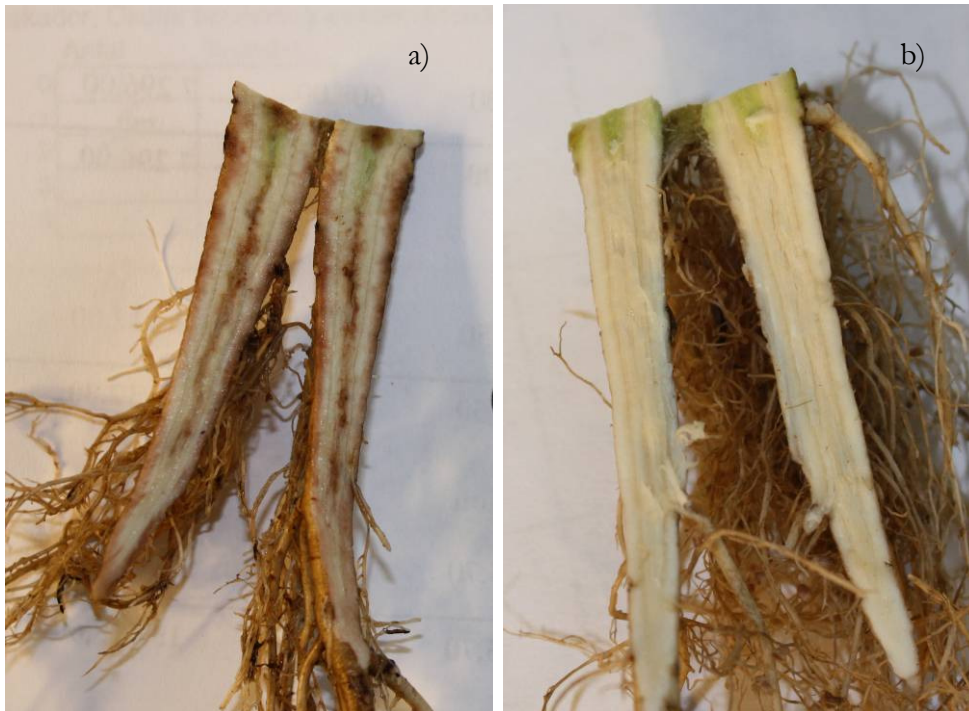
¹Varje kruka behandlades vid tre tillfällen (4 juni, 8 juli och 25 augusti)

Innan sådd blev rödklöverfrön (SW Ares) blötlagda i respektive produkt under tre timmar, koncentrationerna av respektive ämne visas i tabell 2.

Efter uppkomst gallrades plantorna så att varje kruka innehöll nio stycken plantor. Krukorna förvarades i växthus utan extra värme eller ljus över sommaren.

Krukorna tömdes den 12 oktober. Rötterna tvättades och de inre angreppen av rotröta graderades enligt Rufeldt (1986), vilket innebär att rötterna delades och graden mörkfärgning av rotens inre delar bestämdes och klassificerades därefter (figur 1). Av klassindelningen beräknades ett sjukdomsindex (SI) enligt formeln:

$$SI = \frac{((\text{Klass } 0 * 0) + (\text{Klass } 1 * 1) + (\text{Klass } 2 * 2) + (\text{Klass } 3 * 3) + (\text{Klass } 4 * 4)) * 100}{4 * \text{antal graderade plantor}}$$



Figur 1. a) Rödklöverrot som växt i köpt jord, b) rödklöverrot som växt i fältjord med manganbehandling. Foto: Eva Stoltz.

Rötterna och bladmassan torkades i rumstemperatur och vägdes. Därefter analyserades växtdelarna på: kväve (N), fosfor (P), kalium (K), kalcium (Ca), magnesium (Mg), mangan (Mn), koppar (Cu), zink (Zn), bor (B), järn (Fe), natrium (Na), svavel (S), aluminium (Al) (Eurofins Food & Agro AB, Kristianstad).

