

# Handen wassen na blootstelling aan bestrijdingsmiddelen

Hans Marquart<sup>1</sup>, Joost H.C. de Roos<sup>2</sup>, Joop J. van Hemmen<sup>1</sup>, Wim L.A.M. de Kort<sup>1</sup>

## Summary

Hand washing with cold water and soap to decrease skin exposure was studied. Workers washed their hands after handling carnations previously treated with propoxur. The calculated washing efficiency (10% or 26%) depended on the exposure estimation formulae.

Known quantities of propoxur were applied to the hands of human volunteers. The efficiency of two washings (46%) showed limited variation. Approximately 20% of the total amount removed, was removed in the second washing.

Clear relationships between amounts removed and exposure or dose were found. Washing can remove substantial amounts of pesticide from the hands after exposure. The results suggest that normal hand washing may be used as a means of measuring skin exposure, provided that a proper laboratory calibration study is performed.

## Inleiding

Risico's voor de gezondheid van de werkers in de sierteelt onder glas door blootstelling aan bestrijdingsmiddelen zijn niet uit te sluiten. Niet alleen bij het toepassen van de bestrijdingsmiddelen, maar vooral ook bij werkzaamheden in het behandelde gewas treedt blootstelling op. In het laatste geval is de blootstelling via de huid, met name via de handen en onderarmen, veel belangrijker dan die via de ademhalingswegen (Brouwer e.a., 1992a,b). Ook de opgenomen hoeveelheid van stoffen die relatief snel de huid passeren hangt vooral van huidblootstelling af (Brouwer e.a., 1993).

Er is dus voldoende reden om vermindering van de huidblootstelling na te streven. Indachtig de arbeidshygiënische strategie (Balemans e.a., 1989) zou zo mogelijk eerst de bron (het bestrijdingsmiddelengebruik) moeten worden aangepakt. Met name in de sierteelt achten tuinders chemische bestrijding onmisbaar. Het verspreiden van het bestrijdingsmiddel over en door het gewas is hiermee onlosmakelijk verbonden. Vermindering van de verspreiding biedt derhalve weinig kansen. Onderzoek naar optimale persoonlijke beschuttingsmiddelen (handschoenen) is momenteel gaande binnen TNO. Bij veel werk is echter de handvaardigheid in geding, hetgeen handschoenen in diverse situaties minder acceptabel maakt.

Als er dan met behandeld gewas moet worden gewerkt en het gebruik van handschoenen ongewenst is, dan is wellicht het verwijderen van de vervuiling van de huid voordat deze is opgenomen een goede mogelijkheid om interne blootstelling te verminderen.

De literatuur biedt weinig houvast betreffende de waarde van het afwassen van verontreiniging. Wester & Maibach

(1989) geven een overzicht van enkele door hen uitgevoerde experimenten. Hieruit blijkt dat in veel gevallen wel een duidelijke vermindering van opname wordt gevonden indien kort na het opbrengen van vervuiling wordt gewassen. In enkele gevallen werd dit echter niet aangetoond. Uit andere publikaties naar het verwijderen van stoffen van de huid (Frederiksson, 1961; Wester e.a., 1983; Wester e.a., 1990; Pelletier e.a., 1990) en uit onderzoeken waarbij het wassen werd gebruikt als methode om verontreiniging op de huid kwantitatief te bepalen (Kazen e.a., 1974; Jongeneelen e.a., 1988; Brouwer e.a., 1992c) komt naar voren dat wassen effectiever is naarmate het korter na het opbrengen van verontreiniging gebeurt, maar dat ook bij wassen direct na het opbrengen niet alles wordt verwijderd. Er zijn zelfs enkele aanwijzingen dat het wassen de opname door de huid soms kan vergroten (Wester & Maibach, 1989; Pelletier e.a., 1990). De uitgevoerde onderzoeken zijn vooral laboratoriumstudies. Er zijn dan ook vaak grote verschillen met de praktijksituaties in de wijze waarop de verontreiniging op de huid komt en verschillen in wasprocedures. Relevante veldstudies zijn nauwelijks uitgevoerd. Wolff e.a. (1992) voerden een studie uit bij werkers in een bestrijdingsmiddelenformuleringsbedrijf. Bij werkers die niet direct na het werk hun handen wassen, werd een tendens tot hogere hoeveelheden methyl-parathion op de handpalmen geconstateerd dan bij diegenen die wel onmiddellijk wassen.

Om de waarde van het wassen van de handen in de praktijk te onderzoeken is een project gestart in de sierteelt onder glas. Als eerste fase van het project werd een oriënterende studie uitgevoerd bij werkers in de anjerteelt. Deze oriënterende studie werd uitgevoerd als onderdeel van een lopende studie naar opname van propoxur (2-isopropoxyfenyl-N-methylcarbamaat) (Brouwer e.a., 1993). Het doel van de oriënterende studie was het verkrijgen van een indicatief antwoord op de vraag of met 'normale' handenwasprocedures relevante hoeveelheden propoxur van de huid van blootgestelde werkers kunnen worden gewassen.

1. TNO Voeding, Afd. Arbeid en Gezondheid, Postbus 5815, 2280 HV Rijswijk, Lange Kleiweg 137-139, 2288 GJ Rijswijk. Telefoon: 015-843031.

