

Optagelse af urea i bygplanter efter sprøjtning med en ureaopløsning på forskellige tidspunkter i døgnet

Absorption of urea by barley plants after foliar fertilization at different times during the day and night

Arne Kyllingsbæk

Resumé

I karforsøg blev der foretaget en undersøgelse af bygplanters ureaoptagelse efter sprøjtning med ureaopløsninger på forskellige tidspunkter i døgnet. Undersøgelsen omfattede to serier henholdsvis med og uden tilsætning af 0,1 pct. Lissapol NX (spredemiddel) til den udsprøjtede ureaopløsning. Planterne blev sprøjtet henholdsvis kl. 7, 12, 17, 22 og 3. Seks timer efter sprøjtningen blev planterne høstet. Undersøgelsen blev gennemført i 6 døgn i alt.

Resultaterne viste, at tilsætning af 0,1 pct. Lissapol NX til ureaopløsningen øgede optagelsen væsentligt alle 6 døgn uanset sprøjtetidspunktet i døgnet. I gennemsnit for de 6 døgn var ureaoptagelsen størst efter sprøjtning kl. 3 og kl. 7 om morgenen og mindst ved sprøjtning kl. 12. Forskellen i ureaoptagelsen efter sprøjtning om morgenen og midt på dagen var især stor på dage med solrigt vejr og lav relativ luftfugtighed midt på dagen og mindre på dage med overskyet vejr og højere relativ luftfugtighed midt på dagen.

Med henblik på at få en hurtig optagelse af det tilførte næringsstof bør det derfor tilstræbes at gennemføre sprøjtningen i de tidlige morgentimer og undgå sprøjtning midt på dagen, især på dage med udsigt til tørt og solrigt vejr.

Nogleord: Bladgødsning, ureaoptagelse, sprøjtetidspunkt, overfladeaktive stoffer.

Summary

In a pot experiment barley plants were sprayed with a 10 per cent solution of urea at five different times during the day and night. The plants were sprayed at 7 a.m., 12 a.m., 5 p.m., 10 p.m., and 3 a.m. and harvested 6 hours after each spraying. The experiment comprises two series, with and without incorporation of 0.1 per cent of a surfactant, Lissapol NX, in the urea solution. The investigation was carried out six different days and nights. Addition of the surfactant to the urea solution increased the urea content in the plants considerably at each time of spraying all the six days and night. On average the greatest content of urea was found in plants sprayed at 7 a.m. and 3 a.m. and the smallest content in plants sprayed at 12 a.m. The difference between the urea content in plants sprayed in the morning and plants sprayed in the middle of the day was greater on days with sunshine and low relative humidity compared to cloudy days and relatively high humidity in the middle of the day.

In order to obtain a quick absorption foliar fertilization should be carried out early in the morning, and spraying in the middle of the day should be avoided, especially on days when warm and dry weather is forecast.

Key words: Foliar fertilization, urea absorption, time of spraying, surfactants.

Indledning

Resultater fra undersøgelser (*Mederski & Hoff*, 1958; *Wittwer*, 1964; *Middleton & Sanderson*, 1965; *Webster*, 1973; *Mattson & Björklund*, 1975) har vist, at en høj relativ luftfugtighed og høj temperatur og lysintensitet fremmer optagelsen af næringsstoffer gennem blade og stængler. En høj relativ luftfugtighed bevirker for det første, at planterne er fugtige en længere periode efter sprøjtningen, men planternes overhud er også lettere gennemtrængelig for vandopløselige stoffer, når planterne er saftspændte. Er den relative luftfugtighed derimod lav og planterne vandmanglende, tørrer overhuden ind og bliver derved mindre gennemtrængelig (*van Overbeek*, 1956). Virkningen af temperaturen og lysintensiteten tilskrives, at planternes stofskifte øges med stigende temperatur og lysintensitet og derigennem påvirker transporten gennem plasmalemma, der er en aktiv proces, som kræver energi fra planten.

Sammenholdes den relative luftfugtighed, temperaturen og lysintensiteten på forskellige tidspunkter i døgnet med det ovenfor omtalte vedrørende disse faktorerers indflydelse på planternes evne til at optage næringsstoffer, må det formodes, at planternes muligheder for at optage næringsstoffer gennem blade og stængler er forskellig på forskellige tidspunkter i døgnet.

For at undersøge dette og dermed opnå mulighed for at fastlægge det tidspunkt i døgnet, som det er mest hensigtsmæssigt at foretage en bladgødsugning på, blev der foretaget en undersøgelse i karforsøg med sprøjtning af bygplanter med en ureaopløsning på forskellige tidspunkter i døgnet.

