

## Porównanie metod inspekcji rozpylaczy w opryskiwaczach polowych

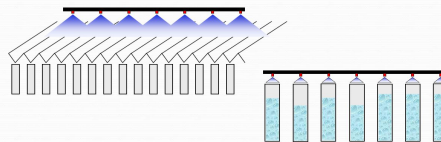
Artur Godyń  
W. Świechowski, G. Doruchowski, R. Hołownicki

Instytut Ogrodnictwa, Skierniewice  
Zakład Agrotechnologii



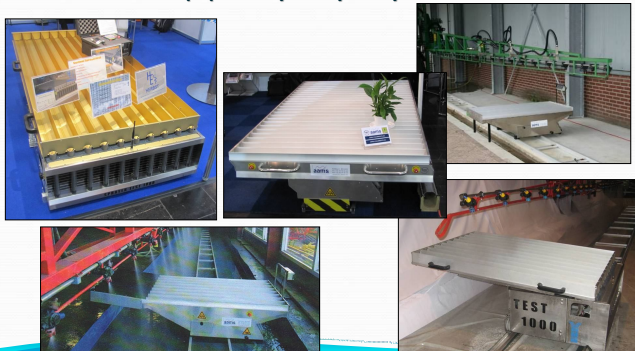
## Metody inspekcji rozpylaczy w opryskiwaczach polowych

- Pomiar nierównomierności rozkładu poprzecznego :
  - Współczynnik zmienności CV% (<10%)
  - Liczba menzur z odchyleniem >15% od średniej (<10%)
- Pomiar odchylenia od nominalnego wydatku :
  - Odchylenie od nominalnego wydatku (<10%)



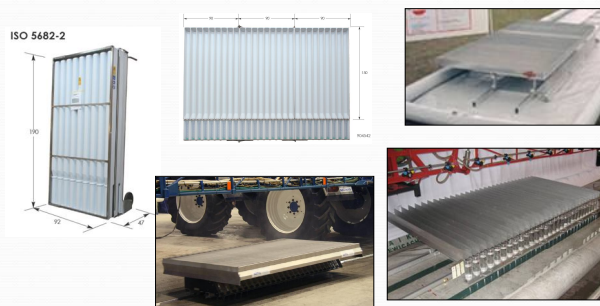
## Sprzęt pomiarowy

rozkład poprzeczny cieczy: stoły elektroniczne



## Sprzęt pomiarowy

rozkład poprzeczny cieczy: stoły „ręczne”



## Sprzęt pomiarowy

natężenie wypływu: pomiar objętości



## Sprzęt pomiarowy

natężenie wypływu: pomiar przepływu



## Metody oceny rozpylaczy w opryskiwaczach polowych

24 kraje UE i 3 spoza UE

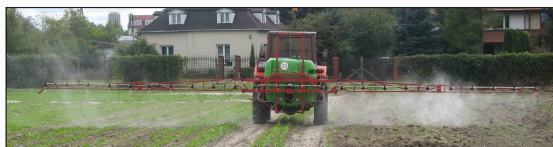
wg Wehmann, 2012.

Kraj	Metoda	Kraj	Metoda	Kraj	Metoda
Austria	CV%	Hiszpania	CV%	Rumunia	Brak decyzji
Belgia	Wydatek	Holandia	CV%	Serbia	CV%
Bulgaria	CV%	Litwa	CV%	Słowacja	CV%
Czechy	CV%	Luxemburg	CV%	Słowenia	CV%
Dania	Brak decyzji	Łotwa	Brak decyzji	Szwajcaria	CV%
Estonia	CV%	Niemcy	CV%	Szwecja	OBIE
Finlandia	CV%	Norwegia	CV%	Węgry	Brak decyzji
Francja	Wydatek	Polska	OBIE	Wlk. Brytania	Wydatek
Grecja	Wydatek	Portugalia	OBIE	Włochy	CV%

Źródło: [http://spise.jki.bund.de/dokumente/upload/fadd6\\_09\\_wehmann\\_.pdf](http://spise.jki.bund.de/dokumente/upload/fadd6_09_wehmann_.pdf)

## Metodyka Opryskiwacz

- Polowy zawieszany - Krukowiak (prod. 1999 r.)
- Belka 12 m,
- Potrójne korpusy rozpylaczy,
- Pompa - 105 l/min,
- Zbiornik - 500 l.



