

Hva skjer med glyfosat i norsk jord?

Marit Almvik ¹⁾, Ole Martin Eklo ¹⁾, Randi Bolli ¹⁾, Marianne Stenrød ¹⁾, Christophe Moni ²⁾, Jens Kværner ³⁾, Tore Sveistrup ³⁾, Espen Haugland ⁴⁾ / marit.almvik@planteforsk.no

¹⁾Planteforsk Plantevernet, ²⁾Institut National de la Recherche Agronomic, Frankrike,

³⁾Jordforsk, ⁴⁾Nordnorsk kompetansesenter Holt

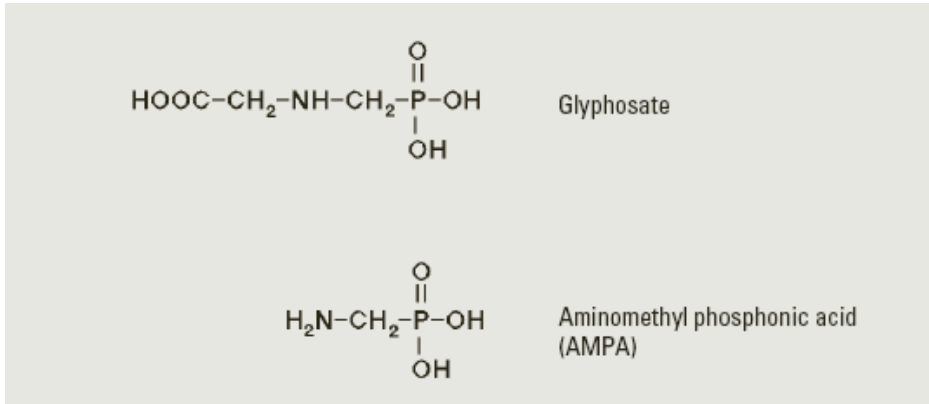
Innledning

Glyfosat er det mest brukte ugrasmeddelet i Norge. I 2003 ble det omsatt over 200 tonn glyfosat her til lands og bruken er økende. Glyfosat brukes hovedsakelig mot løvtrær i skogbruket og mot kveke i kornåkeren etter innhøsting. Tradisjonelt har glyfosat blitt regnet som lite miljøskadelig sammenlignet med andre sprøytemidler, fordi det brytes raskt ned og fordi det binder seg hardt til jordpartiklene. En har hatt den oppfatning at glyfosat ikke havner i vassdragene. I takt med utviklingen av bedre analysemetoder, har glyfosat de senere årene blitt påvist i grunnvannet i flere europeiske land (Tyskland, Wales, Spania, Hellas og Danmark). I Norge bruker vi nesten bare overflatevann som drikkevann. Statens næringsmiddeltilsyn initierte i 1997 en undersøkelse av overflatevann som benyttes til drikkevann i Norge. Lave konsentrasjoner av glyfosat og AMPA ble da påvist i 6 drikkevannskilder (Fonahn 2002). Glyfosat er altså mer mobilt enn man hittil har trodd. I prosjektet "Plantevernmidler i miljøet – Strategisk instituttprogram for redusert miljøbelastning ved bruk av plantevernmidler" har vi undersøkt hvordan klimaet påvirker nedbrytning og transport av glyfosat her til lands. Feltforsøk med glyfosat har blitt utført på to felt: Grue i Hedmark og Målselv i Troms. Resultatene fra disse feltforsøkene hjelper oss å avdekke hvilke mekanismer som styrer skjebnen til glyfosat i norsk jord.

Egenskaper ved glyfosat

Glyfosat er et systemisk bladherbicid som brukes mot grasarter og tofrøblada ugras og selges blant annet under handelsnavnet "Roundup Eco". Herbicidet er meget vannløslig (11.6 g/l ved 25°C), men viser sterk adsorpsjon til jord, med adsorpsjonskoeffisienter på 33 og 76 dm³/kg i hhv. sandjord og leirjord (Glass 1987). Glyfosat brytes hovedsakelig ned ved mikrobiell nedbrytning og

danner da AMPA (Aminomethylphosphonic acid) (Figur 1). I felt har glyfosat en halveringstid på 3-174 dager, avhengig av jorda og de klimatiske forholdene, mens i vann varierer halveringstiden fra 2-91 dager (The e-Pesticide Manual 2001). Glyfosat kan også brytes ned av UV-lys på bladoverflaten, på jordoverflaten og i atmosfæren.