Den inre transporten av ämnen i växten beräknades genom förhållandet $\frac{[\text{ämne}]_{\text{skott}}}{[\text{ämne}]_{\text{rot}}}$. Ett högt värde visar på en stor transport från rot till skott medan ett lågt värde visar att en stor del av ämnet finns i roten.

Resultaten behandlades statistiskt med envägs-ANOVA följt av Tukeys HSD-metod för att identifiera skillnader mellan behandlingar. Linjära regressionsanalyser mellan sjukdomsindex och näringsämnen utfördes. All statistisk bearbetning utfördes med JMP 9.0 (SAS Institute, 2010).

Resultat

Tabell 3 visar koncentrationen i rot respektive skott av de uppmätta ämnena i plantor från de olika behandlingarna. Där visas även inre sjukdomsindex (SI) av rotröta i rötterna och torrviikt av respektive växtdel i krukorna. "Normala" värden (riktvärden) för skottkoncentrationer av växtnäringsämnen i rödklöver redovisas också i tabell 3.

Signifikanta skillnader av halter makronäringsämnen i roten hittades för kväve, fosfor och magnesium. Plantor som växt i den köpta jorden hade lägre kvävekoncentrationer i roten jämfört med fältjord med Cu- och Mn-behandlingarna (tabell 3). Plantor som växt i den köpta jorden hade högst halt av fosfor och magnesium i roten jämfört med övriga behandlingar. Det fanns även signifikanta skillnader för halten mikronäringsämnen i roten mellan behandlingarna. Plantor i den köpta jorden hade lägre koncentration mangan i roten än plantor med Zn-behandling. Koncentrationen koppar var lägst i rötter från plantor som växt i den köpta jorden. Borinnehållet var högre i rötter från krukor där alla ämnen tillsatts jämfört med kontrollen och behandlingarna med Cu, Mn och Zn. Järnhalten var lägst i roten i plantor från den köpta jorden, dock inte signifikant lägre än i plantor med Mn-behandling. Aluminiumkoncentrationen i plantor från köpt jord var lägst. Aluminiumkoncentrationen i rötter från Mn-behandlingen hade signifikant lägre halter jämfört med B- och Zn-behandlingen.

Tabell 3. Koncentration av ämnen i rot och skott av rödklöverplantor som växt i jord från fält som behandlats med olika mikronäringsämnen eller i inköpt jord.

