

Slutrappport

Mineraltillskott i kontrollen av *Haemonchus contortus* hos får i ekologisk produktion

En svensk studie av parasitinfektioner i ekologiska fårbesättningar visade att inälvparasiter, särskilt *Haemonchus contortus* är ett vanligt problem (10). Antalet kliniska fall och dödsfall beroende på denna parasit har ökat de senaste åren. Epidemiologiska studier har visat att *H. contortus* övervintrar nästan uteslutande inne i värdjuret, i sitt larvstadium (15). Att det finns resistens mot benzimidazol-anthelmintika i *H. contortus*-infektioner i svenska fårbesättningar är känt (11). Alternativa bekämpningsmetoder torde vara av stort intresse.

I den studie som nämns ovan (10) gjordes iakttagelsen att i besättningar som fick mineralfoder med koppartillskott var lammens utskiljning av parasitägg i slutet av sommaren lägre än i besättningar som inte fick mineraler eller fick mineraler utan koppartillsats. Nya Zeeländska forskare har visat att kapslar med kopparoxid haft en hög anthelmintisk effekt mot *H. contortus* (1, 2, 13). Liknande resultat har även erhållits i t ex Brasilien (12), Australien (8) och Mexico (3).

Målet för den studie som redovisas här var att undersöka specifika anti-*H. contortus*-effekter vid utfodring med olika koppartillskott till lamm. Studien gjordes på stall, år 1, för att ha full kontroll på parasitinfektioner och utfodring. En studie på bete gjordes också, år 2.

År 1 - stallstudie

Material och metoder

Försöksupplägg

Trettiosex tacklamm (korsningar av vit lantras och texel) ingick i stallstudien. De var födda i maj-juni och gick på bete under sommaren. I slutet av augusti avmaskades lammen med fenbendazol och flyttades till ett parasitfritt bete där de gick i tre veckor. Därefter stallades de in och försöket började två veckor senare. Under tiden på stall fick lammen fri tillgång till hö, kompletterat med korn och sojamjöl. De delades in i följande försöksgrupper med sex djur i varje:

Grupper med etablerad parasitsmitta

Hälften av lammen infekterades vid försöksstarten med larver i L3-stadium (1200 stycken tre gånger per vecka i två veckor, totalt 7200 L3). Detta gjordes för att erhålla en population av adulta parasiter vid tiden för kopparbehandlingen. Under de första sex veckorna av försöket fick dessa lamm mineralfoder utan koppar. Vecka 7 delades lammen på följande försöksbehandlingar:

Grupp 1 – Kontroll = mineralfoder utan koppar, daglig giva

Grupp 2 – Koppertillskott = mineralfoder med koppar, daglig giva

Grupp 3 – Koppertillskott = kopparkapsel i början av vecka 7, inget mineralfoder.

Grupper med parasiter i larvstadium

Resterande 18 lamm infekterades med parasiter i L3-stadium under en längre tid (400 L3 tre gånger per vecka i sex veckor, totalt 7200 L3). Dessa lamm var indelade i följande tre behandlingar:

Grupp 4 – Kontroll = mineralfoder utan koppar, daglig giva

Grupp 5 – Koppartillskott = mineralfoder med koppar, daglig giva

Group 6 – Koppartillskott = kopparkapsel, i början av vecka 1, inget mineralfoder.

Alla lamm slaktades tio veckor efter försökets början, för provtagning av maginnehållet.

Parasitlarver för infektion

Infektiva larver (L3) erhöles från kulturer som odlats från träckprov tagna i flera ekologiska fårbesättningar. Larverna lagrades i femgradigt vatten som byttes varannan vecka. När larverna togs ut för användning konstaterades >95% L3-motilitet.

Artsammansättningen uppskattades vara 60% *Haemonchus contortus*, 20% *Trichostrongylus spp.*, 10% *Teladorsagia circumcincta* samt en liten andel *Cooperia spp.*, *Nematodirus spp.* och *Chabertia ovina*. Larvernas antal beräknades och späddes i ovan angivna koncentrationer. Själva infekteringen gjordes till varje lamm med en speciell ingivare. Behållaren vändes under hela proceduren, så att larverna hölls jämnt i lösningen.

Använda kopparpreparat

Det mineralfoder som användes var en vanligt förekommande blandning (Effekt Fårmineral[®], Lactamin), som finns såväl med som utan koppartillsats (250 mg Cu/ kg). Av detta utfodrades 10g per djur och dag tillsammans med kraftfodret, enligt försöksplanen ovan. Lammen i grupperna 3 och 6 fick en 4g kopparoxid-kapsel (Copinox[®], Bayer Animal Health, Suffolk, UK).