2. Momenteel werkzaam bij: STIGAS, Postbus 106, 5000 AC Tilburg, Spoorlaan 304, 5017 JZ Tilburg. Telefoon: 013-371871.

Ook werd een laboratoriumstudie met vrijwilligers uitgevoerd. Bij hen werd een bekende hoeveelheid propoxur op de handen gebracht, waarna de afwasbaarheid door wassen met water en zeep werd onderzocht. Dit had tot doel een bovengrens van afwasbaarheid te bepalen en de relatie tussen afgewassen percentage en dosis te onderzoeken.

## A. ORIËNTERENDE STUDIE

### Materiaal en methoden

#### Populatie en werkzaamheden

Metingen werden uitgevoerd bij werkers uit vijf bedrijven in de anjerteelt onder glas na het snijden of sorteren/bossen van anjers die behandeld waren met propoxur. Bij elk bedrijf werd bij de eerste gewaswerkzaamheden na een toepassing van propoxur gemeten, zowel na het snijden als na het sorteren/bossen. Tussen twee en zes werkers per bedrijf namen aan het onderzoek deel, veelal zowel na het snijden als na het sorteren/bossen.

Het snijden van anjers gebeurt doorgaans met behulp van een mes. De werker pakt de stengel van de anjer in een hand en snijdt met het mes de anjer af.

Een hoeveelheid afgesneden anjers wordt op de arm of op touwen boven de bedden verzameld, alvorens ze in een bak worden gezet op een kar voor vervoer naar de schuur. In één bedrijf werden de anjers niet met een mes afgesneden, maar met een schaar geknipt.

Bij het sorteren/bossen worden de anjers op kwaliteit gesorteerd en tot een bos van twintig anjers samengevoegd.

In tabel 1 zijn enkele kenmerken van de arbeidssituatie weergegeven.

Vijf van de metingen (drie na snijden en twee na sorteren/bossen) werden uitgevoerd bij vrouwen, de overige bij mannen.

De metingen werden uitgevoerd in de eerste pauze na aanvang van de betreffende taak, of direct na afloop van de taak indien dat voor de pauze was.

#### Schatting blootstelling

Het bepalen van de blootstelling van de huid van handen gebeurt doorgaans met een pseudo-huid methode (katonnen handschoenen) of door wassen. Uiteraard was dit in het onderhavige onderzoek niet mogelijk gezien de interferentie met het te onderzoeken probleem. Daarom moest de blootstelling op een indirecte manier worden bepaald. Hiertoe werd gebruik gemaakt van de relaties die in voorgaand onderzoek voor drie andere bestrijdingsmiddelen zijn aangetoond tussen de hoeveelheid afveegbaar bestrijdingsmiddelresidu op het gewas en de blootstelling (Brouwer e.a., 1992d).

Deze relaties worden vastgelegd in zogenaamde overdrachtsfactoren. Aangezien er verschillen in overdrachtsfactoren bestaan voor verschillende bestrijdingsmiddelen zijn voor het onderhavige onderzoek schattingen met twee overdrachtsfactoren gebruikt, namelijk de laagste en de hoogste overdrachtsfactor uit Brouwer e.a. (1992d): 2800 en 10 000 cm<sup>2</sup>/uur. Deze overdrachtsfactoren zijn bepaald voor het snijden van anjers. Aangezien het knippen van bloemen zichtbaar tot een ander contact leidt dan het snijden, is voor de metingen bij het snijden door middel van knippen in een apart experiment voor propoxur een specifieke overdrachtsfactor bepaald (1100 cm<sup>2</sup>/uur; ongepubliceerde resultaten). De twee schatters voor de blootstelling zijn dus volgens onderstaande formules berekend (Van Hemmen, 1993):

$$(1) \quad B = AR \times d \times 2800 \text{ (snijden, sorteren)}$$

$$\text{en}$$

$$B = AR \times d \times 1100 \text{ (knippen)}$$

en

$$(2) \quad B = AR \times d \times 10\,000 \text{ (snijden, sorteren)}$$

$$\text{en}$$

$$B = AR \times d \times 1100 \text{ (knippen)}$$

waarin: B = blootstelling (mg);

AR = afveegbaar residu (mg/cm<sup>2</sup>);

d = duur van taak (uur).

#### Afveegbaar residu

Tijdens het snijden werden uit de middelste zes bedden in de behandelde kasafdeling in duplo twaalf blaadjes geknipt met een schaar en een pincet op ongeveer 2 cm van de stengel op de hoogte waarop de anjers worden gesneden.

Tijdens het sorteren werden van de behandelde anjers bladmonsters genomen ter hoogte van de contactzone (tussen 1/4 en 1/2 van de afstand van snijpunt tot bloem). Ook hierbij werden in duplo twaalf blaadjes geknipt (Brouwer e.a., 1993).

Het afveegbaar residu werd geëxtraheerd volgens Iwata e.a. (1974). De blaadjes werden 30 minuten geschud met 100 ml gedestilleerd water, waaraan vier druppels Triton-X100 oplossing waren toegevoegd. Daarna werd met 25 ml water gespoeld, en na verwijdering van de blaadjes, werd de fles met 10 ml methanol gespoeld. De oplossing die het afveegbaar residu bevatte werd geanalyseerd.