Ämne	växtdel	Behandlingar							Rikt värden ²
		Kontroll	B	Cu	Mn	Zn	alla ämnen	köpt jord	
kväve	rot	2,9 ^{ab1}	2,7 ^{ab}	3,0 ^a	3,0 ^a	2,8 ^{ab}	2,9 ^{ab}	2,6 ^b	
fosfor	rot	0,3 ^b	0,4 ^b	0,3 ^b	0,4 ^b	0,3 ^b	0,3 ^b	0,7 ^a	
kalium	rot	1,1	1,5	1,2	1,3	1,4	1,2	1,0	
kalcium	rot	0,3	0,4	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	
magnesium	rot	0,3 ^b	0,3 ^b	0,3 ^b	0,3 ^b	0,3 ^b	0,3 ^b	0,4 ^a	
natrium	rot	0,26	0,27	0,14	0,24	0,26	0,21	0,30	
svavel	rot	0,3	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	
mangan	rot	22,5 ^{ab}	29,5 ^{ab}	24,5 ^{ab}	31,0 ^{ab}	33,3 ^a	29,0 ^{ab}	20,3 ^b	
koppar	rot	17,5 ^a	18,5 ^a	18,0 ^a	17,8 ^a	17,3 ^a	18,8 ^a	10,8 ^b	
zink	rot	20,8	21,3	19,3	20,8	22,0	19,5	24,8	
bor	rot	15,5 ^b	18,8 ^{ab}	16,3 ^b	16,0 ^b	15,8 ^b	20,0 ^a	17,8 ^{ab}	
järn	rot	893 ^a	1053 ^a	838 ^a	618 ^{ab}	1035 ^a	985 ^a	125 ^b	
aluminium	rot	1105 ^{ab}	1650 ^a	1235 ^{ab}	895 ^b	1550 ^a	1425 ^{ab}	110 ^c	
Vikt (g)	rot	4,9	3,8	5,2	4,5	4,6	4,8	4,5	
Inre SI	rot	11,5	12,9	13,4	8,9	9,4	9,4	15,5	
kväve	skott	3,4	3,1	3,3	3,3	3,4	3,4	3,2	3-4,5
fosfor	skott	0,3 ^b	0,3 ^b	0,3 ^b	0,3 ^b	0,3 ^b	0,3 ^b	0,4 ^a	0,3-0,6
kalium	skott	3,0	3,3	3,2	3,1	3,1	3,1	2,5	1,8-3,0
kalcium	skott	1,8 ^b	1,7 ^b	1,6 ^b	1,8 ^{ab}	1,7 ^b	1,7 ^b	2,0 ^a	2,0-2,6
magnesium	skott	0,4 ^b	0,4 ^b	0,4 ^b	0,4 ^b	0,4 ^b	0,4 ^b	0,5 ^a	0,2-0,6
natrium	skott	0,05 ^b	0,05 ^b	0,03 ^b	0,05 ^b	0,05 ^b	0,03 ^b	0,11 ^a	
svavel	skott	0,19 ^{ab}	0,20 ^{ab}	0,19 ^{ab}	0,18 ^b	0,19 ^{ab}	0,18 ^b	0,23 ^a	0,26-0,3
mangan	skott	43,0 ^b	46,8 ^b	48,0 ^b	51,3 ^b	43,8 ^b	47,5 ^b	69,5 ^a	
koppar	skott	19,3	19,0	18,8	17,0	17,3	17,0	12,0	8-15
zink	skott	40,5	44,8	39,0	37,8	41,3	35,8	48,8	18-80
bor	skott	38,8 ^c	50,8 ^a	38,5 ^c	40,0 ^c	37,5 ^c	46,8 ^{ab}	41,8 ^{bc}	30-80
järn	skott	315	688	475	315	285	288	165	30-250
aluminium	skott	528 ^{ab}	1388 ^a	620 ^{ab}	380 ^b	360 ^b	355 ^b	123 ^b	
Vikt (g)	skott	19,5	17,9	23,4	18,4	18,6	20,7	21,3	

¹Olika bokstäver visar signifikanta skillnader mellan behandlingarna (Tukeys HSD-test, $p < 0,05$).

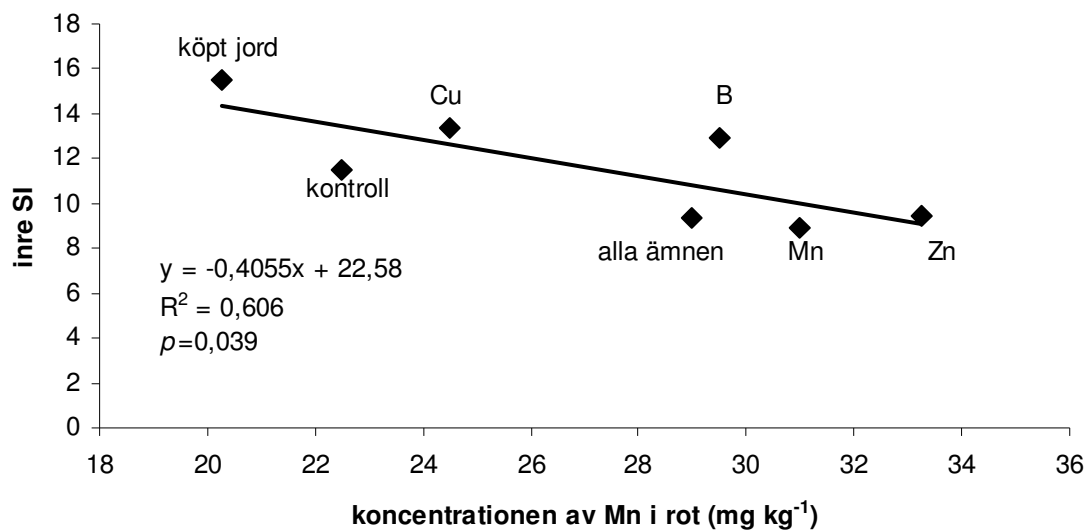
²Riktvärde från Jones *et al.* (1991).

