

Rapport för projekt: V11-0026-SVF

Mangan och zink kan hämma rotröta hos rödklöver

Eva Stoltz & Ann-Charlotte Wallenhammar
HS Konsult AB, Box 271, 701 45 Örebro
2012-03-09



Foto: Eva Stoltz



Sammanfattning

Rödklöver (*Trifolium pratense* L.) har en central roll i Svenska slåttervallar. Allmän rotröta i rödklöver bidrar till att rödklöverhalten 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 och zink kan minska utvecklingen av rotröta i rödklöver (SW Ares (2n)). Syftet var att undersöka om tillförsel av mangan och zink minskar utvecklingen av rotröta i rödklöversorten SW Nancy (4n). Mikronäringen tillfördes dels genom att blötlägga frön och dels genom bevattning av krukor efter sådd. Jorden som användes var insamlad från fält. Dessutom testades en jord köpt på en plantmarknad. Krukorna placerades i växthus. Efter ca fyra månader avslutades försöket, angreppsgraden av rotröta i rötterna bestämdes och därefter analyserades rötterna på näringsämnen. Resultaten visar att tillförsel med mangan och zink inte hade någon effekt på sjukdomsutvecklingen av rotröta i rödklöversorten SW Nancy. Ytterligare studier krävs för att identifiera skillnader i mikronäringsupptag i olika rödklöversorter.

Introduktion

Rödklöver (*Trifolium pratense* L.) har en central roll i slåttervallar i hela landet där den normalt odlas i blandning med vallgräs (Wallenhammar och Anderson, 2002). Angrepp av rotröta i rödklöver är ett stort problem vilket orsakar en minskning av andelen rödklöver i vallen över tiden (Wallenhammar *et al.* 2008).

Att det finns samband mellan växtsjukdomar och brist på mikronäringsämnen är känt (Engelhard, 1993; Walters & Bingham, 2007). Sambandet mellan halten av näringsämnen och angreppsgrad av rotröta har tidigare undersökts i plantor insamlade från fält. Resultaten visade att lätt angripna rötter (index 25-39) hade högre halter av mangan och zink (25 mg kg⁻¹ respektive 16 mg kg⁻¹), i jämförelse med svårt angripna rötter (index 65-100 med halterna 10 mg kg⁻¹ mangan och 13 mg kg⁻¹ zink) (Stoltz, 2009; Stoltz & Wallenhammar, 2010). Tillförsel av mangan och zink till rödklöverplantor (SW Ares) odlade i krukor visade att angreppen av rotröta minskar (Stoltz & Wallenhammar, 2011).

Mangan är ett ämne som är viktigt i växtens försvarssystem (Marschner, 1995) och tillförsel av ämnet hämmar bland annat rotdödare i vete (Huber & McCay-Buis, 1993). Även zink ingår i enzymer som ingår i växters försvarssystem (Marschner, 1995). Tidigare studier har visat att zink hämmar angrepp av rotröta i tomat (Duffy & Défago, 1997).

I de tidigare studierna där inverkan av mikronäringsämnen på rotröta i rödklöver undersökts har den diploida sorten SW Ares använts. Tetraploida rödklöversorter har ett annat växtsätt med en större ovanjordisk biomassa och därmed troligtvis ett större behov av mikronäringsämnen än diploida sorter.

Syftet var att undersöka om tillförsel av zink och mangan minskar angrepp av rotröta i den tetraploida rödklöversorten SW Nancy.

Hypotesen var att tillförsel av zink och mangan minskar utvecklingen av rotröta i SW Nancy.

Material och metod

Jord samlades in i början av juni 2011 från ett fält på Åkerby, väster om Örebro. Föregående år odlades rödklöverfrö på det utvalda fältet och plantor som då undersöktes var angripna av rotröta. Därmed säkrades förekomsten av de jordbundna patogenerna 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 inköpt, uppgödslad planeringsjord (Pindstrup plantesæk, Danmark) (tabell 1).

