

Statens Planteavlslaboratorium (Aage Henriksen)

Agrikulturkemisk afdeling (Chresten Sørensen)

Næringsstofoptagelse gennem grønne plantedele

Nutrient absorption by leaves

Arne Kyllingsbæk

Resumé

På grundlag af litteraturstudier omtales forskellige faktorer, der har betydning for næringsstofoptagelse gennem grønne plantedele. Bl.a. opbygningen af planternes overhud, betydningen af spalteåbningerne, luftfugtigheden, lysintensiteten og temperaturen.

Planternes overhud udgør en barriere mod optagelse af næringsstoffer på grund af kutikulaens ringe permeabilitet og lipofile karakter, der sammen med tilstedeværelse af et mere eller mindre veludviklet vokslag også vanskeliggør en effektiv fugtning af planten. Dette problem kan i nogen grad afhjælpes ved tilsætning af et overfladeaktivt stof til næringsstofopløsningen. Tilsyneladende kan tilsætning af et overfladeaktivt stof også undertiden bevirke, at opløsningen er i stand til at trænge gennem spalteåbningerne ind i porekammeret, hvorved optagelsen fremmes.

En høj relativ luftfugtighed, høj temperatur og høj lysintensitet fremmer optagelsen. En høj relativ luftfugtighed bevirker, at planterne er fugtige en længere periode efter behandlingen, end ved en lav relativ luftfugtighed. Endvidere er kutikulaens permeabilitet større, når luftfugtigheden er høj og planterne saftspændte end, når luftfugtigheden er lav og planterne vandmanglende. Temperaturen og lysintensiteten påvirker sandsynligvis optagelsen via planternes metaboliske aktivitet, som har betydning for transporten af stoffer gennem plasmalemma. Denne transport er en aktiv proces og kræver derfor tilførsel af energi. Da de klimatiske faktorer ikke lader sig ændre, er mulighederne for at udnytte disse begrænset til at udføre behandlingen på tidspunkter, hvor disse faktorer er gunstigst mulige for optagelsen.

Summary

A review is given including various factors affecting the absorption of nutrients by the green parts of the plants.

The epidermis of the plant forms a barrier against absorption of nutrients because of the slight permeability of the cuticle and the presence of a more or less well-developed layer of wax outside the cuticle. This layer of wax makes it difficult to wet the plants, but the problem can to some extent be overcome by incorporation of a surface active agent in the nutrient solution. High relative humidity, high temperature, and high light intensity enhance the absorption.

The effect of a high relative humidity is, that the plants are kept wet for a longer period after application of the nutrient solution than is the case at a low relative humidity. The cuticle may also be more permeable at high than at low relative humidity. The temperature and the light intensity do affect the metabolic activity in plants and thereby the absorption and translocation of nutrients in the plant. In general the climatic factors can not be changed. Therefore, the application of the nutrient solution should be carried out at a moment where the climatic conditions are favourable for the absorption.

Indledning

Egenskaben hos grønne plantedele til at optage forskellige kemiske forbindelser har fået stor betydning for plantedyrkingen i erhvervsmæssig henseende, idet denne egenskab danner grundlaget for anvendelse af en lang række herbicider, insekticider og fungicider samt for tilførsel af nærings- og vækststoffer til de overjordiske plantedele.

Bladgødskning, hvor næringsstofopløsninger udsprøjtes på de grønne plantedele, har især fundet anvendelse ved gødskning med mikronæringsstoffer. Ofte er bladgødskning med mikronæringsstoffer endog langt den hurtigstvirkende og mest effektive måde at afhjælpe en mangel af disse stoffer på. Bestræbelserne på at øge afgrødernes proteinindhold ved sen- og eftergødskning med kvælstof (Sørensen, 1960) og justering af planternes ernæringstilstand ved eftergødskning (Møller Nielsen, 1970; Møller Nielsen et al., 1971) har i de senere år forøget interessen for bladgødskning med makronæringsstoffer.

plantedeles egenskaber som organer for optagelse af næringsstoffer og i forbindelse hermed forskellige faktorerers indflydelse på næringsstofoptagelsen. Betydningen af planternes udviklingstrin på behandlingstidspunktet og koncentrationen af forskellige næringsstofopløsninger skal ikke gøres til genstand for nærmere omtale, da disse problemer tidligere er behandlet af Sørensen (1958).

