



Leaching of fungicides from golf greens: quantification and risk assessment

Johan Strömqvist and Nicholas Jarvis

Dept. of Soil Sciences, SLU, Box 7014, 750 07 Uppsala, Sweden

Contact details: Nicholas.Jarvis@mv.slu.se, tel. 46 18 672465, FAX 46 18 672795

Final Report

May 9th, 2005

Technical report

Uppsala 2005

Swedish University of Agricultural Sciences

Department of Soil Sciences, Division of Environmental Physics

Summary

Fungicides are used in autumn on golf greens in Scandanavia to control snow mould, which can significantly damage the overwintering ability of the grass, and thus impair playing quality. Environmental concerns, especially with respect to the risks of leaching to receiving water bodies (i.e. groundwater and surface water), have led to increasing pressure against the use of pesticides on golf courses in recent years. This pressure is being heightened by reports of findings of pesticide residues in drainage water from golf courses. In this project, our objectives were to i.) assess the leaching risk associated with fungicide use on golf greens in Scandanavia, ii.) gain a better understanding of the processes controlling fungicide leaching from golf greens, and iii.) identify, recommend and encourage the adoption of green construction and management practices that minimize leaching to receiving water bodies. We monitored the leaching of the fungicide Iprodione from the research green at Fullerö, Västerås, and measured degradation and sorption properties of Iprodione in laboratory batch and incubation experiments on root zone material taken from Fullerö. We used this data to calibrate and validate the pesticide leaching model MACRO. The calibrated model was then used as a basis for a leaching risk assessment. We also ran 'scenario' simulations with the model to demonstrate the effects of root zone organic matter content on the leaching risk.

The main findings and recommendations were as follows:

- Degradation of iprodione was initially very rapid (half life < 1 day), which was attributed to microbial adaptation due to repeated applications of the compound. After this initial metabolic degradation phase lasting c. 5 days, degradation proceeded at a slower rate (half-lives 22 to 38 days).
- Iprodione was moderately strongly adsorbed to the green soil. The isotherm was approximately linear with a K_{oc} value of $400 \text{ cm}^3 \text{ g}^{-1}$.
- Despite the rapid breakdown, concentrations in drainage water from the Fullerö green exceeding the surface water quality guideline value ($0.2 \mu\text{g L}^{-1}$) were occasionally found.
- The model matched the hydrological observations reasonably well, but could not match the peak concentrations of iprodione found in drainage water. This was attributed to rapid preferential finger flow in the green, due to water repellency.
- The scenario simulations showed the great potential for minimizing losses of fungicides by appropriate green construction practices. Increasing the organic matter content in the root zone from 2 to 3% virtually eliminated leaching, while decreasing it to 1% increased leaching by a factor 20.
- Although fungicides can leach from USGA type greens in environmentally significant concentrations, their construction does offer some advantages. They are designed to optimize air-water relations in the root zone which should minimize fungal attack and reduce the need for fungicides. Regular use of surfactants should reduce leaching risks by eliminating water repellency.

A detailed description of the work performed and the conclusions and recommendations reached can be found in the two appendices. Appendix 1 is a popular science article written in Swedish that will shortly be submitted to 'Greenbladet'. Appendix 2 is a scientific paper that has been submitted to the international journal 'Pest Management Science'.

Appendix 1: Artikel som ska skickas till 'Greenbladet'.

Fungicidbesprutning på golfbanor: hur stora är riskerna för omgivande vattendrag och dammar?

De senaste årens ökade fokusering på ekologiska risker med användning av bekämpningsmedel i samhället har bidragit till en intensifierad debatt om rådande skötselrutinerna på golfbanor. Detta gäller framförallt fungiciderna som sprids på hösten/tidiga vinter för att säkerställa en hög spelkvalitet på våra golfbanor genom att motverka snömögelns framfart. Nya och hårdare restriktioner för spridningstillstånd för golfbanor som ligger inom vattentäktsområden förväntas också som följd av EU:s nya ramdirektivet för vatten. Under 2004 avslutades ett projekt vid Sveriges Lantbruksuniversitet (SLU) med målet att studera utlakningen av fungicider från svenska golfgreenar, samt att uppskatta eventuella miljörisker. Projektet finansierades av Stiftelsen för Forskning om Grönytor för Golf (SFG), en organisation som aktivt stöder forskning kring frågor viktiga för golfens framtid i Skandinavien. I projektet har vi tittat på utlakningen av iprodion som är det verksamma ämnet i Rovral/Chipco green. Under hösten och vintern 2003 pågick provtagningen av dräneringsvattnet från SGFs försöksgreen av USGA-typ på Fullerö GK utanför Västerås. Greensanden analyserades också för att studera spridningen i greenprofilen efter iprodion-applisering.

Vad styr utlakning ?