Tabell 1. Jordens egenskaper

	Enhet	Fältjord	Planeringsjord
pH		5,8	4,9
P-AL	mg 100g ⁻¹	6,4	70
K-AL	mg 100g ⁻¹	10,6	166,5
Mg-AL	mg 100g ⁻¹	14,0	166,0
K/Mg		0,8	1,0
Ca-AL	mg 100g ⁻¹	99	1448
K-HCl	mg 100g ⁻¹	54	169
P-HCl	mg 100g ⁻¹	40	79
Cu-HCl	mg kg ⁻¹	7,6	11,3
B (tillgänglig halt)	mg kg ⁻¹	0,4	2,8
Mn (total halt)	mg kg ⁻¹	51,1	29,3
Zn (total halt)	mg kg ⁻¹	12,4	24,1
Mull	%	4,3	84,5
Ler	%	7,0	0,8
Silt	%	54,5	12,7
Sand&grovmo	%	34,2	2,0
Densitet	kg l ⁻¹	1,2	0,28
Jordart		mmh I Mo	M

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

Fyra olika behandlingar jämfördes (tabell 2) med fyra upprepningar. Krukor med jord från fält behandlades genom bevattning av gödselmedel innehållande mangan (Mn) eller zink (Zn) samt en blandning av Mn och Zn (tabell 2). Kontrollbehandling utgjordes av fältjord, som tillsammans med inköpta planeringsjorden fick motsvarande mängd kranvatten vid samtliga behandlingstillfällen. Krukorna behandlades vid tre tillfällen med mikronäringsämnen eller kranvatten; vid sådd den 7 juni, den 1 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. Mn	Mn i Mn 235	0,10	1,88	2,5
C. Zn	Zn i Zintrac	0,42	0,75	1
D. Mn + Zn	ΣB-E	ΣB-C	ΣB-C	ΣB-C
E. Planeringsjord	inget tillfört	-	-	-

¹Varje kruka behandlades vid tre tillfällen (7 juni, 1 juli och 25 augusti)

Innan sådd blev rödklöverfrön av sorten SW Nancy (4n) 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 14 oktober. Rötterna tvättades och de inre angreppen av rottröta graderades enligt Rufelt (1986), vilket innebär att rötterna delades och graden mörkfärgning av rotens inre delar bestämdes och klassificerades därefter i fem klasser (klass: 0, 1, 2, 3 och 4). Av klassindelningen beräknades ett sjukdomsindex (SI) enligt formeln:

$$SI = \frac{\sum ((0 \cdot X_0) + (25 \cdot X_1) + (50 \cdot X_2) + (75 \cdot X_3) + (100 \cdot X_4))}{N}$$

Där X är antalet rötter i varje klass och N det totala antalet undersökta rötter per kruka (upprepning).

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 $[\text{ämne}]_{\text{skott}} / [\text{ämne}]_{\text{rot}}$. 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. Även inre sjukdomsindex (SI) av rottröta i rötterna, torrviikt av respektive växtdel samt "Normala" värden (riktvärden) för skottkoncentrationer av växtnäringsämnen i rödklöver redovisas.

Signifikanta skillnader av halter makronäringsämnen i roten hittades för K, Ca och Mg. Kaliumkoncentrationen i rötterna var signifikant högre i plantor från kontroll och Mn + Zn-behandlingen jämfört med behandlingen med köpt jord. Koncentrationen av Ca var högst i kontrollbehandlingen, signifikant högre än för plantor i köpt jord. Plantor som växt i den köpta jorden hade signifikant högre magnesiumkoncentrationer i roten jämfört med övriga behandlingar (tabell 3).

Det fanns även signifikanta skillnader i halten mikronäringsämnen i roten mellan behandlingarna. Koncentrationerna av mangan var signifikant högre i plantor från kontroll och Mn+Zn-behandlingen jämfört med köpt jord. Rotkoncentrationen av koppar och zink var signifikant högre i plantor från kontrollen jämfört med plantor från den köpta jorden. För järn och aluminium var rotkoncentrationen signifikant högre i samtliga behandlingar med fältjord jämfört med den köpta jorden. Undantaget var järnkoncentrationen i rötterna på plantor från fältjord med Zn-behandlingen inte var signifikant skild från någon annan behandling.

I skotten var koncentrationen av makronäringsämnet K signifikant högre i kontrollen jämfört med plantor från behandlingen med köpt jord. För kalium, magnesium och natrium var skottkoncentrationen högst i plantor från den köpta jorden jämfört med övriga behandlingar. Skottkoncentrationen av mikronäringsämnen mangan och bor var signifikant högre i plantor från den köpta jorden jämfört med övriga behandlingar.