Overhudens opbygning

Alle overjordiske urteagtige plantedele er dækket med en overhud, epidermis, der som regel består af et enkelt cellelag. Epidermiscellerne danner et kompakt arrangement, i hvilket mere specialiserede celler såsom læbeceller, kirtelceller og forskelligt udformede hårceller findes fordelt. I forbindelse med optagelse af forskellige stoffer gennem de grønne plantedele er det især opbygningen af cellernes ydervægge, der har interesse, se fig. 1. Nærmest den ydre cellemembran, plasmalemma, findes en cellulosevæg (e), som består af cellulose indlejret i pektin

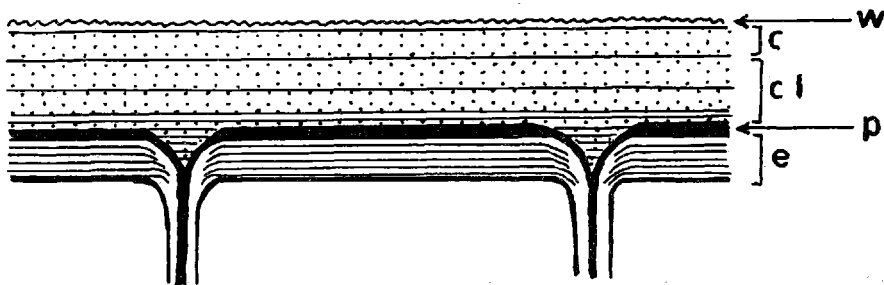


Fig. 1. Opbygning af overhudscellernes ydre cellevægge. w vokslag, c kutikulaen, cl det kutiniserede lag, p pektinlag og e cellulosevæggen. Martin og Juniper (1970).

En rationel udnyttelse af egenskaben hos grønne plantedele til at optage forskellige kemiske forbindelser gennem deres overflade forudsætter imidlertid kendskab til bladoverfladens kemiske og fysiske egenskaber samt kendskab til effekten af variationer i de vækstfaktorer, som påvirker ovennævnte egenskaber.

Med henblik på bladgødskning skal der i det følgende gives et rids af den foreliggende viden om bladoverfladens opbygning og de grønne

og hemicellulose. Udenfor dette lag kan der ligge et bånd af mere eller mindre rent pektin (p), som er forbundet med pektinlaget (midtlamellen) mellem epidermiscellernes antikline vægge (cellevægge som står vinkelret på overfladen). Uden for dette lag igen findes det såkaldte kutiniserede lag (cl), i hvilket cellulose, pektin og voks er indlejret sammen med kutin, antageligt et polymerisations produkt af mættede alifatiske monocarboxylsyre, hydroxy-mo-

nocarboxylsyrer, dicarboxylsyrer og hydroxydicarboxylsyrer, Martin og Juniper (1970). Yderst findes kutikulaen (c), et lag af mere eller mindre rent kutin. På kutikulaen er der endvidere ofte aflejret et vokslag (w), som kan have forskellig struktur. Denne beskrivelse må dog betragtes som værende meget forenklet, idet både tykkelsen og sammensætningen samt tilstedeværelsen af de enkelte lag varierer fra planteart til planteart og i nogen grad også fra organ til organ hos samme plante. Ifølge *Van Overbeek* (1956) har kutikulaen en svampeligende struktur bestående af kutin med indlejring af voks i kutinnetværket. Kutikulaen beskytter planten mod uhemmet fordampning, indtrængning af mikroorganismer og mekanisk skade, men virker samtidig som en barriere mod optagelse af stoffer, som tilføres plantens blade og stængler.