Utförda analyser

Gruppgivorna av kraftfoder och mineralfoder vägdes dagligen. Höet samt de rester som lämnades vägdes en dag i veckan. Lammen vägdes varannan vecka. Vid det sista vägningstillfället togs träckprov, för gruppvis analys av kopparinnehållet. Vid slakt togs mag-tarmpaketet om hand för parasitanalys (metod enligt referens 4 och 5).

Kopparanalys gjordes på muskel- och leverprover tagna från tre lamm från vardera grupp 4, 5 och 6 samt från ett lamm i grupp 1. Den statistiska variansanalysen av parasitologiska data gjordes med proceduren GLM ANOVA i programmet NCSS 2000 (7).

Resultat och diskussion

Foderkonsumtion och tillväxt

Det var ingen skillnad mellan grupperna i dagligt foderintag. Gruppernas medeltal för tioveckorsperioden var mellan 1,33 – 1,42 kg ts per lamm och dag. Inte heller tillväxten skilde beroende på behandling. Den dagliga tillväxten under försöket varierade mellan 143 – 160 g i de olika grupperna. Slutvikten var i genomsnitt 45,5 kg.

Behandlingens inverkan på den etablerade parasitinfektionen

Den genomsnittliga etableringen av parasiter i kontrollgrupp 1 var ca 42% av den dos som ingivits (45%, 67% och 13% för respektive *H. contortus*, *T. circumcincta* och

Trichostrongylus spp.). Trots det faktum att parasitpopulationerna gjorts åtta till tio veckor tidigare var 73% av *H. contortus* och 55% av *T. circumcincta* i kontrollammen kvar i tidigt L4-stadium. Det var inga signifikanta skillnader i parasitsmitta mellan de lamm som fick mineralfoder utan eller med kopparsalts (grupp 1 och 2) i någon av de undersökta parasitarterna och –stadierna (se tabell 1). Jämförelser mellan kontrollgruppen och de som fick kopparkapsel (grupp 1 och 3) visade däremot signifikant färre adulta parasiter samt tidiga L4 av *H. contortus*, en minskning med 97% respektive 56%. Dessutom var antalet *T. circumcincta* i grupp 3 signifikant lägre än i kontrollgruppen (74% minskning). Antalet parasiter av andra arter var lågt i alla tre grupperna.

Tabell 1

Antal individer av *H. contortus* och *T. circumcincta* i maginnehållet vid slakt, medeltal hos lamm med sex veckor gammal infektion. Grupperna har fått mineralfoder utan eller med koppar eller en kapsel med kopparoxid

	Grupp 1 Kontroll	Grupp 2 Koppar i mineralfoder	<i>p</i> - värde 1 vs 2	Grupp 3 Kopparoxid- kapsel	<i>p</i> - värde 1 vs 3
<i>H. contortus</i>					
Adulta	560	510	0.56	15	<0.001
Tidig L4	1525	1515	0.96	655	<0.001
Totalt	2085 (73%)*	2025 (75%)	0.74	670 (98%)	<0.001
<i>T. circumcincta</i>					
Adulta	220	85	0.14	60	0.06
Tidig L4	265	125	0.06	65	0.01
Totalt	485 (55%)*	210 (60%)	0.06	125 (53%)	0.01

* inom parentes anges den andel av infektionen som är i tidigt L4-stadium

Behandlingens inverkan på den inkommande parasitsmittan

Parasiternas etablering i kontrollgrupp 4 var i stort sett densamma som i kontrollgrupp 1. Den grupp som fått kopparberikat mineralfoder hade fler *H. contortus* jämfört med kontrollgruppen, annars var det inga signifikanta skillnader mellan grupperna 4, 5 och 6 (se tabell 2).

