

# Glyphosat

## – et herbicid med fordele

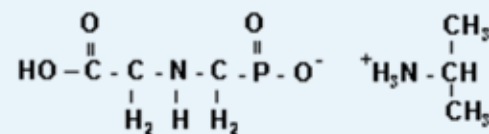
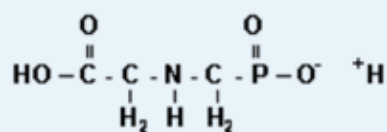
Glyphosats eminente egenskaber som herbicid blev første gang opdaget i 1970, hos Monsanto Agricultural Products Company, af Dr. John E. Franz. I dag, godt 40 år efter opdagelsen, markedsføres aktivstoffet under en lang række handelsnavne, som alle dækker over forskellige formuleringer, der anvendes i hele verden til kontrol af en- og flerårige plantearter.

Af Anders Reppien Christensen

Mange af disse formuleringer indeholder 360 g aktivstof/liter handelsvare og ses anvendt i nåletræskulturer i doseringer af 1,0-2,0 l handelsvare/ha, svarende til 360 og 720 g aktivstof/ha. Den høje dosering af 720 g aktivstof/ha ses anvendt til bekæmpelse af vanskeligt ukrudt, herunder for eksempel pileurt (*Polygonum aviculare*), kamille (*Tripleurospermum perforatum*) og gul okseøjle (*Glebionis segetum*), mens lave doseringer anvendes til bekæmpelse af græsukrudt, der generelt har en lavere tolerance overfor glyphosat end bredbladet ukrudt.

### Glyphosats fysisk-kemiske egenskaber

Glyphosat (N-(phosphono-methyl)-glycin) er en syre, der har en relativ lav opløselighed i vand, hvilket gør molekylet uanvendeligt til brug i praksis. Derfor ses glyphosat altid formuleret som salte i kommercielt anvendte formuleringer, da opløseligheden herved øges markant. Langt størstedelen af glyphosatformu-



Kemisk struktur af glyphosat i ren syreform (øverst) og kemisk struktur af glyphosat isopropylaminsalt (nederst) (figur: Hartzler, 2001).

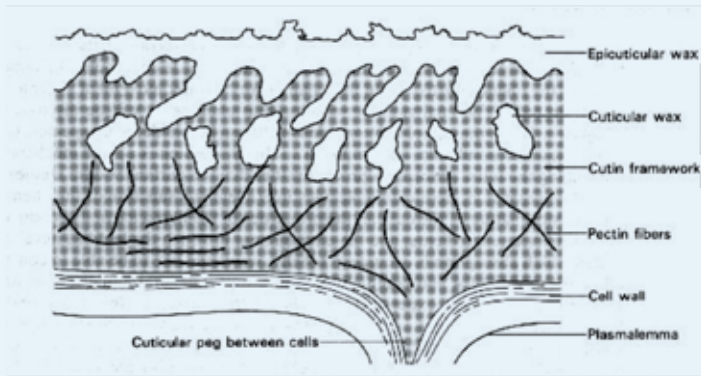
leringerne på markedet indeholder glyphosat i form af isopropylaminsalt (IPA salt), som er meget opløseligt i vand.

### Afsætning, optagelse og transport af glyphosat

Den primære optagelse af glyphosat sker gennem plantens grønne plantedele og hovedsageligt via plantens blade, som udgør størstedelen af plantens grønne areal. De fysisk-kemiske egenskaber for bladernes overflade er derfor af afgørende betydning for, hvor







Skitse af vokslag med epikutikulær voks, kutikulær voks, kutin, pektin fibre, cellevæg og cellemembran (figur: Devine et al., 1993).

meget af det tildelte glyphosat, der optages og efterfølgende transporteres rundt i planten til vækstpunkterne. En plantes tolerance overfor glyphosat er i høj grad bestemt af dens vokslags opbygning, som generelt udgør 0,1-13µm (cirka 0,0001mm) af bladens yderste overflade. Vokslaget består hovedsageligt af tre komponenter: Kutin, kutikulærvoks og epikutikulærvoks, som indgår i vokslagets opbygning i forskelligt omfang og udformning afhængig af art og alder.