Optagelse gennem spalteåbninger

I mange undersøgelser er der fundet sammenhæng mellem antal spalteåbninger pr. bladarealenhed og optagelseshastighed. *Dybing* og *Currier* (1961) fandt, at opløsninger af forskellige stoffer kan infiltrere bladet gennem spalteåbningerne ved tilstedeværelse af et overfladeaktivt stof (se tabel 1). Dette er dog ikke i

Tabel 1. Indtrængning af forskellige radioaktive stoffer i zebrinblade efter tilstedeværelse af opløsningerne på bladenes overflade i 5 min. Opløsningerne henholdsvis med og uden tilsætning af et overfladeaktivt stof (Vatsol). (*Dybing og Currier, 1961*)

Radioaktivt stof ¹⁴ C mærket	Netto counts/min. (gens. af 5 gent)			
	0,1% Vatsol		uden Vatsol	
	spalteåbninger åbne	spalteåbninger lukket	spalteåbninger åbne	spalteåbninger lukket
Urea	234	2	6	4
3-amino- 1,2-4-triazol	203	38	42	8
2, 4, 5-T*	115	8	8	12
Benzoat*	89	3	4	3
2,4 D*	127	13	18	6
2,4 D**	117	8	4	3
H ₃ ³² PO ₄	787	321	175	175***

*) Triethanolamin salt, **) natriumsalt, ***) fire gent.

Tabel 2. Virkningen af et overfladeaktivt stof (Tween 20) på indtrængning af ¹⁴C-mærket 2,4 D i bladplader af bønne i henholdsvis lys og mørke. (*Sargent og Blackman, 1962*)

	Counts pr. min. pr. bladplade		bladunderside		bladoverside	
	mørke	lys	mørke	lys	mørke	lys
Kontrol	199±20	341±20	57±11	160±40		
Tween 20	290±37	579±28	201±39	517±77		
% forøgelse	46	70	251	223		

overensstemmelse med resultater af *Sargent og Blackman* (1962) (tabel 2), der fandt, at optagelsen af et herbicid nok blev fremmet ved tilstedeværelse af et overfladeaktivt stof, men virkningen var ikke i alle tilfælde større i lys, hvor spalteåbningerne er åbne, end i mørke, hvor spalteåbningerne er lukkede. *Middleton og Sanderson* (1965) fremhæver, at spalteåbningernes betydning for stofoptagelsen må tages med forbehold, selv om den anvendte opløsning indeholder et overfladeaktivt stof. *Middleton og Sanderson* fandt således, at kat- og anioner blev optaget uafhængig af hinanden, ligesom det anføres, at tilførsel af 8-hydroxy quinolin, der bevirker, at spalteåbningerne lukker, ikke har nogen effekt på optagelsen.

Selv om spalteåbningerne i almindelighed anses for at have mindre betydning for optagelsen, udelukker dette ikke, at læbecellerne i sig selv kan have relativ stor betydning. *Franke* (1967) fremhæver, at både læbeceller, kirtelceller, forskellige hår- samt disses basisceller er særdeles aktive ved optagelse, hvilket ifølge *Franke* skyldes, at disse celler ofte er rige på ektodesmer, sekretfyldte kanaler, der strækker sig fra epidermiscellernes plasmamembran ud til kutikulaen. Da ektodesmer kun strækker sig ud til kutikulaen og denne strækker sig helt ind i spalteåbningernes porekammer (*Van Overbeek* 1956; *Scott* 1964), må et tilført stof således altid passere kutikulaen, selv om den anvendte opløsning har tilstrækkelig lav overfladespænding til at kunne infiltrere spalteåbningerne. Infiltrering af spalteåbningerne må dog fremme optagelsen, idet den effektive absorptionsflade øges, ligesom kutikulaen i porekammeret al-

mindeligvis er fugtig, tyndere og lettere gennemtrængelig end den øvrige kutikula.

Transport gennem kutikulaen

Udover den indtrængning af stof, der kan finde sted gennem sår i plantens overhud, bl.a. forårsaget af insekter, må et tilført stof, ifølge det foran omtalte, altid passere kutikulaen, hvorfor denne må betragtes som den første barriere mod optagelse af stoffer i planten.