Figur 1. Glyfosat og nedbrytingsproduktet AMPA

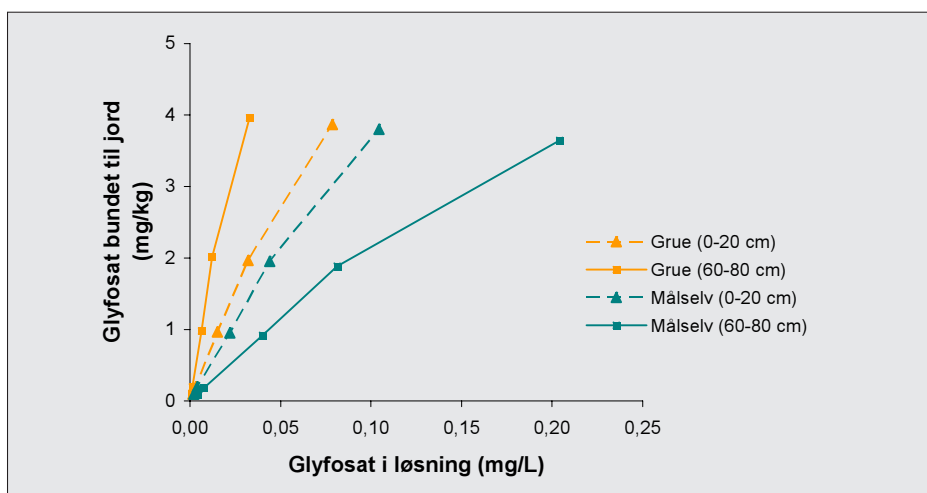
Glyfosatpreparater er ikke skadelig for pattedyr men er giftig for vannlevende organismer.

Hva skjer med glyfosat etter sprøyting?

Binding til jord

Når glyfosat sprøytes over ugraset, tas herbicidet raskt opp på bladoverflaten. Via silvevet transporteres glyfosatet til plantens meristemer og stanser all videre vekst. Den glyfosatmengden som når jordoverflaten, binder seg sterkt til jordpartiklene og glyfosatet anses som inaktivert. Glyfosat tas bare i liten grad opp via planterøttene. I jorda bindes glyfosat godt til blant annet leirminerale og jern- og aluminiumoksider. Bindingen skjer raskt i løpet av den første timen og øker deretter sakte. Tilførsel av fosfat til jorda reduserer adsorpsjonen av glyfosat (Torstensson 1985). Årsaken til dette er at glyfosat konkurrerer med fosfatmolekylene om bindingssetene i jorda. Organisk materiale er også viktig for binding av glyfosat. Jern- og aluminiumkomplekser med organisk materiale, samt binding til organisk materiale via hydrogenbinding, blir av flere forskere ansett som en like viktig faktor for inaktivering av glyfosat i jord som binding til leirminerale (Carlile & Trevor 1988, Piccolo *et al.* 1995). Undersøkelser av binding av glyfosat i tre norske jordtyper (Greve *et al.* 1998) indikerer imidlertid at organisk materiale ikke er av like stor betydning for bindingen som innholdet av leire og jordas kationebyttekapasitet.

I SIP-prosjektet "Plantevernmidler i miljøet" ble to norske jordtyper undersøkt med hensyn på evne til å binde glyfosat: en siltig jord fra Grue (Hedmark) og en sandig jord fra Målselv. Figur 2 viser resultatene fra 0-20 cm og 60-80 cm dybde. I jorda fra Grue økte bindingen av glyfosat nedover i jordsjiktet, med sterkest binding i 60-80 cm dybde. I jorda fra Målselv var situasjonen omvendt, med sterkest binding i overflatejorda (0-20 cm). Denne forskjellen er trolig et resultat av at jorda fra Grue innholdt mer leire og organisk materiale enn Målselvjorda og dermed hadde bedre evne til å binde glyfosat. Dette viser at risikoen for utlekking av glyfosat vil være større i Målselvjorda enn i Grue, dersom glyfosatet først har passert overflatesjiktet.



Figur 2. Binding av glyfosat til jord fra Grue og Målselv i hhv. 0-20 cm sjikt og 60-80 cm sjikt. (Moni 2004, under trykking)

Sammensetningen av det organiske materialet i jorda er av stor betydning for hvor godt glyfosat bindes. Fulvosyrer har et høyt innhold av sure funksjonelle grupper (f. eks. COOH). Bindingen av glyfosat i jord rik på fulvosyrer (f. eks. skogsjord) er derfor sterkere enn i jord hvor det organiske materialet er dominert av humussyrer (som i f. eks. grasmark) (<http://www.ar.wroc.pl/~weber/kwasy2.htm>).