Materiale og metoder

Forsøgene blev udført i cylindriske P.V.C.-kar med et volumen på ca. 20 liter og et overfladeareal på 500 cm². Karrene var udvendig forsynet med et rør, der muliggjorde vanding fra bunden. Karrene tareredes med flinteskærver, der også formidler en god fordeling af tilført vand. Som vækstmedium anvendtes en blanding af jord (ler-

blandet sand), hollandsk flodsand og findelt spagnum. Blandingsforholdet var 1 kg spagnum til 6 kg jord-sandblanding (2 vol. jord + 3 vol. sand). Der tilførtes følgende mængder grundgødning pr. kar. 1,5 g N som Ca(NO₃)₂, 1,6 g P og 4,0 g K som KH₂PO₄, 0,5 g Mg som MgSO₄·7H₂O, 0,1 g Mn som MnSO₄·H₂O, 0,1 g Cu som CuSO₄·5H₂O og 10,0 g CaCO₃.

Ved anlæg af forsøgene blandedes grundgødningen i 13,5 kg af jordblandingen, som derefter fyldtes i karret. Karrene tilsåedes med byg (*Lofa*), 35 kerner pr. kar. Kernerne dækkedes med 750 g ugødet jordblanding. Karrene vandedes dagligt til konstant vægt svarende til 70 pct. af vandkapaciteten beregnet på basis af lufttørret jord. Ved begyndende buskning udtyndedes til 22 planter pr. kar.

Ved udviklingstrinene 6 (9. juni), 7 (12. juni), 8 (18. juni), 9 (21. juni) og 10 (22. juni og 23. juni) efter Feekes-Large skala (*Arbejdsregler*, 1979) sprøjtedes planterne med en ureaopløsning på fem forskellige tidspunkter i døgnet og høstede 6 timer senere, se forsøgsplanen. Af forsøgsplanen ses, at forsøget omfattede to serier henholdsvis med og uden tilsætning af et overfladeaktivt stof, Lissapol NX, til ureaopløsningen.

Forsøgsplan:

Sprøjtning:

- 5 ml 10 pct. ureaopløsning
- 5 ml 10 pct. ureaopløsning tilsat 0,1 pct. Lissapol NX¹⁾.

Sprøjtetidspunkter:

- kl. 7
- kl. 12
- kl. 17
- kl. 22
- kl. 3

Høsttidspunkter:

6 timer efter hver sprøjtning.

Antal kar:

2 ureaopløsninger × 5 sprøjtetidspunkter × 2 fælleskar pr. led, ialt 20 kar pr. døgn.

¹⁾ Lissapol NX indeholder 100 pct. aktivt stof, men fås også i en 26,5 pct. opløsning under navnet Lissapol N.

Tabel 1. Tørstofudbytte og kvælstofindhold i bygplanter høstet de seks døgn undersøgelsen blev gennemført.
Dry matter and nitrogen content in barley plants harvested on the six days and nights the investigation was carried out.

Høst dato Harvest date	Udviklingstrin (Feekes-Large) Growth stage (Feekes-Large)	g tørstof pr. kar Dry matter g per pot	Pct. N i tørstof Per cent N in dry matter
9/6	6	28	4,5
12/6	7	37	3,5
18/6	8	57	2,5
21/6	9	65	2,2
22/6	10	67	2,2
23/6	10	71	2,0

Umiddelbart før sprøjtningen høstedes det halve antal planter i hvert kar. Denne halvdel anvendtes til bestemmelse af total kvælstof i planterne før sprøjtningen. Ved høst afklippedes planterne ca. 2 cm over jordoverfladen. Planterne vaskedes umiddelbart efter i tre hold afioniseret vand for at fjerne urea fra overfladen. 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 en salicylsvovlsyre (for reduktion af nitrat) og en kobber-selen katalysator. Fælleskarrene analyseredes hver for sig.

Den relative luftfugtighed og temperaturen blev målt med en termohygrograf Lambrecht Nr. 252 Ua.

Resultater

I tabel 1 er vist gennemsnittet af tørstofudbyttet og kvælstofprocenten for hvert af de 6 døgn, undersøgelsen blev foretaget. Det ses, at tørstofudbyttet stiger kraftigt, og at kvælstofprocenten falder tilsvarende. Dette viser, at undersøgelsen er udført med planter på meget forskelligt udviklingstrin.

