

Evaluatie van het gebruik van beschermende kleding tijdens het spuiten van herbiciden op bananenplantages

Mathieu van Puijvelde^{1,2,3} en Olaf Spruit^{1,2,4}

Samenvatting

Paraquat en glyfosaat zijn de herbiciden die op de bananenplantages in Costa Rica het meest worden toegepast. De herbicidenspuiters op bananenplantages in Costa Rica gebruiken verschillende soorten beschermende kleding om dermale blootstelling aan herbiciden tegen te gaan. De effectiviteit hiervan was echter onbekend. Doel van dit onderzoek was het evalueren van de effectiviteit van de beschermende kleding. Om de effectiviteit van de verschillende typen beschermende kleding te kunnen evalueren was het noodzakelijk de dermale blootstelling van de herbicidenspuiters te kwantificeren. De kwantificering vond plaats met behulp van de fluorescente tracer methode (door middel van een scoresysteem) en de huidpadmethode, welke simultaan werden toegepast. Het vergelijken van deze twee methoden was een nevendoelelstelling in dit onderzoek. Het onderzoek vond plaats op vier verschillende bananenplantages, waar verschillende soorten beschermende kleding werden gebruikt. De in dit onderzoek gebruikte kledingsoorten bleken geen van allen 100% bescherming te geven. Met de fluorescente tracer methode werd aangetoond dat de hoogst blootgestelde delen van het lichaam de oksels zijn, gevolgd door de schouders, de knieën, de ellebogen en de polsen. Een mogelijke oorzaak is dat de kleding op deze plaatsen snel nat wordt. De dermale blootstelling die in dit onderzoek werd gemeten met behulp van de huidpadmethode lag in de range van 0,12 - 11 mg/uur of 2,6 - 210 mg/kg verspoten paraquat. Werkgedrag en karakteristieken van de plantages leken invloed te hebben op de dermale blootstelling en de verdeling van de dermale blootstelling. Daarnaast bleken verschillen te bestaan tussen de resultaten van de fluorescente tracer methode en de huidpadmethode.

Summary

The most important herbicides used on banana plantations in Costa Rica are paraquat and glyphosate. The herbicide applicators on the banana plantations use several types of protective garments to prevent dermal exposure to herbicides. The effectiveness of these garments was still unknown. The main objective of this study was to evaluate the effectiveness of the different types of protective garments used. To evaluate the effectiveness of the garments, it was necessary to quantify the dermal exposure of the herbicide applicators. The fluorescent tracer method (by using a scoring system) and the surrogate skin method were used simultaneously to quantify the exposure. Another objective of this study was to compare the results of exposure assessment with both methods. The study took place on four different banana plantations, where different kinds of protective garments were used. None of the protective garments that were evaluated gave a hundred percent protection. The surrogate skin method showed that the highest contaminated parts of the body were the armholes, followed by the shoulder region, knees, elbows and wrists. The clothing probably became wet very fast on these places. The quantity of dermal exposure (surrogate skin method) was in the range of 0.12 - 11 mg/hr or 2.6 - 210 mg/kg paraquat sprayed. Work practices and characteristics of the plantations seem to determine the quantity and distribution of dermal exposure to herbicides. Differences were found in the results of the fluorescent tracer method and the surrogate skin method.

¹ Voormalige Afdeling Gezondheidsleer, Landbouwwuniversiteit Wageningen, tegenwoordig IRAS Institute for Risk Assessment Sciences, Universiteit Utrecht

² Instituto Regional de Estudios en Sustancias Toxicas, Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica

³ Tegenwoordig werkzaam bij Arbo Unie, Postbus 7128, 4330 GC tel. 0113-886688 e-mail: m.van.puijvelde@zeeland.arbounie.nl, Middelburg

⁴ Tegenwoordig werkzaam bij Afdeling Arbodienstverlening Koninklijke Luchtmacht, Den Haag

Inleiding

In Costa Rica spuiten dagelijks 1000 tot 2500 werknemers herbiciden, waarbij risico bestaat op blootstelling aan deze groep stoffen, het merendeel op bananenplantages. Gespoten wordt met behulp van een spuit die verbonden is met een tank (inhoud is 16 liter), welke op de rug wordt gedragen. Vanuit een groot vat wordt de tank bijgevoerd. De meest toegepaste herbiciden in Costa Rica zijn paraquat (merknaam Gramoxone) en glyfosaat (merknaam Round Up) [Programa Plaguicidas Universidad Nacional, 1997].

