

VALUTAZIONE DELL'EFFICIENZA DEI SISTEMI DI LAVAGGIO INTERNO DELLE MACCHINE IRRORATRICI

P. MARUCCO, P. BALSARI, M. TAMAGNONE

Dipartimento di Scienze Agrarie Forestali e Alimentari (DiSAFA)

Università degli Studi di Torino – Largo Braccini 2, 10095 Grugliasco (TO)

paolo.marucco@unito.it

RIASSUNTO

Sulla base dei dati sperimentali acquisiti nel corso delle prove di certificazione ENTAM delle prestazioni di macchine irroratrici nuove, è stata condotta un'analisi mirata a valutare il livello di efficienza dei sistemi di lavaggio interno dei serbatoi ed a sviluppare delle considerazioni in merito all'applicazione del metodo di prova ISO 22368-3. I risultati ottenuti su 6 diversi modelli di barre irroratrici e su 5 diversi modelli di atomizzatori hanno evidenziato che in generale il livello di efficienza dei sistemi di pulizia interna del serbatoio è risultato superiore alla soglia stabilita dalla Norma EN ISO 16119 (pari rispettivamente all'80% ed al 70% di rimozione del residuo presente all'interno del serbatoio dopo la sua contaminazione). In un paio di casi è stata riscontrata un'efficienza addirittura superiore al 98%. Si è osservato, però, che la misura dell'efficienza di lavaggio interno del serbatoio condotta secondo la metodologia ISO 22368-3 dipende anche dall'efficienza del sistema di agitazione della miscela nel serbatoio. Il termine di riferimento per il calcolo dell'efficienza di lavaggio, infatti, è rappresentato dalla quantità di ossicloruro di rame che rimane nel serbatoio dopo la procedura di contaminazione e non da un livello di contaminazione standard, proporzionale alla capacità del serbatoio. Ciò suscita dubbi circa l'oggettività dei risultati ottenuti e pertanto si ritiene utile considerare una revisione della Norma ISO 22368-3 che consenta di comparare oggettivamente l'efficienza dei sistemi di lavaggio interno dei serbatoi presenti nei diversi modelli di macchine irroratrici.

Parole chiave: certificazione ENTAM, serbatoio principale, residuo, ugello rotativo, efficienza di lavaggio

SUMMARY

EVALUATION OF SPRAYER INTERNAL TANK CLEANING SYSTEMS ACCORDING TO ISO STANDARD 22368-3

On the basis of the experimental data acquired during functional tests of new brand sprayers to get ENTAM certification, an analysis was carried out in order to evaluate the level of internal cleaning efficiency achieved and to develop some considerations about the application of test methodology ISO 22368-3. Results obtained on 6 models of field crop sprayers and on five models of air-assisted sprayers pointed out that the level of cleaning efficiency was generally over the threshold established in EN ISO 16119 (80% for field crop sprayers and 70% for air-assisted sprayers respectively). In two cases, cleaning efficiency over 98% was reached. The measurement of the internal tank cleaning efficiency according to ISO 22368-3 appeared to be dependent on the efficiency of the tank agitation system. This method considered as a reference the amount of copper oxychloride that remained inside the tank after the contamination process and not a standard level of tank contamination. From this perspective, it could be worthwhile to consider a revision of the ISO 22368-3 Standard, aimed at permitting an objective comparison between tank cleaning systems.

Keywords: ENTAM certification, sprayer tank, residue, rotating nozzle, cleaning efficiency

INTRODUZIONE

L'evoluzione delle Norme Internazionali inerenti i requisiti ambientali che devono avere le macchine irroratrici nuove di fabbrica impiegate in agricoltura ha portato, nel 2013, alla pubblicazione della Norma armonizzata UNI EN ISO 16119. Quest'ultima, oltre a rendere obbligatoria la presenza di un sistema di lavaggio interno della macchine irroratrice, definisce la metodologia di prova per la verifica dell'efficienza di lavaggio dei sistemi di pulizia interna del serbatoio ed i requisiti minimi da soddisfare. Secondo quanto riportato in questa Norma "il sistema di pulizia interna del serbatoio deve garantire la rimozione di almeno l'80% del prodotto rimasto sulle pareti interne del serbatoio, avendo effettuato la contaminazione del serbatoio stesso seguendo il metodo di prova ISO 22368-3 (punto 5.4.2.1 della Norma EN ISO 16119-2 che riguarda le barre irroratrici) e "il sistema di pulizia interna del serbatoio deve garantire la rimozione di almeno il 70% del prodotto rimasto sulle pareti interne del serbatoio, avendo effettuato la contaminazione del serbatoio stesso seguendo il metodo di prova ISO 22368-3 (punto 5.4.2.1 della Norma EN ISO 16119-3 che riguarda invece le irroratrici per colture arboree). Al fine di valutare l'entità dell'efficienza del sistema di lavaggio di alcune macchine irroratrici oltre che valutare se i risultati ottenuti possano essere messi in relazione con una specifica caratteristica tecnica delle macchine è stata quindi condotta un'indagine sui dati disponibili per le macchine irroratrici certificate ENTAM (European Network for Testing of Agricultural Machines, www.entam.net).

