

## Overfladeaktive stoffers indflydelse på ureaoptagelsen ved bladgødskning

*Effects of surfactants on the absorption of urea by foliar fertilization*

Arne Kyllingsbæk

### Resumé

I karforsøg blev der foretaget en undersøgelse af bygplanters ureaoptagelse efter sprøjtning med ureaopløsninger tilsat forskellige overfladeaktive stoffer i stigende koncentrationer. Undersøgelsen blev udført med tre nonioniske overfladeaktive stoffer, henholdsvis Tween 80, Lissapol NX og Sandovit. Planterne sprøjtedes med 10 pct. ureaopløsninger tilsat de tre overfladeaktive stoffer i koncentrationerne 0,01, 0,1 og 0,5 pct. Planterne høstedes 2, 6 og 24 timer efter sprøjtningen.

Resultaterne fra undersøgelsen viste, at ureaoptagelsen øgedes væsentligt ved tilsætning af et overfladeaktivt stof til ureaopløsningen. Ved en koncentration på 0,01 pct. var effekten størst af Tween 80. Ved koncentrationer på 0,1 og 0,5 pct. var effekten derimod størst af Lissapol NX og Sandovit. I forhold til ureaoptagelsen ved tilsætning af 0,1 pct. af de overfladeaktive stoffer bevirkede tilsætning af 0,5 pct. en nedgang i ureaoptagelsen for Tween 80 og Sandovit 2 og 6 timer efter sprøjtningen, men ikke efter 24 timers forløb.

Som helhed fandtes, at Lissapol NX og Sandovit havde tilnærmelsesvis samme – og større – effekt end Tween 80. Resultaterne viser ikke klart, om det er en fordel at øge koncentrationen af overfladeaktivt stof fra 0,1 til 0,5 pct. Derfor er det indtil videre næppe formålstjenligt at anvende koncentrationer væsentligt større end 0,1 pct. i praksis.

**Nøgleord:** Overfladeaktive stoffer, ureaoptagelse, bladgødskning.

### Summary

In a pot experiment barley plants were sprayed with 10 per cent solutions of urea containing three different nonionic surface active agents, Tween 80, Lissapol NX, and Sandovit, each at four concentrations: 0, 0.01, 0.1, and 0.5 per cent. The plants from two pots from each treatment were harvested 2, 6 and 24 hours after spraying.

Addition of a surface active agent to the urea solution increased the urea content in the plants considerably. At the concentration 0.01 per cent Tween 80 increased the urea content more than did Lissapol NX and Sandovit. At the concentrations 0.1 and 0.5 per cent Lissapol NX and Sandovit had greater effect than Tween 80. Increase of the content of Tween 80 and Sandovit from 0.1 to 0.5 per cent was found to decrease the urea content 2 and 6 hours after spraying, but not 24 hours after spraying.

As a whole the effect of Lissapol NX and Sandovit were almost equal and greater than the effect of Tween 80. The results do not clearly show whether a concentration of 0.1 or 0.5 per cent should be preferred. For a practical purpose it is hardly recommendable to use concentrations above 0.1 per cent.

**Key words:** Surfactants, urea absorption, foliar fertilization.

## Indledning

For at opnå en god effekt af bladgødskning, kemisk ukrudtsbekæmpelse og bekæmpelse af insekter og svampesygdomme med systemiske midler er det af afgørende betydning, at der er en god kontakt mellem plantedelene og den udsprøjtede opløsning. For at sikre dette tilsættes i vid udstrækning overfladeaktive stoffer, såkaldte spredemidler, til de anvendte kemikalier.

Overfladeaktive stoffer kan inddeles i tre grupper, kationiske, anioniske og nonioniske. Den overfladeaktive del af molekylet optræder for kationiske stoffer som kationer og for anioniske stoffer som anioner, hvorimod de nonioniske stoffer optræder som uladede molekyler. Fælles for alle tre grupper er, at det enkelte molekyle består af en hydrofil del (vandvenlig del) og en lipofil del (fedtvenlig del). Øges koncentrationen af overfladeaktive stoffer i vandig opløsning, falder opløsningens overfladespænding, men kun til et bestemt niveau. Det punkt, hvor en stigning i koncentrationen ikke giver sig udslag i en lavere overfladespænding, kaldes stoffets kritiske micelkoncentration, cmc, og er karakteristisk for stoffet. Øges koncentrationen udover cmc, dannes molekyleagregater, såkaldte miceller. Ved miceldannelsen lejrer molekylerne sig således, at den lipofile del findes i micellen, hvorimod molekylernes hydrofile del udgør micellens overflade (Elworthy et al., 1968).