Tabell 2

Antal individer av *H. contortus* och *T.circumcincta* i maginnehållet vid slakt, medeltal hos lamm med inkommande infektion. Grupperna har fått mineralfoder med eller utan koppar eller en kapsel med kopparoxid

	Grupp 4 Kontroll	Grupp 5 Koppar i mineralfoder	<i>p</i> -värde 4 vs 5	Grupp 6 Kopparoxid- kapsel	<i>p</i> -värde 4 vs 6
<i>H. contortus</i>					
Adulta	285	570	0.04	250	0.79
Tidig L4	1465	1830	0.22	1280	0.52
Totalt	1750 (84%)	2400 (76%)	0.04	1530 (84%)	0.44
<i>T. circumcincta</i>					
Adulta	60	15	0.38	65	0.85
Tidig L4	50	70	0.66	40	0.82
Totalt	110 (45%)	85 (82%)	0.74	105 (40%)	0.84

* inom parentes anges den andel av infektionen som är i tidigt L4-stadium

Innehåll av koppar i vävnader och träck

Resultaten från muskel- och leveranalyserna visas i tabell 3. Nivån var densamma i kontrollgrupp 4 som i grupp 5 som fått kopparberikat mineralfoder. De lamm som fått kopparkapsel tio veckor före slakt (grupp 6) hade betydligt högre kopparnivå i levern, i medeltal 222 mg/kg. Värdet över 200 mg/kg innebär risk för kronisk kopparförgiftning. Över 100 mg anses värdena som ”förhöjda”. Värdet mellan 20 och 100 mg/kg är tillfredsställande (Lars Petersson, SVA, pers medd 2002, 2003). Kopparinnehållet i muskelvävnaden var lågt i alla tre grupperna. Det lamm i grupp 3 som fått kopparkapsel fyra veckor före slakt hade värdet som liknade lammen i grupp 6. Inget lamm hade symptom som tydde på kopparförgiftning eller andra hälsostörningar.

Analyserna av trücksamlingsproven visade på femfalt högre kopparvärdet i grupp 3 jämfört med de grupper som fått mineralfoder, såväl med som utan koppartillskott. Grupp 6, som hade längre tid sedan kopparkapseln lagts in hade också lägre värdet.

Tabell 3

Kopparnivåer i lever, muskel och träckprov från lamm som fått mineralfoder utan koppartillskott (grupp 1 och 4), mineralfoder med koppartillskott (grupp 2 och 5) eller kopparoxidkapsel (grupp 3 och 6).

Lamm	Grupp	Cu i lever (mg/kg prov)	Cu i muskel (mg/kg prov)	Cu i träck (mg/kg torrvikt)
Medel	1			22.9
Medel	2			19.7
2106	3	188	0,85	
Medel	3			147
2013	4	66	0,55	
2015	4	50	0,79	
2038	4	69	0,52	
Medel	4	62	0.62	27.9
2045	5	77	0,79	
2050	5	58	1,1	
2078	5	35	1,0	
Medel	5	57	0.96	22.7
2001	6	366	0,80	
2052	6	186	0,64	
2091	6	113	0,76	
Medel	6	222	0.73	21.9

Anthelmintisk effekt hos kopparoxidkapslar

Studien visar på en väsentlig minskning i såväl adulta som tidiga L4-stadier av *H. contortus* hos de lamm som hade sex veckors etablering av smittan innan de fick en kopparkapsel, jämfört med motsvarande kontrollamm. Även *T. circumcincta* påverkades. Detta var dock inte resultatet i den grupp som fick en kopparkapsel samtidigt som larvinfekteringen startade (grupp 6). Det är tydligt, såväl från denna som från andra studier att kopparoxidkapslar har en anthelmintisk effekt. Resultaten är dock inte alltid lätta att förklara. I en studie på Nya Zeeland (1) fick lamm på bete kapslar med 5 g kopparoxid fem dagar innan de infekterades med nematodlarver under nio dagar. Lammen slaktades tre veckor efter den sista infekteringen. Behandlingen resulterade i 96 respektive 56 % minskning av *H. contortus* och *T. circumcincta* jämfört med kontrollen. I en annan studie (8) som använde ett liknande försöksupplägg fick man bara 30-50 % minskning av *H. contortus* i de grupper som fick en kapsel med kopparoxid (2,5 g eller 5 g). En stallstudie på Nya Zeeland visade att kapslar med 2,5 g kopparoxid hade en anthelmintisk effekt på 97 % mot en etablerad smitta och 99 % mot inkommande *H. contortus*- larver (8).

Tidigare studier av kopparkapslar har visat att kopparoxidpartiklarna följer med det övriga maginnehållet från våmmen och stannar i löpmagens veck. Maximal koncentration av koppar uppnås 5–6 dagar efter ingivandet (14). Det låga pH i löpmagen inducerar en frisättning av höga koncentrationer av lösligt koppar. Nivån är fortsatt hög i upp till 44 dagar (9). Kapslarnas passagehastighet beror dock på förhållandet mellan foderintag och magfyllnad hos de behandlade djuren. Hos lamm som varit installerade utan foder några timmar före ingivandet observerades att kapslarna passerade snabbt genom den främre delen av tarmen och bara en liten andel stannade i löpmagen (MR Knox, pers medd 2003).