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

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	Växtedel	Behandlingar				Köpt jord	Rikt värden ²
		Kontroll	Mn	Zn	Mn + Zn		
Inre SI	rot	14,4	14,4	10,6	15,6	17,1	
Vikt (g kruka ⁻¹)	rot	1,78	2,03	2,05	1,83	2,00	
Kväve	rot	2,83	2,90	2,78	2,80	2,65	
Fosfor	rot	0,50	0,51	0,50	0,54	0,59	
Kalium	rot	1,68 ^a	1,50 ^{ab}	1,35 ^{ab}	1,68 ^a	0,51 ^b	
Kalcium	rot	0,54 ^a	0,44 ^{ab}	0,42 ^{ab}	0,42 ^{ab}	0,35 ^b	
Magnesium	rot	0,32 ^b	0,29 ^b	0,28 ^b	0,28 ^b	0,43 ^a	
Natrium	rot	0,58	0,56	0,57	0,50	0,69	
Svavel	rot	0,45	0,43	0,40	0,43	0,41	
Mangan	rot	42,3 ^a	38,3 ^{ab}	32,5 ^{ab}	44,5 ^a	18,5 ^b	
Koppar	rot	22,5 ^a	18,0 ^{ab}	19,5 ^{ab}	18,5 ^{ab}	14,0 ^b	
Zink	rot	36,5 ^a	25,5 ^{ab}	27,0 ^{ab}	31,3 ^{ab}	20,0 ^b	
Bor	rot	25,0	21,8	20,5	22,3	18,5	
Järn	rot	685 ^a	470 ^a	370 ^{ab}	460 ^a	113 ^b	
Aluminium	rot	810 ^a	768 ^a	600 ^a	635 ^a	99 ^b	
Vikt (g kruka ⁻¹)	skott	6,0	5,7	7,9	5,5	6,4	
Kväve	skott	4,03	4,28	4,08	4,38	4,55	3-4,5
Fosfor	skott	0,37	0,40	0,39	0,42	0,47	0,3-0,6
Kalium	skott	5,40 ^a	3,95 ^{ab}	4,00 ^{ab}	4,55 ^{ab}	2,05 ^b	1,8-3,0
Kalcium	skott	1,35 ^b	1,35 ^b	1,33 ^b	1,30 ^b	1,68 ^a	2,0-2,6
Magnesium	skott	0,45 ^b	0,41 ^b	0,39 ^b	0,36 ^b	0,59 ^a	0,2-0,6
Natrium	skott	0,05 ^b	0,03 ^b	0,04 ^b	0,03 ^b	0,17 ^a	
Svavel	skott	0,28	0,31	0,29	0,29	0,32	0,26-0,3
Mangan	skott	63,5 ^b	66,8 ^b	59,5 ^b	60,0 ^b	91,3 ^a	
Koppar	skott	19,0	18,8	23,8	16,8	19,5	8-15
Zink	skott	47,0	50,8	70,0	47,8	59,8	18-80
Bor	skott	35,0 ^b	34,5 ^b	34,5 ^b	35,5 ^b	49,8 ^a	30-80
Järn	skott	190	225	480	120	105	30-250
Aluminium	skott	186	218	458	107	46	

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

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

Tabell 4 visar förhållandet [ämne]_{skott} / [ämne]_{rot}, dvs. storleken på transporten från rot till skott för respektive ämne.

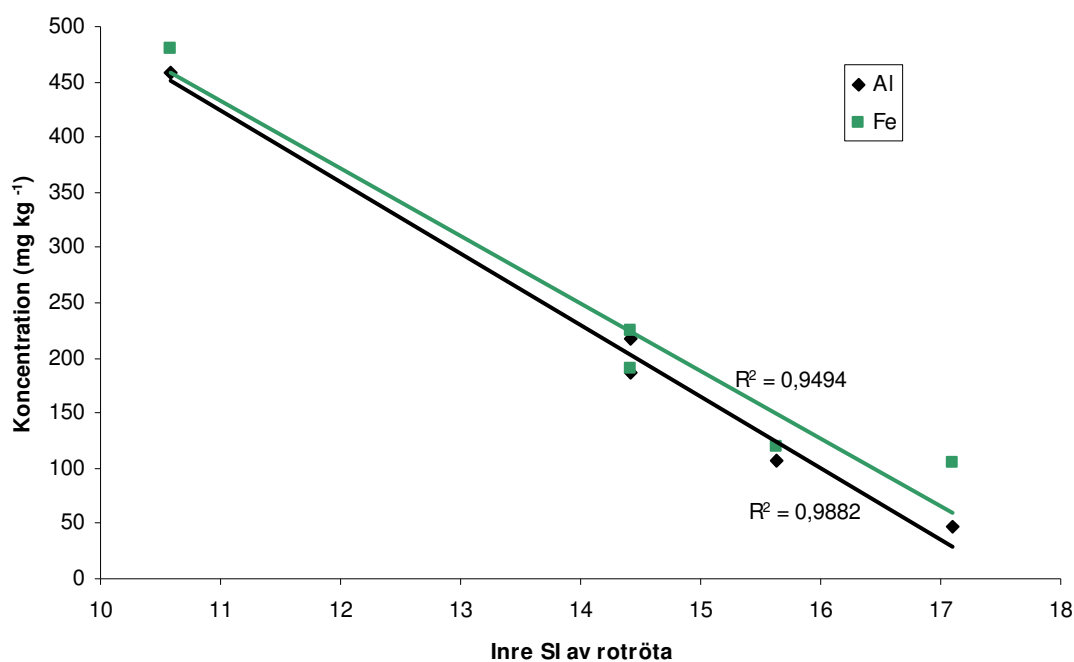
Transporten av kalium, kalcium, natrium, mangan och bor var högst i plantor som växt i köpt jord. Dock var inte skillnaden signifikant i plantor från kontrollen för kalium och från kontroll och Zn-behandlingen för natrium.