Paraquat is een contactherbicide, welke voornamelijk wordt verkocht als een oplossing die 20% paraquat bevat [Sagar, 1987]. Paraquat wordt door de EPA (Environmental Protection Agency) als mogelijk carcinogeen voor de mens geclassificeerd. Het menselijk lichaam kan via drie verschillende opnameroutes worden vergiftigd met paraquat. De gevaarlijkste (mogelijk fatale) blootstellingroute is orale opname van paraquat. Een andere, minder gevaarlijke blootstellingroute is de inhalatoire opname van paraquat [Douze, 1976]. Deze route is minder gevaarlijk, omdat de deeltjes waaraan de werknemers op bananenplantages worden blootgesteld niet tot de alveoli door kunnen dringen [ACGIH, 1980]. De derde blootstellingroute is opname via de huid. Paraquat wordt slecht opgenomen door de intacte huid, maar als de huid beschadigd is, dringt paraquat gemakkelijker het lichaam binnen [Tabak et al., 1990, Wesseling et al., 1997]. Als paraquat in contact komt met de huid veroorzaakt het irritaties, ontstekingen en zweren [WHO, 1973].

Glyfosaat is een niet-selectieve herbicide, die voornamelijk wordt verkocht als een 48%-oplossing. In Costa Rica wordt paraquat de laatste jaren vervangen door glyfosaat [Van Rijn et al., 1995]. Over de gevolgen van blootstelling aan glyfosaat is in de literatuur weinig bekend. Twee onderzoeken naar dermale irritatie bij blootstelling aan glyfosaat werden met vrijwilligers uitgevoerd. Na het aanbrengen van verdunde glyfosaat op de intacte huid gedurende 24 uur werden geen huidveranderingen aangetoond [WHO, 1994]. Maibach [1986] deed een zelfde onderzoek met de 48%-oplossing. Bij één persoon (op een populatie van 24) werd erythema aangetoond. Nadat het onderzoek werd herhaald op beschadigde huid werden bij 14 personen (op een populatie van 24) reacties aangetoond.

De belangrijkste bescherming tegen dermale blootstelling aan herbiciden op bananenplantages is de beschermende kleding die door de herbicidespuiters wordt gedragen. In Costa Rica dragen de spuiters verschillende typen beschermende kleding. De effectiviteit hiervan was onbekend, maar verwacht werd dat deze sterk varieert. In dit onderzoek werd de effectiviteit van de verschillende soorten beschermende kleding geëvalueerd.

Om de effectiviteit van de verschillende typen beschermende kleding te kunnen evalueren was het noodzakelijk om de actuele dermale blootstelling aan herbiciden van de werknemers te kwantificeren. Ten tijde van het onderzoek waren nog geen gevalideerde meetmethoden voor handen om de dermale blootstelling aan herbiciden te kwantificeren. In dit onderzoek werd gekozen voor het simultaan toepassen van

een kwantitatieve en een semi-kwantitatieve meetmethode. De resultaten van beide methoden werden met elkaar vergeleken.

Materiaal en methoden

Selectie van de plantages

De selectiecriteria waren gerelateerd aan de doelen van dit onderzoek. De plantages dienden representatief te zijn voor de situatie van bananenplantages in Costa Rica, op de verschillende plantages moesten verschillende typen beschermende kleding worden gedragen, de werknemers moesten enkele dagen per week herbiciden spuiten met dezelfde uitrusting en de klimatologische omstandigheden dienden hetzelfde te zijn op de verschillende plantages. Het onderzoek werd op 4 kleine plantages uitgevoerd, welke voldeden aan deze selectiecriteria.

Meetstrategie

Zowel de fluorescent tracer methode als de huidpadmethode werden toegepast om de actuele dermale blootstelling van de herbicidespuiters te karakteriseren. Beide methoden werden op het blote lichaam toegepast, waarover zij tijdens de werkzaamheden beschermende kleding droegen. De fluorescent tracer methode werd toegepast om de verdeling van de dermale blootstelling over het lichaam van de werknemers in kaart te brengen en om de dermale blootstelling semi-kwantitatief te bepalen. De huidpadmethode werd toegepast voor kwantitatieve bepaling.

De fluorescent tracer methode en de huidpadmethode zijn gelijktijdig toegepast bij dezelfde werknemers. De metingen hebben plaatsgevonden op meerdere, niet aaneengesloten dagen in een periode van twee weken. De metingen zijn 's ochtends bij zonnig weer met een hoge luchtvochtigheid uitgevoerd. De meetduur varieerde van 2,8 tot 4,1 uur. Op iedere plantage zijn twee herbicide spuiters gedurende twee dagen bemonsterd, uitgezonderd één plantage waarop één dag maar één werknemer spuitwerkzaamheden verrichtte. Tijdens de metingen zijn blootstellingsdeterminanten, zoals werkgedrag van de werknemers, beschermende kleding en de karakteristieken van de plantages genoteerd.

