

Statens Planteavlslaboratorium (Aage Henriksen)
Agrikulturkemisk afdeling (Chresten Sørensen)
DK-2800, Lyngby

Optagelseshastighed for kvælstof tilført bygplanter ved bladgødskning med forskellige kvælstofforbindelser

Foliar application of nitrogenous fertilizers to barley

Arne Kyllingsbæk

Summary

In pot experiments with barley solutions of urea, ammonium nitrate, calcium nitrate, and ammonium sulphate were applied to the leaves. The amount of nitrogen absorbed and the rate of absorption, respectively were of the same magnitude whether urea or ammonium nitrate was applied, less by application of calcium nitrate, and least when ammonium sulphate was applied. Ammonium nitrate, calcium nitrate, and especially ammonium sulphate caused scorching of the leaves. Application of urea in the same concentration did not scorch the leaves. At foliar fertilization with nitrogenous fertilizers urea is recommended.

Resumé

I karforsøg blev der foretaget en undersøgelse af bygplanters kvælstofoptagelse efter dypning af planterne i opløsninger af henholdsvis urinstof, ammoniumnitrat, calciumnitrat og ammoniumsulfat. Kvælstofoptagelsen og optagelseshastigheden var størst og af samme størrelsesorden for urinstof og ammoniumnitrat, mindre for calciumnitrat og mindst for ammoniumsulfat. Hovedparten af kvælstofmængden optaget efter 24 timers forløb blev optaget de 4 første timer efter tilførselen. Ved tilførsel af ammoniumsulfat blev planterne stærkt svedet, mindre ved tilførsel af calciumnitrat og ammoniumnitrat. Ved tilførsel af urinstof forekom ingen nævneværdig svidning af planterne. Af de fire anvendte kvælstofforbindelser blev urinstof fundet bedst egnet til bladgødskning med kvælstof.

Indledning

Ved bladgødskning må det almindeligvis tilstræbes, at det tilførte næringsstof optages hurtigst muligt, da en hurtig optagelse formindsker risikoen for, at der i absorptionsperioden indtræffer vejrskifte, som kan være til ugunst for optagelsen. En ændring fra tørvejr til regnvej kan således medføre, at det tilførte stof vaskes af planterne med dårlig udnyttelse til følge. En eventuel omdannelse af det tilførte stof til flygtige forbindelser vil også medføre et

større tab, jo længere tid stoffet findes på plantens overflade.

En af de faktorer, som kan have betydning for, hvor hurtigt et næringsstof optages, er den kemiske forbindelse, i hvilken dette tilføres planten. Almindeligvis antages, at kationer passerer kutikulaen lettere end anioner og uladede molekyler lettere end ioner (*Yamada et al.* 1965, *Franke* 1967 og *Hull* 1970). For at undersøge betydningen af den anvendte kemiske forbindelse ved bladgødskning med kvælstof

blev der foretaget en undersøgelse af bygplanter kvælstofoptagelse ved tilførsel af forskellige kvælstofgødninger til de overjordiske plantedele. Undersøgelsen omfatter to karforsøg udført henholdsvis 1971 og 1972.

Materiale og metoder

Forsøgene blev udført i cylindriske plastkar (plastdåser) med et volumen på 3,6 l og et overfladeareal på 215 cm². Karrene tareredes med flinteskærver (ca. 1 kg). Langs karrets indvendige væg anbragtes en plastslange, som muliggjorde vanding fra bunden. I forsøget udført i 1971 anvendtes en jord-sandblanding bestående af 2 vol. lermuld og 3 vol. hollandsk flodsand og i 1972 en blanding af 1 vol. lermuld og 2 vol. sandjord. I 1971 tilførtes de nedenfor anførte mængder grundgødning. I 1972 tilførtes de samme mængder med undtagelse af KH₂PO₄, som tilførtes i en mængde svarende til 1,0 g fosfor og 1,1 g kalium pr. kar.

Grundgødning:

Ca(NO ₃) ₂ ·4H ₂ O	0,5 g N	pr. kar	
KH ₂ PO ₄	{1,2 - P	-	-
	{1,4 - K	-	-
MgO	0,25 - Mg	-	-
MnSO ₄ ·H ₂ O	0,2 - Mn	-	-
CuSO ₄ ·5H ₂ O	0,1 - Cu	-	-

Endvidere tilførtes der i 1972 0,2 g N pr. kar 45 dage efter såning og yderligere 0,1 g N pr. kar 50 dage efter såning.