## Metodyka

### Rozpylacze płaskostrumieniowe

- Standardowe (LU 120-03) @ 3,0 bar,
- Eżektorowe (ID 120-03) @ 4,5 bar,
- Eżektorowe dwustrumieniowe (IDKT 120-03), 4,5 bar.



## Metodyka

### Sprzęt pomiarowy – rozkład poprzeczny

- Stół elektroniczny SPRAYER TEST 1000 firmy PESSL Instruments (Austria) rok prod. 1999
- Ręczny stół firmy STABEN (Polska) rok prod. 2013



## Metodyka

### Sprzęt pomiarowy – natężenie wypływu

- Zestaw 20 menzur SCHACHTNER,
- Przepływomierz kulkowy LURMARK.

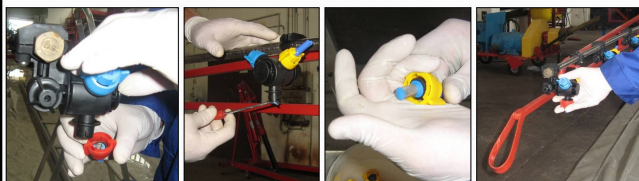


adapter  
HERBST

## Metodyka

### Pomiary wykonywane dla wszystkich metod

- Czas zakładania rozpylaczy,
- Czas zdejmowania rozpylaczy,
- Czas obracania korpusów rozpylaczy (+ sprawdzenie).





## Metodyka

### Stół elektroniczny – pomiary chronometryczne

- Przygotowanie stanowiska pomiarowego,
- Przygotowania inne do pomiaru,
- Pomiar (od „Start stołu” do zakończenia pomiaru),
- Czynności końcowe (np. „pozycjonowanie stołu”),



## Metodyka

### Zestaw SCHACHTNER – pomiary chronometryczne

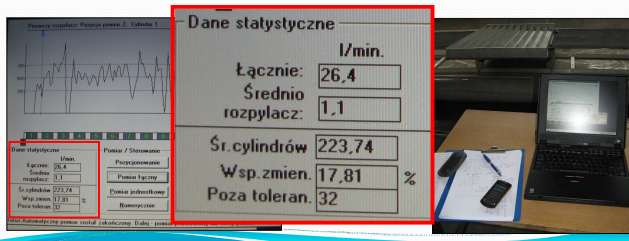
- Przygotowanie stanowiska pomiarowego,
- Zakładanie / przekładanie / zdejmowanie adapterów,
- Pomiar (każdorazowo: 12+2 rozpylaczy)
- Spisywanie zawartości menzur (14),
- Czynności końcowe po ostatnim pomiarze.



## Metodyka

### Dane wyjściowe – stół elektroniczny

- Współczynnik zmienności CV%
- Średni wydatek rozpylacza (l/min)
- Liczba menzur poza tolerancją  $\pm 15\%$



## Metodyka

### Dane wyjściowe – stół „ręczny”

- Liczba menzur poza tolerancją  $\pm 15\%$
- Objętość cieczy w każdej z menzur pomiarowych (ml)