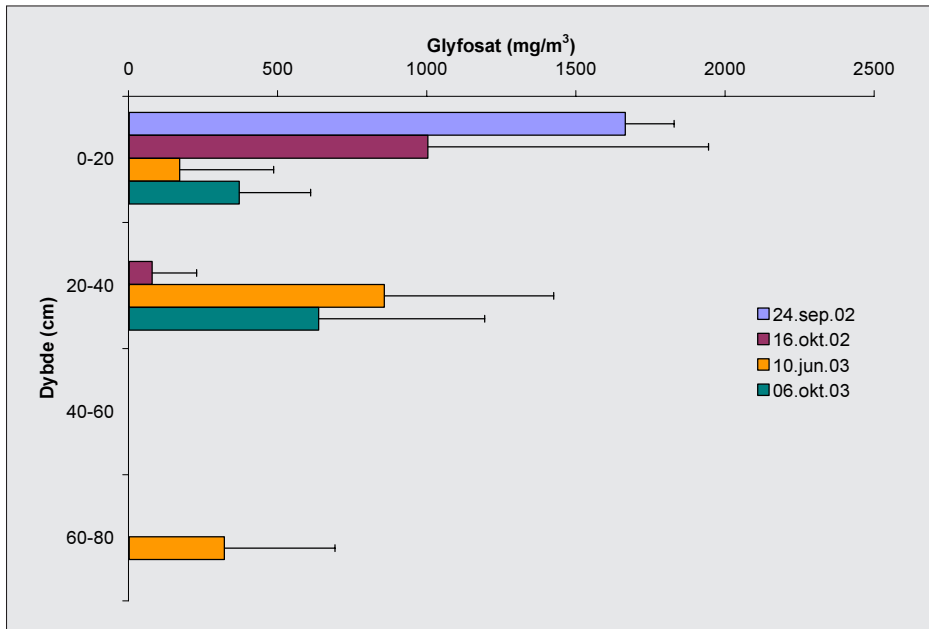
Jordas pH har også betydning for graden av binding av glyfosat. En økning i pH fra 5 til 7 fører til en reduksjon i binding av glyfosat. Årsaken til dette er at glyfosatmolekylet får flere negative ladninger ved økende pH, mens bindingssetene; jern- og aluminiumoksider, får dårligere anionbytterevne med økende pH (Gimsing *et al.* 2004).

Transport

At glyfosat viser sterk binding til jordpartiklene er ikke ensbetydende med liten miljørisiko. I 1997 ble glyfosat og nedbrytingsproduktet AMPA inkludert i overvåkningsprogrammet for utvalgte vassdrag og grunnvann i Norge. Disse undersøkelsene viser at glyfosat og AMPA gjenfinnes i et betydelig omfang i overflatevann under perioder med store nedbørsmengder. Høstsprøyting kombinert med lave temperaturer, nedbør og skrånende terreng, gjør risikoen for utvasking av partikkelbundet glyfosat til vassdragene stor. Slik overflateavrenning er en viktig årsak til at glyfosat og AMPA påvises i overflatevann i Norge.

Partikkelbundet glyfosat kan remobiliseres i vannmassene, men hovedandelen av glyfosatet bunnfeller som sediment. Det finnes lite informasjon om hva som skjer med sedimentbundet glyfosat men man antar at midlet gradvis brytes ned av mikroorganismene.

Våre feltforsøk i Målselv med sprøyting av glyfosat på bar jord, viste at glyfosat kan bli transportert mye lengre ned i jordsjiktet enn tidligere antatt. Man har trodd at glyfosat blir inaktivert i 0-20 cm sjiktet. Vi påviste glyfosat i en dybde på 60-80 cm i jordprofilet, som vist i figur 3. En slik utlekking av glyfosat kan finne sted via makroporer i jorda. Rotkanaler, meitemarkganger og sprekker som oppstår ved fryse/tine-sykluser er eksempler på dannelse av slike makroporer. Makroporer gir opphav til makroporestrømning i profilet. Vann og kjemikalier transporteres da bare gjennom en liten del av jordsonen og gjør at pesticider kan lekke ut raskere og gå dypere i jorda enn deres kjemiske egenskaper skulle tilsi. I Målselv ble det registrert tele ned til 150 cm i jorda denne vinteren. Forholdene lå derfor til rette for dannelse av makroporer med etterfølgende transport av glyfosat i sjiktet i vårmånedene.