I skottet var halterna av makronäringsämnena fosfor, magnesium och natrium högst i plantor från behandlingen med den köpta jorden (tabell 3). Kalciumkoncentrationen in skotten var också högst i plantor från den köpta jorden, dock ej skiljt från plantor med Mn-behandlingen. Svavelkoncentrationen var högre i skott från plantor med köpt jord jämfört med skott från

behandlingarna med Mn och alla ämnen. Mangankoncentrationen i skott var högst i plantor från den inköpta jorden. Koncentrationen av bor var högst i skott från B-behandlingen, dock ej skiljt från skott med behandlingen med alla ämnen. Borhalten var lägst i skott från växter i kontroll och behandling med Cu, Mn, Zn, och köpt jord men inte signifikant skiljt från plantor med behandlingen med alla ämnen (tabell 3). Aluminiumhalten var högst i skott från plantor som med B-behandlingen, signifikant högre än skott från behandlingarna med Mn, Zn, alla ämnen och köpt jord.

Inga signifikanta skillnader för inre SI hittades, inte heller mellan vikt av skott och rötter mellan behandlingarna (tabell 3).

Sambandet mellan medelvärdena av den inre SI av rottröta i de olika behandlingarna och koncentrationen av mangan i rötterna visas i figur 2. Vid högre koncentrationer mangan i roten sjunker sjukdomsindex. Inget signifikant samband mellan inre SI och något av de andra undersökta ämnena hittades.



Figur 2. Sambandet mellan behandlingarnas medelvärden av mangankoncentrationen i roten och inre SI (sjukdomsindex) av rottröta. Se tabell 1 för förklaring av behandlingsbeteckningarna.

Tabell 4 visar förhållandet $[\text{ämne}]_{\text{skott}} / [\text{ämne}]_{\text{rot}}$, dvs. storleken på transporten från rot till skott för respektive ämne. Transporten av fosfor var signifikant lägre i den inköpta jorden jämfört med övriga behandlingar utom Mn-behandlingen. För mangan och järn var transporten från rot till skott signifikant högre i den inköpta jorden jämfört med övriga behandlingar. Förhållandet var även högst i den köpta jorden för aluminium, dock inte signifikant högre än kontroll-, B- och Cu-behandlingarna.

Tabell 4. Förhållandet $[\text{ämne}]_{\text{skott}} / [\text{ämne}]_{\text{rot}}$, dvs. transporten av ämnen från rot till skott.

Ämne	växtedel	Behandlingar						
		Kontroll	B	Cu	Mn	Zn	alla ämnen	köpt jord
kväve	[skott]/[rot]	1,16	1,17	1,12	1,12	1,25	1,17	1,20
fosfor	[skott]/[rot]	0,84 ^{a1}	0,78 ^a	0,80 ^a	0,75 ^{ab}	0,85 ^a	0,85 ^a	0,64 ^b
kalium	[skott]/[rot]	2,64	2,31	2,60	2,44	2,24	2,74	2,48
kalcium	[skott]/[rot]	5,89	4,66	4,97	5,67	4,82	4,48	5,28
magnesium	[skott]/[rot]	1,56	1,37	1,54	1,42	1,33	1,44	1,37
natrium	[skott]/[rot]	0,21	0,23	0,21	0,19	0,21	0,19	0,41
svavel	[skott]/[rot]	0,67	0,52	0,73	0,52	0,58	0,67	0,65
mangan	[skott]/[rot]	1,96 ^b	1,65 ^b	2,02 ^b	1,73 ^b	1,34 ^b	1,66 ^b	3,54 ^a
koppar	[skott]/[rot]	1,15	1,51	1,04	0,98	1,00	0,91	1,12
zink	[skott]/[rot]	2,01	2,11	2,02	1,86	1,88	1,84	2,02
bor	[skott]/[rot]	2,52	2,72	2,37	2,51	2,38	2,35	2,36
järn	[skott]/[rot]	0,37 ^b	0,68 ^b	0,62 ^b	0,55 ^b	0,28 ^b	0,32 ^b	1,36 ^a
aluminium	[skott]/[rot]	0,46 ^{ab}	0,84 ^{ab}	0,54 ^{ab}	0,46 ^b	0,23 ^b	0,27 ^b	1,27 ^a

¹Olika bokstäver visar signifikanta skillnader mellan behandlingarna (Tukeys HSD-test, $p < 0,05$).