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

Ämne	växtedel	Behandlingar				
		Kontroll	Mn	Zn	Mn + Zn	köpt jord
Kväve	[skott]/[rot]	1,43	1,48	1,48	1,57	1,72
Fosfor	[skott]/[rot]	0,73	0,78	0,77	0,78	0,81
Kalium	[skott]/[rot]	3,38 ^{ab}	2,65 ^b	3,02 ^b	2,72 ^b	4,09 ^a
Kalcium	[skott]/[rot]	2,72 ^b	3,07 ^b	3,15 ^b	3,12 ^b	4,87 ^a
Magnesium	[skott]/[rot]	1,40	1,41	1,43	1,29	1,38
Natrium	[skott]/[rot]	0,10 ^{ab}	0,06 ^b	0,08 ^{ab}	0,06 ^b	0,29 ^a
Svavel	[skott]/[rot]	0,62	0,71	0,76	0,69	0,79
Mangan	[skott]/[rot]	1,60 ^b	1,75 ^b	1,90 ^b	1,41 ^b	5,07 ^a
Koppar	[skott]/[rot]	0,90	1,05	1,22	0,91	1,42
Zink	[skott]/[rot]	1,39	2,01	2,63	1,55	3,00
Bor	[skott]/[rot]	1,42 ^b	1,59 ^b	1,70 ^b	1,63 ^b	2,72 ^a
Järn	[skott]/[rot]	0,36	0,48	1,45	0,27	0,94
Aluminium	[skott]/[rot]	0,26	0,30	0,83	0,17	0,50

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

Linjära samband mellan inre SI av rottröta och rot- och skottkoncentrationer samt förhållandet mellan $[\text{ämne}]_{\text{skott}} / [\text{ämne}]_{\text{rot}}$, analyserades. De linjära sambanden som hittades var att inre SI minskade med ökat innehåll av järn och aluminium i skottet.



Figur 1. Samband mellan inre sjukdomsindex (SI) av rottröta och skottkoncentrationen av aluminium och järn.

Diskussion

Resultaten överrensstämde inte med hypotesen, dvs. att tillförsel av mangan och zink minskar angreppen av rotröta i tetraploid rödklöver. Sjukdomsindex (SI) var visserligen lägst i behandlingen där Zn tillförts men skillnaden var inte signifikant.

Resultaten visar att tetraploid rödklöver skiljer sig från diploid rödklöver vid tillförsel av mangan och zink. Tidigare undersökningar i SW Ares visade att förekomsten av rotröta minskade vid tillförsel av mangan och zink genom ökad Mn koncentration i roten och minskad inre transport av mikronäringsämnen (Stoltz & Wallenhammar, 2011).

Trots tillförsel av mangan och zink i SW Nancy fanns inga förhöjda koncentrationer av ämnena i rötterna (tabell 3). Inte heller minskade den inre transporten av mikronäringsämnen genom tillförsel av de båda ämnena i fältjorden (tabell 4). Plantor i planteringsjorden hade högst SI i rötterna och högst inre transport, vilket överrensstämmer med tidigare studie (Stoltz & Wallenhammar, 2011). Trots höga kaliumkoncentrationer planteringsjorden var rot och skottkoncentrationen lägre jämfört med plantorna i fältjorden (tabell 3).