Utebliven verkan av koppartillskotten

Den uteblivna behandlingseffekten i grupp 6, de lamm som fick en kopparkapsel samtidigt som parasitinfekteringen startade, kan bero på flera faktorer. Under den första veckan efter ingivandet, när kopparkoncentrationen i löpmagen troligen var som störst, hade lammen bara fått 1200 L3. En eventuell anthelmintisk effekt vid denna tidpunkt kan ha maskerats av en kompensatorisk högre parasitablering senare under den sex veckor långa infektionsperioden. Det faktum att lammen då de fick kopparkapseln bara varit på stall i två veckor kan också ha inverkat med dagliga variationer i foderintaget, som inte kunnat utläsas i de konsumtionsregistreringar som gjordes. En tredje och mer trolig orsak är att en betydande andel av parasitpopulationen i infektionsdosen stannade upp i sin utveckling (73 % –84 % i kontrollgrupperna). Det är känt att avstannade L4-stadier är mer motståndskraftiga mot anthelmintika än de vuxna stadierna (6). Detta kan också ses i *H. contortus*-populationens sammansättning i grupp 3, där 98 % av de parasiter som överlevde behandlingen med kopparkapsel var i tidigt L4-stadium.

Anledningen till att en så hög andel av *H. contortus*- och *T. circumcincta*-larverna i denna studie stannade i sin utveckling är inte klarlagd. Såvitt vi vet är detta första gången som en så hög andel individer i avstannad utveckling har konstaterats hos dessa två fårparasiter. Den metod som använts vid lagringen av parasitlarverna, liksom tiden och temperaturen är enligt de rutiner som många parasitlaboratorier använder.

Det undersökta mineralfodret med koppartillsats hade dessvärre ingen effekt, varken på den etablerade parasitsmittan eller på larvstadierna.

År 2 – betesstudie

Material och metoder

För betesstudien användes en skånsk besättning som föregående år haft stora problem med *H. contortus*. Djuren hade avmaskats under vintern, men vi antog att det ändå skulle finnas smittade djur till detta försök. 85 tackor provtogs vid betessläppningen. Inga smittade djur påträffades, men då smittan ändå antogs finnas på gårdens marker beslöt vi gå vidare med studien.

Försöksbehandlingar

Tackorna lammade i mitten av april. Under betesperioden delades de upp på två försöksgrupper:

A. Kontrollgrupp

B. Kopparkapsel (4 g kopparoxid) före betessläpp (12 maj)

I varje grupp ingick 20 tackor.

I samband med avväjningen 19 augusti behandlades lammen efter tackor i grupp B med kopparoxidkapsel (2 g kopparoxid). Lamm efter grupp A-tackor användes som kontroll.

Stallutfodring samt betessystem

Stallutfodringen innan betesförsöket skilde inte mellan grupperna. Alla djur hade dessutom tillgång till mineralfoder utan koppar. Mineralfoder gavs även under sommaren, utom de första veckorna.

Tackorna släpptes på bete med sina lamm den 12 maj. De två försöksgrupperna gick var för sig på likvärdiga beten. Dessa låg på en ny vall och torde därför vara parasitfria. De gick här till den 1 juli. Därefter släpptes djuren på ett parasitfritt återväxtbete.

Försöksgrupperna gick här tillsammans i en grupp.

Lammen fränkiljdes 19 augusti och gick tillbaka till sina respektive ursprungsbeten, där de gick kvar till 29 oktober.

Lammen vägdes ungefär en gång per månad.

Träckprov

Träckprov från försökstackor (10 djur från varje grupp) togs vid tre tillfällen, 2 juni, 16 juni samt 1 juli.

17 lamm från vardera försöksgrupp provtogs 1 juli, 18 augusti, 17 september samt 29 oktober.

Provens innehåll av parasiter räknades på varje djur för sig. Odling för ytterligare artbestämning gjordes på ett (tackor) eller två (lamm) samlingsprov per grupp och tillfälle.