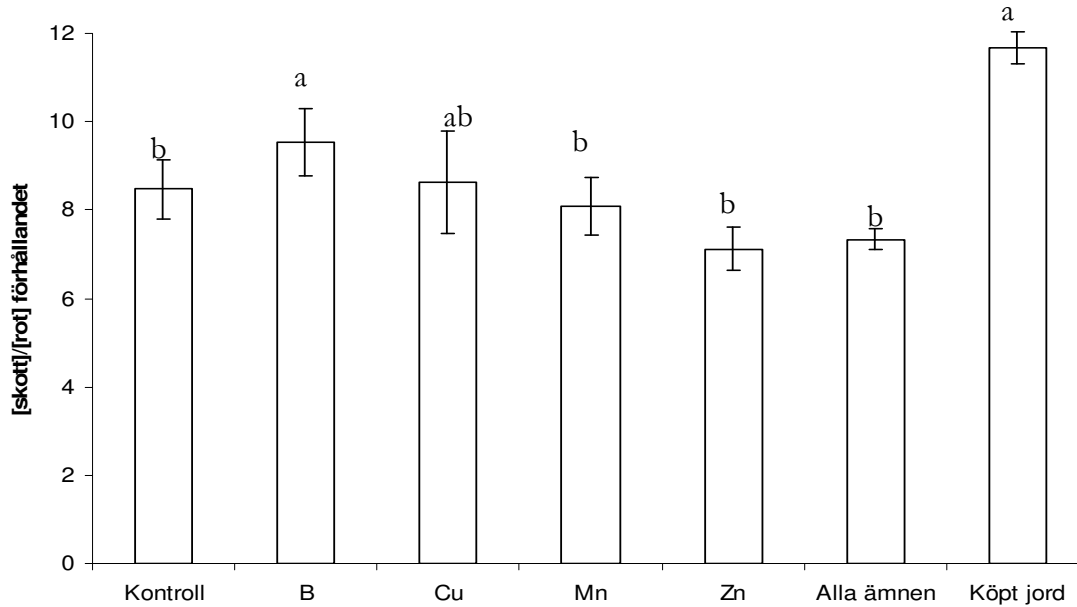
Tabell 5 visar sambanden (R^2 -värde och p -värde) mellan inre SI av rottröta och förhållandet $[\text{ämne}]_{\text{skott}} / [\text{ämne}]_{\text{rot}}$. Signifikanta positiva samband hittades mellan inre SI och natrium, mangan, järn och aluminium, dvs. ju större inre transport av ämnet från rot till skott, desto högre sjukdomsindex.

Tabell 5. Samband mellan inre SI (sjukdomsindex) av rottröta och förhållandet mellan skott- och rotkoncentrationen av uppmätta ämnen.