Voksstrukturen på bladoverfladen har stor betydning for afsættningen af glyphosat og andre vandopløselige midler, som har vandopløselige egenskaber og af denne grund frastødes af den vand-skyende bladoverflade. Uden tilsætning af overfladeaktive stoffer vil glyphosatopløsninger være ubrugelige til mange ukrudtsarter, da sprøjtedråberne ikke vil kunne klæbe på de voksbelagte bladoverflader. Herved vil sprøjtevæsken løbe af bladene og man vil derfor ikke opnå den ønskede effekt af behandlingen.

Optagelsen af glyphosat reguleres af koncentrationsgradienten. Vokslagets vandafvisende egenskaber er størst i dens ydre del og falder i takt med at man bevæger sig ind mod cellevæggen. Derfor sker optagelsen af glyphosat langsomt i de yderste lag, mens optagelseshastigheden øges i takt med, at vokslagets vandafvisende egenskaber aftager. Efter optagelsen over den voksholdige barriere foregår den videre transport mod sivævnet (phloemet) og vedvævet (xylemet) overvejende gennem celler. Via xylemvævet, og til dels phloemvævet, transporteres gyp-

hosat rundt i hele planten og der sker en ophobning i plantens vækstpunkter. Denne transport af glyphosat vil normalt være tilendebragt efter ti dage. Optaget glyphosat kan generelt ikke nedbrydes eller udskilles af planterne og det vil derfor altid være oplagret i planten. I planter som er behandlet med relativt lave doseringer af glyphosat og som på trods af behandlingen tiltager i biomasse, vil glyphosaten fortyndes i takt hermed og koncentrationen vil til sidst være så lille, at planten kan leve uhæmmet videre på trods af dens indhold af glyphosat.

## Glyphosats virkemekanisme i planter

Glyphosat hæmmer virkningen af et centralt enzym (EPSP-syntase) i forbindelse med aminosyresyntesen hos planter, bakterier, alger og svampe. EPSP-syntasen bevirker, et dannelsesophør af EPSP, der er et kemisk forstadium til de tre livsnødvendige aromatiske aminosyrer: Phenylalanin, tyrosin og tryptophan. Når dannelsen af de aromatiske aminosyrer blokeres, standses dannelsen af alle de kemiske produkter, hvor disse aminosyrer indgår. Af disse produkter kan blandt andet nævnes lignin, der blandt andet virker afstivende og muliggør opret vækst, auxin, der er et vigtigt plantehormon og klorofyl, som spiller en central rolle i fotosyntesen.

## Symptomer

Glyphosat er et langsomt virkende herbicid og det kan tage flere dage før de første symptomer viser sig. Plantevæksten stopper umiddelbart efter behandling, mens egentlige symptomer først ses efter flere dage og egentlig plantedød indtræffer først 10-20 dage efter behandling. Når de første symptomer kommer til syne, ses disse som regel i form af gulfarvninger (kloroser) på plantens unge, endnu ikke fuldt udvoksede blade. Disse kloroser udvikler sig med tiden til dødt (nekrotisk) væv, som ses som brune og mørke misfarvninger. Årsagen til at symptomerne først kommer til syne i planternes unge væv skyldes, at koncentrationen af glyphosat er højest i planters vækstpunkter, hvor aktivstoffet akkumuleres.

## Toksikologi og indvirkning på miljøet

Glyphosats popularitet skyldes ikke blot midlets meget effektive ukrudtsbekæmpende egenskaber, men i høj grad også dens



Skader efter sprøjtning med glyphosat forekommer nu og da, især hvis doseringen overstiger 2,0-3,0 liter handelsvare/ha. Korte, lyse nåle er typiske symptomer på skade af glyphosat. Fotos: Danske Juletræer.

harmløshed i forhold til mennesker, dyr og miljø. Glyphosat er et af de mest ugiftige herbicider, der til dato er fremstillet. Med en LD50-værdi (lethal dose, den dosis af stoffet som vil slå halvdelen af de testede individer i et forsøg ihjel) for rotter på 5,6 g/kg er glyphosat mindre giftigt end almindeligt brugte kemikalier som for eksempel natriumklorid (bordsalt) og acetylsalicylsyre (aspirin). I planter hæmmer glyphosat dannelsen af de såkaldte aromatiske aminosyrer, og eftersom dyr og mennesker ikke selv danner disse aminosyrer, men derimod indtager dem gennem føden, påvirkes disse organismer ikke af dets funktion.