## Metodyka

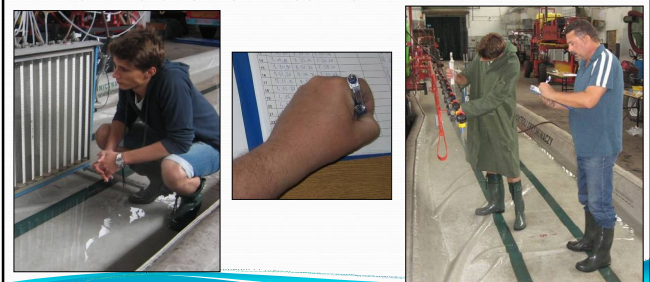
### Odczyt wyniku – stół „ręczny”



## Metodyka

### Dane wyjściowe – pomiar wydatku rozpylaczy

- Objętości cieczy w menzurach (ml)
- Wydatki pojedynczych rozpylaczy (l/min)



## Metodyka

### Symulacje czasu i kosztu badania opryskiwacza

- **Symulacja w zależności od:**
  - metody badania rozpylaczy (czas, aparatura),
  - długości belki: 12, 24 i 36 m,
  - liczby badanych zestawów rozpylaczy: 1, 3, 5,
  - stawki godzinowej pracowników (koszt pracodawcy): średnia krajowa (ok. 4000 zł/m-c) i płaca minimalna (ok. 1900 zł/m-c),
  - liczby inspekcji przeprowadzanych w ciągu roku (100 - 1500)
- amortyzacji budynków i aparatury.

## Metodyka

### Sposób oceny porównywanych metod

- **Ocena metod inspekcji rozpylaczy na podstawie:**
  - binarnej oceny zdawalności badania,
  - liniowej oceny zdawalności badania,
  - powtarzalności wyników pomiarów (ocena liniowa),
  - czasochłonności (chronometraż czasu pracy i symulacja),
  - kosztów inspekcji całego opryskiwacza.

## Wyniki

### Badania porównawcze prowadzono w trzech etapach:

- pomiary natężenia wypływu i rozkładu poprzecznego oraz czasów wykonywania poszczególnych czynności,
- symulacje czasu badania rozpylaczy dla innej liczby rozpylaczy,
- symulacje pełnego kosztu inspekcji opryskiwaczy polowych.

## Ocena rozkładu poprzecznego cieczy

pomiar lub obliczanie współczynnika zmienności (CV%).

Typ rozpylacza	CV%	Liniowa (%)	Binarna	Powtarzalność (CV%)
<b>Stół elektroniczny PESSL – eksperyment I</b>				
LU-120-03	10,46	104,6	0	2,86
IDKT-120-03	8,69	86,9	1	0,24
ID-120-03	6,41	64,1	1	6,24
<b>Stół elektroniczny PESSL – eksperyment II*</b>				
LU-120-03	21,6	216,3	0	14,81
IDKT-120-03	10,5	105,3	0	3,03
ID-120-03	9,5	95,3	1	1,36
<b>Stół „ręczny” STABEN – eksperyment II*</b>				
LU-120-03	15,5	155	0	2,43
IDKT-120-03	15,7	157	0	5,73
ID-120-03	14,3	143	0	7,39

\* Rozpylacze zostały zdemontowane i powtórnie zamontowane w odmiennie (losowej) kolejności.

**Kryterium oceny** – współczynnik zmienności CV% nie może przekraczać wartości 10%.

## Ocena rozkładu poprzecznego cieczy

zliczanie mierzni stołu rozdzielczego poza tolerancją.

Typ rozpylacza	Liczba mierzni poza tolerancją	Liniowa (%)	Binarna	Powtarzalność (CV%)
<b>Stół elektroniczny PESSL – eksperyment I – tolerancja ±10%</b>				
LU-120-03	33	270,5	0	4,76
IDKT-120-03	24,7	205,6	0	1,91
ID-120-03	8,5	70,8	1	17,65
<b>Stół elektroniczny PESSL – eksperyment II* – tolerancja ±15%</b>				
LU-120-03	37,5	312,5	0	10,24
IDKT-120-03	14,5	120,8	0	7,71
ID-120-03	9,0	75,0	1	7,86
<b>Stół „ręczny” STABEN – eksperyment II* – tolerancja ±15%</b>				
LU-120-03	20,3	168,8	0	4,09
IDKT-120-03	12,8	106,3	0	6,50
ID-120-03	4,8	39,6	1	37,60

\* Rozpylacze zostały zdemontowane i powtórnie zamontowane w odmiennie (losowej) kolejności.