Utlakning innebär att ett ämne efter spridning transporteras nedåt och ut ur en jordprofil. Det kan innebära att ämnet når ner och förorenar grundvattnet eller leds bort med dräneringsvattnet om den underliggande jorden är ogenomsläpplig (dvs en tät lera). I det senare fallet kan ytvatten som bäckar och sjöar drabbas. De skadliga miljöeffekter som kan uppstå beror på mängden som läcker ut, ämnets giftighet samt ekosystemets känslighet.

Risken för att ett ämne ska lakas ut bestäms av dess kemiska och fysiska egenskaper, jordens egenskaper samt andra inverkan faktorer som klimat och skötselrutiner. Ett enskilt ämnes utlakningspotential bestäms till stor del av dess förmåga att binda till jordpartiklar samt dess stabilitet mot kemisk och biologisk nedbrytning, två egenskaper som kan variera kraftigt mellan olika bekämpningsmedel.

De verksamma ämnena i flertalet av de bekämpningsmedel som finns på marknaden är uppbyggda av långa atomkedjor. Dessa ämnen attraheras av och adsorberas (binder) till mull. Mull består av långa kolkjedjemolekyler som bildats under nedbrytningen av organiskt material i jorden. En jord med hög mullhalt kan därför anses vara bättre ur ett utlakningsperspektiv än en jord med lägre mullhalt. De aktiva ämnena i ett bekämpningsmedel reagerar med sin omgivning. Molekyler kan då sönderdelas och bilda restprodukter, s.k. metaboliter. Metaboliternas egenskaper skiljer sig ofta från modersubstansen i fråga om t.ex. giftighet och rörlighet i mark. Det är biologiska och kemiska processer i mark och vatten som ser till att denna sönderdelning sker. Mikrobiell nedbrytning sker när bakterier använder bekämpningsmedlet som näringskälla. Omvandling av ämnen kan också ske genom kemiska processer som fotolys och hydrolys. Ett ämnes halveringstid är ett mått på nedbrytningshastigheten. Halveringstiden är tiden det tar innan halten av ett ämne i jorden har reducerats till hälften av den ursprungliga mängden. Ju kortare halveringstid, desto större är chansen att ämnet har hunnit brutits ner innan skadliga halter lakas ut från jordprofilen i dräneringsvattnet.

Förlusterna är låga dock ibland signifikanta för vattenlevandeorganismer

En simuleringsmodell (MACRO) användes i projektet för att tolka försöksresultaterna och för att kunna studera de processer som styr utlakning från en golfgreen. MACRO som utvecklats på SLU, har använts i flera EU-länder för riskbedömning av bekämpningsmedelsanvändning. Programmet gör det möjligt att simulera hur vatten flödar och hur bekämpningsmedel transporteras och omvandlas i jorden.

Eftersom nedbrytningshastigheten och bindningsförmågan är de två viktigaste parametrarna som påverkar utlakningen var det viktigt att noggrant bestämma dessa. Detta gjordes i två experiment i laboratoriemiljö. I det första experimentet behandlades jordprov från de översta tre cm av greensanden och jord från djupare ner i profilen med iprodion. Jordproven ställdes sedan i mörker och en konstant temperatur på 20°C. Med jämna mellanrum analyserades jordproven för att se hur mängden av ämnet minskade med tiden. Resultatet visade på en mycket snabb nedbrytning av iprodion under experimentets första dygn, troligen pga att vissa populationer av bakterier växte genom att utnyttja det tillförda ämnet som energikälla. Halveringstiden beräknades till ca 17 timmar, vilket kan anses vara extremt snabbt. Den initiala snabba nedbrytning följdes av långsammare nedbrytning med en halveringstid på 22-39 dygn. I det andra experimentet analyserades hur väl ämnet binder till greensanden. Detta fastställdes genom ett så kallat skakförsök, där jord och lösningar med olika koncentrationer av iprodion skakas för att avgöra förhållandet mellan mängden av ämnet i vätskan och mängden bundet till jorden. Iprodion visade sig adsorberas relativt starkt till greensanden!

Kommentar [MSOffice1]: Ni
ok! Kan du skriva något om hur
våra Kd jämför med andra
bekämpningsmedel i andra jordar?

Resultatet från laboratorieförsöken användes tillsammans med väderdata för att simulera samma tidsperiod då mätningarna genomfördes. Modellen simulerade att merparten av det som återstod av ämnet återfanns i den övre delen av profilen (pga den starka adsorptionen), vilket också bekräftades av jordproverna som visade på att huvuddelen av den tillförda mängden iprodion fanns kvar i de översta 10 cm av jordprofilen. Iprodion återfanns i dräneringsvattnet, men koncentrationerna var generellt låga, strax över den gräns vid vilken iprodionhalten kan bestämmas (= 0.01 mikrogram/liter, 1 mikrogram = miljondels gram). Vid ett tillfälle uppmättes dock en koncentration på 2 mikrogram/liter, bara några veckor efter spridningen. En sådan snabb utlakning kunde inte beskrivas av modellen, och kan endast förklaras genom någon form av 'förbi- eller kortslutningsflöde' (på eng. 'Bypass', 'Short-circuit' eller 'Preferential flow') dvs att merparten av regnvattnet rinner igenom en liten andel av växtbädden medan resterande andelen förblir torr. Våra tester genomförda på växtbäddsmaterialet visar att detta troligen beror på att greenen är i viss mån vattenavstötande.