Også i forhold til miljøet, anses glyphosat for værende skånsomt. Glyphosat bliver omgående, efter kontakt med jorden, bundet stærkt til jordpartiklerne, især til lerpartikler, hvorefter mikroorganismer, specielt bakterier, påbegynder nedbrydningen af glyphosat. Herved nedbrydes glyphosat først til aminomethylphosphonisk syre (AMPA), som er væsentligt mere mobilt i jord, men har samme eller mindre grad af giftighed som glyphosat. AMPA nedbrydes efterfølgende til mindre molekyler og til sidst bliver molekylerne nedbrudt til almindeligt forekommende stoffer som fosfat, kuldioxid, nitrat og vand. I landbrugsjorde kan halveringstiden for glyphosat variere fra to til 200 dage, men varer typisk under 60 dage. Grundet aktivstoffets stærke binding til jordpartikler og dets relativt hurtige nedbrydning i jord, er glyphosat ikke tilbøjeligt til at blive udvasket til grundvandet. Der er i perioden mellem 1990 og 2011 i forbindelse med grundvandsovervågninger foretaget af GEUS (Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland), fundet glyphosat og AMPA i henholdsvis 1,2% og 4,6% af alle prøvetagningerne. Af disse opdagelser oversteg glyphosat og AMPA grænseværdien i drikkevand (0,1µg/l) i henholdsvis 0% og 1,2% af tilfældene. I tilfælde hvor glyphosat og AMPA nedsiver til grundvandet skyldes det, at kraftig nedbør kan forårsage udvaskning af mikroskopiske lerpartikler, hvortil glyphosat og AMPA er fastbundet, gennem makroporer.

## Glyphosat i nåletræer

Glyphosat anvendes i vid udstrækning til renholdelse i nåletræskulturer. Den udbredte anvendelse skyldes, at glyphosat antageligvis ikke optages i nåletræer, når behandling finder sted uden for træernes vækstsæson. Ved behandling skal skud og nåle være fuldt afmodnede, hvilket for nordmannsgran normalt vil være fra september til udspring i maj året efter. Erfaringer fra praksis viser, at risikoen for skader er mindst ved behandling i perioden fra september til oktober, men forårssprøjtning er også ret udbredt. Glyphosat anvendes typisk i doseringer af 1,0-2,0 liter handelsvare/ha, og ved disse doseringer må skadesrisikoen anses for værende begrænset – også om foråret. Forsøg udført ved Danmarks JordbrugsForskning i Flakkebjerg i 1970'erne og 80'erne viste, at skadesfrekvensen først stiger betragteligt ved doseringer over 3,0 liter handelsvare/ha.

Effekten af glyphosat er i høj grad påvirket af en række tekniske og klimatiske faktorer, som man bør overveje inden behandling. Med hensyn til sprøjteteknik, øges effekten af glyphosat ved høj grad af forstøvning og lav væskemængde (<100l/ha), men samtidig antages risikoen for skade på nåletræer at stige med reduceret dråbestørrelse. Effekten er derudover bestemt af en række klimatiske faktorer, som hovedsageligt udgøres af luftfugtighed og nedbør. Høj luftfugtighed øger optagelsen af glyphosat, mens temperatur og solindstråling ikke påvirker effekten, men blot er begrænsende for, hvor hurtigt virkningen indtræffer. Nedbør in-



## Dragone AZ 2 Tågesprøjter for juletræer

Tågesprøjter fra én af Europa's førende fabrikker i specialsprøjter:

Trailersprøjter fra 1.000 l - 5.000 l

Liftsprøjter fra 400 l - 1.200 l

Rækkevidde: Op til 60 m vandret og op til 35 m lodret

Pumpe med stor ydelse og tryk

Fås med drejbar flextud eller ståltud m.m. galvaniseret ramme

**NYHED liftsprøjte fås nu med netto**

**tankindhold på 1260 Ltr.**

**NYHED fra SKMAS,**  
gødningsspreder til  
juletræer, spreder til  
en eller begge sider, fås  
som 1100L 1800L 2500L  
Kan leveres med kran.