#### Wasprocedure

Het wassen van handen en onderarmen gebeurde met koud leidingwater. Hierbij werd een vetzure natuurlijke zeep (Sporex, Kimberley-Clark, Veenendaal) gebruikt. Bij vier metingen werd de vaste vorm van de zeep gebruikt. Bij de overige metingen werd de vloeibare vorm gebruikt. Voor het daadwerkelijke wassen werd met een geringe hoeveelheid water de zeep op de handen gebracht. Bij de vloeibare vorm werden twee of drie hoeveelheden uit de dispenser gebruikt, bij de vaste vorm bepaalden de werkers zelf de gebruikte hoeveelheid. Vervolgens werden handen en onderarmen gewassen, waarna de kraan door de onderzoeker werd geopend, zodat de werker de handen en onderarmen kon spoelen. Tijdens de hele procedure werd al het water opgevangen in een rechthoekige plastic bak, waarboven de procedure werd uitgevoerd. Na de procedure werd deze bak omgezwent en werd de hoeveelheid was- en spoelwater met een maatcilinder bepaald. Na schudden van de maatcilinder werd ongeveer 150 ml in een propyleen flesje van 250 ml geschonken. De wasvloeistof werd met geconcentreerd azijnzuur aangezuurd tot een pH tussen 5 en 6 en tot analyse in de koelkast opgeslagen.

**Tabel 1. Enkele kenmerken van de situaties betreffende de toepassingen van propoxur en gewaswerkzaamheden waarbij metingen werden verricht in de oriënterende studie**

Toegepaste formulering (aantal)	sputpoeder	4
	vloeibaar	1
Behandeld kasoppervlak (m <sup>2</sup> )	gemiddeld (standaarddeviatie)	1940 (960)
Dosering propoxur (g/1000 m <sup>2</sup> )	gemiddeld (standaarddeviatie)	88 (37)
Aantal metingen	bij snijden	14
	bij sorteren/bossen	10

### Overige factoren

Als overige mogelijk invloedrijke factoren werden vastgelegd:

- de tijd benodigd voor wassen en spoelen van de handen;
- de grondigheid van wassen, door de onderzoeker subjectief beoordeeld in vier categorieën: oppervlakkig, matig, behoorlijk stevig en fanatiek.

### Statistische analyses

Voor de analyse van de resultaten werd gebruik gemaakt van diverse methoden, waaronder de Mann-Whitney toets, t-toets, multiple lineaire regressie en variantie-analyse. Als significantieniveau is  $p < 0,05$  (tweezijdig) gehanteerd. De analyses werden uitgevoerd met Solo Statistical System, Version 2.0 (BMDP Statistical Software, Los Angeles).

## Resultaten

### Blootstelling

De geschatte blootstelling is weergegeven in tabel 2. De gegevens zijn daarin onderscheiden naar snijden en sorteren/bossen.

### Wassingen

De werkers gebruikten tussen 300 en 1450 ml water voor het wassen van de handen. Bij de negentien gevallen waarbij de tijdsduur werd genoteerd bedroeg de minimum duur van de totale wasprocedure ongeveer 8 seconden en de maximum duur 24 seconden. De tijd werd ongeveer evenredig verdeeld over wassen en spoelen. De grondigheid van wassen werd in 20 gevallen beoordeeld. In tabel 3 zijn de resultaten van deze beoordeling gegeven.

Het is voorstelbaar dat de werker de tijd van wassen laat afhangen van de zichtbare vervuiling op de handen en dat de zichtbare vervuiling ook een samenhang vertoont met de blootstelling. Daarom werd een regressieanalyse uitgevoerd, waarbij de duur van wassen als onafhankelijke variabele werd ingevoerd en de blootstelling en de taakduur (duur van snijden of sorteren/bossen) als onafhankelijke. De resultaten zijn in tabel 4 weergegeven.

### Afgewassen hoeveelheid propoxur

De afgewassen hoeveelheid propoxur onderscheiden naar snijden en sorteren/bossen wordt in tabel 5 gegeven. De spreiding in afgewassen percentage is zodanig dat de hoogste waarde meer dan vijf keer de laagste waarde is.

**Tabel 2. Rekenkundig gemiddelde, standaarddeviatie, minimum en maximum van de op twee manieren geschatte blootstelling aan propoxur (mg) van de handen en onderarmen van werkers in de anjerteelt**

Gewaswerk	Formule <sup>1</sup>	n	Blootstelling (mg)			
			AM	sd	min	max
Snijden	1	14	7,7	3,6	1,3	12,9
	2	14	18,4	14,8	3,4	46,0
Sorteren/bossen	1	10	5,4	3,1	1,1	8,9
	2	10	19,1	11,2	4,0	31,6

n = aantal metingen; AM = rekenkundig gemiddelde; sd = standaarddeviatie; min = minimum; max = maximum; 1. overdrachtsfactor = 2800 (snijden mes/sorteren/bossen) of 1100 (snijden schaar); 2. overdrachtsfactor = 10 000 (snijden mes/sorteren/bossen) of 1100 (snijden schaar)

**Tabel 3. Grondigheid van wassen<sup>1</sup>**

Grondigheid	Aantal
Oppervlakkig	3
Matig	3
Behoorlijk stevig	7
Fanatiek	7

1. De grondigheid werd in 4 gevallen niet beoordeeld

De afgewassen hoeveelheid (absoluut) hing duidelijk samen met de geschatte blootstelling. In lineaire regressie van afgewassen hoeveelheid op blootstelling werd een  $R^2$  van 0,40 ( $p \approx 0,0009$ ; formule 1) en 0,62 ( $p < 0,0001$ ; formule 2) bepaald. De relatie is voor de blootstellingsschatting met formule 2 grafisch weergegeven in figuur 1. Er werden ook regressieanalyses uitgevoerd waarbij naast de geschatte blootstelling ook de duur van het wassen als verklarende variabele werd ingevoerd. Deze variabele vertoonde geen samenhang met de afgewassen hoeveelheid. Er werd ook geen samenhang tussen subjectief beoordeelde grondigheid van wassen en de afgewassen hoeveelheid gevonden, hoewel er een lichte tendens leek te bestaan tot een hoger afgewassen percentage bij grondiger wassen.