Ved anlæg af forsøgene fyldtes først 3,5 kg grundgødet jord i karrene og derefter 400 g ugødet jord. Karrene forsynedes med låg, hvori der var boret 12 huller med en diameter på 2,5 cm samt et mindre hul til gennemgang for plastslangen til vanding. Som forsøgsafgrøde anvendtes bygsorten Lofa. Der såedes 12 kerner pr. kar svarende til antallet af huller i lågene. Kernerne placeredes i det øverste ugødede jordlag. Karrene vandedes dagligt til konstant vægt svarende til 60 % af vandkapaciteten.

Tilførsel af kvælstofgødningerne til de overjordiske plantedele blev foretaget ved dypning af planterne i opløsninger af de respektive kvælstofgødninger med efterfølgende afdrypning. Anvendelse af denne teknik var mulig

uden risiko for, at jord og planter skulle falde ud af karrene, da disse, som tidligere omtalt, var forsynet med låg.

I 1971 blev forsøgsbehandlingen foretaget 35 dage efter såningen. Planterne behandledes om morgenen fra kl. 7 til kl. 8. Temperaturen var om morgenen 20° C og steg i løbet af dagen til 30° C. Samtidig faldt den relative luftfugtighed fra 70 til 45 %. Forsøget omfattede fire serier med tilførsel af henholdsvis urinstof, ammoniumnitrat, calciumnitrat og ammoniumsulfat. Urinstof og ammoniumnitrat tilførtes i følgende molære koncentrationer: 0,4, 0,8 og 1,6. Calciumnitrat og ammoniumsulfat tilførtes i 0,4 og 1,6 M opløsninger. De respektive molære koncentrationer svarer til en kvælstofkoncentration på 1,1, 2,2 og 4,4 % for alle de anvendte kvælstofgødninger. Alle næringsstofopløsningerne indeholdt 0,01 % Tween 80 for at nedsætte opløsningernes overfladespænding og dermed opnå en bedre fugtning af planterne. Ved vejning før og efter dypning fandtes, at ca. 12 ml næringsstofopløsning blev fastholdt på planterne.

I urinstof- og ammoniumnitratserien høstede 2 kar for hver kvælstofkoncentration henholdsvis 1, 4, 8 og 24 timer efter forsøgsbehandlingen og i calciumnitrat- og ammoniumsulfatserien 2 kar 1 og 8 timer efter behandlingen.

I 1972 blev forsøgsbehandlingen foretaget 57 dage efter såningen. Planterne behandledes om morgenen fra kl. 7 til kl. 8. Temperaturen var om morgenen 18° C og steg i løbet af dagen til 28° C. Samtidig faldt den relative luftfugtighed fra 80 til 55 %. Forsøget omfattede kun to serier med tilførsel af henholdsvis urinstof og ammoniumnitrat. Der anvendtes samme kvælstofkoncentrationer i næringsstofopløsningerne som i forsøget i 1971, men i stedet for Tween 80 indeholdt opløsningerne 0,01 % Lisapol NX. Ligesom i 1971 fandtes ved vejning før og efter dypning, at planterne fastholdt 12 ml næringsstofopløsning.

Som i 1971 høstede 2 kar for hver koncentration 1, 4 og 8 timer efter behandlingen, men sidste høst blev foretaget 12 timer efter be-

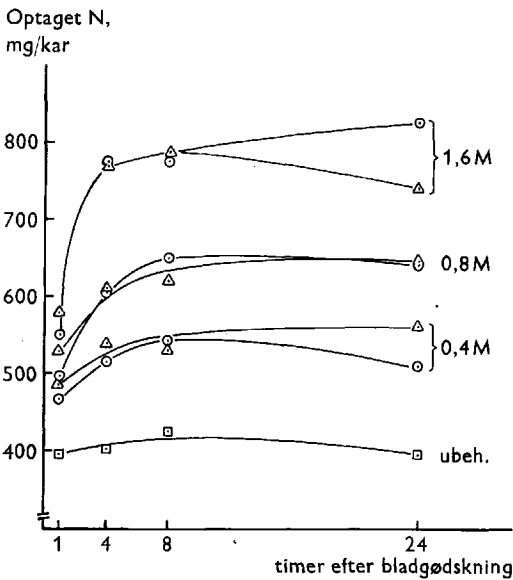


Fig. 1. Sammenhæng mellem optaget kvælstof og høsttid efter bladgødskning med forskellige urinstof- og ammoniumnitratopløsninger. Karforsøg 1971.

