

Biologisk sønderdeling af ukrudtsmidler i jordbunden

II. Allylalkohol

Ved H. L. JENSEN

620. beretning fra Statens Forsøgsvirksomhed i Plantekultur

Nærværende beretning fremkommer som et led i de undersøgelser, der ved Statens Planteavls-Laboratoriums bakteriologiske afdeling er udført over forskellige ukrudtsmidlers biologiske uskadeliggørelse i jordbunden. Beretningen er udarbejdet af afdelingsbestyrer, dr. agro. H. L. Jensen.

Forstanderne ved Statens Forsøgsvirksomhed i Plantekultur

Allylalkohol, $\text{CH}_2\text{:CH}\cdot\text{CH}_2\text{OH}$, har i de senere år fundet nogen anvendelse som et ukrudtsmiddel, der har den fordel at være virksomt overfor hvilende frø, men hvis brug på grund af prisen hidtil har været begrænset til gartnerier og planteskoler. Undersøgelser ved Statens Ukrudtsforsøg har vist, at dens giftvirkning overfor planter ret hurtigt forsvinder fra jorden, formodentlig gennem biologisk inaktivering (se Meddelelse nr. 606 fra Statens Forsøgsvirksomhed i Plantekultur, 1958).

Indtil nu foreligger der kun meget få iagttagelser over mikrobiologisk omsætning af allylalkohol. COUPIN (1904) fandt den uanvendelig som næringsstof og tilmed svagt giftig for skimmelsvampen *Aspergillus niger*. DEN DOOREN DE JONG (1926) undersøgte med negativt resultat et meget stort antal bakteriearter for deres evne til at vokse på agar med 1,0 pct. allylalkohol. Ifl. LEGATOR & RACUSEN (1959) er den stærkt giftig for visse plante-patogene svampe, sandsynligvis fordi den iltes til aldehydet acrolein, $\text{CH}_2\text{:CH}\cdot\text{CHO}$, der er en udpræget enzymgift. Radikalet $\text{CH}_2\text{:CH}$ - (vinyl) findes imidlertid i adskillige stoffer af biologisk oprindelse, f.eks. sennepsolie (allylthiocyanat, $\text{CH}_2\text{:CH}\cdot\text{SCN}$).

Man tør derfor forudsige eksistens af mikroorganismer med evne til at benytte allylalkohol og beslægtede forbindelser som næringsstof. Den nærstående acrylsyre, $\text{CH}_2:\text{CH}\cdot\text{COOH}$, angives at kunne tjene som kulstofkilde for enkelte aerobe bakterier (DEN DOOREN DE JONG 1926) og kan forgæres af anaerobe bakterier under dannelse af propionsyre, eddikesyre, kuldioxyd og brint (CARDON & BARKER 1947, LEWIS & ELSDEN 1955).

Til nærmere oplysning om disse forhold anstilledes der en række inaktiveringsforsøg med allylalkohol i jord, og herfra isoleredes et antal mikroorganismer, hvis virkning på allylalkohol undersøgtes dels i renkultur og dels i jord.

Som mål for allylalkoholens nedbrydning i jorden bestemtes dels kuldioxydproduktion efter PETERSEN'S (1926) metode og dels den spiringshæmmende virkning overfor bygkimplanter. Til spiringsforsøgene anvendtes dybe petriskåle med jord (svarende til 50—60 gram lufttør), der gennemfugtedes med destilleret vand og tilsåedes med 20 bygkerner (duplikatskåle); efter 4 døgn's henstand i mørke ved 25°C taltes de spirende korn, og de fremkomne spirer afklippedes og vejedes. Allylalkoholbehandlet jord sammenlignedes med kontroljord uden tilsætning. Ialt udførtes der 93 kontrolforsøg i allylalkoholfri jord; disse viste følgende variation (gennemsnit af duplikatskåle):

	Minimum	Maximum	Gnst.	Standard- afv.
Spiring, pct.....	70	100	92	± 6.14
Vægt af spirer, gram.....	1.1	1.8	1.42	± 0.18

Allylalkoholen sættes til jorden i form af fortyndede vandige opløsninger og i mængder, der i det følgende er udtrykt som ml allylalkohol (98 pct. ren) pr. kg lufttør jord. I praksis anvendes gerne 5—10 ml/m², hvilket ved nedvanding til 4 cm dybde svarer til 0,1—0,2 ml/kg. Spiringsforsøg med stigende mængder allylalkohol viste, at 0,01 ml/kg nærmest havde en stimulerende virkning på kimplanternes vækst, medens 0,02 ml/kg bevirkede en svag hemning; 0,05 ml/kg eller mere forhindrede al spiring. Forsøgene i jord foretoges ved ca. 2/3 vandkapacitet og ved 25°C , hvor andet ikke er nævnt.