Som tidligere omtalt består kutikulaen overvejende af kutin, en polymer forbindelse af carboxyl- og hydroxy carboxylsyrer. Carboxylsyrerne er hovedsageligt forbundet gennem esterbindinger men peroxid og etherbindinger forekommer også. Da en del af de polære grupper er frie er kutin semilipofil af natur. På grund af kutikulaens opbygning må det ifølge *Hull* (1970) antages at relative upolære stoffer med semilipofil karakter har lettest ved at trænge gennem kutikulaen. Undersøgelser med adskillige pesticider har da også, med få undtagelser vist, at dette er tilfældet. De frie polære grupper bevirker, at kutin kvælder op ved fugtning hvorved optagelsen af vandopløselige stoffer fremmes. De frie polære grupper bevirker endvidere at kutikulaen har karakter af en svag kationbytter, hvilket kan have betydning for optagelse af ioner. Transporteres kationer gennem kutikulaen ved en kationbytningsmekanisme, vil kationer ifølge *Martin og Juniper* (1970) optages hurtigere end anioner. At ionbytningsprocesser har større betydning for optagelse af kationer end for optagelse af anioner, kan næppe drages i tvivl. Undersøgelser af bl.a. *Yamada et al* (1964) og *Yamada et al.* (1965 a) med isolerede kutikulamembraner har vist, at kationer i højere grad adsorberes til kutikulaen end anioner, og at kationer passerer hurtigere gennem isolerede kutikulamembraner end anioner (tabel 3). Hos intakte planter passerer kationer tilsyneladende også kutikulaen hurtigere end anioner, idet bl.a. *Middleton og Sanderson* (1965) fandt, at kationer blev optaget hurtigere end anioner.

Særlig interesse knytter sig til urinstof, der af *Yamada et al* (1965 a) er fundet at passere

Tabel 3. Permeabilitet og overfladebindingskarakteristik af kutikulamembraner fra tomatfrugter samt for en dialysemembran. (*Yamada et al*, 1965 a)

	Passeret stof		Binding	
	% efter 30 timer fra yderside til inderside	% efter 30 timer fra inderside til yderside	$\mu\text{mol}/\text{cm}^2$ yderside	$\mu\text{mol}/\text{cm}^2$ inderside
Tomatfrugt-kutikula				
SO ₄ ²⁻	1,9	0,3	0,01	0,02
Ca ²⁺	2,1	0,7	0,9	13
Urea.....	20	15	0,10	0,08
Dialysemembran				
Ca ²⁺	89	89	2,0	2,0
Urea.....	89	89	0,005	0,005

10-20 gange hurtigere gennem kutikulamembraner end ioner og desuden letter optagelsen af ioner, som eventuelt tilføres sammen med urinstof (*Yamada et al.*, 1965 b) (tabel 4). Tilsyneladende påvirker urinstof således kutikulaen på en måde, som medfører, at permeabiliteten øges.

Tabel 4. Virkningen af urinstof på passagen af Rb⁺ og Cl⁻ gennem kutikulamembraner fra modne tomater. (*Yamada et al.*, 1965 b)

Ion	Konc. af urinstof	Passerede ioner	% af kontrol
	mmolær	$\mu\text{mol}/17 \text{ t}$	
Rb ⁺	0 (kontrol)	1,8	—
	10	5,4	300
	100	2,0	111
Cl ⁻	0 (kontrol)	1,6	—
	10	4,0	250
	100	1,8	126

Transport i cellevægge

Efter transport gennem kutikulaen må et tilført stof passere epidermiscellernes ydre cellulosevægge, og kan derefter enten optages i epidermiscellernes cytoplasma eller diffundere videre gennem cellevægge og intercellulærrum, diffusion gennem såkaldt »free space«.