Tilsætning af et overfladeaktivt stof medfører, at opløsningens evne til at fugte vandafvisende flader, som f.eks. bladoverfladerne af mange plantearter, forbedres betydeligt. Årsagen til dette er ifølge Bland og Winchester (1968), at det overfladeaktive stofs molekyler lægger sig i grænsefladen mellem blad og væske, således at den hydrofile del af molekylet befinder sig i opløsningen og den lipofile del i kontakt med bladoverfladen.

Undersøgelser af bl.a. Sands og Bachelard (1973) med tilsætning af forskellige overfladeaktive stoffer til en herbicidopløsning har vist, at der ikke nødvendigvis er en entydig sammenhæng mellem en opløsnings overfladespænding og dens fugtende evne udtrykt ved kontaktvinklen, der har vist sig at være et bedre mål for en opløsnings

evne til at fugte en bladoverflade end overfladespændingen. Kontaktvinklen defineres som vinklen mellem bladoverfladen og tangenten til en dråbe af opløsningen i kontaktfladeomkredsen, hvor blad, væske og luft mødes, se f.eks. Martin og Juniper (1970). Er kontaktvinklen  $0^\circ$  (dette forekommer dog ikke i praksis), fugtes bladet fuldstændigt, og er kontaktvinklen  $180^\circ$ , fugtes bladet slet ikke.

Ved bladgødskning undlades ofte tilsætning af et overfladeaktivt stof, ligesom undersøgelser, der direkte tager sigte på at belyse betydningen heraf, er relativt få (bl.a. Cook og Boynton, 1952; Ehrendorfer, 1962; Eynard og Paglietta, 1962).

I nærværende beretning redegøres for resultater fra undersøgelser af ureaoptagelsen i bygplanter ved sprøjtning med ureaopløsninger tilsat tre forskellige overfladeaktive stoffer i stigende koncentration.

De tre anvendte overfladeaktive stoffer var alle nonioniske, da disse er mindre toksiske for planterne end de ioniske, der især for de kationiske stoffers vedkommende kan forårsage en svidning af planterne (Furmidge, 1959).

## Materiale og metoder

Forsøgene blev udført i cylindriske P.V.C.-kar med et volumen på 5 liter og et overfladeareal på  $143 \text{ cm}^2$ . Karrene tareredes med flinteskærver (ca. 1,2 kg). Langs karrets indvendige væg, fra overkanten til bunden, anbragtes en plastslange, som muliggjorde vanding fra bunden. Som vækstmedium anvendtes en jord-sandblanding bestående af 2 vol. jord (lerblandet sand) og 3 vol. hollandsk flodsand. Der tilførtes følgende mængder grundgødning pr. kar: 0,5 g N som  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ , 1,2 g P og 1,4 g K som  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ , 0,6 g Mg som MgO, 0,02 g Mn som  $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$  og 0,02 g Cu som  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ .

Ved anlæg af forsøgene blandedes grundgødningen i 4,5 kg af jord-sandblandingen, som derefter fyldtes i karret. Karrene tilsåedes med byg (Lofa), 12 kerner pr. kar. Kernerne dækkedes med 300 g ugødet jord-sandblanding. Karrene vandedes daglig til konstant vægt svarende til 70 pct. af vandkapaciteten beregnet på basis af lufttørret jord.

**Tabel 1.** Karakteristik af de anvendte overfladeaktive stoffer  
*Characterization of the surface active agents used*

Handelsnavn <i>Commercial name</i>	Kemisk struktur <i>Chemical structure</i>	Pct. overfladeaktivit stof <i>Per cent surface active agent</i>			
		0	0,01	0,1	0,5
overfladespænding i vandige opl., dyn/cm: <i>surface tension in aqueous solutions, dyn/cm:</i>					
Tween 80 (Atlas Inc. Wilmington U.S.A.)	Polyoxyethylen sorbitan monoleat	<sup>1)</sup> 72	40	38	36
<sup>3)</sup> Lissapol NX (ICI Ltd. London U.K.)	Alkyl-aryl- polyoxyethylen- ether	<sup>2)</sup> –	32	31	31
Sandovit (Sandoz Basel Switz.)	Alkyl-aryl- polyoxyethylen- ether	<sup>2)</sup> –	32	32	32

<sup>1)</sup> H. Kyllingsbæk (1974); <sup>2)</sup> K. E. Thonke (1975).