MATERIALI E METODI

Le prove di valutazione dell'efficienza dei sistemi di lavaggio interno dei serbatoi sono state condotte applicando la metodologia descritta nella Norma ISO 22368-3 su sei modelli di barre irroratrici (tabella 1) e su cinque modelli di atomizzatori (tabella 2). Le prove sono state eseguite presso il laboratorio Crop Protection Technology del DiSAFA dell'Università di Torino e presso il Julius Kuhn Institut di Braunschweig (Germania). Entrambi i centri prova aderiscono al circuito ENTAM e quello del DiSAFA è delegato a svolgere le prove da parte di ENAMA (Ente Nazionale per la Meccanizzazione Agricola, www.enama.it). Le prove di certificazione delle macchine irroratrici nuove sono mirate a verificarne le prestazioni secondo quanto previsto dalle Norme Internazionali. In particolare, la metodologia di prova ISO 22368-3 prevede che il serbatoio principale della macchina irroratrice venga riempito fino alla capacità nominale con una sospensione acquosa di ossicloruro di rame all'1% in peso mentre il sistema di agitazione del serbatoio è in funzione così da contaminare tutte le superfici interne del serbatoio, incluso il coperchio, con questo materiale di prova. Dopo avere attivato il sistema di agitazione per un tempo di 10 minuti si prelevano tre campioni da 50 mL ciascuno della miscela contenuta nel serbatoio; ciò per stabilire la concentrazione di riferimento di rame. Il serbatoio viene, quindi, svuotato completamente simulando la normale fase di irrorazione ed il residuo di miscela ancora presente nel serbatoio al termine di questa operazione, cioè la quantità di miscela non aspirata dalla pompa, viene fatto defluire attraverso la valvola di scarico del serbatoio. Tutte le parti del circuito idraulico, serbatoio escluso, vengono risciacquate, mentre il serbatoio così contaminato con l'ossicloruro di rame viene lasciato asciugare per 24 ore. Si procede, quindi, all'attivazione del sistema di lavaggio interno del serbatoio seguendo le istruzioni del costruttore dell'irroratrice utilizzando il volume d'acqua disponibile nel serbatoio lava impianto della macchina. L'acqua di lavaggio viene raccolta attraverso la valvola di scarico del serbatoio in un contenitore (A) e ne vengono misurati il volume e la concentrazione di rame. Per quest'ultima operazione si prelevano tre campioni di 50 mL dal contenitore A e la quantità di rame viene determinata mediante l'uso di uno spettrometro ad assorbimento atomico. Si procede quindi ad un secondo accurato lavaggio

dell'interno del serbatoio, questa volta operando con un'idropulitrice ad alta pressione, in maniera tale da rimuovere completamente i residui di ossicloruro di rame ancora presenti nel serbatoio. Anche in questo caso l'acqua di lavaggio viene convogliata nella valvola di scarico del serbatoio e raccolta in un contenitore (B). Analogamente a quanto fatto per il primo lavaggio, ne vengono misurati il volume e la concentrazione di rame.

Tabella 1. Caratteristiche tecniche delle barre irroratrici esaminate nelle prove di certificazione ENTAM

Modello	Capacità nominale del serbatoio (l)	Capacità serbatoio lava impianto (l)	% della capacità nominale del serbatoio principale	Sistema di lavaggio interno del serbatoio	Efficienza del sistema di agitazione del serbatoio*
A	6.200	695	11%	3 ugelli rotativi	-5,0%
B	1.200	131	11%	1 ugello rotativo a doppio specchio	-10,4%
C	1.900	191	10%	1 ugello rotativo a doppio specchio	-10,6%
D	2.000	210	11%	1 ugello rotativo	-14,1%
E	6.200	498	8%	1 ugello rotativo a doppio specchio	-10,5%
F	4.000	493	12%	1 ugello rotativo a doppio specchio	-12,2%