Franke (1967) fremhæver, at selv om interfibrillære rum mellem cellulosefibrillerne er store nok for transport ved diffusion, foregår

transporten hovedsageligt gennem specielle arealer af plantens overhud og ad separate veje såsom ektodesmer. Cellevæggene kan dog formentlig ikke betragtes som værende uden betydning for transporten af stoffer fra kutikulaen og ind til plasmalemma, idet cellevæggene har karakter af en kationbytter, ligesom stoffer i selve cellevæggene og stoffer i cellevæggens omgivelser må antages at søge mod en ligevægt.

Fordelingen af tilførte stoffer i planten kan ske ad forskellige veje, se *Hull* (1970). Transport af petroleumsmidler sker f.eks. via grænsefladen mellem cellevægge og intercellulærrum, phenoxy-forbindelser hovedsageligt via symplasten og stoffer som urea, triazin og nogle uorganiske stoffer via apoplasten.

Transport gennem plasmalemma

Efter transporten gennem kutikulaen og cellulosevæggene må et tilført stof passere endnu en barriere, den ydre cellemembran, plasmalemma, før optagelse i plantens cytoplasma. I modsætning til transporten gennem kutikulaen og cellevæggene er transporten gennem plasmalemma i regelen afhængig af planternes stofskifte. Dette gælder både for transporten af ioner og uladede molekyler. Ved transport af ioner gennem plasmalemma antages, at ionen bindes til et carriermolekyle ved cellemembranens yderside, hvorefter ion-carrier-komplekset transporteres gennem membranen til dennes inder-side, hvor ionen under forbrug af energi fra metabolismen frigøres, og carriermolekylet bringes tilbage til sin oprindelige tilstand; for yderligere detaljer se f.eks. *Stein* (1967). *Epstein* og *Hagen* (1952) sammenlignede iontransporten gennem cellemembraner med en kinetik for enzymkatalyserede reaktionsprocesser foreslået af *Michaelis* og *Menten* (1913) og fandt, at hastigheden for ionoptagelsen i afskårne rødder af bygplanter kunne beskrives ved samme kinetik. Tilsvarende fandtes for ionoptagelse i bladsnit og blade af henholdsvis *Smith* og *Epstein* (1964 a, 1964 b) og *Jyung* og *Wittwer* (1963).

Klimatiske faktorerers indflydelse på optagelsen

I almindelighed fremmer en høj luftfugtighed optagelsen af stoffer gennem grønne plantedele, men betydningen af luftfugtigheden for transporten gennem kutikulaen er formentlig mindre jo mere lipofilt det tilførte stof er. *Middleton* og *Sanderson* (1965) fandt, at den relative luftfugtighed havde større betydning end temperaturen og lysintensiteten for optagelse af ^{137}Cs og ^{89}Sr , og i tabel 5 er vist resultater fra en undersøgelse af *Mederski* og *Hoff* (1958). En

Tabel 5. Forøgelse af soyabønneplanters manganindhold ved opretholdelse af planternes fugtighed i forskelligt tidsrum efter dypning i en 0,5% mangansulfatopløsning. (*Mederski* og *Hoff*, 1958)

Behandling	Forøgelse* af planternes Mn-indhold	
	30 min. efter dypning ppm	60 min. efter dypning ppm
Tørret lige efter dypning	70	70
Fugtige i 10 min., derefter tørret . .	100	120
» » 20 » » » ..	105	120
» » 30 » » » ..	180	180
Fugtige hele perioden	—	260

*) Ubehandlede planter indeholdt 40 ppm Mn

høj relativ luftfugtighed bevirker for det første, at planterne er fugtige en længere periode efter behandlingen, men ifølge *Van Overbeek* (1956) er kutikulaens permeabilitet også størst ved en høj relativ luftfugtighed, og når planterne er saftspændte. Dette skyldes, at vokskomponenterne i kutikulaen presses fra hinanden, når kutikulaen kvælder op, idet vokskomponenterne er mindre elastiske end kutinnetværket. Modsat presses vokskomponenterne tættere sammen, når luftfugtigheden er lav og planterne vandmanglende.