## B. VRIJWILLIGERSSTUDIE

### Material en methoden

#### Populatie

Twaalf gezonde vrijwilligers (zes mannen en zes vrouwen) tussen 19 en 27 jaar (gemiddeld 22,2 jaar) namen deel aan het onderzoek. De volgende uitsluitingscriteria werden gehanteerd bij de selectie van proefpersonen:

- de week voor het onderzoek contact met propoxur;
- het afgelopen jaar meer dan 25 sigaretten per dag gerookt;
- het afgelopen jaar meer dan 30 glazen alcoholhoudende drank per week gedronken;
- regelmatig geneesmiddelgebruik;
- druggebruik;
- huidziekten of resttoestanden hiervan, met name eczemen of psoriasis;
- de afgelopen 10 jaar lever- of nierfunctiestoornissen gehad;
- afwijkingen of doorgemaakte ziekten van het zenuwstelsel.

**Tabel 4. Samenhang tussen de duur van de wasprocedure, de taakduur en de blootstelling**

Formule blootstelling	Onafhankelijke	b	$p_b$	n	$R^2$	$p_R$
1	Taakduur	43	0,36	16	0,38	0,03
	Blootstelling	1,1	0,01			
2	Taakduur	-26	0,65	16	0,33	0,07
	Blootstelling	0,3	0,03			

b = regressiecoëfficiënt;

$p_b$  = p-waarde van regressiecoëfficiënt;

n = aantal metingen; de wasduur werd slechts bij 16 metingen bepaald;

$R^2$  = fractie van de variantie in de afhankelijke variabele die verklaard wordt door de variantie in de onafhankelijke variabelen;

$p_R$  = p-waarde van  $R^2$ .

**Tabel 5. Rekenkundig gemiddelde, standaarddeviatie, minimum en maximum van afgewassen hoeveelheid propoxur na gewaswerkzaamheden in met propoxur behandeld gewas**

Gewaswerk	Formule blootstelling <sup>1</sup>	n	AM	sd	min	max
Snijden	Absoluut (mg)	14	1,5	1,5	0,2	5,4
	1 (%)	14	19,4	12,7	3,5	43,0
	2 (%)	14	10,3	8,9	1,0	37,7
Sorteren/bossen	Absoluut (mg)	10	1,8	1,2	0,4	3,6
	1 (%)	10	36,2	18,8	12,8	73,6
	2 (%)	10	10,1	5,3	3,6	20,6

n = aantal metingen; AM = rekenkundig gemiddelde; sd = standaarddeviatie; min = minimum; max = maximum; 1. Absoluut = absolute hoeveelheid; 1 = relatieve hoeveelheid, blootstelling berekend met overdrachtsfactor = 2800 (snijden mes/sorteren/bossen) of 1100 (snijden schaar); 2 = relatieve hoeveelheid, blootstelling berekend met overdrachtsfactor = 10 000 (snijden mes/sorteren/bossen) of 1100 (snijden schaar).

De medische geschiktheid van elke vrijwilliger werd voor aanvang van het onderzoek door een arts beoordeeld. Voor aanvang van het onderzoek hebben alle vrijwilligers een verklaring van toestemming na kennisgeving ('informed consent') ondertekend.

#### Behandelingsschema

De vrijwilligerspopulatie werd onderverdeeld in drie groepen van vier personen. Bij elke vrijwilliger is vier maal een hoeveelheid propoxur op de handen gebracht, die na 30 minuten werd afgewassen. De gebruikte hoeveelheden waren 2,5, 5 en 7,5 mg propoxur. Bij elke vrijwilliger werd éénmaal elke dosering opgebracht. De vierde behandeling betrof een herhaling van één van de doseringen. Eén groep vrijwilligers kreeg 2,5 mg als herhalingsbehandeling, de tweede groep 5 mg en de derde groep 7,5 mg. De volgorde van de doseringen was verschillend voor de drie groepen. De verschillende behandelingen werden uitgevoerd met een tussenperiode van minimaal één week.

#### Opbrengen propoxur

Propoxur (99,6%; Labor Dr. Ehrenstorfer, Augsburg, Duitsland) werd opgelost in water. Met een pipet werd 10 keer 0,5 ml oplossing op een handpalm van de vrijwilliger gebracht, waarbij deze de oplossing telkens zo goed mogelijk verdeelde over de handen en polsen. Dit gebeurde boven een kunststof bak, die na afloop van het opbrengen werd gespoeld met 100 ml water. Deze spoelvloeistof werd op propoxur geanalyseerd om de werkelijk opgebrachte

hoeveelheid te kunnen berekenen. Het opbrengen van de totale hoeveelheid in 10 keer was noodzakelijk wegens de geringe oplosbaarheid van propoxur in water.

Bij elke behandeling werd met de pipet uit de aange maakte propoxuroplossing een controlemonster van 10 keer 0,5 ml genomen en in een polyethyleen pot gebracht. Dit monster werd geanalyseerd om de exacte concentratie van de oplossing te bepalen.