Indledende forsøg

Til orientering om allylalkoholinaktiveringens natur foretoges et forsøg med havejord tilsat 0 — 0,1 — 0,2 ml/kg allylalkohol. Udviklingen af kuldioxyd målttes i en indledende periode på 22 døgn, hvorefter tilsætningen af allylalkohol gentoges, og forsøget fortsattes i en anden periode på 6 døgn; derefter tilsattes 0,25 og 0,50 ml/kg allylalkohol til de to behandlede jorder, og forsøget afsluttedes efter en tredje periode på 3 døgn. Den første allylalkoholtilsætning bevirkede i begyndelsen en svag hemning af kuldioxydproduktionen, senere nogen forøgelse; den anden og især den tredje tilsætning resulterede derimod i en umiddelbart stigende kuldioxydproduktion, der var stærkest med den største allylalkoholdosis. Dette tydede på en biologisk proces: respiration af allylalkoholforbrugende mikroorganismer, hvoraf der var opformeret en aktiv population i jorden.

Et andet indledende forsøg viste, at fordampning af allylalkohol kun spillede en underordnet rolle i sammenligning med den biologiske nedbrydning. Der anvendtes tre jorder; en neutral lerjord fra laboratoriets have, en neutral lerjord fra Virumgaard og en svagt sur sandjord fra Lundgaard, der i fugtig tilstand steriliseredes i vatlukkede 100-ml Erlenmeyerkolber; efter afkøling tilsattes steril opløsning af allylalkohol svarende til 0,2 ml/kg, og kolbernes henstilledes ved 25°C sammen med kontrolkolber indeholdende usteriliseret jord med samme mængde allylalkohol. Lidt sterilt vand tilsættes af og til under inkubationen for at erstatte fordampningstabet, og med visse mellemrum udtoges duplikatkolber til spiringsforsøg. I de usterile jorder forsvandt den spiringshemmende virkning fuldstændigt efter 4 til 8 dage, men i de tilsvarende sterile jorder skete dette først efter 30 til 40 dage.

De allylalkoholsønderdelende mikroorganismer

Til isolation og dyrkning af allylalkoholsønderdelende mikroorganismer anvendtes et grundsubstrat af jordextrakt (fremstillet ved autoklavering af 1 kg havejord med 2 liter ledningsvand) tilsat 0,05 pct. ammoniumsulfat, 0,05 pct. sekundært kaliumfosfat og 0,02 pct. magnesiumsulfat. Allylalkohol sattes aseptisk til det

autoklaverede grundsubstrat, alm. i en koncentration på 0,5 vol.-pct. Som fast dyrkningssubstrat anvendtes den samme næringsopløsning tilsat 2 pct. agar. Ophobningskulturer anlagdes fra forskellige jorder (havejord fra laboratoriet, drivhusjord fra Statens Væksthusforsøg, agerjord fra forsøgsstationerne ved Lyngby, Aarslev, Askov og Lundgaard samt Statens Ukrudtsforsøg) i mineralsk næringsopløsning med allylalkohol, hvor der efterhånden fremkom vækst af bakterier og/eller skimmelsvampe, der isoleredes ved gentagen spredning på allylalkohol-agar. I nogle tilfælde isoleredes organismerne ved direkte spredning fra allylalkoholbehandlet jord. I flydende allylalkohol-substrat viste de aktive renkulturer efter få dage en tiltagende uklarhed, resp. mycelvækst, der efterhånden blev langt stærkere end den ubetydelige vækst i kontrolsubstrat uden allylalkohol. Der fandtes tre grupper af aktive organismer:

1. Gramnegative, bevægelige stavbakterier, der i det store og hele svarede til *Pseudomonas fluorescens* (KLINGE 1959, RHODES 1959). Disse syntes at være de dominerende organismer i neutrale jorder.

2. Actinomyceter af slægten *Nocardia*, nærmest svarende til *N. corallina* (BERGEY 1957), med ringe udviklet mycelium, der hurtigt deltes i uregelmæssige stav- og næsten kugleformede celler.

3. Stammer af den almindeligt forekommende jordbundssvamp *Trichoderma viride*, der især optrådte i jord af sur reaktion.