○ urinstof; ▲ ammoniumnitrat; □ ubehandlet.

handlingen i stedet for 24 timer efter behandlingen.

Umiddelbart før høst afvaskedes planterne ved dypning 30 sek. i hvert af tre hold afioniseret vand. Planterne afklippedes ca. 2 cm over jordoverfladen og tørredes til konstant vægt i tørreovn ved 80° C. Efter tørring, vejning og formaling blev plantematerialet analyseret for total kvælstof ved en mikrokjeldahl-metode. Ved destruktionen anvendtes salicylsvovlsyre og en kobber-selen katalysator.

Resultater og diskussion

I forsøget udført i 1971 var tørstofudbyttet ved høst i gennemsnit for alle karrene 13,9 g med en relativ spredning ($s\% = \frac{s}{x} \cdot 100$) på 5,8 %. Planterne var ca. 25 cm høje og kvælstofindholdet i tørstoffet 3,0 %.

Behandling af planterne med en 1,6 M opløsning af ammoniumsulfat, calciumnitrat eller ammoniumnitrat forårsagede en ret kraftig

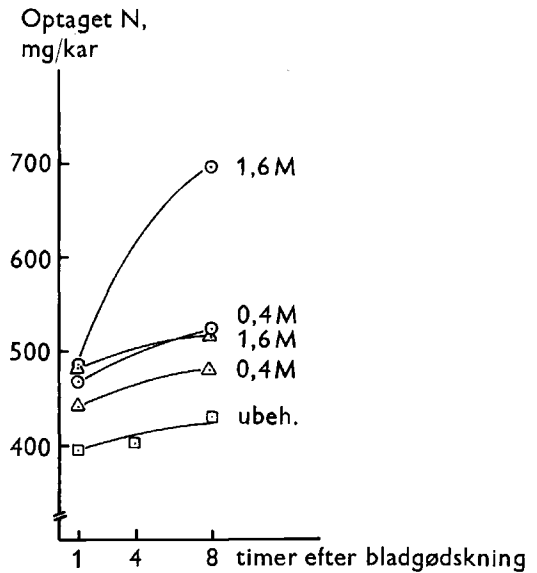


Fig. 2. Sammenhæng mellem optaget kvælstof og høsttid efter bladgødskning med forskellige calciumnitrat- og ammoniumsulfatopløsninger. Karforsøg 1971.

○ calciumnitrat; ▲ ammoniumsulfat; □ ubehandlet.

svidning af planterne, stærkest ved anvendelse af ammoniumsulfat. Ved behandling med urinstof forekom kun en ubetydelig svidning af planterne ved anvendelse af en 1,6 M opløsning.

I fig. 1 og 2 er vist kvælstofoptagelsen som funktion af tiden efter behandlingen. Hvert punkt i figurene repræsenterer gennemsnittet af to fælleskar. Af fig. 1 ses, at med undtagelse af behandlingen med den største urinstofkoncentration er kvælstofoptagelsen tilsyneladende standset efter ca. 8 timers forløb. Det samme er formentlig tilfældet ved behandlingen med calciumnitrat og ammoniumsulfat (fig. 2). I perioden fra 8 til 24 timer efter behandlingen (se fig. 1) er der i nogle tilfælde tilsyneladende sket en nedgang i kvælstofindholdet. Dette kan skyldes, at transporten fra toppen til roden i denne periode har været større end optagelsen, idet den målte kvælstofoptagelse på et givet tidspunkt er den optagne mængde minus den mængde, der er transporteret til roden. Ved til-

førsel af 1,6 M ammoniumnitrat kan nedgangen formentlig også for en del skyldes, at der ved afvaskning af planterne er sket en udvaskning af kvælstof, idet planterne efter 24 timer var stærkt nekrotiske på grund af svidning.

Kvælstofoptagelsen og optagelseshastigheden (optagelse pr. tidsenhed) indtil 8 timer efter behandlingen ses at være tilnærmelsesvis den samme for urinstof og ammoniumnitrat (fig. 1), mindre for calciumnitrat og mindst for ammoniumsulfat (fig. 2). Endvidere ses, at optagelsen er en relativ hurtig proces, idet hovedparten af den kvælstofmængde, der er optaget efter 8 timer, er optaget de første 4 timer efter tilførselen, uanset næringsstoffet og den anvendte koncentration.