Fluorescent tracer methode

De fluorescent tracer methode werd toegepast om de dermale blootstelling van de werknemers kwalitatief en semi-kwantitatief te karakteriseren. De tracer die werd gebruikt in dit onderzoek was Tinopal CBS (disodium 4, 4'-bis(2-sulphostyryl)-biphenyl). Elke meetdag werd voor elke medewerker 60 gram Tinopal CBS gelijk met de herbicide aan de spuitvloei-stof toegevoegd, overeenkomstig eerdere onderzoeken met fluorescent tracers [Fenske, 1988, Archibald et al., 1994]. Voor de aanvang van de werkzaamheden werd het hele lichaam van de werknemers met een kleine UV-lamp in een donkere kamer geobserveerd om de mogelijk reeds aanwezige vlekken op de kleding en het lichaam in beeld te brengen. Aanwezige vlekken werden geregistreerd op een tekening van het menselijk lichaam. Na afloop van de spuitwerkzaamheden werd het lichaam van de werknemer nogmaals op een

zelfde wijze geobserveerd.

De met de fluorescent tracer methode verkregen resultaten zijn gebruikt om de verdeling van de blootstelling (grootte van de vlekken en aantal) voor 34 lichaamsdelen te schatten. Om de blootstelling semi-kwantitatief te schatten is een scoresysteem ontwikkeld. Dit scoresysteem is gegeven in tabel 1.

Tabel 1. Scoresysteem voor de semi-kwantitatieve schatting van de fluorescent tracer methode

		Aantal		
		Weinig	Middelmatig	Veel
		1	3	6
Klein	1	1	3	6
Grootte	Medium	4	12	24
Groot	9	9	27	54

De semi-kwantitatieve scoremethode is op deze manier ontworpen, om zo het verschil tussen weinig, grote vlekken en veel, kleine vlekken goed duidelijk te maken. De termen weinig en groot zijn niet van tevoren gedefinieerd, maar zijn bepaald op basis van persoonlijke inschatting. De scores werden aan de hand van de gemaakte aantekeningen door steeds dezelfde persoon toegekend. Elke toegekende score is vermenigvuldigd met het totale lichaamsoppervlak van dit lichaamsdeel [Popendorf et al., 1982]. Hierbij werd 92% van het totale lichaamsoppervlak meegenomen. Lichaamsdelen met twee verschillende verdelingen van de vlekken hebben de som van de twee scores toegekend gekregen (b.v. weinig, kleine vlekken en weinig, grote vlekken hebben de score $1 + 9 = 10$ gekregen). De totale score voor een persoon is berekend door de scores van de verschillende lichaamsdelen van het lichaam op te tellen.

Huidpadmethode

De huidpadmethode werd alleen toegepast op plantages waar met paraquat gewerkt werd. Ten tijde van het onderzoek bestond geen analysemethode voor blootstellingmonsters van glyfosaat.

De in het huidige onderzoek toegepaste huidpads zijn niet eerder gebruikt. De pads (oppervlakte ongeveer 9 cm^2) werden gemaakt van steriel medisch gaas. Het medisch gaas was afkomstig van Klinnion (art. no. 111002) en bestond uit 8 lagen. Vanaf de huid gezien bestond de pad uit een laag aluminiumfolie, een filterpapier (klasse 1F, $200 \times 250 \text{ mm}$) en 3 medische gazen (24 lagen in totaal). Het geheel werd bij elkaar gehouden door Leucoplast $2,5 \text{ cm} \times 5 \text{ m}$ (BDF).

De huidpads zijn op zes verschillende plaatsen op het lichaam geplaatst, te weten bij rechtshandige werknemers de voorkant van het linker boven- en onderbeen, de borst, de rug (tussen de schouderbladen) en de voorkant van de linker boven- en onderarm. Bij linkshandige werknemers werden de pads op de benen en de armen aan de rechterkant bevestigd. De pads werden gekoeld in petri-schaaltjes vervoerd en bij -

20°C opgeslagen. Naast de pads die op de werknemers werden geplaatst, werden iedere meetdag 4 blanco's geplaatst in aangrenzende kantoorruimten. De blanco's werden op dezelfde manier behandeld als de overige pads.

Voorafgaand aan de extractie werden de pads in een oven bij 60°C gedroogd, waarna ze werden gestanst (oppervlakte stans $3,8 \text{ cm}^2$). De extractie van de pads vond plaats in 10 ml water half verzadigd met NaCl (Merck, Darmstadt). Na 10 minuten ultrasonificatie werd het filter uit de oplossing gehaald. De oplossingen werden bij -20°C bewaard tot de analyses plaatsvonden. Voor de analysemethode wordt verwezen naar Van Wendel de Joodte et al. [1996].

De recovery (het percentage van het opgebrachte product dat bij de analyse wordt teruggevonden) van de huidpads werd bepaald door van 6 verschillende concentraties $0,5 \text{ ml}$ paraquat oplossing op een huidpad aan te brengen. De recovery werd voor elke concentratie in vijfvoud uitgevoerd.