I tabel 2 og 3 er vist henholdsvis den relative luftfugtighed og temperaturen ved absorptionsperiodernes begyndelse og slutning, dvs. på sprøjte- og høsttidspunktet for hvert af de 6 døgn, undersøgelsen blev gennemført. Af tabel 2 ses, at hvor der er sprøjtet i morgen-, aften- og nattetimerne henholdsvis kl. 7, 22 og 3, er sprøjtningen udført ved en betydelig højere relativ luftfugtighed, end det er tilfældet, hvor der er sprøjtet i

Tabel 2. Relativ luftfugtighed (pct.) ved absorptionsperiodernes begyndelse og slutning de seks døgn undersøgelsen blev gennemført.

Per cent relative humidity at the beginning and end of the absorption periods on the six days and nights the investigation was carried out.

Dato Date	Tidspunkt kl. Times									
	7	13	12	18	17	23	22	4	3	9
9-10/6	60	25	25	30	30	70	55	90	90	40
12-13/6	80	40	40	85	50	90	85	95	95	70
18-19/6	85	50	55	75	75	85	85	100	100	100
21-22/6	90	50	55	65	60	80	80	90	95	75
22-23/6	80	55	60	50	50	90	75	90	90	75
23-24/6	85	60	60	45	45	95	90	100	100	55

Table 3. Temperaturen (°C) ved absorptionsperiodernes begyndelse og slutning de seks døgn undersøgelsen blev gennemført.

Temperature (°C) at the beginning and end of the absorption periods the six days and nights the investigation was carried out.

Dato Date	Tidspunkt kl. Times									
	7	13	12	18	17	23	22	4	3	9
9-10/6	14	18	18	16	17	10	11	8	8	17
12-13/6	14	19	19	15	15	13	13	13	13	14
18-19/6	11	18	17	14	14	12	12	10	10	13
21-22/6	11	15	15	14	15	12	12	10	9	13
22-23/6	12	17	16	19	19	12	13	12	13	17
23-24/6	14	20	20	20	22	13	15	13	13	21

dagtimerne henholdsvis kl. 12 og 17. Af tabellen fremgår også, at der er sammenhæng mellem sprøjtetidspunktet og ændringen i den relative luftfugtighed gennem absorptionsperioden. Ved sprøjtning kl. 7 om morgenen og kl. 3 om natten ses, at den relative luftfugtighed falder gennem absorptionsperioden, hvorimod den med få undtagelser er stigende gennem absorptionsperioden ved sprøjtning kl. 12, 17 og 22. Tilsvarende ses af tabel 3, at der er sammenhæng mellem sprøjte-

tidspunktet og ændringen i temperaturen gennem absorptionsperioden.

Tablet 4 viser indholdet af ureakvælstof efter sprøjtning på de forskellige tidspunkter de 6 døgn, undersøgelsen blev gennemført. Ved sammenligning af ureaoptagelsen i planterne, hvor der er sprøjtet henholdsvis med og uden tilsætning af 0,1 pct. Lissapol NX (spredemiddel) til ureaopløsningen ses, at tilsætning af 0,1 pct. Lissapol NX uden undtagelse har øget ureaoptagelsen og, at

Table 4. Ureakvælstof i bygplanter, mg N/kar, efter sprøjtning på forskellige tidspunkter i døgnet.
Content of urea-N, mg/pot, in barley plants sprayed at different times through the day and night.

Spr. tidspkt. Times of spraying	Sprøjtet med 10% ureaopløsning <i>Sprayed with 10 per cent urea solution</i>					Spr. med 10% ureaopl. + 0,1% Lissapol NX <i>Spr. with 10 per cent urea solution + 0.1 per cent Lissapol NX</i>				
	7	12	17	22	3	7	12	17	22	3
Dato Date										
9-10/6	4	2	2	4	7	30	3	6	31	56
12-13/6	7	4	7	11	21	47	29	27	24	41
18-19/6	12	4	15	15	19	50	29	58	34	31
21-22/6	18	3	11	12	22	49	20	30	33	46
22-23/6	5	6	9	11	15	24	32	39	29	39
23-24/6	18	12	9	6	14	52	33	39	13	47
Gns.	11	5	9	10	16	42	24	33	27	43

$s_{\bar{x}} = 0,9$ for resultater < 10 mg urea N

$s_{\bar{x}} = 2,4$ for resultater $\geq 10 \leq 25$ mg urea N

$s_{\bar{x}} = 2,8$ for resultater > 25 mg urea N

denne effekt er mest fremtrædende, når ureaoptagelsen uden tilsætning af 0,1 pct. Lissapol NX er lav. Af gennemsnitstallene nederst i tabellen ses, at som helhed har ureaoptagelsen været størst ved sprøjtning kl. 7 om morgenen og kl. 3 om natten. Betragtes de enkelte resultater i tabellen, ses imidlertid, at disse gennemsnitsresultater dækker over en betydelig variation mellem dagene og, at denne variation i store træk følger det samme mønster, enten der er tilsat Lissapol NX eller ej.