*Espressa in termini di scarto medio della concentrazione di ossicloruro di rame rispetto al valore di riferimento al termine della prova di agitazione della miscela nel serbatoio effettuata seguendo il metodo di prova ISO 5682-2. Lo scarto massimo ammissibile è del 15%

Tabella 2. Caratteristiche tecniche degli atomizzatori esaminati nelle prove di certificazione ENTAM

Modello	Capacità nominale del serbatoio (l)	Capacità serbatoio lava impianto (l)	% della capacità nominale del serbatoio principale	Sistema di lavaggio interno del serbatoio	Efficienza del sistema di agitazione del serbatoio*
G	600	60	10%	1 ugello rotativo	-13,8%
H	1.000	198	20%	1 ugello rotativo	-10,0%
I	1.000	81	8%	2 ugelli rotativi	-14,2%
J	1.000	202	20%	1 ugello rotativo a doppio specchio	-7,2%
K	2.000	202	10%	1 ugello rotativo a doppio specchio	-12,2%

*Espressa in termini di scarto medio della concentrazione di ossicloruro di rame rispetto al valore di riferimento al termine della prova di agitazione della miscela nel serbatoio effettuata seguendo il metodo di prova ISO 5682-2. Lo scarto massimo ammissibile è del 15%

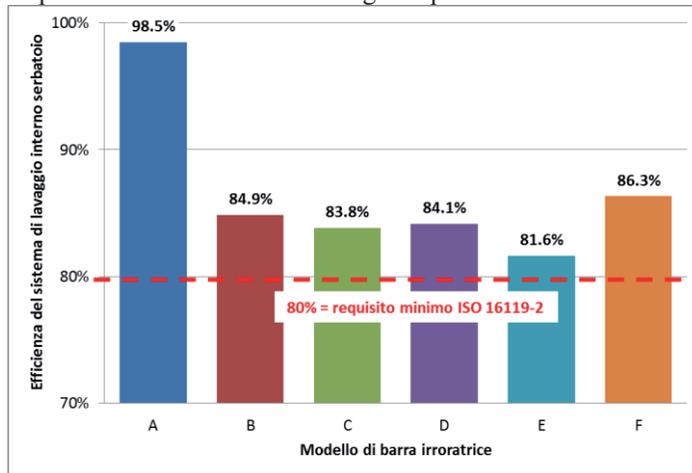
La determinazione delle quantità di rame contenute rispettivamente nei serbatoi A e B permette di calcolare la massa di rame rimossa dall'interno del serbatoio grazie all'impiego

del sistema di lavaggio interno montato sull'irroratrice (m_A) e la massa di rame rimossa successivamente utilizzando l'idro pulitrice (m_B). Il rapporto tra m_A e la massa totale di rame presente nel serbatoio al termine del processo di contaminazione (m_A+m_B) indica l'efficienza (espressa in %) del sistema per la pulizia interna del serbatoio montato sull'irroratrice.

RISULTATI

Per quanto riguarda le prove eseguite sulle barre irroratrici l'efficienza dei sistemi per il lavaggio interno del serbatoio, misurata secondo quanto previsto dalla Norma ISO 22368-3, è risultata compresa tra l'81,6% ed il 98,5%. Nella maggior parte dei casi sono stati ottenuti valori di poco superiori all'80%, valore che corrisponde al requisito minimo stabilito dalla Norma ISO 16119-2 (Fig. 1). Il migliore risultato ottenuto con il modello di irroratrice A è probabilmente dovuto al fatto che nel serbatoio erano presenti ben tre ugelli rotativi, mentre nelle altre macchine ve ne era uno solo. Ciò ha quindi consentito un effettivo risciacquo con i getti di acqua pulita di tutte le superfici interne del serbatoio principale.