Foruden disse, der alle isoleredes fra selektivt allylalkohol-substrat, undersøgte en lang række ikke-selektivt isolerede bakterier, actinomyceter og svampe kvalitativt for vækst i jordekstrakt med allylalkohol. Kun de følgende viste tydelig vækst:

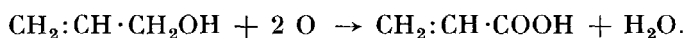
(A). To stammer af *Ps. fluorescens* og een af *Ps. aeruginosa* blandt en samling af 35 *Pseudomonas*-stammer, der velvilligt var stillet til rådighed af afdelingsforstander, dr. med. Hans Lautrop, Statens Seruminstitut.

(B). Tre stammer af *Trichoderma viride*.

Desuden prøvedes 34 stammer af *Azotobacter* spp. på kvælstoffri allylalkohol-agar i betragtning af denne bakterieslægts evne til at udnytte mange simple organiske stoffer. Positiv vækst viste kun tre stammer, to af *A. vinelandii* og een af *A. insigne*; en af de første bandt rigeligt kvælstof i allylalkoholopløsning. *A. vinelandii*

findes imidlertid kun sjældent i danske jorder, og *A. insigne* er en udpræget ferskvandsbakterie (VAGN JENSEN 1955). I kvælstof-fri allylalkoholopløsning inficeret med azotobacter-rig jord fremkom ingen bakterievækst, og *Azotobacter* synes således ikke at spille nogen rolle for sønderdelingen af allylalkohol i jordbunden.

Som fælles egenskab var de allylalkoholforbrugende organismer alle (foruden adskillige andre) i stand til at udnytte propanol, propionsyre og mælkesyre, og alle undtagen to kunne udnytte acrylsyre, der muligvis er det første omsætningsprodukt af allylalkohol og kan tænkes at opstå ved processen



Undtagelserne var to stammer af *Ps. fluorescens*, der i modsætning til resten omsatte allylalkohol under dannelse af en flygtig syre, efter alt at dømme acrylsyre, til hvis videre omsætning disse stammer således synes at mangle de nødvendige enzymer.

Alle de aktive organismer kunne vokse på 1,0 vol.-pct. allylalkohol, medens 1,5 pct. oftest og 2,0 pct. stedse forhindrede vækst. I allylalkohol-substrat med varierende reaktion voksede *Ps. fluorescens* og *N. corallina* bedst ved pH 7,0—7,9 og standsede væksten mellem pH 4,6 og 5,0; omvendt voksede *Trichoderma viride* kraftigt ved pH 4,0—5,9, men svagere ved pH 7,0—7,9, overensstemmende med dens fortrinsvise optræden i sur jord.

Nogle kvantitative vækstforsøg udførtes med repræsentanter for de tre grupper af organismer. Stammer af *Ps. fluorescens* og *N. corallina* dyrkedes i jordekstrakt-substrat med og uden 0,5 vol.-pct. allylalkohol (100 ml i 300-ml Erlenmeyerkolber) under konstant rystning 7 dage ved 25°C, cellematerialet skiltes fra opløsningen ved centrifugering og vaskedes ammoniakfrit, hvorefter dets kvælstofindhold bestemtes som mål for tilvæksten. Resultaterne i nedenstående oversigt viser, at vækstgradens variationer indenfor hver slægt er betydelige og langt større end forskellen mellem de to slægter indbyrdes.

	N i celled sediment, mg pr. 100 ml.					
	+ Allylalkohol			Kontrol		
	min.	max.	gnst.	min.	max.	gnst.
<i>Ps. fluorescens</i> (9 stammer)	2.2	6.8	5.0	0.2	0.5	0.4
<i>N. corallina</i> (5 stammer)	3.2	4.8	4.0	0.3	0.5	0.4

Tabel 1. Vækst på allylalkohol (0.5 vol.-pct) i neutraliseret (A) og ikke-neutraliseret (B) substrat

Organisme	Vækst- tid dage	pH efter vækst	N i celle- sediment mg/50 ml	Allyl- alkohol mg/50 ml
<i>Ps. fluorescens</i> D. 2.	4	(A) 6.8—7.1 (B) 4.9—5.1	7.03 2.03	11 120
<i>Ps. fluorescens</i> D. 16.	4	(A) — (B) —	6.86 1.33	0 115
<i>Ps. fluorescens</i> H. 3.	4	(A) 7.7—7.8 (B) 4.9—5.0	6.52 1.95	(2) 149
<i>Nocardia corallina</i> U. 2.	7	(A) 7.8—7.9 (B) 4.8—4.9	7.70 1.23	7 126
Sterilt	0	—	—	246
Substrat	4	—	—	177

Cellesediment fra kontrolkulturer i allylalkoholfrit substrat:

0.03—0.06 mg N. — Allylalkoholkulstof (beregnet) ved forsøgets begyndelse: 152 mg/50 ml.