**Kryterium oceny** – dopuszczalna liczba mierzni z odchyłką przekraczającą ±15% wartości średniej <10%.

## Ocena natężenia wypływu cieczy z rozpylaczy

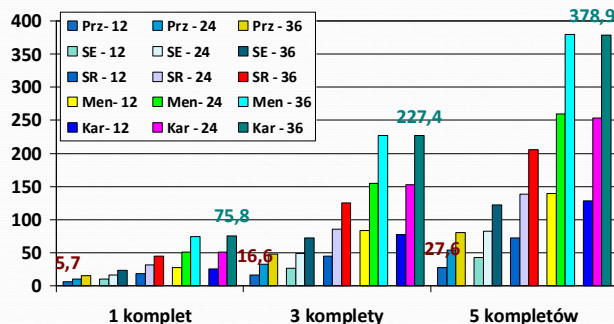
Typ rozpylaczy	Odchyłka wydatku od wartości nominalnej <i>Nominalny: LU = 1,19 l/min, IDKT &amp; ID = 1,46 l/min</i>					Wydatek cieczy			
	<90% (szt.)	>110% (szt.)	Łącznie (szt.)	Łącznie (%)	Powtarzalność szt. z odchyłką ponad 10% (CV%)	Średni (l/min)	Średnie odchylenie od średniej (%)	Powtarzalność wydatku średniego (CV%)	
<b>Zestaw mierzni pomiarowych SCHACHTNER – eksperyment I</b>									
LU	0,25	10,00	10,25	42,7	14,43	1,28	8,50	1,16	
IDKT	0,25	7,00	7,25	30,2	39,47	1,58	7,90	1,21	
ID	4,25	1,25	5,50	22,9	20,33	1,41	9,80	0,77	
<b>Przepływomierz kulkowy LURMARK – eksperyment I</b>									
LU	0,00	2,50	2,50	10,4	44,72	1,28	7,95	0,68	
IDKT	0,25	5,00	5,25	21,9	49,26	1,60	9,46	1,04	
ID	1,00	19,75	20,75	86,5	2,09	1,81	26,48	2,56	
<b>Stół elektroniczny PESSL – eksperyment I</b>									
LU						1,18		1,04	
IDKT						1,39		0,51	
ID						1,45		1,57	

**Kryterium oceny** – wydatek żadnego rozpylacza nie może odbiegać od wartości nominalnej o więcej niż ±10%.

## Czasy trwania wybranych czynności (s) (do symulacji czasu badania całych opryskiwaczy)

Metoda / Czynność	Stół elektroniczny	Stół ręczny	Menzury	Przepływ	Zdemontowane
Pomiar dla 1 rozpylacza	17	28 (+ przestawianie + w/wył opryskiwacza)	20 (+ zapis)	9 (+ zapis)	10
Przygotowanie do pomiaru (1x)	131 (Różne)	280 (Ustalenie czasu)	108 (Przestawianie)		
Inne	42 (Powrót wózka)	20 (Powrót stołu)	161 (Test szczelności)		
W/wyłaczenie opryskiwacza			60	60	60
Obracanie rozpylacza	2	2	2	2	
Ocena czy są w limicie		5 (30 s. dla 3,0 m)	3	3	3
Zdejmowanie z belki / stanow.			11 (Adaptory)		13 / 3 (Rozpylacze)
Zakładanie na belkę / stanow.			24 (Adaptory)		29 / 5 (Rozpylacze)

## Czas badania rozpylaczy (min) w opryskiwaczu połowym\* w zależności od metody pomiaru, długości belki i liczby kompletów rozpylaczy.