At kvælstofoptagelsen er tilnærmelsesvis den samme ved tilførsel af urinstof og ammoniumnitrat og mindre ved tilførsel af calciumnitrat, er ikke i overensstemmelse med resultater fra undersøgelser af henholdsvis *Krzyśch og Eberhardt* (1960) og *Lyngstad* (1972). I karforsøg med havre fandt *Krzyśch og Eberhardt* således en større kvælstofoptagelse ved sprøjtning med urinstofopløsninger end ved sprøjtning med ammoniumnitratopløsninger, og i markforsøg fandt *Lyngstad* (1972) en større optagelse ved sprøjtning med calciumnitratopløsninger end ved sprøjtning med urinstofopløsninger. Den dårligere virkning af ammoniumnitrat end af urinstof i undersøgelsen af *Krzyśch og Eberhardt* (1960) skyldes formentlig en svidning af planterne, der tilførtes ammoniumnitrat, idet den ringere virkning af ammoniumnitrat især var udtalt ved anvendelse af høje koncentrationer, hvor planterne blev stærkest skadet. Årsagen til dårligere virkning af urinstof end af calciumnitrat i undersøgelsen af *Lyngstad* (1972) skal sandsynligvis, som påpeget af forfatteren, tillægges et ammoniaktab fra urinstof, idet sprøjtningen blev foretaget tidligt i vækstperioden (to uger efter fremspiringen), hvorfor størsteparten af den udsprøjtede væske faldt på jorden og dermed gav risiko for ammoniaktab.

Ifølge resultater af undersøgelser af *Middleton og Sanderson* (1965) og *Yamada et al.* (1965) optages kationer hurtigere end anioner

og urinstof hurtigere end ioniske stoffer. Dette kan ikke bekræftes af resultaterne i nærværende undersøgelse, hvor hastigheden for kvælstofoptagelsen har været tilnærmelsesvis den samme for urinstof og ammoniumnitrat og større for calciumnitrat end for ammoniumsulfat. Årsagen til uoverensstemmelsen kan være, at der i nærværende undersøgelse er anvendt betydeligt højere koncentrationer af næringsstoffer, end det er tilfældet i ovennævnte undersøgelser. Ligeledes kan svidningsskaderne, som er forskellige for de anvendte kvælstofforbindelser, være medvirkende til uoverensstemmelsen. Endvidere kan det ikke udelukkes, at følgeionen kan have betydning.

I forsøget udført i 1972 var tørstofudbyttet ved høst i gennemsnit for alle karrene 26,2 g med en relativ spredning ($s\% = \frac{s}{\bar{x}} \cdot 100$) på 12,5 %. Planterne var ca. 35 cm høje og kvælstofindholdet i tørstoffet 2,0 %. Spredningen på tørstofudbyttet var betydeligt større i 1972 end i 1971, 12,5 % mod 5,8 %. Dette skyldes sandsynligvis, at foråret 1972 var meget regnfuldt, hvilket bevirkede, at planterne i perioder var overforsynede med vand. Som tidligere omtalt omfattede forsøget i 1972 kun to serier, henholdsvis urinstof og ammoniumnitrat tilført i samme koncentrationer som i 1971. I modsætning til forsøget udført i 1971 fandtes ingen svidningsskader i 1972.

Fig. 3 viser kvælstofoptagelsen som funktion af tiden efter behandlingen. Punkterne i figuren er gennemsnit af to fælleskar, for ubehandlet dog gennemsnit af fire fælleskar.

Af figuren ses, at ligesom i forsøget udført i 1971 er kvælstofoptagelsen stort set den samme for tilførsel af urinstof og ammoniumnitrat, men som helhed betydeligt mindre end i 1971. Dette kommer også til udtryk i optagelseskoefficienterne, der i 1971 for urinstof og ammoniumnitrat var af størrelsesordenen 0,7–0,9 og i 1972 af størrelsesordenen 0,4–0,6, i begge tilfælde beregnet på grundlag af optagelsen efter 8 timer og tilførsel af 12 ml væske pr. kar.