Da substratet indeholdt ammoniumsulfat som kvælstofkilde, blev opløsningen ret stærkt sur, og udnyttelsen af allylalkohol var ufuldstændig. Nogle supplerende forsøg udførtes i substrat, der var tilsat brom-thymol-blåt, og som under væksten et par gange pr. døgn adjusteredes til pH ca. 7,5 med sterilt 1-N natriumhydroxyd. I centrifugatet fra cellematerialet efter vækst bestemtes tillige rest-allylalkohol ved bromtitrering af dobbeltbindingerne efter ALBERTSON & MCGREGOR (1950). Af tabel 1 fremgår, at væksten er særdeles hurtig og allylalkoholforbruget tilsyneladende omtrent fuldstændigt i de neutraliserede kulturer efter 4 dage, men den absolutte mængde forbrugt næringsstof lader sig ikke beregne, bl.a. fordi noget allylalkohol forsvinder ved fordampning (?) under forsøget (sml. sterilt substrat), og den anvendte metode måler alene dobbeltbindingernes forsvinden, men ikke eventuelle organiske biprodukter. Regnes det fundne cellemateriale at indeholde kulstof og kvælstof i forholdet 5:1, svarer de fundne mængder cellekvælstof (6,5—7,7 mg/50 ml) til assimilation af 33—38 mg kulstof eller (mindst) 22—25 pct. af det teoretiske

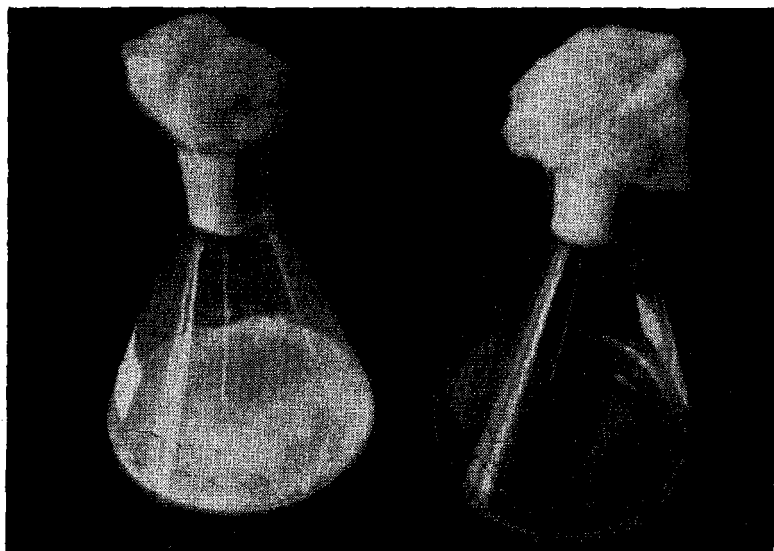


Fig. 1. Vækst af *Trichoderma viride* (A) 20 dage ved 25°C i jordekstrakt-substrat + 0.5 vol.-pct. allylalkohol (t.v.) og kontrolsubstrat (t.h.). — Fot. Frank Hejndorf, Statens plantepatologiske Forsøg.

begyndelsesindhold af allylalkohol-kulstof, hvilket må kaldes en ret god vækstøkonomi.

Ni stammer af *Trichoderma viride* (6 selektivt og 3 ikke-selektivt isolerede) dyrkedes i allylalkohol-substrat med primært fosfat som stationære kulturer 20 dage ved 25°C, hvorefter myceliet frafiltreredes, tørredes og vejedes. De forskellige stammers vækst varierede stærkt, dog uden forskel på de selektivt og ikke-selektivt isolerede:

Substrat	Myceltørstof, mg pr. 100 ml substrat		
	minimum	maximum	gennemsnit
+ Allylalkohol (0.5 vol.-pct.)	14	162	101
Kontrol	(1)	5	3

Fig. 1 viser et eksempel på en kraftigt voksende stamme. Enkelte af disse syntes at vokse lige godt med allylalkohol og tilsvarende mængde glucose, omend væksten med det sidste var hurtigere.