Figur 3. Transport av glyfosat i felt i Målselv sesongen 2002-2003

Feltforsøkene i Grue (Hedmark) viste ikke samme tendens som i Målselv. I feltet på Grue ble glyfosat bare gjenfunnet i toppsjiktet (0-20 cm). Jorda fra Grue innholdt mer leire og hadde bedre evne til å binde glyfosat (se figur 2). Her ble det dessuten sprøytet på kornstubb og ikke på svart jord.

Nedbryting

Glyfosat brytes hovedsakelig ned ved mikrobiell nedbryting. Nedbrytingsforsøk med glyfosat i laboratoriet (20°C) viser gjerne at glyfosat følger et bifasisk nedbrytingsmønster. Nedbrytingen er rask i begynnelsen, med en halveringstid på 2-3 uker, men avtar deretter drastisk. Halveringstiden for den siste fasen kan være opptil flere hundre dager. Dette mønsteret har trolig sin bakgrunn i at glyfosat foreligger i to tilstander i jorda: løst/lett tilgjengelig glyfosat og bundet glyfosat. Den løste glyfosatfraksjonen brytes raskt ned, mens det tar betydelig lengre tid å bryte ned den hardt bundne fraksjonen, fordi den ikke er like lett tilgjengelig for mikroorganismene.

Lav jordtemperatur gir saktere nedbryting og omvendt. Nedbrytingen går også saktere i undergrunnsjord enn i overflatejord fordi den mikrobielle aktiviteten er lavere i undergrunnsjorda. Dersom glyfosat først har blitt transportert ned i undergrunnsjorda, blir herbicidet brutt saktere ned. I Målselv påviste vi glyfosat i jorda ett år etter sprøyting. Lave temperaturer kombinert med jordtyper som ikke binder glyfosat så hardt gir altså større risiko for forurensing av grunnvannet.

Konklusjon

Sammenstilling av nyere data samt egne undersøkelser av glyfosat har vist at dette plantevernmidlet forekommer langt oftere i miljøet og utgjør en større miljørisiko enn antatt. Dette skyldes særlig vanskelig analyseteknikk for å påvise midlet, samt at det også bindes så sterkt til mineraljord at det ikke er påvisbart. I hovedsak er trolig opphavet til glyfosat i vannforekomster overflatetransportert avrenning av partikulært bundet glyfosat. Når det på etiketten er opplyst at midlet er giftig/meget giftig for vannlevende organismer er det et dilemma knyttet til redusert jordarbeiding og bruk av glyfosat om høsten i områder med overflateavrenning og erosjon. I tillegg trengs det ytterligere undersøkelser for å få kunnskap om transportprosessene i frossen jord for å kunne forklare forekomsten av glyfosat ned til 60-80 cm dyp.

Referanser

Carlile, S. M. & Trevors, J. T. 1988. Glyphosate in the environment. *Water Air Soil Pollut* 39: 409-420.

Fonahn, W. 2002. Overflatevatn: plantevernmidler i norske drikkevasskjelder. *SNT-rapport* 3/2002.

Gimsing, A. L., Borggaard, O. K. & Bang, M. 2004. Influence of soil composition on adsorption of glyphosate and phosphate by contrasting Danish surface soils. *European Journal of Soil Science* 55(1): 183-191.

Glass, R. L. 1987. Adsorption of glyphosate by soils and clay minerals. *J. Agric. Food Chem.* 35: 497-500.

Greve, M. H., Helweg, A., Yli-Halla, M., Eklo, O. M., Nyborg, Å. A., Solbakken, E., Öborn, I. & Stenström, J. 1998. *Nordic Reference Soils*. 1. Characterisation and classification of 13 typical Nordic soils. 2. Sorption of 2,4-D, atrazine and glyphosate. *TemaNord* 1998:537.

<http://www.ar.wroc.pl/~weber/kwasy2.htm>

Moni, C. 2004. Hovedfagsoppgave ved Institut National de la Recherche Agronomic (INRA), Grignon. Under trykking.

Piccolo, A., Gatta, L. & Campanella, L. 1995. Interactions of glyphosate herbicide with a humic acid and its iron complex. *Ann Chim (Rome)* 85: 31-40.

The e-Pesticide Manual, 12th ed, version 2.1, December 2001.

Torstensson, L., 1985. Behaviour of glyphosate in soils and its degradation. In: Grossbard, E. & Atkinson, D. (eds.), *The Herbicide Glyphosate*, pp. 137-150. Butterworth & Co. Ltd., London, UK.