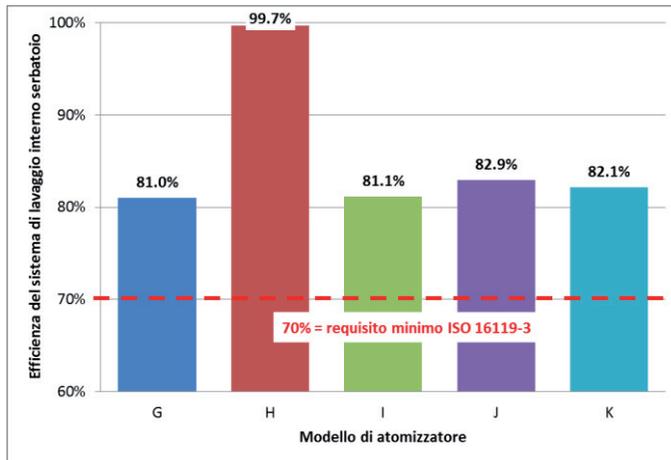
Figura 1. Efficienza del sistema di lavaggio interno del serbatoio nelle barre irroratrici esaminate (tabella 1), espressa in percentuale di ossicloruro di rame rimosso dal sistema di lavaggio secondo quanto indicato dalla metodologia di prova ISO 22368-3



Quando si è operato con le irroratrici per le colture arboree si è osservata un'efficienza di lavaggio interno del serbatoio, sempre misurata in ottemperanza a quanto previsto dalla Norma ISO 22368-3, compresa tra l'81,0% ed il 99,7% (figura 2). Così come già evidenziato per le barre, anche nel caso degli atomizzatori i valori sono generalmente risultati leggermente superiori all'80%, ma poiché in questo caso la soglia indicata come requisito minimo nella Norma ISO 16119-3 è solo del 70%, i risultati ottenuti sono stati complessivamente più soddisfacenti rispetto a quelli riscontrati per le barre irroratrici. Il miglior risultato, ottenuto con il modello di irroratrice H, in questo caso è stato probabilmente determinato dalla notevole capacità del serbatoio lava impianto (pari a circa il 20% della capacità nominale del serbatoio principale, tabella 2). Tuttavia la sola presenza di un serbatoio lava impianto di elevata capacità non è risultata sufficiente a garantire un'elevata efficienza del sistema di pulizia del serbatoio, come testimoniato dal fatto che per l'irroratrice J, pure dotata di un serbatoio lava impianto di elevata capacità (20% del volume nominale del serbatoio principale), è stata ottenuta un'efficienza di lavaggio pari soltanto all'83%. D'altra parte, anche con capacità del lava impianto pari al 10% del volume del serbatoio principale, come nel caso dell'irroratrice I,

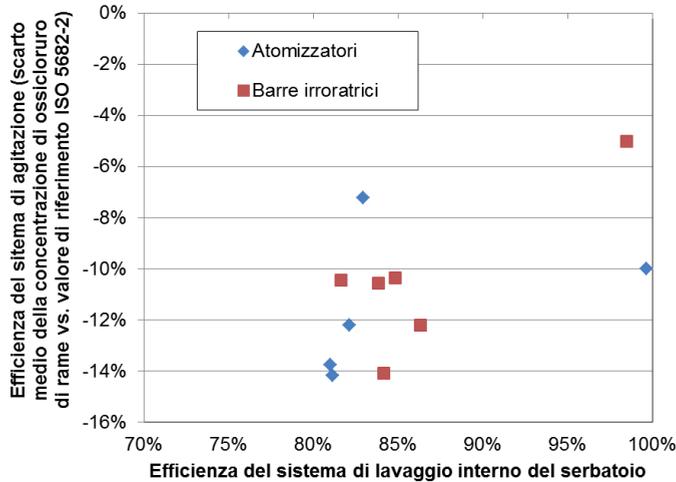
è stato possibile raggiungere un'elevata efficienza di lavaggio del serbatoio e ciò può essere attribuito sia alla configurazione del sistema di lavaggio interno del serbatoio – in questo caso costituito da due ugelli rotativi – sia alle caratteristiche del materiale delle pareti interne del serbatoio, in particolare alla ridotta rugosità. Il limitato numero di dati sperimentali disponibili finora, tuttavia, non permette ancora di individuare delle correlazioni in questo senso.

Figura 2. Efficienza del sistema di lavaggio interno del serbatoio nelle irroratrici per colture arboree esaminate (tabella 2), espressa in percentuale di ossicloruro di rame rimosso dal sistema di lavaggio secondo quanto indicato dalla metodologia di prova ISO 22368-3