Tidigare miljöövervakningsstudier har också visat på utlakningsförluster och koncentrationer av iprodion i samma storleksordning. Dessa värden överstiger ibland riktvärdet för Iprodion (= 0.2 mikrogram/liter). Dessa riktvärden har nyligen tagits fram av Kemikalieinspektionen med syfte att skydda känsliga arter i vattenekosystem som sjöar och vattendrag. Dock måste hänsyn tas till den utspädningsseffekt som uppstår på grund av att golfgreenerna endast utgör en liten del av en golfbana eller ett tillrinningsområde till t.ex. en bäck. Detta innebär att den slutgiltiga koncentrationen i ett akvatiskt ekosystem blir betydligt lägre än de koncentrationer som uppmätts i dräneringsvattnet.

För att studera hur olika green egenskaper påverkar utlakningen så utfördes några "scenario-simuleringar" med modellen. I det här fallet undersöktes hur greenens mullhalt skulle kunna påverka utlakningen. Den simulerade utlakningen ökade 20 ggr. när mullhalten sänktes från

2% till 1%, men minskade till odetekterbara nivåer vid en mullhalt på 3%. Enstaka provtagningar från försöksparcellerna med olika mullhalter på Fullerögreenen visar på en effekt av mullhalten av samma storleksordning.

Praktiska implikationer och slutsatser

Den snabba nedbrytningen av iprodion i golfgreensanden tyder på att vissa grupper av mikroorganismer har anpassat sig till att använda ämnet som näringskälla. Detta är en effekt av upprepade behandlingar med ämnet. Det har kommit många rapporter om att Chipco Greens effekt har minskat, vilket oftast har förklarats med uppbyggnad av resistans hos snömögel. Att det sker en allt för snabb nedbrytning av ämnet efter applicering kan vara en annan möjlig förklaring. Men det bör tilläggas att i praktiken hamnar iprodion på bladytan direkt efter appliceringen och här är det oklart om samma snabba nedbrytningsförlopp sker.

Vi har tittat på utlakning som en viktig förlustväg, men det är inte den enda transportvägen för fungicider att nå vattendrag. En annan möjlig väg för ämnet att nå ytvatten kan vara genom ytavrinning. Under sommarhalvåret är denna transportväg av liten betydelse eftersom greenens vattengenomsläpplighet ska vara tillräckligt hög för att ta emot allt regn. Ytavrinning kan dock förekomma i samband med snösmältning eller nederbörd när marken är frusen. Våra beräkningar visar att koncentrationer av iprodion i ytavrinning under vinterhalvåret skulle kunna vara betydelsefulla, men inga mätningar har hittills genomförts.

Våra resultat tyder på att miljöriskerna förknippat med applicering av iprodion på golfgreener av USGA-typ är inte försumbara och att det finns anledning till ett stort mått av försiktighet, särskilt med tanke på hur viktig mullhalten tycks vara. Den ideala mullhalten i en golfgreen diskuteras ofta. Att konstruera greener med ytterst låg mullhalt har nyligen förespråkats som ett alternativ. Den här studien visar på hur känsligt ett sådant system skulle vara. Fungicidanvändning på en sådan green kan ej rekommenderas förrän mullhalten har hunnit bli tillräckligt hög, vilket sker först efter många år. Även om en viss förlust av fungicider förekommer, har USGA greener troligen stora miljöfördelar jämfört med alternativen (t.ex. gamla matsjordsgreener). Snömögel trivs bäst under fuktiga förhållanden och USGA greenen är designad för att optimera vattenförhållanden i växtbädden: överskottsvattnet dräneras effektivt bort så att växtbädden luftas ordentligt. En förnuftig skötselplan för en USGA green, där mekanisk luftning ingår bör minska riskerna för snömögelangrepp och resulterar i en betydelsefull minimering av fungicidanvändning enligt IPM (Integrated Pest Management) principer dvs att ingen profylaxisk besprutning förekommer. Vidare bör regelbunden användning av vätemedel minska utlakningsrisken vid eventuella fungicidappliceringar.

Appendix 2: Artikel inskickad till 'Pest Management Science'

Sorption, degradation and leaching of the fungicide Iprodione in a golf green under Scandinavian conditions: measurements, modelling and risk assessment

Johan Strömqvist^{1,2} and Nicholas Jarvis^{1*}

¹ Department of Soil Sciences, SLU, Box 7014, 750 07 Uppsala, Sweden.

² now at ADAS Environment Systems, Woodthorne, Wergs Road, Wolverhampton, WV6 8TQ, U.K.

*Contact details to corresponding author:

email: nicholas.jarvis@mv.slu.se
tel.: 46 18 672465
FAX 46 18 672795