\* badania stacjonarne w SKO – stanowisko przygotowane do pracy

## Koszty (zł) inspekcji opryskiwacza połowego z belką 12 m

w zależności od metody pomiaru, liczby kompletów rozpylaczy oraz liczby inspekcji rocznie.

Metoda inspekcji	Wynagrodzenie pracownika = 1600 zł / m-c (z płaca minimalna)					Wynagrodzenie pracownika = 3600 zł / m-c (z średnia krajowa)				
	Liczba inspekcji wykonywanych rocznie					Liczba inspekcji wykonywanych rocznie				
	100	200	500	1000	1500	100	200	500	1000	1500
Opryskiwacz połowy z belką 12 m – 1 zestaw rozpylaczy										
Stół elektroniczny	90,15	49,45	25,03	18,53	14,99	100,01	59,31	34,89	28,39	24,84
Stół „ręczny”	42,96	26,89	21,19	15,47	13,57	55,15	39,08	33,37	27,66	25,75
Menzury	48,17	30,67	23,88	17,88	15,88	62,99	45,49	38,70	32,70	30,70
Przepływ	17,94	12,84	9,78	10,50	9,33	26,66	21,56	18,50	19,22	18,05
Zdemontowane	97,55	55,17	33,49	22,51	18,85	111,95	69,57	47,89	36,91	33,25
Opryskiwacz połowy z belką 12 m – 3 zestawy rozpylaczy										
Stół elektroniczny	94,29	53,99	29,17	21,03	18,32	108,80	68,10	43,68	35,54	32,83
Stół „ręczny”	49,85	33,78	24,14	20,92	19,78	69,79	53,72	44,07	40,86	39,72
Menzury	62,29	44,79	34,29	30,62	28,62	93,02	75,52	65,02	61,35	59,35
Przepływ	20,69	15,59	12,53	11,51	11,17	32,51	27,41	24,35	23,33	22,99
Zdemontowane	110,51	68,13	42,71	34,20	30,55	139,51	97,13	71,71	63,20	59,54
Opryskiwacz połowy z belką 12 m – 5 zestawów rozpylaczy										
Stół elektroniczny	98,43	57,73	33,31	25,17	22,45	117,60	76,90	52,48	44,34	41,62
Stół „ręczny”	56,76	40,69	31,05	27,83	26,01	84,48	68,41	58,77	55,55	53,73
Menzury	75,66	58,16	47,66	42,67	40,67	121,45	103,95	93,45	88,46	86,46
Przepływ	23,47	18,37	15,31	14,29	13,95	38,41	33,31	30,25	29,23	28,89
Zdemontowane	123,48	81,10	55,67	45,90	42,24	167,08	124,70	99,27	89,50	85,84

Proporcjonalne korzystanie z budynków - wartości 100 000 zł, amortyzacja 40 lat. Amortyzacja sprzętu pomiarowego – 10 lat.

Czas badania ogólnego, inspekcji pozostałych elementów i wypełniania raportu – łącznie 25 minut. 1 pracownik.

## Koszty inspekcji opryskiwacza połowego (zł)

w zależności od metody pomiaru oraz liczby inspekcji rocznie -  
belka 12m, 1 komplet rozpylaczy, wynagrodzenie brutto 1600 zł/mc.

Metoda inspekcji	Liczba inspekcji wykonywanych rocznie				
	100	200	500	1000	1500
Stół elektroniczny	90,15	49,45	25,03	18,53	14,99
Stół „ręczny”	42,96	26,89	21,19	15,47	13,57
Menzury	48,17	30,67	23,88	17,88	15,88
Przepływ	17,94	12,84	9,78	10,50	9,33
Zdemontowane	97,55	55,17	33,49	22,51	18,85

Proporcjonalne korzystanie z budynków - wartości 100 000 zł, amortyzacja 40 lat. Amortyzacja sprzętu pomiarowego – 10 lat. Czas badania ogólnego, inspekcji pozostałych elementów i wypełniania raportu – łącznie 25 minut. 1 pracownik.