<sup>3)</sup> Lissapol NX indeholder 100 pct. aktivt stof, men fås også i en 26,5 pct. opløsning under navnet Lissapol N.

Ved begyndende buskning udtændedes til 8 planter pr. kar.

Ved stadie 8 efter Feekes skala (43 dage efter fremspiringen) sprøjtedes planterne i hvert kar med 5 ml 10 pct. ureaopløsning tilsat et overfladeaktivt stof, Tween 80, Lissapol NX eller Sandovit, i stigende koncentration, se tabel 2. I tabel 1 er vist en karakteristik af de anvendte overfladeaktive stoffer. De anførte overfladespændinger viser, at de anvendte koncentrationer alle er over kritisk micelkoncentration, da overfladespændingen ikke ændres væsentligt med stigende koncentration.

For hver behandling høstes 2 kar henholdsvis 2, 6 og 24 timer efter sprøjtningen.

Sprøjtningen blev foretaget med en forstøver af glas. Planterne var ved alle behandlinger istand til at fastholde den tilførte væskemængde.

Planterne sprøjtedes mellem kl. 7 og kl. 8 om morgenen. Temperaturen var om morgenen ca. 18°C og steg i løbet af dagen til ca. 25°C. Samtidig faldt den relative luftfugtighed fra ca. 60 pct. til ca. 35 pct. Planterne var tørre 5–10 min. efter sprøjtningen.

Ved høst afklippedes planterne ca. 2 cm over jordoverfladen og vaskedes umiddelbart efter i

tre hold afioniseret vand. Plantematerialet blev tørret til konstant vægt ved 80°C og analyseret for urea-N efter en metode af Kyllingsbæk (1975) og for total-N ved en mikrokjeldahl-metode. Ved destruktionen anvendtes salicylsvovlsyre og en kobber-selen katalysator.

### Resultater

Tørstofudbyttet ved høst var i gennemsnit for alle karrene 16,0 g med en relativ spredning ( $s\% = \frac{S}{\bar{x}} \cdot 100$ ) på 8,0 pct. Kvælstofindholdet

i tørstoffet var ca. 4,5 pct.

I tabel 2 er vist resultaterne fra bestemmelse af ureaindholdet i de enkelte forsøgsled.

Af tabellen ses, at tilsætning af et overfladeaktivt stof til ureaopløsningen uden undtagelse har medført en stigning i planternes ureaindhold i forhold til indholdet i de planter, der sprøjtedes med en ureaopløsning uden tilsætning af et overfladeaktivt stof. Af tabellen ses også, at både koncentrationen og det overfladeaktive stofs art har betydning. Ved en koncentration på 0,01 pct. ses, at Tween 80 på alle tre høsttidspunkter har haft en lidt større effekt end Lissapol NX og Sandovit. Øges koncentrationen af overfladeaktivt stof til

**Tabel 2.** Optaget urea-N, mg/kar, i bygplanter efter sprøjtning med 10 pct. ureaopløsninger tilsat tre forskellige overfladeaktive stoffer  
*Content of urea-N, mg/pot, in barley plants sprayed with 10 per cent urea solutions containing three different surface active agents*

Høstet antal timer efter sprøjtning <i>Hours after spraying</i>	2			6			24		
Overflade aktivt stof <i>Surface active agent</i>	Tween 80	Lis- sa- pol NX	San- do- vit	Tween 80	Lis- sa- pol NX	San- do- vit	Tween 80	Lis- sa- pol NX	San- do- vit
Konc., % <i>Conc., %</i>									
0	3	3	3	3	3	3	5	5	5
0,01	8	4	6	10	4	5	14	8	6
0,1	11	24	24	11	29	26	23	39	44
0,5	8	23	12	9	22	11	24	50	54