De opgebrachte hoeveelheid (dosis) werd berekend met de volgende formule:

$$(3) \quad D = 5 \times C_c - 100 \times C_s$$

waarin: D = opgebrachte hoeveelheid of dosis (mg);  
C<sub>c</sub> = concentratie propoxur in controlemonster (mg/ml);  
C<sub>s</sub> = concentratie propoxur in spoelvloeistof (mg/ml).

#### Wasprocedure

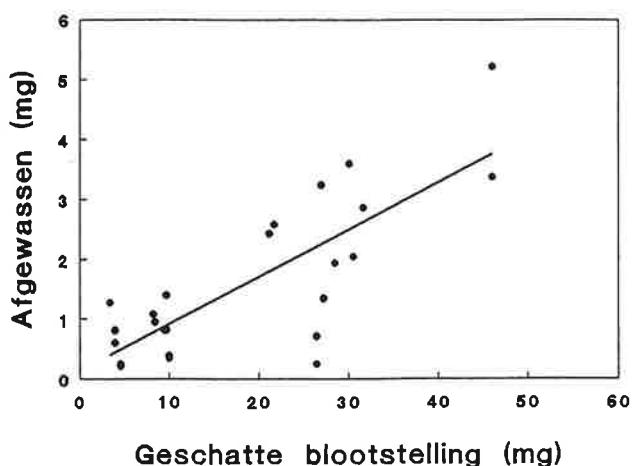
Het wassen van handen en onderarmen gebeurde met koud leidingwater. Een vloeibare vetzure natuurlijke zeep (Sporex, Kimberley-Clark, Veenendaal) werd gebruikt. De procedure vond plaats met behulp van een wasopstelling bestaande uit een kraan die via een drukregelaar en een afsluitbare klep verbonden was met het waterleidingnet. Onder de kraan bevond zich een grote kunststof trechter via welke de wasvloeistof in een polyethyleen jerry-can werd opgevangen.

De wasprocedure werd vooraf aan de vrijwilliger uitgelegd en luidde als volgt:

1. met een dispenser wordt ±1,5 ml zeep op de handpalm gebracht;
2. de handen worden bevochtigd door de kraan ongeveer een seconde open te zetten;
3. met ±1500 ml stromend water worden de handen boven de trechter op een zelf gekozen wijze gewassen;
4. de handen worden zo goed mogelijk afgeschud boven de trechter;
5. de trechter wordt met water gespoeld en de jerry-can wordt verwisseld;
6. de punten 1 en 3 tot en met 5 worden nog een keer herhaald;
7. de handen en polsen worden met een schone papieren handdoek afgedroogd.

De vloeistoffen in de twee jerry-cans zijn afzonderlijk geanalyseerd. De vloeistoffen werden met geconcentreerd azijnzuur aangezuurd tot een pH tussen 5 en 6 en tot analyse in de koelkast opgeslagen.

**Figuur 1. Relaties tussen afgewassen hoeveelheid propoxur en geschatte blootstelling aan propoxur in de oriënterende studie: formule 2**



### Beoordeling grondigheid van wassen

Tijdens het wassen werden met een videocamera de handen en polsen van de vrijwilliger gefilmd. De vijf wassingen die na analyse de hoogste wasefficiëntie bleken te hebben bereikt en de vijf wassingen die de laagste wasefficiëntie bleken te hebben bereikt werden in willekeurige volgorde op een videoband achter elkaar gezet. Vier personen, die niet op de hoogte waren van de wasefficiënties, hebben afzonderlijk de wassingen gerangschikt op basis van grondigheid van wassen.

### Analyse propoxur

Van de extracten van het afveegbaar residu en van de wasvloeistoffen werd 20 µl direct geïnjecteerd op een HPLC systeem. Scheiding vond plaats op een apolaire RP-18 kolom (Spherisorb ODS-2 100 × 4,6 mm, 3 µ of Spherisorb ODS-1 100 × 4,6 mm, 3 µ) en detectie met een fluorescentiedetector (Kontron SFM-25, excitatie 275 nm, emissie 300 nm). De bepalingsgrenzen waren:

- afveegbaar residu: 10 µg/l;
- wasvloeistof oriënterend onderzoek: 20 µg/l;
- wasvloeistof vrijwilligersstudie: 150 µg/monster;
- controlemonster: 100 µg/monster;
- spoelwater kunststof bak: 10 µg/monster.

De tussendagvariatie van de analyse was kleiner dan 5% (Ravensberg 1990).

In deze studie zijn grotendeels dezelfde statistische methoden gebruikt als in de voorafgaande oriënterende studie.

### Resultaten

In tabel 6 wordt de wasefficiëntie van de beide wassingen en de totale wasefficiëntie voor alle wassingen gemiddeld gegeven.

De relatie tussen afgewassen hoeveelheid en wasefficiëntie enerzijds en opgebrachte hoeveelheid anderzijds werd met lineaire regressie onderzocht.

De resultaten zijn in tabel 7 weergegeven.

De samenhang tussen wasefficiëntie en opgebrachte hoeveelheid werd ook via een variantieanalyse onderzocht. Er bleek geen samenhang te zijn ( $p > 0,05$ ).

De in tabelvorm weergegeven relaties zijn ook in figuur 2 weergegeven.