Nedbrydning af allylalkohol i jord

De fundne mikroorganismer viste sig at være aktive i jord såvel som i renkulturer, hvad der bl.a. fremgår af deres kraftige formering i jord efter allylalkoholtilsætning. Eksempelvis anføres resultaterne af nogle bakterietællinger i drivhusjord og havejord 2 dage efter tilsætning af 0,2 ml/kg allylalkohol. Tællingerne foretoges på jordekstrakt-allylalkohol-agar efter 12 dages inkubation. Formeringen af bakterier i sammenligning med kontroljord var enorm i drivhusjorden og meget betydelig i havejorden og omfattede ganske overvejende allylalkoholforbrugende bakterier, hvilket vist ved at overføre et større antal »tilfældige« kolonier fra agarpladerne til reagensglas med flydende allylalkohol-substrat og iagttage deres vækst her. Også fra ubehandlet kontroljord udvælger den selektive allylalkohol-agar et vist antal sådanne bakterier. Resultaterne ses i følgende oversigt:

	Bakterier mill./g jord	Heraf pct. allylalkohol- forbrugende
Drivhusjord + allylalkohol.....	ca. 2000	90
do. kontrol.....	5— 12	15
Havejord + allylalkohol.....	260—270	80
do. kontrol.....	22— 27	2

De allylalkoholforbrugende bakterier var næsten udelukkende stammer af *Ps. fluorescens*, hvis formering således meget hurtigt stimuleres af allylalkohol.

I sandjord fra Lundgaard, af Rt 5,7, sås ingen formering af bakterier, men spredning på sur glucose-pepton-agar efter 14 dage viste en meget stærk formering af *Trichoderma viride* i allylalkoholbehandlet jord. Sådanne tællinger giver imidlertid ingen mulighed for at skelne mellem svampesporer og vegetativt mycelium, hvoraf alene det sidstes mængde er et mål for svampenes andel i den biologiske stofomsætning. Der udførtes derfor et andet forsøg med den samme jord i bægerglas, hvori der var anbragt lodretstillede objektglas (»kontaktglas-metoden« efter Rossi og Cholodny). Efter 8 dages henstand, da et spiringsforsøg viste fuldstændig inaktivering af allylalkoholen, undersøgte objektglassene mikroskopisk efter fiksering og farvning med phenol-

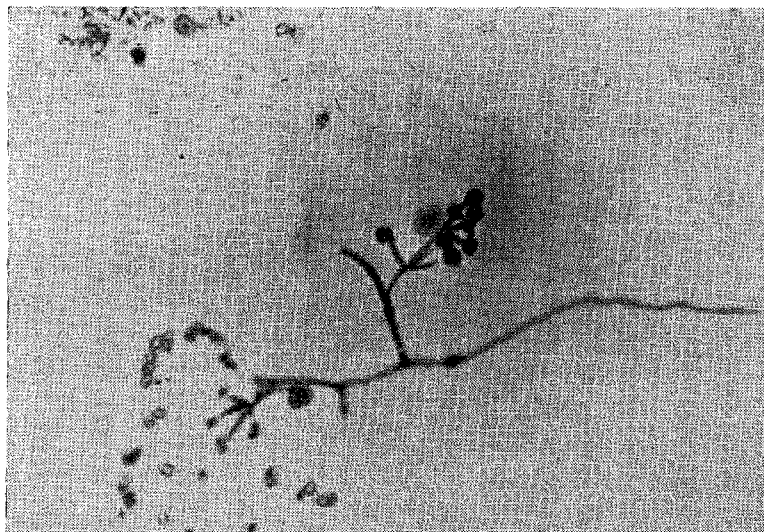


Fig. 2. Konidiebærere af *Trichoderma viride* (?) på objektglas anbragt 8 dage i sandjord fra Lundgaard + allylalkohol 0.2 ml/kg. — Farvning med phenolanilinblåt, forst. $\times 450$.

anilinblåt, og forekomsten af svampehyfer noteredes i 200 regelmæssigt fordelte synsfelter (ca. $0,1 \text{ mm}^2$) på hvert glas. Som det fremgår af nedenstående oversigt, sås der en meget rigelig udvikling af svampemycelium i den allylalkohol-behandlede jord.

	pct. synsfelter med svampehyfer
Jord + allylalkohol (0.2 ml/kg).....	27.5—32.5
Kontroljord	1.5— 4.0

Den virkelige forskel i mycelmasse er endda større, end tallene giver indtryk af, da der i kontroljorden kun sås korte mycelfragmenter, i den allylalkoholbehandlede derimod lange, rigt forgrenede hyfer og stedvis fructificerende konidiebærere, efter alt at dømme af *Trichoderma viride* (fig. 2), der således her har overtaget bakteriernes funktion. OVERMAN & BURGIS (1956) iagttog en lignende stærk formering af *T. viride* i jord efter allylalkohol-behandling.