Tracerlamm

För att få en uppfattning om parasitbördan på betena användes sex tracerlamm, i 1+4 omgångar. Tracerlammen i omgång 1 släpptes under den första betesperioden och var fjolårslamm. De resterande fyra omgångarna, som släpptes vid den andra perioden på försöksfällorna, var lamm födda på våren. Varje gång släpptes två lamm på vardera försöksbete. Dessa lamm var avmaskade, minst 4 veckor innan de släpptes på försöksbetena och hölls därefter på parasitfritt bete fram till de användes. De gick ca tre veckor på försöksfällorna och hölls därefter två veckor på stall, för att fastställa nivån av avstannad parasitutveckling. På stall fick lammen hö i fri tillgång samt en mindre kraftfodergiva. De gick därefter till slakt. Vid slakt togs innehållet i löpmagen och tunntarmen om hand från alla tracerlamm för räkning av antalet parasiter samt bestämning av art och utvecklingsstadium (metod enligt referens 4 och 5).

Kopparanalys

Vid slakt av försöksslamm togs prov från lever och njure från 2 lamm per försöksbehandling för analys av kopparinnehållet.

Resultat och diskussion

Tillväxt

Det var ingen skillnad mellan grupperna i lamm tillväxt. Medeltillväxten från 2 juni till 29 oktober var 157 g/dag i koppargruppen och 167 g/dag i kontrollgruppen. Variationen var dock stor mellan enskilda lamm. Slutvikten den 29 oktober var i genomsnitt 32,9 kg i koppargruppen och 34,7 kg i kontrollgruppen.

Behandlingens inverkan på äggantalet i träcken

I tabell 4 ses det genomsnittliga antalet parasitägg vid olika tillfällen samt antalet djur i respektive grupp som hade mätbar mängd parasitägg i träcken. Tackorna hann aldrig få någon mätbar smitta detta år. Däremot fick lammen en viss smitta då de kom tillbaka till försöksbetena. Det gäller båda grupperna. Man kan hos lammen se en viss effekt av behandlingen med kopparoxid i det att det genomsnittliga antalet parasitägg i träcken är lägre.

En viss skillnad kunde ses i artfördelning vid den efterföljande odling som gjordes av samlingsproven. I augusti var det i träcken från kontrollgruppen 35 % *H. contortus* bland de framodlade äggen. I kopparoxidgruppen fanns inga *H. contortus*. Även vid septemberprovtagningen tycks det finnas en behandlingseffekt då det var 32 % *H. contortus* i kontrollgruppen. I kopparoxidgruppen fanns 7 % *H. contortus*. Motsvarande siffror var vid oktoberprovet 12 % resp 14 %. Här har verkan av kopparoxiden tydligt avtagit.

Tabell 4

Medeltal av antalet parasitägg i träckprov i de båda försöksgrupperna samt antal djur med smitta (x st smittade/y st provtagna).

	Kontroll	Kopparoxid
Tackor		
2 juni	5 (1/10)	0
16 juni	0	0
1 juli	0	0
Lamm		
1 juli	0	0
18 aug.	15 (3/17)	3 (1/17)
17 sept.	147 (16/17)	70 (13/17)
29 okt.	230 (14/15)	76 (10/17)

Behandlingens inverkan på parasitnehåll på betet

I tabell 5 ses resultatet av de slaktanalyser som gjordes på tracerlammen för att utvärdera betenas parasitsmitta. Inga tydliga skillnader kan ses mellan behandlingarna. Båda betena har fått en smitta till den andra betesomgången, men smittrycket är relativt lågt.

Tabell 5

Medeltal av antalet *Haemonchus contortus*, *Teladorsagia circumcincta* och *Nematodirus* spp. i tracerlammen.

	Kontroll			Kopparoxid		
	<i>H.cont.</i>	<i>T. circ.</i>	<i>Nem. spp</i>	<i>H.cont.</i>	<i>T. circ.</i>	<i>Nem. spp</i>
Första betesomgången						
(12/5 – 3/6) [#]	0	0	0	0	0	0
Andra betesomgången						
1 (19/8 - 1/9)	0	100 (0%) [♦]	50 (0%)	0	450 (0%)	50
2 (1/9 – 15/9)	50 (100%)	650 (0%)	50 (0%)	100 (100%)	400 (0%)	0
3 (15/9 – 6/10)	75 (100%)	900 (8%)	50 (0%)	50 (100%)	700 (5%)	0
4 (6/10 – 27/10)	0	675 (100%)	50 (0%)	0	475 (100%)	0

[#] Datum då tracerlammen gick på bete

[♦] Andel parasiter som avstannat i utveckling

Innehåll av koppar i vävnader

Kopparinnehållet i de leverprover som analyserades var i medeltal 125 g/kg hos de kopparbehandlade lammen. Kontrolllammen hade 53 g/kg i medeltal. Njurarnas innehåll av koppar var 3,1 resp 2,6 g/kg. Resultaten konfirmerar dem från stallstudien att kopparoxidkapslar medför en förhöjning av halten koppar i levern.