Er werd geen invloed van het geslacht op de wasefficiëntie gevonden. Vrouwen wassen in twee wassingen  $45,1 \pm 2,8\%$  van de handen en mannen  $46,4 \pm 1,9\%$  ( $p > 0,05$ ).

In een variantie-analyse met wasefficiëntie als responsvariabele en persoon als indexvariabele werden voor de gecombineerde wassingen significante verschillen tussen personen gevonden ( $p \approx 0,01$ ).

De vijf meest efficiënte en de vijf minst efficiënte wassingen zijn via videobeelden door een panel van vier perso-

**Tabel 6. Rekenkundig gemiddelde (en standaarddeviatie) van de wasefficiëntie van alle eerste wassingen, alle tweede wassingen en de gecombineerde wassingen**

Wassing	Wasefficiëntie <sup>1</sup>	
	AM	(sd)
Eerste wassing	37,0	(3,5)
Tweede wassing	8,8	(1,5)
Totaal	45,8	(3,4)

AM = rekenkundig gemiddelde; sd = standaarddeviatie; 1. Wasefficiëntie (%) =  $100\% \times \text{afgewassen hoeveelheid} / \text{netto opgebrachte hoeveelheid}$ .

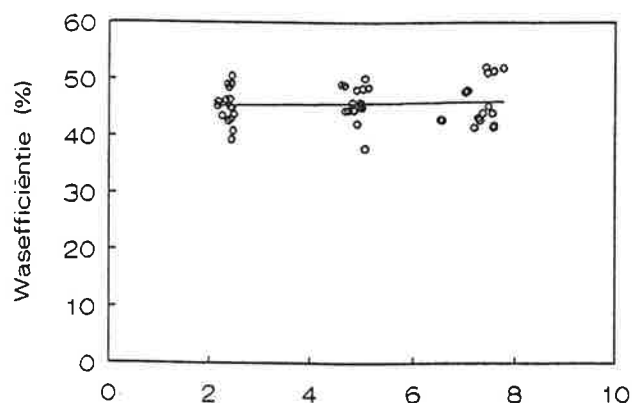
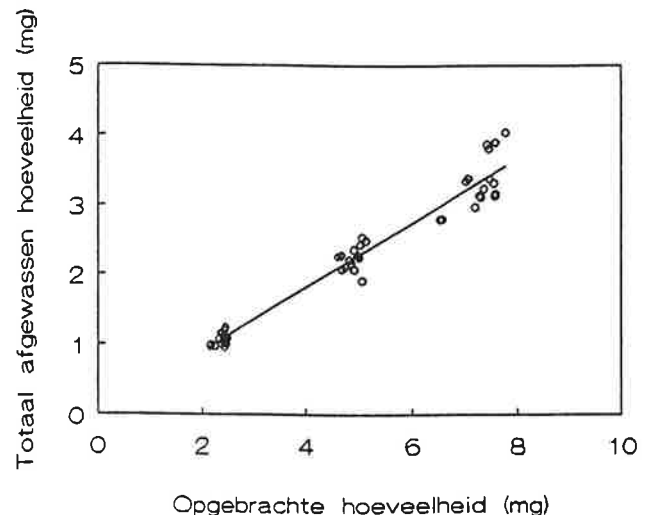
**Tabel 7. Relatie tussen afgewassen hoeveelheid (mg) of wasefficiëntie (%) en opgebrachte hoeveelheid propoxur in de vrijwilligersstudie**

Afhankelijke	n	b	p	R <sup>2</sup>
Afgewassen hoeveelheid	48	0,46 (0,01)	<0,0001	0,96
Wasefficiëntie	48	0,13 (0,25)	0,61	0,01

n = aantal metingen; alle metingen werden als onafhankelijk beschouwd;  
b = regressiecoëfficiënt;  
p<sub>b</sub> = p-waarde van regressiecoëfficiënt;  
R<sup>2</sup> = fractie van de variantie in de afhankelijke variabele die verklaard wordt door de variantie in de onafhankelijke variabele.

nen onafhankelijk (en zonder kennis van de wasefficiëntie) beoordeeld. De als meest grondig beoordeelde wassing kreeg rangnummer 10 en de als minst grondig beoordeelde rangnummer 1. De rangnummers van de vier panelleden zijn gemiddeld. De som van de gemiddelde rangnummers van de vijf meest efficiënte wassingen en de vijf minst efficiënte wassingen bleek niet significant verschillend te zijn (meest efficiënte vijf: 27; minst efficiënte vijf: 28;  $9 > 0,05$ ).

**Figuur 2. Relaties tussen afgewassen hoeveelheid propoxur (boven) en wasefficiëntie (onder) en netto opgebrachte hoeveelheid propoxur in de vrijwilligersstudie**



## Algemene discussie

De huidblootstelling van de werkers uit de oriënterende studie in de periode waarover de blootstelling werd bepaald kan volgens de schattingen oplopen tot enkele tientallen milligrammen en vertoont een behoorlijke spreiding. Dit komt overeen met gegevens uit voorgaande onderzoeken. Voor meer giftige bestrijdingsmiddelen, die bovendien relatief makkelijk de barrière die de huid vormt passeren, kan een dergelijke blootstelling een risico voor de werkers vormen. De mogelijkheden van verwijdering door wassen zijn derhalve niet onbelangrijk (Brouwer e.a., 1992a,b). Door de slechte oplosbaarheid van propoxur in water kon in de vrijwilligersstudie slechts tot 7,5 mg per behandeling worden opgebracht.