## Koszty (zł) inspekcji opryskiwacza połowego z belką 36 m

w zależności od metody pomiaru, liczby kompletów rozpylaczy oraz liczby inspekcji rocznie.

Metoda inspekcji	Wynagrodzenie pracownika = 1600 zł / m-c (z płaca minimalna)					Wynagrodzenie pracownika = 3600 zł / m-c (z średnia krajowa)				
	Liczba inspekcji wykonywanych rocznie					Liczba inspekcji wykonywanych rocznie				
	100	200	500	1000	1500	100	200	500	1000	1500
Opryskiwacz połowy z belką 12 m – 1 zestaw rozpylaczy										
Stół elektroniczny	93,56	52,86	28,44	20,30	17,58	107,25	66,55	42,13	33,99	31,27
Stół „ręczny”	49,65	33,58	23,93	20,72	19,60	69,36	53,29	43,65	40,43	39,31
Menzury	59,97	42,47	31,97	28,47	26,52	88,09	70,59	60,09	56,59	54,64
Przepływ	20,29	15,19	12,13	11,11	10,77	31,65	26,55	23,49	22,47	22,13
Zdemontowane	110,19	67,81	42,38	33,90	30,25	138,82	96,44	71,01	62,53	58,88
Opryskiwacz połowy z belką 12 m – 3 zestawy rozpylaczy										
Stół elektroniczny	105,99	65,29	40,87	32,73	29,27	133,69	92,99	68,57	60,43	56,97
Stół „ręczny”	69,93	53,86	44,21	39,79	37,89	112,47	96,40	86,76	82,34	80,44
Menzury	98,52	81,02	69,28	63,28	61,28	170,03	152,53	140,80	134,80	132,80
Przepływ	28,56	23,46	20,40	19,38	18,91	49,24	44,14	41,08	40,06	39,59
Zdemontowane	148,43	106,05	79,37	68,40	64,74	220,11	177,73	151,06	140,98	136,43
Opryskiwacz połowy z belką 12 m – 5 zestawów rozpylaczy										
Stół elektroniczny	118,43	77,73	53,31	44,04	40,49	160,12	119,42	95,00	85,73	82,19
Stół „ręczny”	90,21	74,14	63,80	58,08	56,18	155,59	139,52	129,18	123,47	121,56
Menzury	137,08	119,58	104,07	98,07	96,01	252,03	234,53	219,01	213,01	211,01
Przepływ	36,86	31,76	28,70	27,57	26,39	66,88	61,78	58,72	57,59	56,41
Zdemontowane	186,64	144,26	113,84	102,86	99,20	301,36	258,98	228,56	217,58	213,92

Proporcjonalne korzystanie z budynków - wartości 100 000 zł, amortyzacja 40 lat. Amortyzacja sprzętu pomiarowego – 10 lat.

Czas badania ogólnego, inspekcji pozostałych elementów i wypełniania raportu – łącznie 25 minut. 1 pracownik.

## Koszty inspekcji opryskiwacza połowego (zł)

w zależności od metody pomiaru oraz liczby inspekcji rocznie -  
belka 36m, 5 kompletów rozpylaczy, wynagrodzenie brutto 3600 zł/mc.

Metoda inspekcji	Liczba inspekcji wykonywanych rocznie				
	100	200	500	1000	1500
Stół elektroniczny	160,12	119,42	95,00	85,73	82,19
Stół „ręczny”	155,59	139,52	129,18	123,47	121,56
Menzury	252,03	234,53	219,01	213,01	211,01
Przepływ	66,88	61,78	58,72	57,59	56,41
Zdemontowane	301,36	258,98	228,56	217,58	213,92

Proporcjonalne korzystanie z budynków - wartości 100 000 zł, amortyzacja 40 lat. Amortyzacja sprzętu pomiarowego – 10 lat. Czas badania ogólnego, inspekcji pozostałych elementów i wypełniania raportu – łącznie 25 minut. 1 pracownik.