$s_{\bar{x}} = 0,6$  for resultater  $< 7$  mg urea-N

$s_{\bar{x}} = 0,9$  for resultater  $\geq 7$  og  $\leq 14$  mg urea-N

$s_{\bar{x}} = 3$  for resultater  $> 21$  mg urea-N

0,1 pct. i den udsprøjtede ureaopløsning ses, at billedet ændrer sig, idet ureaindholdet i planterne ved alle tre høsttider nu er betydeligt større, hvor ureaopløsningen blev tilsat Lissapol NX og Sandovit, end hvor der anvendtes Tween 80. Ved tilsætning af 0,5 pct. af de respektive overfladeaktive stoffer ses, at ved de to første høsttider er der en tendens til en mindre optagelse end ved tilsætning af 0,1 pct. Dette er mest udtalt for Tween 80 og Sandovit. Efter 24 timers forløb er ureaindholdet det samme ved tilsætning af 0,1 pct. og 0,5 pct. Tween 80, hvorimod der er en stigning for Lissapol NX og Sandovit. Sammenlignes ureaindholdet ved de tre høsttider ses, at indholdet næsten ikke er ændret i perioden 2 til 6 timer efter sprøjtningen, hvorimod indholdet er øget en del fra 6 til 24 timer efter sprøjtningen.

### Diskussion

Den gunstige virkning på ureaoptagelsen ved tilsætning af et overfladeaktivt stof til de udsprøjtede ureaopløsninger er i overensstemmelse med resultater fra undersøgelser af Cook og Boynton (1952), der fandt en tilsvarende effekt ved sprøjtning af æbletræer med ureaopløsninger tilsat

Tween 20 og Tween 80, som begge er nonioniske stoffer. Når ureaoptagelsen i bygplanterne ikke er forøget fra 2 til 6 timer efter sprøjtningen, skyldes dette formentlig, at planterne var tørre ca. 10 min. efter sprøjtningen, og optagelsen dermed sandsynligvis standset. Stigningen efter 24 timers forløb skyldes uden tvivl, at planterne ved dugfald igen er blevet fugtige og dermed har haft mulighed for at fortsætte optagelsen.

Ud fra det i indledningen omtalte vedrørende overfladeaktive stoffers forhold i vandige opløsninger må det formodes, at koncentrationen af overfladeaktivt stof i alle de anvendte ureaopløsninger er større end kritisk micelkoncentration, da en koncentrationsstigning fra 0,01 til 0,5 pct. ikke har medført nogen væsentlig ændring i opløsningernes overfladespænding, der for Tween 80 aftager fra 40 til 36 dyn/cm og for Lissapol NX og Sandovit er af størrelsesordenen 31 til 32 dyn/cm, se tabel 1. Den større effekt af Tween 80 end af Lissapol NX og Sandovit ved den laveste koncentration, 0,01 pct., kan således ikke forklares ud fra overfladespændingen. Som nævnt i indledningen kan det imidlertid heller ikke forventes, at der er entydig sammenhæng mellem en

opløsnings overfladespænding og dens fugtende evne.

Undersøgelser af *Sands* og *Bachelard* (1973) viste således, at af to opløsninger indeholdende hvert sit overfladeaktive stof kunne opløsningen med størst overfladespænding godt have størst fugtende evne, d.v.s. mindst kontakvinkel. Det kan derfor ikke afvises, at den bedre virkning af Tween 80 end af Lissapol NX og Sandovit ved den laveste koncentration skyldes, at Tween 80 ved denne koncentration har en større fugtende evne end Lissapol NX og Sandovit, selv om overfladespændingen ikke ændres væsentligt. Undersøgelserne af *Sands* og *Bachelard* viste også, at en opløsnings fugtende evne stadig kan øges, d.v.s. kontakvinklen aftager med stigende koncentration over kritisk micelkoncentration, hvor overfladespændingen ikke ændres væsentligt. Dette kan muligvis være forklaringen på, at ureaoptagelsen stiger med stigende koncentration af de overfladeaktive stoffer, selv om overfladespændingen stort set er den samme. Det kan imidlertid heller ikke udelukkes, at de overfladeaktive stoffer direkte har påvirket vokslaget på en måde, der fremmer optagelsen, og at denne effekt både er afhængig af koncentrationen af det overfladeaktive stof og dets natur. En undersøgelse af *Wortmann* (1965) har således vist, at et overfladeaktivt stof kan ændre vokslagets struktur, ligesom *Furmidge* (1959) fremhæver, at opløsninger af overfladeaktive stoffer med koncentrationer større end kritisk micelkoncentration er istand til at ændre – eventuelt delvis fjerne – vokslaget fra plantens overhud.