De concentratie paraquat ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$) op iedere huidpad werd vermenigvuldigd met het lichaamsoppervlak [Popendorf et al., 1982] van het betreffende lichaamsdeel. Vervolgens werd de dermale blootstelling van het hele lichaamsoppervlak berekend (de totale dermale blootstelling). Hierbij werd 40% van het totale lichaamsoppervlak meegenomen. De totale dermale blootstelling werd vervolgens gestandaardiseerd voor werktijd (mg/uur) en de hoeveelheid verspoten paraquat (mg/kg verspoten paraquat).

Statistische methoden

De gegevens werden in SAS 6.04 ingevoerd voor de statistische analyse. De verdeling van de verkregen data werd gecontroleerd met de methode van Shapiro en Wilks.

Beschrijvende statistiek werd uitgevoerd voor het verkrijgen van algemene informatie over de blootstellingsdata. Pearson correlatie werd berekend om de resultaten van beide methoden te correleren.

Resultaten

Veldobservaties

Karakteristieken van de plantages

In tabel 2 wordt een overzicht gegeven van de plantagekenmerken, beschermende kleding en werkgedrag voor de vier plantages.

De werknemers op de vier bananenplantages gebruikten verschillende soorten beschermende kleding. Onder de beschermende kleding werd in alle gevallen alleen ondergoed gedragen. De werknemers begonnen iedere dag met schone kleding, waardoor geen sprake is van pre-contaminatie. De werknemers op de vier bananenplantages hadden een verschillend werkgedrag.

Fluorescent tracer methode

Kwalitatief

Uit de observaties met het UV-licht bleek dat de oksels de hoogst blootgestelde lichaamsdelen waren, gevolgd door de

Tabel 2. Karakteristieken van en gebruikte werkkleding en werkgedrag op de plantages

Plantage		A	B	C	D
Karakteristieken	Herbicide gespoten tijdens metingen	Paraquat	Paraquat	Glyfosaat	Paraquat
	Totaal aantal werkzame spuiters	2	2	6	5
	Aantal tanks verspoten	14	15	18	12
	Herbicide verspoten per spuiters per dag (l)	1,1	2,0	1,8	1,0
	Wijze vullen tank	Kan	Kan	Slang	Slang
	Grondoppervlak	Vlak	Vlak	Vlak	Heuvelachtig
	Hoogte onkruid (m)	0,1	0,1	0,2	0,3
Beschermdende kleding	Hoofddekseel	Hoed	Pet	Hoed	Pet
	Adembescherming	Ja	1 spuiters wel, 1 spuiters niet	Ja	Nee
	Handschoenen	Ja	Ja (alleen tijdens vullen tank)	Ja	Ja
	Kleding	Werkkleding met lange mouwen	Overhemd met korte mouwen, spijkerbroek	Werkkleding met lange mouwen	Werkkleding met lange mouwen (met verschillende dikte)
	Schort (op de rug)	Ja	Ja	Ja	Ja
Laarzen	Ja	Ja	Ja	Ja	
Werkgedrag	Repareren spuit met de blote hand	Ja	Ja	Ja	Ja
	Spuithoogte (cm)	40	50	50	60
	Wegvegen zweet gezicht	Ja	Ja	Ja	Ja
	Spuiten in rechte lijnen	Ja	Nee	Nee	Nee

schouders, de knieën, de ellebogen en de polsen. Bij een aantal observaties bleken tevens de handen een hoge blootstelling te hebben. Opvallend was het grote aantal dermale blootstellingplekken, dat op de rug van spuiters werd gevonden. Doordat de kleding op de plantages zeer licht van kleur was, was de detectie van mogelijke besmetting van de kleding niet waar te nemen, uitgezonderd op plantage C. Hier werd blootstelling op de kleding en op de huid op dezelfde plekken waargenomen.

Een overzicht van de overige kwalitatieve resultaten is gegeven in tabel 3. Het overzicht is op basis van het aantal vlekken en de grootte van de vlekken opgesteld. In welke gevallen een blootstelling in een bepaalde blootstellingklasse valt is niet gedefinieerd, maar is bepaald op basis van persoonlijke inschatting.

Semi-kwantitatief

Een score voor de dermale blootstelling werd toegekend aan 15 observaties. In tabel 4 is een overzicht gegeven van de gemiddelde dermale blootstellingscores. De scores waren log-normaal verdeeld (Shapiro en Wilks, $p < 0,05$). Berekeningen zijn derhalve uitgevoerd met gelogaritmiseerde waarden.