Lysintensitetens virkning på optagelsen af stoffer gennem grønne plantedele er vist i undersøgelser af bl.a. *Middleton* og *Sanderson* (1965) og *Sargent* og *Blackman* (1962) (tabel 2). Effekten af lys på optagelsen er kompleks og ikke nærmere klarlagt, men hænger sandsyn-

ligvis sammen med, at planternes metaboliske aktivitet er nøje forbundet med lysintensiteten, og at transporten gennem plasmalemma er en aktiv proces og derfor kræver tilførsel af energi. *Sargent* (1966) fremhæver, at lys virker fremmende på optagelsen ved at øge fotosyntesen og dermed stimulere transporten af kulhydrater i planten, hvilket også medfører, at et tilført stof hurtigere transporteres bort fra stedet, hvor det optages. At fotosyntesen kan have betydning for optagelsen, fremgår også af resultater fra undersøgelser af *Kylin* (1960), der fandt, at lys kun havde effekt på ionoptagelsen i grønne blade og ikke på optagelsen i albinoblade.

Temperaturen har også indflydelse på næringsstofoptagelsen i planterne. Optagelseshastigheden stiger med stigende temperatur, indtil et maximum nås, for derefter at falde. Temperatureffekten på optagelse af mineralstoffer gennem grønne plantedele er vist af bl.a. *Middleton* og *Sanderson* (1965), *Sargent* og *Blackman* (1962) og *Mederski* og *Hoff* (1958) (tabel 6). Ligesom effekten af lysintensiteten skal temperatureffekten sandsynligvis hoved-

Tabel 6. Forøgelse af manganindholdet i soyabønneplanter neddyppet i mangansulfatopløsninger (0,1%) med forskellige temperaturer. (*Mederski* og *Hoff*, 1958)

MnSO ₄ -opl. temp.		Forøgelse af Mn-indholdet efter neddykning i:	
		15 min. ppm	45 min. ppm
2°C	a...	23	44
	b...	29	34
	gns. ...	26	39
20°C	c...	61	132
	d...	58	117
	gns. ...	60	125

a, c: planterne henstået ved henholdsvis 2°C og 20°C før behandling.

b, d: planterne neddyppet i vand med henholdsvis 2°C og 20°C før behandling.

sageligt henføres til virkningen på plantens metaboliske aktivitet, som stiger med stigende temperatur. Temperaturkoefficienten Q 10 for optagelse af forskellige næringsstoffer har en

størrelsesorden på ca. 2 (*Wittwer* og *Teubner*, 1959). Ifølge *Van Overbeek* (1956) bevirker stigende temperatur også, at lipidagtige membraner bliver lettere passable på grund af lipidkomponenternes aftagende viskositet med stigende temperatur.

Diskussion og konklusion

Ved tilførsel af næringsstoffer til plantens overjordiske dele må det som regel tilstræbes, at planten optager mest muligt af det tilførte stof på kortest mulig tid uden skadevirkning, da chancen for opnåelse af det tilsigtede resultat dermed må være størst. Vejrskifte fra tørvejr til regnvejr kan således medføre, at det tilførte næringsstof vaskes af planten med dårlig udnyttelse til følge, ligesom tabet ved en eventuel omdannelse af det tilførte stof til flygtige forbindelser må være større, jo længere tid stoffet findes på plantens overflade.

Mange af de faktorer, som har betydning for optagelse af næringsstoffer gennem overjordiske organer, lader sig ikke umiddelbart ændre, f. eks. opbygningen af planternes overhud og de klimatiske faktorer. Mulighederne for at fremme optagelsen af et tilført næringsstof er derfor ofte begrænset til at udnytte de givne betingelser på bedste måde.