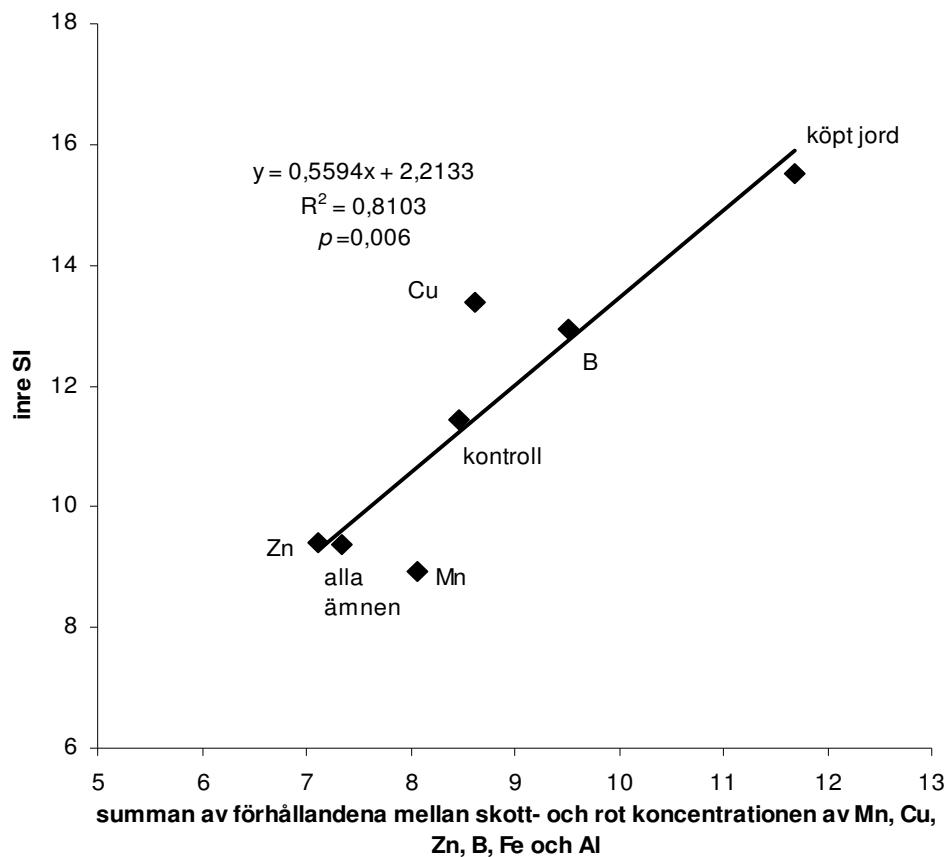
Ämne	R^2	p^1
kväve	0,0002	0,975
fosfor	-0,4189	0,116
kalium	0,0002	0,979
kalcium	0,0010	0,946
magnesium	0,0019	0,926
natrium	0,6006	0,041 ^{*1}
svavel	0,118	0,450
mangan	0,628	0,034 [*]
koppar	0,256	0,246
zink	0,683	0,022 [*]
bor	0,043	0,942
järn	0,694	0,020 [*]
aluminium	0,778	0,009 [*]

¹* visar signifikanta samband, $p < 0,05$.

Figur 3 visar summan av förhållandena $[\text{ämne}]_{\text{skott}} / [\text{ämne}]_{\text{rot}}$ av samtliga analyserade mikronäringsämnen och aluminium för de olika behandling, dvs. summan av transporten av mikronäringsämnen och aluminium från rot till skott. Den köpta jorden och B-behandlingen har större transport av mikronäringsämnen och aluminium jämfört samtliga övriga behandlingar, men inte signifikant skiljt från Cu-behandlingen. I figur 4 visas sambandet mellan inre SI och summan av förhållandet mellan rot- och skottkoncentrationen för samtliga mikronäringsämnen och aluminium. Figuren visar att ju högre inre av mikronäringsämnen och aluminium, desto högre sjukdomsangrepp.



Figur 3. Summan av förhållandena $[\text{ämne}]_{\text{skott}} / [\text{ämne}]_{\text{rot}}$ av mikronäringsämnen (mangan, koppar, zink, järn och bor) och aluminium i de olika behandlingarna. Se tabell 1 för förklaring av behandlingsbeteckningarna. Olika bokstäver visar signifikanta skillnader mellan behandlingarna (Tukeys HSD-test, $p < 0,05$).



Figur 4. Sambandet mellan behandlingarnas medelvärden av summan av $[\text{ämne}]_{\text{skott}} / [\text{ämne}]_{\text{rot}}$ för mangan, koppar, zink, bor, järn och aluminium och inre SI (sjukdomsindex) av rottröta. Se tabell 1 för förklaring av behandlingsbeteckningarna.