De spuiters van plantage C hadden de hoogste gemiddelde score. Spuiters van plantage A en B bleken significant lagere scores te hebben dan spuiters op plantage C (t -test $p < 0,05$). De variatie in de gemiddelde dermale blootstellingscores tussen medewerkers was relatief klein. Slechts een klein deel van de variatie kon verklaard worden door significante verschillen in scores tussen plantages (resultaten niet weergegeven).

Huidpadmethode

In figuur 1 staan de recovery resultaten gegeven. Uit de resul-

Tabel 3. Overzicht van de kwalitatieve resultaten van de fluorescente tracer methode

Plantage	A	B	C	D
Hoofd/nek	-	+/-	-	+/-
Romp	+/-	+/-	-	+/-
Oksels	++	++	++	++
Armen	-	-(1x ++)	-	+/-
Handen	+/-	-(1x ++)	+	-
Benen	-	--	+/-	-
Knieën	+/-	-	++	+/-

- Geen blootstelling
- Lage blootstelling
- +/- Middelmattige blootstelling
- + Hoge blootstelling
- ++ Zeer hoge blootstelling

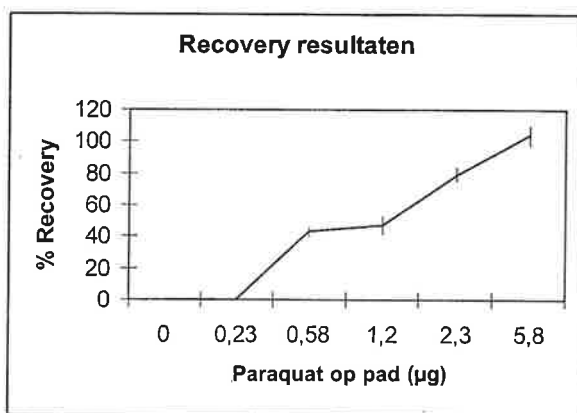
taten blijkt dat de concentratie waar de recovery 0% bedraagt kleiner is dan 0,58 μg . De recovery wordt beter bij een toename van de hoeveelheid paraquat op de huidpad. Door de onzekerheden van de methode werden de resultaten van de metingen niet gecorrigeerd door de recoveries. Tevens is gebleken dat de gemeten veldconcentraties in de bovenste range (vanaf ongeveer 2,0 mg per pad) van het recovery-onderzoek lagen.

In totaal werden met behulp van de huidpads bij 6 personen 11 metingen gedurende 3 tot 4 uur verricht. In tabel 5 is een overzicht gegeven van de gemiddelde dermale blootstelling

Tabel 4. Gemiddelde dermale blootstellingscores (in m² blootgesteld lichaamsoppervlak) met de fluorescent tracer methode

Plantage	N	k	AM	Range	GM	GSD	95%-betrouwbaarheidsinterval	GM
Alle	15	8	7,1	3,3 – 12,3	6,7	1,5	5,4 – 8,3	
A	4	2	4,7	3,8 – 5,3	4,6	1,6	2,3 – 9,3	
B	3	2	5,3	3,3 – 6,7	5,2	1,6	1,5 – 17,6	
C	4	2	10,3	6,7 – 12,3	10,1	1,7	4,2 – 24,3	
D	4	2	7,7	6,7 – 8,5	7,7	1,2	5,5 – 10,6	

N Aantal observaties
 k Aantal werknemers
 AM Rekenkundig gemiddelde
 GM Geometrisch gemiddelde
 GSD Geometrisch standaarddeviatie



Figuur 1. Recovery resultaten van de gebruikte huidpads

aan paraquat in mg/uur en mg/kg verspoten paraquat. Beide blootstellingmaten waren lognormaal verdeeld (Shapiro en Wilks, $p < 0,05$). Berekeningen zijn derhalve uitgevoerd met gelogarithmiseerde waarden.

De spuiters van plantage D hadden de hoogste blootstelling. Spuiters van plantage A bleken significant lager blootgesteld te zijn dan spuiters op plantage D (t -test $p < 0,05$). Uit de resultaten van de afzonderlijke lichaamsdelen blijkt dat benen van de werknemers op plantage B lager blootgesteld zijn dan op de overige plantages. Bovendien blijken er veel verschillen te bestaan in de blootstelling tussen de afzonderlijke lichaamsdelen. Tevens valt op dat de blootstelling van

de rug in alle gevallen laag is. De variatie in de gemiddelde dermale blootstelling, gemeten met pads, tussen medewerkers was groot. Deze variatie wordt vrijwel volledig verklaard door de verschillen tussen plantages (resultaten niet weergegeven).

Discussie

Evaluatie meetresultaten

Uit de resultaten is gebleken dat geen van de in dit onderzoek

gebruikte kledingsoorten volledige bescherming gaf. Via beide meetmethoden is op alle werknemers blootstelling waargenomen. Met behulp van de fluorescent tracer methode bleek dat de gemiddelde blootstelling op plantage C het hoogst was, gevolgd door plantage D. Met de huidpad methode bleek de gemiddelde blootstelling op plantage D het hoogst te zijn.