Det er vanskeligt at klarlægge årsagen til nedgangen i ureaoptagelsen 2 og 6 timer efter sprøjtningen ved forøgelse af koncentrationen af Tween 80 og Sandovit fra 0,1 til 0,5 pct. En nærliggende forklaring er, at en koncentration på 0,5 pct. muligvis kan have en toksisk virkning på planterne, som hæmmer ureaoptagelsen. Dette er dog næppe hele forklaringen, da en sådan effekt også må forventes at give sig udslag i et lavere ureaindhold 24 timer efter sprøjtningen. Dette er imidlertid ikke tilfældet, tværtimod er ureaoptagelsen steget.

Som helhed betragtet har Lissapol NX og San-

dovit haft tilnærmelsesvis samme – og bedre – virkning på ureaoptagelsen end Tween 80. Af de fundne resultater fremgår det ikke klart, om det er fordelagtigt at øge koncentrationen fra 0,1 til 0,5 pct.

### Konklusion

Tilsættes overfladeaktive stoffer til ureaopløsninger, der anvendes til bladgødskning, øges optagelsen af urea væsentligt de første 24 timer efter sprøjtningen. Effekten er afhængig af både koncentration og kemisk sammensætning af det overfladeaktive stof.

Lissapol NX og Sandovit, der begge er af typen alkyl-aryl-polyoxyethylen-ether, har en betydelig større effekt på ureaoptagelsen end Tween 80 polyoxyethylen sorbitan monooleat.

Af resultaterne fremgår det ikke klart, om det er en fordel at øge koncentrationen af de overfladeaktive stoffer fra 0,1 til 0,5 pct.

Da undersøgelsen er udført som karforsøg, kan resultaterne nok ikke direkte overføres til praksis, men der er næppe tvivl om, at tilsætning af et overfladeaktivt stof til den udsprøjtede ureaopløsning også vil øge ureaoptagelsen under markforhold.

I praksis er det sandsynligvis ikke formålstjenligt at anvende koncentrationer større end 0,1 pct.

### Litteraturliste

- Bland, P. D.* and *Winchester, J. M.* (1968): Improvements in foliar wetting produced by three components in systems. *Int. Congr. Surface Activ.*, 5th, 3, 325–334.
- Cook, J. A.* and *Boynton, D.* (1952): Some factors affecting the absorption of urea by McIntosh apple leaves. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 59, 82–90.
- Ehrendorfer, K.* (1962): Harnstoff und Ammonsulfat als Blattdünger zu Winterweizen. Ein Beitrag zur Frage der Blattdüngung. *Bodenkultur* 13, 163–172.
- Elworthy, P. H., Florence, A. T.* and *MacFarlane, C. B.* (1968): Solubilization by surface-active agents. Chapman and Hall, London.
- Eynard, I.* and *Paglietta, R.* (1962): Effectiveness of surfactants in foliar aqueous treatments tested with radioisotopic technique. *Agrochimica* 7, 96–100.
- Furmidge, C. G. L.* (1959): Physico-chemical studies on agricultural sprays. III. Variation of phytotoxicity with the chemical structure of surface-active agents. *J. Sci. Food Agric.* 10, 419–425.

- Kyllingsbæk, A.* (1975): Extraction and colorimetric determination of urea in plants. *Acta Agr. Scand.* 25, 109–112.
- Kyllingsbæk, H.* (1974): Studier over solubilisering med henblik på lægemiddelformulering. Licentiatafhandling, Danmarks farmaceutiske Højskole, København.
- Martin, J. T. and Juniper, B. E.* (1970): The cuticles of plants. Edward Arnold Ltd., 347 sider.
- Sands, R. and Bachelard, E. P.* (1973): Uptake of picloram by eucalypt leaf discs. I. Effect of surfactants and nature of the leaf surfaces. *New Phytol.* 72, 69–86.
- Thonke, K. E.* (1975): Personlig oplysning.
- Wortmann, G. B.* (1965): Elektronenmikroskopische Untersuchungen der Blattoberfläche und deren Veränderung durch Pflanzenschutzmittel. *Z. Pflanzenkr. (Pflanzenpathol.) und Pflanzenschutz.* 72, 641–670.

Manuskript modtaget den 24. juli 1978.