Diskussion

Resultaten överrensstämde delvis med hypotesen, dvs. att tillförsel av mangan, zink, koppar och bor kan minska angreppen av rottröta i rödklöver. Trots att inga signifikanta skillnader av inre sjukdomsindex (SI) mellan behandlingarna hittades visar resultaten starka tecken på att tillförsel av mangan, zink eller en blandning av samtliga ämnen hämmar rottrötans utveckling. Att tillförsel av samtliga ämnen ger samma effekt som tillförsel av mangan och zink beror troligtvis på att mangan och zink ingår i behandlingen med samtliga ämnen. Tillförsel av koppar eller bor tenderar istället till att öka inre SI.

Resultaten visar att inre sjukdomsindex av rottröta minskar med A) ökad mangankoncentration i roten (figur 2) och B) minskad transport av mikronäringsämnen och aluminium från rot till skott (figur 4). Behandlingarna med mangan eller zink eller en blandning av alla tillförda ämnen (mangan, zink, koppar och bor) hade högst mangankoncentrationer i roten (tabell 3) och lägst transport av mikronäringsämnen från rot till skott (figur 3, 4).

Koncentrationer av ämnen i olika växtdelar och den inre transporten av ämnen beror på olika faktorer. Växtarten spelar roll då olika växtarter som växer i samma växtsubstrat kan ha olika koncentrationer i skott och rot och kan därmed ha olika inre transport (Stoltz and Greger, 2005; Harrington *et al.*, 2006). Även koncentrationen av ämnen i en och samma art som växer i olika växtsubstrat kan variera (Stoltz & Greger, 2006). Variationen är då oftast större i rötterna än i skottet (Stoltz and Greger, 2005), troligtvis beroende på mekanismer i växten för att skydda ovanjordiska delar från toxiska koncentrationer då nivåerna blir för höga vilket har visats för ämnen som kadmium (Coughtrey & Martin, 1978).

Resultaten visar att tillförsel av ett ämne påverkade även upptaget av andra ämnen. Tillförsel av Zn ökade mangankoncentrationen i roten något (dock ej signifikant) (tabell 3). Ett annat exempel är B-behandlingen som till viss del ökade koncentrationen av bland annat järn och aluminium i både skott och rot (tabell 3). Detta överrensstämmer med tidigare studier, där borgödsling till åkerböna (*Vicia Faba* L.) resulterade i ökade koncentrationer av järn, mangan, koppar och bor i bladen (Shaaban *et al.* 2006). Variationer av ämnens koncentrationer i skott och rot leder till skillnader i växtens inre transport (Stoltz & Greger, 2002). Tillförsel av ett ämne kan därmed både påverka andra ämnens koncentration samt transporten av dem vilket visas i tabell 4.

I den köpta jorden var tillgängligheten växtnäringsämnena mycket hög då den extraherbara halten var samma som den totala (tabell 1). Det är möjligt att den höga tillgängligheten bidrog till en hög rörlighet och därmed hög inre transporten av mikronäringsämnen och aluminium i växten (figur 3, 4). Det högsta värdet på inre SI hittades i den köpta jorden, därmed måste svamparna som orsakar rottröta finns i den köpta jorden eller vara utsädesburna.

Tabell 3 visar att tillförseln av ett specifikt ämne inte behöver betyda att plantan tar upp mer av just det ämnet jämfört med en obehandlad planta, som tex. för kopparbehandlingen som inte hade högre halter koppar i varken skott eller rot jämfört med övriga behandlingar i jorden från fält. Detta kan bero på att det inte råder brist på ämnet i fråga i rödklöverplantan vilket är mellan 8-15 mg kg⁻¹ i skott (tabell 3). Nivåerna i skottet för de flesta uppmätta ämnen var inom riktvärdena för respektive ämne. De uppmätta värdena i rödklöverskotten var något lägre för kalcium och något högre för koppar och järn jämfört med riktvärden (tabell 3).

Slutsats

Sammanfattningsvis visar resultaten att tillförsel av mangan och zink kan minska utvecklingen av rottröta i rödklöver. Även en kombination av bor, koppar, zink och mangan har liknande effekt på rottröta, men detta kan bero på att mangan och zink ingår i blandningen. Resultaten visar att dessa behandlingar ökar mangankoncentrationen i rötterna samt minskar den inre transporten från rot

till skott av fler ämnen vilket leder till minskade angrepp av rotröta i rödklöver. Tillförsel av koppar och bor hade ingen eller motsatt effekt genom att de bidrar till en ökad inre transport i växten och därmed ökar angreppen av rotröta.