Enkele verschillen in blootstelling tussen de plantages zouden kunnen worden toegeschreven aan de gedragen kleding. Zo bleken de benen van de werknemers op plantage B lager blootgesteld dan de benen van de werknemers op de overige plantages, terwijl de werknemers van plantage B, evenals die van plantage C en D, kris kras door het veld liepen te spuiten. Hierbij dient wel opgemerkt te worden opgemerkt dat het gras op de plantages C en D redelijk hoog was. De spijkerbroeken die de werknemers op plantage B droegen leken een goede beschermende werking te hebben. Daarnaast bleek uit de resultaten op plantage D, waar de werknemers kleding met verschillende dikte droegen, dat de dikte van de kleding de blootstelling lijkt te beïnvloeden. Op plaatsen waar dunne kleding werd gedragen bleek de blootstelling hoger dan op de plaatsen waar dikkere kleding werd gedragen.

Andere factoren die invloed leken te hebben op de blootstelling waren het werkgedrag en de karakteristieken van de plantages. Bij werkgedrag kan onder andere gedacht worden aan het repareren van de spuiten met de blote hand, het wegvegen van het zweet in het gezicht met behulp van de mouw van het shirt en het kris kras spuiten. Bij karakteristieken van

Tabel 5. Gemiddelde dermale blootstelling in mg/uur en in mg/kg verspoten paraquat met de huidpadmethode

Plantage	Dermale blootstelling in mg/uur							Dermale blootstelling in mg/kg verspoten paraquat				
	N	K	AM	Range	GM	GSD	95% betrouwbaarheidsinterval GM	AM	Range	GM	GSD	95% betrouwbaarheidsinterval GM
Alle	11	6	3,0	0,12 – 11	1,5	3,9	0,59 – 3,7	58	2,6 – 210	27	4,3	10 – 72
A	4	2	0,98	0,12 – 1,8	0,68	3,3	0,10 – 4,7	25	3,2 – 45	18	3,3	2,8 – 120
B	3	2	0,80	0,26 – 1,2	0,66	2,3	0,088 – 5,0	8,3	2,6 – 13	6,8	2,3	0,84 – 55
D	4	2	6,6	6,2 – 11	5,9	1,8	2,4 – 14	130	51 – 210	110	1,8	45 – 290

de plantages kan onder andere gedacht worden aan het ongelijke grondoppervlak en de hoogte van het onkruid.

Fluorescent tracer methode

De fluorescent tracer methode is een goede methode gebleken om een indruk te verkrijgen van de dermale blootstelling. Factoren als de blootstellingsverdeling over het lichaam en de relatie tussen werkgedrag en blootstelling leken duidelijk in beeld te worden gebracht. Absolute verschillen zijn niet te meten met deze methode. Daarnaast kon de techniek gebruikt worden als voorlichtingsinstrument. De werknemers zagen waar de blootstelling aanwezig was en konden vaak aangeven wat de oorzaak was van die blootstelling.

De wijze waarop de fluorescent tracer methode in dit onderzoek werd gebruikt heeft enige beperkingen. Allereerst werd gebruik gemaakt van een kleine UV-lamp, waardoor het onmogelijk was de hele werknemer in één keer te beschouwen. Een oplossing voor dit probleem is het gebruiken van een grotere en sterkere UV-lamp, waardoor het mogelijk is de personen onder gestandaardiseerde omstandigheden te bekijken [bijv. het VITAE-systeem, Fenske et al., 1985].

Een andere beperking was het toekennen van de scores aan de verschillende lichaamsdelen door één persoon. Dit maakt de methode subjectief. Door gebruik te maken van een panel kan de toekenning van de scores objectiever worden gemaakt.

Huidpadmethode

De huidpads die in het huidige onderzoek werden gebruikt werden nog niet eerder in een onderzoek met een zelfde doel gebruikt. In dit onderzoek werden vele testen uitgevoerd om de huidpadmethode te valideren, maar de recovery van de lage concentraties bleef laag. Om de huidpads in toekomstig onderzoek te gebruiken is aanvullend onderzoek vereist. Hierbij kan het noodzakelijk zijn de extractie en/of analyse methode te veranderen.

Om de dermale blootstelling met behulp van een huidpadmethode optimaal te kunnen bepalen is een uniforme verdeling van de blootstelling vereist. Met de fluorescent tracer methode is gebleken dat niet alle lichaamsdelen uniform blootgesteld zijn. Een uniforme dermale blootstelling valt in geen enkele praktijksituatie te verwachten. De validiteit van resultaten met deze methode is hierdoor onbekend.