Diskussion

Stigningen i ureaoptagelsen ved tilsætning af 0,1 pct. Lissapol NX til den udsprøjtede ureaopløsning er i overensstemmelse med undersøgelser af *Kyllingsbæk* (1979) og viser, at tilsætning af et spredemiddel øger optagelsen under både gode og dårlige klimatiske betingelser for optagelsen. Endvidere antyder resultaterne, at tilsætning af et spredemiddel afbøder effekten af ugunstige betingelser for optagelsen, idet optagelsen ved tilsætning af Lissapol NX er øget forholdsvis mest, hvor optagelsen uden tilsætning af Lissapol NX har været lav. Tilsvarende resultater er fundet ved tilsætning af spredemidler til vækststoffer (*Hughes & Freed*, 1961). Det kan imidlertid heller ikke udelukkes, at planterne bedre er i stand til at fastholde den udsprøjtede næringsstofopløsning, når denne indeholder et spredemiddel.

Ud fra det i indledningen anførte vedrørende den relative luftfugtighed og temperaturens og lysintensitetens betydning for planternes evne til at optage næringsstoffer gennem blade og stængler, må det umiddelbart formodes, at de bedste betingelser for optagelse af næringsstoffer er til stede i de tidlige morgentimer, hvor den relative luftfugtighed er høj og temperaturen og lysintensiteten om ikke på sit højeste så dog stigende. Ligeledes må det forventes, at de dårligste betingelser for optagelse af næringsstoffer er til stede midt på dagen, hvor den relative luftfugtighed almindeligvis er lav.

De fundne gennemsnitsresultater for optagelsen af urea ved sprøjtning på forskellige tidspunkter i døgnet er således i god overensstemmelse med, hvad der på grundlag af de klimatiske

forhold døgnet igennem måtte forventes. Tilsvarende resultater er fundet i forsøg med tobak (*Volk & McAuliffe*, 1954). Som tidligere omtalt dækker gennemsnitsresultaterne imidlertid over en betydelig forskel mellem de enkelte dage. At der er forskel mellem de enkelte dage, er dog ikke overraskende, da det ovenfor omtalte forløb for optagelsen gennem døgnet må forventes at udvikles mere og mere, jo højere den relative luftfugtighed er i dagtimerne. Dette kan også udledes af resultaterne i nærværende undersøgelse. Den lave optagelse midt på dagen d. 9. juni sammenlignet med optagelsen de øvrige dage på samme tidspunkt skyldes således uden tvivl, at der denne dag var skyfrit med meget lav relativ luftfugtighed midt på dagen og betingelserne for optagelse af næringsstoffer derfor betydelig dårligere end på samme tidspunkt de øvrige dage, hvor der var mere eller mindre overskyet med en betydelig højere relativ luftfugtighed midt på dagen.

Tendensen til den større optagelse ved sprøjtning kl. 7 om morgenen end ved sprøjtning kl. 17 om eftermiddagen sammenholdt med ændringen i den relative luftfugtighed gennem de respektive absorptionsperioder tyder på, at det er bedre at sprøjte på et tidspunkt med en forholdsvis høj relativ luftfugtighed, som er faldende gennem absorptionsperioden fremfor at sprøjte på et tidspunkt med en lav relativ luftfugtighed, som stiger gennem absorptionsperioden. Den egentlige årsag til denne forskel skal formentlig søges i, at planternes evne til at optage næringsstoffer nok almindeligvis er på sit højeste i morgentimerne, hvor planterne er saftspændte og mindre i eftermiddags- og aften timerne, selv om luftfugtigheden stiger til et forholdsvis højt niveau i løbet af absorptionsperioden.