Ved sammenligning af fig. 3 med fig. 1 ses endvidere, at optagelsen som funktion af tiden

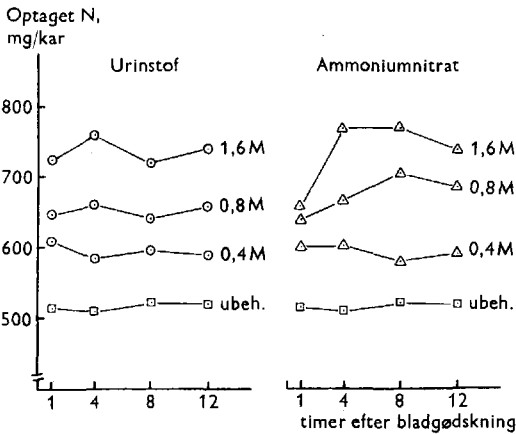


Fig. 3. Sammenhæng mellem optaget kvælstof og høsttid efter bladgødskning med forskellige urinstof- og ammoniumnitratopløsninger. Karforsøg 1972.

efter næringsstofftilførselen er forskellig i de to forsøg. I forsøget fra 1971 er kvælstofoptagelsen således som tidligere omtalt stigende indtil 8 timer efter tilførslen af de forskellige næringsstoffopløsninger, medens dette i 1972 kun er tilfældet for tilførsel af en 0,8 og 1,6 M ammoniumnitrat. Ved tilførsel af de forskellige urinstofopløsninger og en 0,4 M ammoniumnitratopløsning er kvælstofoptagelsen derimod tilsyneladende allerede standset efter 1 times forløb.

Den store forskel i resultaterne fra de to år både med hensyn til kvælstofoptagelsen og optagelseshastighed ved tilførsel af de forskellige næringsstoffopløsninger kan formentlig ikke tillægges en enkelt faktor, idet både planternes udviklingstrin, det anvendte overfladeaktive stof samt de klimatiske forhold har været forskellige i de to forsøg, men den store forskel understreger, at effekten af en tilførsel af næringsstoffer til de overjordiske plantedele i høj grad er afhængig af forholdene på behandlingstidspunktet.

Konklusion

Resultaterne af de udførte undersøgelser viser, at af de fire anvendte kvælstofforbindelser, urinstof, ammoniumnitrat, calciumnitrat og am-

moniumsulfat, er risikoen for svidningsskader størst ved anvendelse af ammoniumsulfat, mindre for calciumnitrat og ammoniumnitrat og mindst ved tilførsel af urinstof, som ikke medførte nævneværdig svidning af planterne.

Optagelsen er en relativ hurtig proces. Hovedparten af den optagne kvælstofmængde blev optaget de første 4 timer efter tilførselen.

Optagelseshastigheden og den optagne kvælstofmængde var størst og stort set ens for urinstof og ammoniumnitrat, mindre for calciumnitrat og mindst for ammoniumsulfat.

Selv om undersøgelserne er udført som karforsøg, og den anvendte teknik er forskellig fra den i praksis anvendte teknik, vil den fundne forskel mellem de anvendte kvælstofforbindelser formentlig også gøre sig gældende ved bladgødskning i praksis. Af de fire anvendte kvælstofforbindelser må urinstof derfor antages at være bedst egnet ved bladgødskning med kvælstof, idet urinstof optages relativt hurtigt, hvilket øger muligheden for en god udnyttelse. Urinstof er tillige ret skånsom overfor planterne med hensyn til svidning.

Litteraturliste

- Franke, W.* (1967). Mechanisms of foliar penetration of solutions. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 18, 281-300.
- Hull, H. M.* (1970). Leaf structure as related to absorption of pesticides and other compounds. *Residue Reviews* 31, 155 pp.
- Krzych, Von G.* og *W. Eberhardt* (1960). Zur Blättdüngung des Hafers mit Stickstoff. *Z. f. Pflanzenernähr., Düng., Bodenkunde* 89, 97-102.
- Lyngstad, I.* (1972). Sprøjtning med urea og kalksalpeter i kornåker. *Forskning og Forsøg i Landbruget* 23, 105-118.
- Middleton, L. J.* og *J. Sanderson* (1965). The uptake of inorganic ions by plant leaves. *J. Exp. Bot.* 16, 197-215.
- Yamada, Y., S. H. Wittwer* og *M. J. Bukovac* (1965). Penetration of organic compounds through isolated cuticular membranes with special reference to C¹⁴ urea. *Plant Physiol.* 40, 170-175.

Manuskript modtaget den 26. maj 1975