**Dragone Klippere  
og Knusere ,et  
stærkt produkt,  
som bruges i  
skoven og til  
naturpleje,  
Ring for  
demo eller  
tilbud.**

Ring for yderligere information tlf. 74 75 12 05

**Skærbæk Maskinforretning**

v/Bent Sørensen · Aabenraaavej 17 · 6780 Skærbæk · Tlf. 74 75 12 05 · Fax 74 75 05 55

[www.skmas.dk](http://www.skmas.dk) · [info@skmas.dk](mailto:info@skmas.dk)

CVR-nr. 1573 7905 · Bank: Sydbank · Reg. 7971 konto nr. 200191-0





Prøver af kontinuert indsamlet jordvand opbevares i mørke i køleskab af hensyn til at minimalisere omsætningen. Foto: Danske Juletræer.

denfor fire til seks timer efter behandling reducerer effekten, da midlet fortyndes eller i værste fald afvaskes.

I perioden fra maj 2004 til oktober 2006 udførte Danske Juletræer i samarbejde med GEUS og Københavns Universitet et forsøg på et leret areal ved Slæggerup øst for Roskilde. Hovedformålet var at undersøge, om der var særlige forhold ved juletræsdyrkning, der ændrede risikoen for udvaskning af glyphosat og AMPA til grundvandet. I forsøget indgik to behandlinger:

1. En traditionel kemisk renholdelse, hvor glyphosat indgik i forbindelse med forårsbehandling og afskærmet sprøjtning i vækstsæsonen. Alle doseringer lå inden for det daværende maksimalt tilladelige.

2. En alternativ ukrudtsbekæmpelsesstrategi, hvor der holdtes mekanisk rent i foråret og i vækstsæsonen, og hvor der suppleredes med en reduceret dosering af glyphosat i efteråret.

Under forsøget blev der opsamlet drænvandsprøver under forsøgsfelterne samt udtaget jordprøver i forsøgsfelterne. Kun i enkelte drænvandsprøver blev der fundet målbare koncentrationer af såvel glyphosat som AMPA, det vil sige koncentrationer større end laboratoriets detektionsgrænse på 0,01 µg/L. Koncentrationerne var dog i alle tilfælde lavere end den maksimalt tilladelige mængde (0,1 µg/L). Trods fundne af glyphosat samt dets nedbrydningsprodukt AMPA i drænvandet er der ikke noget som tyder på, at øget opmærksomhed er påkrævet i forhold til anvendelse af glyphosat til traditionelle landbrugsafgrøder i årlig omdrift. Denne konklusion bygger på hyppigheden og niveauet for de fundne koncentrationer i drænvandet, som i alle tilfælde lå under 0,1 µg/L. Jordprøverne, som blev udtaget fra forsøgsfelterne, viste at indeholde restkoncentrationer af AMPA og glyphosat svarende til cirka 50% af den udbragte mængde. Indholdet skal ses i lyset af glyphosats evne til at binde sig i jorden, hvilket er med til at reducere udvaskningen betragteligt.

Desuden viste træernes kvalitet sig påvirket af begge behandlingsformer. Traditionel sprøjtemiddelbaseret behandling gav en bedre kvalitet end den alternative, primært mekanisk baserede ukrudtsbehandling. Øget omdriftstid samt nedsat højdevækst og nålekvalitet i forhold til traditionelt dyrkede træer indikerede, at øgede driftsomkostninger kan forventes, når sprøjtemiddel-anvendelsen reduceres. ■

*Glyphosat (Roundup med flere) er verdens mest solgte ukrudtsmiddel og udgør 25 % af det totale marked for herbicider. Foto: Monsanto.*