Ud fra den relative luftfugtighed i absorptionsperioden at dømme skulle ureaoptagelsen ved sprøjtning kl. 22 om aftenen være lige så stor som ved sprøjtning kl. 3 om natten. Når dette for de fleste dage ikke er tilfældet, kan det skyldes, at der var mørkt gennem hele absorptionsperioden ved sprøjtning kl. 22. Som omtalt i indledningen har plantens stofskifte og dermed lysintensiteten betydning for optagelsen. En anden medvirkende årsag kan være, at planterne ved sprøjtning kl. 22

var meget fugtige gennem hele absorptionsperioden i modsætning til, hvor der blev sprøjtet kl. 3, hvor luftfugtigheden var faldende hen mod absorptionsperiodens slutning. Dette medfører, at der sker en delvis udtørring og dermed koncentration af den udsprøjtede ureaopløsning på planterne, hvilket kan have en fremmende virkning på optagelseshastigheden (*Middleton & Sanderson*, 1965). Dette kan også være forklaringen på den uforholdsmæssigt lave optagelse ved sprøjtning d. 18. juni kl. 3 og d. 23. juni kl. 22, hvor den relative luftfugtighed gennem hele absorptionsperioden var 90 pct. og derover. Dette gav sig også udslag i, at planterne ved høst var mindst lige så – måske endog mere – fugtige end umiddelbart efter sprøjtningen.

Tilsyneladende er der ikke i nærværende undersøgelse nogen klar sammenhæng mellem ureaoptagelsen og temperaturen. Dette kan skyldes, at effekten af den relative luftfugtighed har tilsløret en sådan sammenhæng. *Middleton* og *Sanderson* (1965) fandt således, at den relative luftfugtighed havde større betydning for optagelsen end temperaturen og lysintensiteten.

Resultaterne af undersøgelsen viser kun forskellen i ureaoptagelsen de første 6 timer efter sprøjtningen de forskellige tidspunkter i døgnet. Denne forskel vil formentlig udviskes mere og mere, jo længere tidsrum absorptionsperioden strækker sig over. Ved bladgødskning vil det imidlertid i de fleste tilfælde være en fordel at få det udsprøjtede næringsstof optaget hurtigst muligt, idet en hurtig optagelse mindsker risikoen for, at næringsstoffet fjernes fra planternes overflade, inden det optages, f.eks. på grund af vejrskift fra tørvejrs til regnvejrs.

Konklusion

Tilsætning af et spredemiddel (Lissapol NX) til ureaopløsninger, der anvendes til bladgødskning, øger ureaoptagelsen væsentligt under vidt forskellige vejrforhold.

Betingelserne for optagelse af næringsstoffer gennem blade og stængler varierer døgnet igennem. Betingelserne er som regel bedst i de tidlige morgentimer, hvor luftfugtigheden er høj og planterne saftspændte og almindeligvis dårligst midt på dagen, hvor luftfugtigheden ofte er lav.

Med henblik på at få en hurtig optagelse af det tilførte næringsstof bør det derfor tilstræbes at gennemføre sprøjtningen i de tidlige morgentimer og undgå sprøjtning midt på dagen, især på dage med udsigt til tørt og solrigt vejr.

Litteraturliste

- Arbejdsregler for Statens Planteavlsvforsøg 1979, side 57.
- Hughes, R. E. & Freed, V. H.* (1961): The role of surfactants in the foliar absorption of indole-3-acetic acid (IAA). *Weeds* 9, 54-59.
- Kyllingsbæk, A.* (1975): Extraction and colorimetric determination of urea in plants. *Acta Agr. Scand.* 25, 109-112.
- Kyllingsbæk, A.* (1979): Overfladeaktive stoffers indflydelse på ureaoptagelsen ved bladgødskning. *Tidsskr. Planteavl* 83, 155-160.
- Mattsson, L. & Björklund, L.* (1975): Lyftfugtighets betydelse vid tilläggsgödsling genom besprutning med urealösning till korn. Serie R3-2065. Rapport från avdelingen för växtnäringslära. Nr. 94, 16 pp. (Lantbrukshögskolan, 750 07 Uppsala 7, Sweden).
- Mederski, H. J. & Hoff, D. J.* (1958): Factors affecting absorption of foliar-applied manganese by soybean plants. *Agron. J.* 50, 175-178.
- Middleton, L. J. & Sanderson, J.* (1965): The uptake of inorganic ions by plant leaves. *J. exp. Bot.* 16, 197-215.
- Overbeek, J. van* (1956): Absorption and translocation of plant regulators. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 7, 355-372.
- Volk, R. & McAuliffe, C.* (1954): Factors affecting the foliar absorption of N^{15} labeled urea by tobacco. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 18, 308-312.
- Webster, D. H.* (1973): Absorption of magnesium by McIntosh apple leaves as influenced by spray composition and weather conditions. *Can. J. Plant Sci.* 53, 579-584.
- Wittwer, S. H.* (1964): Foliar absorption of plant nutrients. *Adv. Frontiers Pl. Sci.* 8, 161-182.

Manuskript modtaget den 13. december 1979..