In de oriënterende studie werd de werkers de vrijheid gegeven zelf de wijze, duur en grondigheid van wassen te bepalen. Toch zal de aanwezigheid van onderzoekers en het bekende doel van het onderzoek wellicht tot meer inzet bij het wassen geleid hebben dan de werkers normaal zouden vertonen. Kennis over wijze, duur en grondigheid van het wassen van handen kon door de onderzoekers in de literatuur niet worden gevonden. Uit gesprekken met vertegenwoordigers van producenten van reinigingsmiddelen werd echter de indruk verkregen dat kort en oppervlakkig wassen heel gebruikelijk is. De door ons onderzochte werkers wisten wel korte tijd, maar wellicht relatief fanatiek. De samenhang tussen duur van wassen en taakduur en blootstelling lijkt hier ook op te wijzen. Dit zou tot een overschatting van de normaal verwijderde hoeveelheid kunnen leiden. Uit de resultaten blijkt echter duidelijk dat de hoeveelheden die door wassen verwijderd worden ook in de praktijk aanzienlijk kunnen zijn. De bevindingen van Wolff e.a. (1992) zijn hiermee in overeenstemming. Omdat kennis over de overdracht van propoxur van plantoppervlak naar handen ontbrak, werden twee schattingswijzen voor de blootstelling gehanteerd. Volgens de schatting die tot hogere blootstellingsgetallen leidt (schatting 2) kan tussen 1 en 40% (gemiddeld 10%) van de blootstelling worden verwijderd, terwijl volgens de lage blootstellingsschatting tussen 3 en 75% (gemiddeld 26%) van de blootstelling kan worden verwijderd.

In de vrijwilligersstudie is de opgebrachte hoeveelheid met grote nauwkeurigheid bepaald. Bij deze studie was de variatie in wasefficiëntie zeer gering. Dit suggereert dat de fouten in de blootstellingsbepaling in het oriënterende onderzoek de belangrijkste oorzaak voor de variatie in bepaalde wasefficiëntie zijn. De relatie tussen afveegbaar residu op het blad en huidblootstelling voor propoxur is niet onderzocht. Voor een aantal andere stoffen in de anjerteelt is dat wel gebeurd. Daarbij is gebleken dat er voor sommige stoffen een vrij goede relatie bestaat, maar voor andere een duidelijk mindere (Brouwer e.a., 1992d). Iets dergelijks is ook in de rozenteelt signaleerd (Brouwer e.a., 1992b). Dit betekent dat wellicht het afveegbaar residu van propoxur ten tijde van het oogsten niet een erg goede voorspeller van de huidblootstelling is. Daardoor kan dus een grote (artificiële) spreiding in wasefficiëntie in de oriënterende veldstudie zijn ontstaan. Wellicht kan ook verschil in blootstellingspatroon, de constitutie van de huid, of het bestaan van tussenpersoonsverschillen in huidopnamesnelheid voor propoxur een rol spelen. Uit onderzoek is bekend dat propoxur relatief snel door de huid penetreert (Brouwer e.a., 1993). De hoeveelheid die al door de huid is opgenomen kan niet meer worden afgewassen. Een blootstelling aan het begin van de meetmethode zal voor een belangrijker deel al door de huid zijn opgenomen, dan een blootstelling vlak voor de wassing. Sneller of minder snel opnemen van propoxur kan ook variatie in de wasefficiëntie geven. De invloed hiervan is in ieder geval in de vrijwilligersstudie niet groot geweest,

hoewel het wel een verklaring kan zijn voor de (kleine) tussenpersoonsverschillen in wasefficiëntie die zijn bepaald.

De grote variatie in de wasefficiëntie in de oriënterende studie kon niet verklaard worden door verschil in grondigheid (zoals deze door de onderzoeker werd beoordeeld). Invloed van deze factor was wel verwacht. Een verklaring voor het ontbreken van deze invloed kan zijn dat de verschillen in grondigheid van wassen te gering waren. Dit geldt ook voor de vrijwilligersstudie. De vier panelleden die de grondigheid van een tiental wassingen hebben beoordeeld bleken sterk uiteenlopende rangordes te hebben opgesteld. Blijkbaar waren verschillen niet duidelijk zichtbaar.

Er was geen relatie tussen het afgewassen percentage en de geschatte hoogte van de blootstelling of de opgebrachte hoeveelheid. De relatie tussen afgewassen hoeveelheid en voor wassen aanwezige hoeveelheid is bij de in dit onderzoek optredende hoeveelheden blijkbaar lineair. Dat betekent mogelijk dat het op een normale manier wassen van de handen met water en zeep als monstermethode voor blootstellingsbepaling gebruikt kan worden. Een vrijwilligersstudie kan dan als ijking van de wasefficiëntie gebruikt worden.

Een probleem hierbij is het feit dat het opbrengen van stof op een wijze die direct gerelateerd is aan de manier waarop blootstelling in de praktijk optreedt geen eenvoudige zaak is. Dit is echter wel gewenst, aangezien de verspreiding van de te meten stof over de handen en de vervuiling van de handen met andere materialen van invloed kunnen zijn op enerzijds de opnamesnelheid en anderzijds de adhesie aan de huid, waardoor de wasefficiëntie in praktijksituaties significant kan verschillen van die in laboratoriumstudies, zoals de hier beschreven studie.