Tilsætning af 0,5 ml/kg allylalkohol bevirkede i forskellige jorder en midlertidig hemning af kuldioxidproduktionen, hvorefter der fulgte en gradvis udligning. Ved »podning« med en

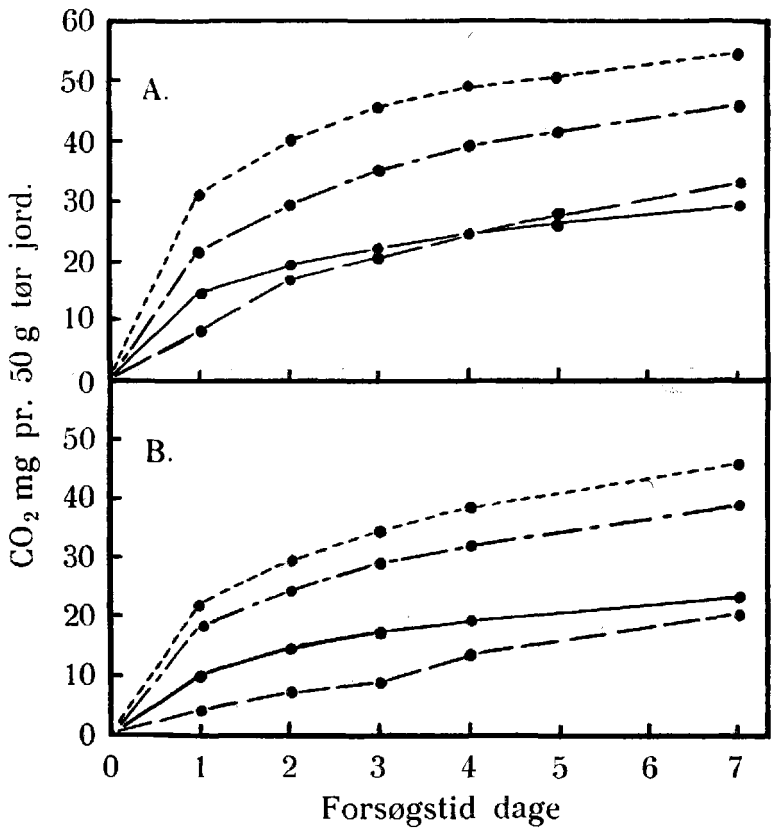


Fig. 3. Produktion af kuldioxyd i jord med tilsætning af allylalkohol (0.5 ml/kg).

A: Lerjord, Rt 7.2 fra laboratoriets have. — B: Lerjord, Rt 6.9 fra Virumgaard.

- Kontroljord uden tilsætning.
- - - + Allylalkohol, uden podning.
- · · do. podet med *Pseudomonas fluorescens* U. 4.
- · - do. podet med *Nocardia corallina* U. 2.

cellesuspension af *Ps. fluorescens* eller *N. corallina* kunne denne hemningsvirkning elimineres og CO₂-produktionen stimuleres kraftigt fra forsøgets begyndelse. Fig. 3 viser et par eksempler herpå; denne virkning var stærk i neutral jord, men næppe kendelig i jord af Rt 5,8—4,8.

I kuldioxydproduktionsforsøgene er der muligvis betingelser for nogen fordampning af allylalkohol; herpå tyder det bl.a., at

Tabel 2. Inaktivering af allylalkohol (0,02 pct) i forskellige jorder

Jord	For- søgs- tid dage	Uden tilsætning (kontrol)		Allylalkohol			
				upodet		podet med <i>Pseud. U. 4.</i>	
		Sp. %	Sp. g.	Sp. %	Sp. g.	Sp. %	Sp. g.
Havejord, Rt 7.2	0	88	1.3	0	0	0	0
	2	98	1.6	0	0	95	1.6
	4	92	1.4	90	1.3	100	1.7
Drivhusjord, Rt 6.7	0	88	1.2	0	0	0	0
	2	—	—	93	1.5	98	1.5
	4	95	1.5	90	1.6	98	1.4
Lerjord, Rt 5.8	0	88	1.2	0	0	0	0
	2	93	1.2	78	0.4	0	0
	4	93	1.3	90	1.2	95	1.3
Sandjord, Rt 5.7 (Askov)	0	94	1.3	0	0	0	0
	2	98	1.5	0	0	0	0
	4	93	1.6	0	0	83	1.3
	8	95	1.7	85	1.6	90	1.4
Sandjord, Rt 5.7 Lundgaard	0	98	1.5	0	0	0	0
	4	78	1.4	0	0	0	0
	8	100	1.6	100	1.6	95	1.5
Lerjord, Rt 4.8	0	95	1.5	0	0	0	0
	2	88	1.3	0	0	0	0
	4	95	1.5	0	0	93	1.4
	8	93*)	1.3	90	1.3	95	1.4