Fältjordens egenskaper var jämförbara med jorden som användes i den tidigare studien med SW Ares och utförandet var detsamma. Skillnader mellan tidigare studier är att rotkoncentrationerna av mangan och zink samt skottkoncentrationen av mangan var högre i behandlingarna med fältjorden i SW Nancy jämfört med SW Ares. Detta skulle kunna bero på att plantorna var mindre och transpirerade bort mindre mängd vatten. Torrvikten av skott och rot i SW Nancy var ca 2 g respektive 6-8 g per kruka, motsvarande vikter av SW Ares var 4-5 respektive 18-21 g per kruka (Stoltz & Wallenhammar, 2011). På så sätt kan jorden ha varit fuktigare i försöken med SW Nancy vilket kan bidra till en högre tillgänglighet av ämnena och därmed ett högre upptag (Schnoor, 1996).

En förklaring till sambanden mellan järn och aluminiumkoncentrationen i skotten och SI har inte hittats.

Det finns ytterligare förklaringar till varför effekten av mangan och zink tillförsel skiljer sig mellan SW Ares och SW Nancy. Upptag och transport av ämnen kan skilja sig mellan sorter av samma art (Landberg & Greger, 1996) och därmed bidra till att effekterna av mangan och zink är olika. Det kan också bero på att rotröta består av flera olika patogener (Rufelt 1986, Leath et al. 1989, Lager & Gerhardson 2002). Därmed kan det vara olika svampar som dominerar, i respektive rödklöversort. De olika svamparna kan påverkas på olika sätt av mangan- och zinktilförsel.

Slutsats

Sammanfattningsvis visar resultaten att tillförsel av mangan och zink inte minskar utvecklingen av rotröta i SW Nancy. Inga samband mellan angreppsgraden av rotröta och mangan- och zinkkoncentrationer i rötterna eller av den inre transporten av ämnena hittades.

Ytterligare studier behövs för att identifiera skillnader i mikronäringsupptag i olika rödklöversorter. Även undersökningar krävs för att undersöka vilka patogener som dominerar rotröta i olika sorters rödklöver.

Referenser

- Duffy, B.K. and D efago, G. 1997. Zinc Improves Biocontrol of Fusarium Crown and Root Rot of Tomato by *Pseudomonas fluorescens* and Represses the Production of Pathogen Metabolites Inhibitory to Bacterial Antibiotic Biosynthesis. *Phytopathology* 87, 1250-1257.
- Engelhard, AW 1993 Soilborne plant pathogens: Management of diseases with macro- and microelements. The American Phytopathological Society, USA.
- Huber, D.M. and McCay-Buis, T.S. 1993. A multiple component analysis of the Take-all disease of cereals. *Plant Disease* 77, 437-447.
- Jones Jr., B., Wolf, B. & Mills, H.A. 1991. Plant Analysis Handbook 1. Methods of Plant Analysis and Interpretation. Macro-Micro Publishing, Inc.
- Landberg, T. Greger, M., 1996. Differences in uptake and tolerance to heavy metal in *Salix* from unpolluted and polluted areas. *Appl. Geochem.*, 11: 175-180.
- Marschner, H. 1995. Mineral Nutrition of Higher Plants. Academic Press, London.
- Rufelt, A. 1986. Studies on *Fusarium* root rot of red clover (*Trifolium pratense* L.) and the potential for its control. Sveriges Lantbruksuniversitet. Inst, f r v xt- och skogsskydd, Uppsala. Doktorsavhandling. 33 s.
- Schnoor, J. L. 1996. Modeling trace metals. In: Environmental modelling – Fate and transport of pollutants in water, air, and soil, pp 381-451. John Wiley & Sons, Inc. U.S.
- Stoltz, E. 2009. Kan h g halt av mangan i rödklöver motverka allm n rotröta? Svenska Vallbrev, Nr 1.
- Stoltz, E. & Wallenhammar, A-C. 2010. The incidence of root rot in red clover may be influenced by mineral nutrition. NJF Report, Vol. 6, p 25-28. NJF seminar 432, The potential of forage legumes to sustain a high agricultural productivity – a Nordic perspective. Hvanneyri, Iceland, 20-22 June 2010.
- Stoltz, E. & Wallenhammar, A-C. 2011. Mikronäringsämnen kan h mma rotröta hos rödklöver. Slutrapport f r projekt V10-0032-SVF, KSLA.
- 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.-Baekstr m, 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.-Baekstr m, G. 2008. Influence of root rot on the sustainability of grass/legume leys in Sweden. *Grassland Science in Europe* 13, 341-343.
- Walters, DR & Bingham, IJ. 2007 Influence of nutrition on disease development caused by fungal pathogens: implications for plant disease control. *Ann. Appl. Biol.* 151, 307-324.