Overhudens fysiske og kemiske egenskaber vanskeliggør opnåelse af god kontakt mellem planten og den tilførte næringsstofopløsning. Den eneste praktiske mulighed for at eliminere dette problem består i at nedsætte opløsningens overfladespænding, hvorved opnås, at væsken ikke kun balancerer på spidsen af eventuelle vokspigge og andre ujævnheder, men trænger ned mellem disse og derved kommer i god kontakt med overhuden. Til at nedsætte overfladespændingen kan anvendes en lang række forskellige overfladeaktive stoffer, men med aftagende overfladespænding aftager også tykkelsen af den væskefilm, som kan fastholdes på planterne (*Furmidge*, 1962). Anvendelse af en næringsstofopløsning med meget lav overfladespænding medfører derfor ikke nødvendigvis, at der opnås et tilfredsstillende resultat. Opløsningens overfladespænding og mængden, der

ønskes tilført, må afpasses efter hinanden, således at overfladespændingen ikke sænkes til et niveau, hvor der opstår fare for, at den tilførte væskemængde ikke kan fastholdes på planterne. Ifølge *Bland* og *Winchester* (1968) kan det være en fordel at anvende en kombination af forskellige overfladeaktive stoffer, et såkaldt multi-komponent system. Kendskabet til overfladeaktive stoffers betydning for næringsstofoptagelsen gennem grønne plantedele er imidlertid mangelfuldt, hvilket også afspejler sig i, at de koncentrationer, der anvendes, varierer fra ca. 0,005 pct. op til 0,1 pct. Hvor høj en koncentration af et overfladeaktivt stof, der med fordel kan anvendes, kan dog ikke besvares generelt, da dette bl.a. vil afhænge af hvilket stof der anvendes, hvor let den pågældende plantearts overhud lader sig fugte samt dennes evne til at fastholde væsken.

Med henblik på at udnytte de klimatiske faktorer på bedste måde er mulighederne begrænset til at vælge det gunstigste tidspunkt for behandlingen. Som tidligere omtalt har undersøgelser vist, at en høj relativ luftfugtighed, høj temperatur og høj lysintensitet fremmer optagelsen. En sådan kombination er imidlertid sjældent tilstede. I de sene eftermiddagstimer, er den relative luftfugtighed som regel lav og stigende, temperaturen og lysintensiteten høj og aftagende. I de tidlige morgentimer, er den relative luftfugtighed derimod som regel høj og faldende, temperaturen og lysintensiteten lav og stigende. De klimatiske forhold hvor under planterne behandles vil således være afhængig af tidspunktet i døgnet, hvor planterne behandles. Ligeledes vil ændringen i de klimatiske forhold efter behandlingen være afhængig af behandlingstidspunktet. Det gunstigste behandlingstidspunkt kan derfor ikke ukritisk fastlægges på grundlag af resultater fra undersøgelser, hvor de klimatiske faktorer er holdt på et konstant niveau gennem forsøgsperioden, idet sådanne undersøgelser ikke giver oplysninger om betydningen af en ændring i de klimatiske tilstande i optagelsesperioden.

Det er usandsynligt, at bladgødskning vil revolutionere den nuværende gødskningspraksis,

men med en effektiv udnyttelse af de grønne plantedeles egenskaber som optagelsesorgan kan bladgødskning formentlig i adskillige tilfælde med fordel indgå som led i en rationel gødskning med henblik på at opnå et større udbytte og en bedre kvalitet. Et nøje kendskab til effekten af de faktorer, som påvirker grønne plantedeles egenskaber som organer for optagelse af forskellige stoffer, er imidlertid ikke kun af interesse med henblik på bladgødskning, ukrudt- og skadedyrbekæmpelse, men har også interesse i forbindelse med den stigende anvendelse af forskellige vækststoffer og forurening af plantevæksten med radioaktivt nedfald og tunge metaller fra atmosfæren.