Vergelijking van de methoden

Er werden verschillen tussen de resultaten van de twee methoden waargenomen. Met de fluorescent tracer methode bleek de blootstelling op de rug hoger dan met de huidpadmethode. De blootstelling van de rug viel te verklaren door het lekken van de tank en de gaatjes in het schort. De gelekte vloeistof kon via gaatjes in het schort de rug bereiken. Met de fluorescent tracer methode bleek dat de blootstelling op die plaatsen aanwezig was, waar gaatjes in het schort zaten.

Doordat de huidpads op andere plaatsen aangebracht waren dan de plaatsen van gaatjes werd met de huidpadmethode een lagere blootstelling gemeten dan met de fluorescent tracer methode.

Uit de resultaten van de fluorescent tracer methode bleken de oksels de hoogst blootgestelde lichaamsdelen te zijn. Dit kon niet met de huidpadmethode worden aangetoond, doordat op deze plaatsen geen huidpads werden aangebracht. De werknemers zouden hier te veel hinder van ondervinden tijdens de werkzaamheden.

Tabel 6. Overzicht van de resultaten van vergelijkbare onderzoeken naar dermale blootstelling aan paraquat

Onderzoek	Dermale blootstelling	Beschermende kleding
Van Wendel de Joode et al., 1996	2,0 – 57 mg/uur 35 – 1130 mg/kg	Op 1 plantage wel, op de overige 3 geen
Chester et al, 1981	0,1 – 12,4 mg/uur	Geen
Staiff et al., 1975	0,01 – 0,57 mg/uur	Geen

Vergelijking met eerdere onderzoeken

Eerder zijn enkele onderzoeken naar de dermale blootstelling aan paraquat uitgevoerd, waarbij de wijze van herbicide spuiten gelijk was aan die in dit onderzoek. In tabel 6 is een overzicht van de resultaten van deze onderzoeken weergegeven. Door Van Wendel de Joode et al. [1996] werd de directe dermale blootstelling aan paraquat van de herbicidespuiters op bananenplantages in Costa Rica gemeten. Chester et al. [1981] onderzocht de dermale blootstelling aan paraquat bij Maleisische plantagemedewerkers. Staiff et al. [1975] onderzocht de potentiële dermale blootstelling aan paraquat bij tuinmedewerkers die spuitwerkzaamheden uitvoeren in de Verenigde Staten.

De dermale blootstelling die werd gemeten in het huidige onderzoek lag in de range van 0,12 - 11 mg/uur en 2,6 - 210 mg/kg verspoten herbicide. Deze waarden liggen in dezelfde orde van grote als de waarden in het onderzoek van Chester et al. [1981]. De blootstellingen in het onderzoek van Van Wendel de Joode et al. [1996] waren hoger. De werknemers in dat onderzoek droegen geen beschermende kleding. De door Staiff et al. [1975] gerapporteerde resultaten waren meer dan 10 maal lager dan de resultaten in het huidige onderzoek. Een verklaring voor deze lage blootstelling kon niet worden vastgesteld.

Conclusies

Uit het onderzoek is gebleken dat geen van de in het huidige onderzoek onderzochte beschermende kledingsoorten volledige bescherming gaf, maar de dikste kleding lijkt wel de meeste bescherming te bieden. De hoogste blootstelling werd aangetoond bij de oksels en de gewrichten. Bovendien leken het werkgedrag, de karakteristieken van de plantages en de gebruikte kleding invloed hebben op de blootstelling en de

verdeling van de dermale blootstelling aan herbiciden. Met de fluorescent tracer methode werden met name niet uniforme verdelingen van de blootstelling op lichaamsdelen aangetoond.

De fluorescent tracer methode is een praktische, goedkope methode gebleken om de dermale blootstelling aan te tonen. Vooral de relatie tussen het werkgedrag en de karakteristieken van de plantages, en de blootstelling leken goed te kunnen worden aangetoond. De deelnemers konden dit zelf ook observeren. Deze methode is derhalve een prima instrument om voorlichting te geven aan werknemers.

Om de dermale blootstelling met behulp van een huidpadmethode optimaal te kunnen bepalen is een uniforme verdeling van de blootstelling vereist. Een uniforme dermale blootstelling valt in geen enkele praktijksituatie te verwachten. De validiteit van resultaten met deze methode is hierdoor onbekend.

Aanbevelingen

Het valt aan te bevelen meer voorlichting te geven over de effecten van het werkgedrag. Door deze voorlichting periodiek te herhalen kan het werkgedrag dusdanig veranderen dat de blootstelling mogelijk verlaagd wordt. Hiervoor kan de fluorescent tracer methode worden toegepast.