Ytterligare studier behövs för att undersöka om tillförsel av zink och mangan hämmar utvecklingen av rotröta i rödklöver i fler olika jordarter samt inverkan av den inre transporten av mikronäringsämnen och aluminium.

Referenser

- Coughtrey, P.J. & Martin, M.H. 1978. Cadmium uptake and distribution in tolerant and nontolerant population of *Holcus lanatus* grown in solution culture. *Oikos* 30, 555-560.
- Engelhard, AW 1993 Soilborne plant pathogens: Management of diseases with macro- and microelements. The American Phytopathological Society, USA.
- Frankow-Linberg, B. E. 1989. The effect of nitrogen and clover proportion on yield of red clover-grass mixtures. XVI International Grassland Congress. Nice. 173-174.
- Harrington, K.C., Thatcher, A. & Kemp, P.D. 2006. Mineral composition and nutritive value of some common pasture weeds. *New Zealand Plant Protection* 59, 261-265.
- Jones Jr., B., Wolf, B. & Mills, H.A. 1991. Plant Analysis Handbook 1. Methods of Plant Analysis and Interpretation. Macro-Micro Publishing, Inc.
- Lager, J. 2002. Soil-borne diseases in intensive legume cropping. SLU. Enheten för växtpatologi och biologisk bekämpning. Doktorsavhandling. *Agraria* 362.
- Marschner, H. 1995. Mineral Nutrition of Higher Plants. Academic Press, London.
- Nykänen, A. Granstedt, A., Laine, A. & Kunttu, S., 2000. Yields and clover contents of leys of different ages in organic farming in Finland. *Biological Agriculture & Horticulture* 18, 5-66.
- Ruefelt, A. 1986. Studies on *Fusarium* root rot of red clover (*Trifolium pratense* L.) and the potential for its control. Sveriges Lantbruksuniversitet. Inst, för växt- och skogsskydd, Uppsala. Doktorsavhandling. 33 s.
- Stoltz, E. 2009. Kan hög halt av mangan i rödklöver motverka allmän rotröta? Svenska Vallbrev, Nr 1.
- Stoltz, E. & Greger, M. 2002. Accumulation properties of As, Cd, Cu, Pb and Zn by four wetland plant species growing on submerged mine tailings. *Environmental and Experimental Botany* 47, 271-280.
- Stoltz, E. & Greger, M. 2005. Effects of different wetland plant species on fresh unweathered sulphidic mine tailings. *Plant and Soil* 276, 251-261.
- Stoltz, E. & Greger, M. 2006. Release of metals and arsenic from various mine tailings by *Eriophorum angustifolium*. *Plant and Soil* 289, 199-210.
- Wallenhammar, A-C., Adolfsson, E., Engström M., Henriksson, M., Lundmark, M., Roempke, G. and Ståhl, P. 2005. Field Surveys of Fusarium Root Rot in Organic Red Clover Leys. NJF-Seminar 369. Organic Farming for a new Millenium- status an urutre challenges. Swedish University of Agricultural Sciences, Alnarp, Sweden. June 15-17, 2005. 197-199.
- Wallenhammar, A-C., and Anderson, LE. 2002. Organic Production of Quality Spring Wheat Following a Clover Ley. In: Proceedings of 14th IFOAM Organic World Congress, Victoria , 21-24 August, Canada. Wallenhammar, A.-C., Nilsson-Linde, N., Jansson, J. Stoltz, E. & L.-Baeckström, G. 2008. Influence of root rot on the sustainability of grass/legume leys in Sweden. *Grassland Science in Europe* 13, 341-343.
- Wallenhammar, A-C., Nilsson-Linde, N., Jansson, J. Stoltz, E. & L.-Baeckström, G. 2008. Influence of root rot on the sustainability of grass/legume leys in Sweden. *Grassland Science in Europe* 13, 341-343.