Litteraturliste

- Bland, P. D. and Winchester, J. M.* (1968): Improvements in foliar wetting produced by three component systems. *Int. Congr. Surface Activ.*, 5th., 3, 325-334.
- Dybing, C. D. and Currier, H. B.* (1961): Foliar penetration by chemicals. *Plant Physiol.* 36, 169-174.
- Epstein, E. and Hagen, C. E.* (1952): A kinetic study of the absorption of alkali cations by barley roots. *Plant Physiol.* 27, 457-474.
- Franke, W.* (1967): Mechanisms of foliar penetration of solutions. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 18, 281-300.
- Furmidge, C. G. L.* (1962): Physico-chemical studies on agricultural sprays. IV. The retention of spray liquids on leaf surfaces. *J. Sci. Food Agric.*, 13, 127-140.
- Hull, H. M.* (1970): Leaf structure as related to absorption of pesticides and other compounds. *Residue Reviews* 31, 155 sider.
- Jyung, W. H. and Wittwer, S. H.* (1963): Kinetics of foliar absorption. *Plant Physiol. (Suppl)* 38, XXVI.
- Kylin, A.* (1960): The accumulation of sulphate in isolated leaves as affected by light and darkness. *Bot. Notiser* 113, 49-81.
- Martin, J. T. and Juniper, B. E.* (1970): The cuticles of plants. *Edward Arnold Ltd.*, 347 sider.
- Mederski, H. J. and Hoff, D. J.* (1958): Factors affecting absorption of foliar-applied manganese by soybean plants. *Agron. J.* 50, 175-178.
- Michaelis, L. und Menten, M. L.* (1913): Die Kine-

- tik der invertinwirkung. *Biochem. Z.* 49, 333-369.
- Middleton, L. J. and Sanderson, J.* (1965): The uptake of inorganic ions by plant leaves. *J. exp. Bot.* 16, 197-215.
- Møller Nielsen, J.* (1970): Vurdering og justering af vårsæds ernæringstilstand på grundlag af kemisk planteanalyse. *Ugeskrift f. Agronomer* 115, 805-808.
- Møller Nielsen, J., Olesen, J. og Hedegaard, J.* (1971): Forsøg med eftergødskning på grundlag af kemiske planteanalyser. Beretning om Fællesforsøg 1970, 329-343.
- Sargent, J. A.* (1966): The physiology of entry of herbicides into plants in relation to formulation. *Proc. 8th. Br. Weed Control Conference* 3, 804-813.
- Sargent, J. A. and Blackman, G. E.* (1962): Studies on foliar penetration: I. Factors controlling the entry of 2,4-dichlorophenoxyacetic acid. *J. exp. Bot.* 13, 348-368.
- Scott, F. M.* (1964): Lipid deposition in intercellular space. *Nature* 203, 164-165.
- Smith, R. C. and Epstein, E.* (1964 a): Ion absorption by shoot tissue: Technique and first findings with excised leaf tissue of corn. *Plant Physiol.* 39, 338-341.
- Smith, R. C. and Epstein, E.* (1964 b): Ion absorption by shoot tissue: Kinetics of potassium and rubidium absorption by corn leaf tissue. *Plant Physiol.* 39, 992-996.
- Stein, W. D.* (1967): The movement of molecules across cell membranes. *Acad. Press. New York/London.* 369 sider.
- Sørensen, C.* (1958): Om bladgødskning med særligt henblik på makronæringsstofferne specielt kvælstof. *Tidsskrift for Landøkonomi*, hæfte 4 og 6-7.
- Sørensen, C.* (1960): The influence of nutrition on the nitrogenous constituents of plants II. Field experiments with heavy dressings of nitrogen to fodder sugar beets. *Acta Agri. Scand.* 10, 17-32.
- Van Overbeek, J.* (1956): Absorption and translocation of plant regulators. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 7, 355-372.
- Wittwer, S. H. and Teubner, F. G.* (1959): Foliar absorption of mineral nutrients. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 10, 13-32.
- Yamada, Y., Bukovac, M. J. and Wittwer, S. H.* (1964): Ion binding by surfaces of isolated cuticular membranes. *Plant Physiol.* 39, 978-982.
- Yamada, Y., Wittwer, S. H. and Bukovac, M. J.* (1965 a): Penetration of organic compounds through isolated cuticular membranes with special reference to C¹⁴ urea. *Plant Physiol.* 40, 170-175.
- Yamada, Y., Jyung, W. H., Wittwer, S. H. and Bukovac, M. J.* (1965 b): The effects of urea on ion penetration through isolated cuticular membranes and ion uptake by leaf cells. *Proc. Am. Soc. Hort. Sci.* 87, 429-432.

Manuskript modtaget den 22. januar 1974.