Daarnaast valt aan de karakteristieken van de plantages het een en ander te veranderen, hetgeen nader in kaart gebracht dient te worden. Om bijvoorbeeld de blootstelling aan de handen en de onderarmen te reduceren door het morsen van vloeistof, valt het aan te bevelen het vullen van de tanken vanuit de vaten met een slang te doen waarop een kraantje wordt aangesloten. Dit voorkomt het morsen van spuitvloeistof over de tank en de handen. Ondanks dat het effect van deze maatregel niet onderzocht is in deze studie, valt te verwachten dat door deze maatregel het morsen van vloeistof gereduceerd dan wel geëlimineerd wordt en derhalve de blootstelling aan de handen zal worden gereduceerd. Tevens kan aan het onderhoud van de spuiten nog veel verbeterd worden. Daardoor zullen de werknemers veel minder problemen met de spuiten hebben op het moment dat ze ermee aan het werk zijn. Om de blootstelling van de rug te verminderen verdient het aan te bevelen dat de schorten regelmatig worden gecontroleerd en indien noodzakelijk vervangen.

Dankwoord

Aan dit onderzoek hebben veel mensen een directe of indirecte bijdrage geleverd bij de opzet, uitvoering en becomingentariëring. Wij willen alle betrokkenen danken voor hun bijdrage. In het bijzonder bedanken wij Carlos Mata, Rudolf van der Haar, Clemens Ruepert, Marco Calvo, Hans Kromhout, Berna van Wendel de Joode, Roel Vermeulen en Evelyn Tjoe Nij, de eigenaren van de bananenplantages en hun medewerkers, de medewerkers van PPUNA, het Ministerio de Salud van Costa Rica, het project PLAGSALUD van de PAHO en het Fogerty project van de Universiteit van Washington.

Literatuur

ACGIH. (1980), Documentation of the threshold limit values. 4th ed., American Conference of Governmental Industrial Hygienists Inc., Cincinnati.

Archibald, B.A., (1994), K.R. Solomon, G.R. Stephenson. Fluorescent tracer and pesticide penetration through selected protective clothing. *Bulleting of Environmental Contamination and Toxicology*, vol.53, p.479-485.

Chester, G., (1981), B.H. Woollen. Studies of the occupational exposure of Malaysian plantation workers to paraquat. *British Journal of Industrial Medicine*, vol.38, p.23-33.

Douze, J.M.C. (1976) De "paraquat" long; De paradoxale werking van zuurstof, Proefschrift Rijksuniversiteit Utrecht.

Fenske, R.A., (1985), J.T. Leffingwell, R.C. Spear. Evaluation of fluorescent tracer methodology for dermal exposure assessment, p.377-393.

Fenske, R.A. (1988), Comparative Assessment of Protective Clothing Performance bij Measurement of Dermal Exposure during Pesticide Applications. *Applied Industrial Hygiene*, vol.3, p.207-213.

Maibach, (1986), H.I. Irritation, sensitive, photo irritation and photo sensitization assays with a glyphosate herbicide. *Contact Dermatitis*, vol.15, p.152-156.

Popendorf, W.J., (1982), J.T. Leffingwell. Regulating OP pesticide residues for farm worker protection. *Residues Reviews*, vol.82, p.125-201.

Programa Plaguicidas Universidad Nacional (1997). The evaluation of the used protective clothing during herbicide application in banana plantations, Costa Rica.

Rijn, J.P. van, (1995), N.M. van Straalen, J. Willems. *Handboek bestrijdingsmiddelengebruik en milieueffecten*, Vrije Universiteit, Amsterdam.

Sagar, G.R. (1987), Uses and usefulness of paraquat. *Human Toxicology*, vol.6, p.7-11.

Staiff, D.C., (1975), S.W. Comer, J.F. Armstrong, H.R. Wolfe. Exposure to the herbicide paraquat. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, vol.14, p.334-340.

Tabak, A., (1990), U. Taitelman, E. Hoffer. Percutaneous permeability to paraquat: in vitro experiments with human skin. *Journal of Toxicology-Cutaneous and Ocular Toxicology*, vol.9, p.301-311.

Wendel de Joode, B.N. van, (1996), I.A.M. de Graaf, C. Wesseling, H. Kromhout. Paraquat exposure of knapsack

spray operators on banana plantations in Costa Rica. *International Journal of Occupational and Environmental Health*, vol.2, p.294-304.

Wesseling, C., (1997), C. Hogstedt, A. Picado, L. Johansson. Unintentional fatal paraquat poisonings among agricultural workers in Costa Rica: report of 15 cases. *American Journal of Industrial Medicine*, vol.32, (1997), p.4733-441.

World Health Organization. (1973), Evaluations of some pesticide residues in food; The monographs; Report of the 1972 joint meeting of the FAO working party of experts on pesticide residues and the WHO expert committee on pesticide residues, WHO pesticide residues series, no.2, WHO, Geneva.

World Health Organization. (1994), Glyphosate: *Environmental Health Criteria* 159, WHO, Geneva.