*) Sået efter 10 dage.

spiringsforsøg efter 7 til 10 dages forløb viste inaktivering af allylalkoholen selv hvor der ikke var nogen forøgelse af kuldioxydproduktionen. Andre inaktiveringsforsøg anstilledes med jorder anbragt i mælkeflasker med gennemborede, vatlukkede gummipropper, tilsat 0,2 ml/kg allylalkohol med og uden samtidig podning med en tynd celsesuspension af en stærkt aktiv stamme af *Ps. fluorescens*. Efter forskellig tids henstand ved 25°C udtoges jordprøver til spiringsforsøg (fra duplikatflasker). Resultaterne ses i tabel 2 og viser, at allylalkoholen inaktiveres i løbet af højst 8 dage under disse forhold, hvor fordampningen kun kan være ubetydelige. Hurtigst sker dette i den meget næringsrige drivhusjord (agurkebænk) og langsomst i sandjorderne og den sureste lerjord. I tre tilfælde virker bakteriepodningen fremskyndende, men iøvrigt er det klart, at jorden normalt indeholder en popula-

tion af allylalkoholsønderdelende mikroorganismer, der hurtigt træder i virksomhed under gunstige betingelser.

Af det tidligere anførte fremgår, at jordens reaktion kun spiller en underordnet rolle. Af andre faktorer undersøgt koncentrationen af allylalkohol i havejord, hvor spiringsforsøg viste, at mængder på 0,2 — 0,5 — 1,0 ml/kg inaktiveredes efter henholdsvis 4, 8 og 14 dage. Selv betydelige mængder allylalkohol vil således næppe have nogen permanent skadelig indflydelse på jordens mikroflora.

Forsøg ved lavere temperatur (med neutral havejord og svagt sur sandjord fra Lundgaard, 0,2 ml/kg allylalkohol) viste derimod, at ved 5°C var allylalkoholen ret bestandig, idet der endnu efter 4 uger fandtes fuldstændig spiringshæmning. Ved 10°C inaktiveredes allylalkoholen i havejord efter en uge, men i sandjorden først efter 3 til 4 uger; dette står sandsynligvis i forbindelse med, at *Trichoderma viride*, der synes ansvarlig for inaktiveringen her, kun vokser dårligt ved 10°C i modsætning til *Ps. fluorescens*.

Sluttelig udførtes en række forsøg over allylalkoholens forhold ved hæmmet luftadgang. Forskellige jorder med og uden 0,2 ml/kg allylalkohol anbragtes i reagensglas, der fyldtes helt med fast sammenpresset jord og lukkedes med tætsluttende, paraffinerede gummipropper; med mellemrum udtoges duplikatglas til spiringsforsøg. I drivhusjord forsvandt hæmningsvirkningen efter 8 dage (sml. 2 dage under aerobe forhold: tabel 2). Dette skyldtes muligvis, at den ret humusrige og porøse jord fra begyndelsen indeholdt tilstrækkelig luft til en delvis iltning af allylalkoholen; der iagttoges her en stærk formering af den type af *Ps. fluorescens*, der iltede allylalkohol til acrylsyre; sidstnævnte forbindelse viste sig ved spiringsforsøg at være betydeligt mindre giftig end allylalkohol. I havejord, lerjord fra Virumgaard og sandjord fra Lundgaard, den sidste med og uden ekstra tilsætning af staldgødning, forsvandt hæmningsvirkningen først efter 40 dage eller mere (enkelte undtagelser skyldtes sandsynligvis utætte propper eller revnede glas). Ved podning med jordopslemning i jordekstrakt-allylalkohol-substrat dækket med et lag paraffinolie fremkom ingen bakterievækst. Som helhed synes manglende luftadgang således i høj grad at forhale allylalkoholens inaktivering.