## Podsumowanie

- Największą powtarzalność pomiarów wykazano dla metod pomiaru rozkładu poprzecznego cieczy: dla stołu elektronicznego (CV%: 0,24÷14,81%) i mniejszą dla stołu ręcznego (4,09-37,60%).
- Najmniejszą (najgorszą) powtarzalność pomiarów uzyskano dla metod pomiaru natężenia wypływu cieczy z pojedynczych rozpylaczy (menzury: 14,43÷39,47 i przepływomierz: 2,09÷49,26%).

## Podsumowanie

- Czas inspekcji rozpylaczy różnił się nawet 5-krotnie w zależności od zastosowanej metody pomiarowej.
- Najkrótszy czas inspekcji wykazano dla metody z przepływomierzem od 5,7 min (belka 36 m, jeden komplet rozpylaczy) do 80,7 min (belka 36 m, 5 kompletów rozpylaczy), oraz dla stołu elektronicznego (9,7÷121,8 min).
- Najdłuższy czas inspekcji wykazano dla metody z menzurami pomiarowymi (27,2÷379,7 min) oraz dla symulacji czasu badania na urządzeniu karuzelowym (25,7÷378,9 min).
- Najniższe koszty inspekcji opryskiwacza polowego dla metody z przepływomierzem LURMARK (9,33÷66,88 zł) a najwyższe dla urządzenia karuzelowego (18,55÷301,36 zł) i zestawu menzur pomiarowych (16,88÷252,03 zł), pośrednie dla metod pomiaru rozkładu poprzecznego (13,57÷160,12 zł).

## Wnioski

- Obie metody pomiaru rozkładu poprzecznego cieczy są przydatne do oceny działania opryskiwaczy polowych ponieważ z dużą powtarzalnością mierzą rozkład cieczy, a podczas pomiaru na stole elektronicznym uzyskuje się informację o średnim natężeniu wypływu cieczy z rozpylaczy. Ponadto czas inspekcji rozpylaczy tymi metodami jest krótszy co pociąga za sobą relatywnie niewysokie koszty inspekcji całego opryskiwacza.
- Przepływomierz kulkowy nie jest odpowiednim narzędziem pomiarowym do pomiaru natężenia wypływu cieczy z rozpylaczy eżektorowych, szczególnie jednostrumieniowych.
- Zestaw menzur miarowych jest narzędziem, które może być wykorzystywane do oceny działania opryskiwaczy polowych, szczególnie do oceny stopnia zużycia rozpylaczy („rozkalibrowanie”). Należy uwzględnić znaczną zmienność liczby menzur poza tolerancją wykazywanej w kolejnych pomiarach i w przypadkach wątpliwych pomiar powtórzyć. Urządzenie to nie dostarcza żadnych informacji o rozkładzie poprzecznym cieczy. Ponadto koszt inspekcji na takim urządzeniu jest relatywnie wysoki, a czas inspekcji długi.

*Praca została wykonana w ramach zadania nr 1.1 „Doskonalenie metod badań sprawności technicznej opryskiwaczy”, Programu Wieloletniego „Rozwój zrównoważonych metod produkcji ogrodnictwa w celu zapewnienia wysokiej jakości biologicznej i odżywczej produktów ogrodnictwa oraz zachowania bioróżnorodności środowiska i ochrony jego zasobów”, finansowanego przez Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi.*

### Porównanie metod inspekcji rozpylaczy w opryskiwaczach polowych

Artur Godyń  
W. Świechowski, G. Doruchowski, R. Hołownicki

Instytut Ogrodnictwa, Skierniewice  
Zakład Agromisnierni



**Dziękuję za uwagę**