Slutsatser

Det är i Sverige oftast befogat att ge fåren kopparberikat mineralfoder för att uppehålla den nivå som behövs för normal funktion. Denna studie ger dock inget stöd för en rekommendation att ge extra koppar för att förebygga eller motverka parasitsmitta hos får. De vävnadsanalyser som gjordes antyder dessutom att potentiellt toxiska nivåer av koppar kan uppnås i levern hos lamm som behandlats med kopparoxidkapslar. Höga koncentrationer av koppar gick också ut via träcken under minst fyra veckor efter behandlingen. Det finns en risk att eventuella kopparackumulerande växter på ett okontrollerat sätt kan ge förhöjda värden på betet.

Litteraturreferenser

1. Bang KS, Familton AS, Sykes AR. Effect of copper oxide wire particle treatment on establishment of major gastro-intestinal nematodes in lambs. *Res Vet Sci* 1990a., 49, 132-137.
2. Bang KS, Familton AS, Sykes AR. Effect of ostertagiasis on copper status in sheep: a study involving the use of copper oxide wire particles. *Res Vet Sci* 1990b., 49, 306-314.
3. Canto-Dorantes JH, Torres-Acosta JFL, Calderon-Quintal JA, Perez-Garcia M, Aguilar-Caballero AJ, Vargas-Magana JJ, Hoste H. Improving resilience and resistance of naturally infected browsing kids through supplementary feeding and copper oxide particles in tropical Mexico. *Proc. 8th Int. Goat Conf. Pretoria, South Africa. 2004* (in press).
4. Dobson RJ, Waller PJ, Donald AD. Population dynamics of *Trichostrongylus colubriformis* in sheep; the effect of infection rate on the establishment of infective larvae and parasite fecundity. *Int J Parasitol* 1990, 20, 347-352.
5. Donald AD, Morley FHW, Waller PJ, Axelsen A, Donnelly JR. Availability to grazing sheep of gastrointestinal nematode infection arising from summer contamination of pastures. *Aust J Agric Res* 1978, 29, 189-204.
6. Eysker M. Some aspects of inhibited development of trichostrongylids in ruminants. *Vet Parasitol* 1997, 72, 265-283.
7. Hintze J. NCSS 2000. Manual. 1998. Kaysville, Utah.
8. Knox MR. Effectiveness of copper oxide wire particles for *Haemonchus contortus* control in sheep. *Aust Vet J* 2002, 80, 224-227.
9. Langlands JP, Donald GE, Bowles JE, Smith AJ. Trace element nutrition of grazing ruminants: copper oxide powder as a copper supplement. *Aust J Agric Res* 1989, 40, 187-193.
10. Lindqvist Å, Ljungström BL, Nilsson O, Waller PJ. The dynamics, prevalence and impact of nematode parasite infections in organically raised sheep in Sweden. *Acta Vet Scand* 2001, 42, 377-389.
11. Nilsson O, Rudby-Martin L, Schwan O. Bensimidazol-resistenta *Haemonchus contortus* påvisade hos får i Sverige. *Sv Vet Tid* 1993, 45, 303-307.
12. Nyman H. Alternative methods of treating gastrointestinal nematodes in sheep, using *Duddingtonia flagrans* and copper wire particles. *Minor Field Studies No. 99*. Swedish University of Agricultural Sciences, International Office, Uppsala, Sweden. 2000, pp, 54.
13. Reid PJ. The effect of timing of copper oxide wire particle treatment on the establishment of *Haemonchus contortus* in lambs. *B.Ag.Sc.Dissertation*. Lincoln University, Christchurch, New Zealand. 1995, pp: 125.
14. Stewart DF. Studies on resistance of sheep to infestation with *Haemonchus contortus* and *Trichostrongylus* spp and on the immunological reactions of sheep exposed to intestation. IV. The antibody response to natural infestation in grazing sheep and the "self cure" phenomenon. *Aust J Agric Res* 1950, 1, 427-439.
15. Waller PJ, Rudby-Martin L, Ljungström BL, Rydzik A. The epidemiology of abomasal nematodes of sheep in Sweden, with particular reference to overwinter survival strategies. *Vet Parasitol* 2004. (in press).