OVERSIGT

I overensstemmelse med resultater fundne ved Statens Ukrudtsforsøg viser laboratorieforsøgene, at allylalkohol er et ret ubestændigt stof, idet den efter tilførsel til jorden hurtigt sønderdeles af forskellige organismer; bakterier (*Pseudomonas fluorescens*), actinomyceter (*Nocardia corallina*) og skimmelsvampe (*Trichoderma viride*), der er normale bestanddele af jordbundens mikroflora. De to første grupper og især *Ps. fluorescens* optræder fortrinsvis i neutral og den tredje i sur jord og formerer sig hurtigt ved tilsætning af allylalkohol, der tjener som et let tilgængeligt næringsstof.

Denne biologiske inaktivering synes at spille en langt større rolle end fysisk fordampning og foregår under gunstige temperatur- og fugtighedsbetingelser i løbet af få dage. Kun ved lav temperatur eller hemmet luftadgang er allylalkoholen relativt bestandig. Som helhed synes den imidlertid at høre til de ukrudtsmidler, der rummer mindst fare for varige skadevirkninger i jordbunden.

SUMMARY

Biological decomposition of herbicides in the soil. II: Allyl alcohol

Allyl alcohol was rapidly detoxified in soil when added at the rate of 0.2 to 1.0 ml/kg, as shown by the loss of inhibitory effect on indicator plants (barley seedlings). This loss of activity was due to biological decomposition rather than to evaporation: under conditions where the inhibitory effect disappeared from normal soil within 4 to 8 days, it persisted for 3 to 4 weeks or longer in sterilized soil.

Only a few types of microorganisms were found able to utilize allyl alcohol as a nutrient: strains of *Pseudomonas fluorescens*, *Nocardia corallina* and *Trichoderma viride*, in addition to a very few *Azotobacter* spp. These are constituents of the normal soil microflora and mostly utilize allyl alcohol readily. *Ps. fluorescens* and *T. viride* multiplied rapidly when allyl alcohol was added to neutral and acid soil, respectively. Addition of allyl alcohol to soil caused a temporary inhibition in CO₂-evolution, which was abolished by addition of cell suspensions of *Ps. fluorescens* or *N. corallina*. The plant-inhibitory effect of allyl alcohol (0,2 ml/kg) disappeared from the soil within 2 to 8 days at 25° C, which period was sometimes shortened by inoculation with *Ps. fluorescens*. Only at low temperature (5° C) or under restricted admission of oxygen did the inhibitory effect of allyl alcohol persist in the soil for a month or more.

LITTERATURHENVISNINGER

- Albertson, C. E., & McGregor, I. R. (1960). — Determination of monomer in partially polymerized acrylic and allyl esters. — *Analytical Chemistry* v. 22:806—809.
- Bergey's Manual of Determinative Bacteriology (1957). — 7. Udg., Williams & Wilkins Co., Baltimore.
- Cardon, B. P., & Barker, H. A. (1947). — Amino acid fermentation by *Clostridium propionicum* and *Diplococcus glycinophilus*. — *Archives of Biochemistry* v. 12:165—180.
- Coupin, H. (1904). — Sur l'assimilation des alcools et des aldéhydes par la *Sterigmatocystis nigra*. — *Comp. Rend. Acad. Sci. (Paris)* v. 138 : 389—391.
- Den Dooren de Jong, L. E. (1926). — Bijdrage tot de kennis van het dissimilatieproces (Thesis, Delft).
- Jensen, V. (1955). — The *Azotobacter*-flora of some Danish water-courses. — *Botanisk Tidsskr.* v. 52 : 143—157.
- Klinge, K. (1959). — *Pseudomonas fluorescens*, ein Boden- und Wasserkeim. I. — *Archiv für Mikrobiologie* v. 33 : 1—24.
- Legator, M., & Racusen, D. (1959). — Mechanism of allyl alcohol toxicity. — *Journal of Bacteriology*, v. 77 : 120—121.
- Lewis, D., & Elsdon, S. R. (1955). — The fermentation of l-threonine, l-serine, l-cysteine and acrylic acid by a Gram-negative coccus. — *Biochemical Journal* v. 60 : 683—692.
- Overman A. J. & Burgis, D. S. (1956). — Allyl alcohol as a soil fungicide. — *Phytopathology* v. 56: 532—535.
- Petersen, E. J. (1926). — Undersøgelser over Forholdet mellem Jordens Kulsyreproduktion, kemiske Tilstandsform og mikrobiologiske Aktivitet. — *Tidsskr. f. Planteavl* v. 32 : 625—672.
- Rhodes, M. (1959). — The characterization of *Pseudomonas fluorescens*. — *Journal of General Microbiology* v. 21 : 221—263.