In de vrijwilligersstudie bleek zo'n twintig procent van de totaal afgewassen hoeveelheid pas bij de tweede wassing te worden afgewassen. Iets dergelijks is ook in andere studies gevonden (Kazen e.a., 1974; Wester e.a., 1990; Brouwer e.a., 1992c). Voor zo grondig mogelijk reinigen van de huid is meerdere malen achtereenvolgens wassen dan ook aan te bevelen.

## Conclusies

Door op een normale wijze met koud water en zeep de handen te wassen kan een aanzienlijke hoeveelheid propoxur van de handen worden gewassen na blootstelling via gewaswerkzaamheden.

Bij een vrijwilligersstudie bleek de wasefficiëntie van twee wassingen ongeveer 46% te zijn (met een geringe spreiding).

Goed inzicht in de werkelijke blootstelling in veldonderzoek is nodig om het afgewassen percentage nauwkeurig te kunnen berekenen.

De invloed van grondigheid van wassen kon niet worden vastgesteld, mogelijk door onjuiste bepaling van deze factor.

## Naschrift

Dit onderzoek werd financieel ondersteund door bijdragen van de Ministeries van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij en Sociale Zaken en Werkgelegenheid.

## Literatuur

- Balemans, A.W.M., P.B. Koster, H.P.W. Vermeeren; Het algemeen toxische stoffen beleid. Arbeidsomstandigheden, 65 (1989) 73-76.
- Brouwer, D.H., R. Brouwer, C. de Mik, C.L. Maas, J.J. van Hemmen; Pesticides in the cultivation of carnations in glasshouses. Part I. Exposure and concomitant health risk. Am. Ind. Hyg. Assoc. J. 53 (1992a) 575-581.

- Brouwer, R., H. Marquart, G. de Mik, J.J. van Hemmen; Risk assessment of dermal exposure of greenhouse workers to pesticides after re-entry. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 23 (1992b) 273-280.
- Brouwer, D.H., E.J. Brouwer, J.J. van Hemmen; Assessment of dermal and inhalation exposure to zineb/maneb in the cultivation of flower bulbs. *Ann. Occup. Hyg.* 36 (1992c) 373-384.
- Brouwer, D.H., R. Brouwer, S.C.H.A. Tijssen, J.J. van Hemmen; Pesticides in the cultivation of carnations in glasshouses. Part II. Relationship between foliar residues and exposures. *Am. Ind. Hyg. Assoc. J.* 53 (1992d) 582-587.
- Brouwer, R., K. van Maarleveld, L. Ravensberg, W. Meuling, W. de Kort, J.J. van Hemmen; Skin contamination, airborne concentrations and urinary metabolite excretion of propoxur during harvesting of flowers in greenhouses. *Am. J. Ind. Med.* 24 (1993) 593-603.
- Fredriksson, T.; Percutaneous absorption of parathion and paraoxon. IV. Decontamination of human skin from parathion. *Arch. Environ. Health* 3 (1961) 67-70.
- Hemmen, J.J. van; Re-entry exposure and product development. Pesticides and greenhouse crops: an example. In: *Agrochemical occupational risk assessment. The Future. Seminar, Brussels, Belgium, Jelinek, Schwartz & Connolly, Inc. (Washington, DC) (1993).*
- Iwata, Y., J.B. Knaak, R.C. Spear, R.J. Foster; Worker re-entry into pesticide-treated crops: I. procedure for determination of dislodgeable residues on foliage. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 10 (1977) 649-655.
- Jongeneelen, F.J., P.T.J. Scheepers, A. Groenendijk, L.A.G.J.M. van Aerts, R.B.M. Anzion, R.P. Bos, S.J. Veenstra; Airborne concentrations, skin contamination, and urinary metabolite excretion of polycyclic aromatic hydrocarbons among paving workers exposed to coal tar derived road tars. *Am. Ind. Hyg. Assoc. J.* 49 (1988) 600-607.
- Kazen, C., A. Bloomer, R. Welch, A. Oudbier, H. Price; Persistence of pesticides on the hands of some occupationally exposed people. *Arch. Environ. Health* 29 (1974) 315-318.
- Pelletier, O., L. Ritter, J. Caron; Effects of skin preapplication treatments and postapplication cleansing agents on dermal absorption of 2,4-dichlorophenoxyacetic acid dimethylamine by Fisher 344 rats. *J. Toxicol. Environ. Health* 31 (1990) 247-260.
- Wester, R.C., H.I. Maibach; Dermal decontamination and percutaneous absorption. In: *Percutaneous absorption. Mechanisms - methodology - drug delivery.* 2nd ed., revised and expanded (Bronaugh, R.L., H.I. Maibach, eds.), Marcel Dekker, Inc. (New York) (1989) 335-342.
- Wester, R.C., D.A.W. Bucks, H.I. Maibach, J. Anderson; Polychlorinated biphenyls (PCBs): dermal absorption, systemic elimination and dermal wash efficiency. *J. Toxicol. Environ. Health* 12 (1983) 511-519.
- Wester, R.C., H.I. Maibach, D.A.W. Bucks, J. McMaster, M. Mobayen; Percutaneous absorption and skin decontamination of PCBs: in vitro studies with human skin and in vivo studies in the Rhesus Monkey. *J. Toxicol. Environ. Health* 31 (1990) 235-246.
- Wolff, M.S., R. McConnell, L. Cedillo, M. Rivera; Dermal levels of methylparathion, organochlorine pesticides, and acetylcholinesterase among formulators. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 48 (1992) 671-678. ■