È tuttavia importante sottolineare come il livello di efficienza dei sistemi di lavaggio interno dei serbatoi calcolato secondo la Norma ISO 22368-3 dipende dalla quantità di ossicloruro di rame che rimane nel serbatoio dopo il procedimento di contaminazione dello stesso. L'entità di tale residuo dipende dalla forma e dalle dimensioni delle pareti interne del serbatoio (es. presenza di "angoli morti") così come dalla presenza di dispositivi posti all'interno del serbatoio (es. tubazioni, sistemi di agitazione, tunnel per consentire il collegamento del ventilatore alla presa di forza nel caso degli atomizzatori). Inoltre l'efficienza del sistema di agitazione della miscela nel serbatoio ha un'influenza molto importante sulla quantità residua di ossicloruro di rame al termine del processo di contaminazione del serbatoio. Può pertanto succedere che il medesimo sistema per la pulizia interna del serbatoio montato in diversi serbatoi ed alimentato con la stessa quantità di acqua pulita, così come nel caso dei modelli di atomizzatori J e K esaminati nelle prove (tabella 2), fornisca risultati diversi. Tuttavia per i modelli di macchine irroratrici esaminati, dal confronto tra i valori dell'efficienza di lavaggio interno del serbatoio con quelli di efficienza del corrispondente sistema di agitazione - espressi in termini di scarto medio della concentrazione di ossicloruro di rame rispetto al valore di riferimento al termine della prova di agitazione della miscela nel serbatoio effettuata seguendo il metodo di prova ISO 5682-2 - non è emersa alcuna correlazione significativa (figura 3).

Figura 3. Confronto tra l'efficienza dei sistemi di lavaggio interno dei serbatoi misurata secondo la Norma ISO 22368-3 e l'efficienza dei sistemi di agitazione dei serbatoi misurata secondo la Norma ISO 5682-2 per le irroratrici oggetto delle prove



DISCUSSIONE E CONCLUSIONI

I risultati delle prove eseguite in ambito ENTAM sui sistemi di lavaggio interno dei serbatoi hanno evidenziato che questi ultimi sono in grado di soddisfare i requisiti stabiliti dalla Norma ISO 16119, in generale con margine più ampio per gli atomizzatori rispetto alle barre irroratrici. Si è osservato che in alcuni modelli (sia di barre irroratrici che di atomizzatori) il sistema di lavaggio interno del serbatoio è in grado di rimuovere pressochè completamente (98,5-99,7%) il residuo di ossicloruro di rame presente sulle pareti interne del serbatoio al termine del processo di contaminazione effettuato applicando la metodologia ISO 22368-3.

È importante sottolineare che, poiché l'efficienza del sistema di lavaggio è calcolata assumendo come termine di riferimento la quantità di rame presente nel serbatoio al termine del procedimento di contaminazione, e non la quantità di rame introdotta nel serbatoio all'inizio della prova, può accadere che per un'irroratrice il cui residuo di rame all'interno del serbatoio risulti elevato sia più facile raggiungere un elevato livello di efficienza di pulizia del serbatoio rispetto ad un'irroratrice nel cui serbatoio, al termine del processo di contaminazione, rimanga un modesto residuo di rame.

Da questo punto di vista si ritiene opportuno promuovere una revisione della Norma ISO 22368-3 in maniera da poter ottenere un confronto più oggettivo tra i sistemi di lavaggio interno dei serbatoi. Una possibile proposta di modifica della metodologia di prova potrebbe prevedere di esprimere l'efficienza di lavaggio come complemento a uno del rapporto tra la quantità di rame ancora presente all'interno del serbatoio (m_B) e la quantità di rame introdotta nel serbatoio all'inizio della prova (m_X). Applicando questo nuovo criterio di calcolo dell'efficienza di lavaggio rispetto al criterio attuale (tabella 3), l'ordine dei risultati ottenuti, dal migliore al peggiore, per le undici macchine irroratrici esaminate in questo studio risulta diverso. Ad esempio, il sistema di lavaggio del serbatoio della barra irroratrice F (tabella 1), che risulta classificato al terzo posto in termini di efficienza applicando l'attuale Norma ISO

22368-3, utilizzando il nuovo criterio di calcolo dell'efficienza di lavaggio risulterebbe, invece, al nono posto; il sistema di lavaggio dell'atomizzatore G (tabella 2), che risulta attualmente classificato come il meno efficiente, applicando il nuovo criterio di calcolo dell'efficienza di lavaggio del serbatoio risulterebbe in terza posizione. Occorre, tuttavia, rimarcare che l'utilizzo del nuovo criterio di calcolo dell'efficienza di lavaggio comporta che i valori ottenuti ricadono in un intervallo assai più ristretto rispetto a quello ottenuto con l'attuale metodo di calcolo indicato dalla Norma ISO 22368-3 e pertanto anche le soglie di efficienza minima indicate come requisiti rispettivamente nella Norma EN ISO 16119 parte 2 (barre irroratrici) e parte 3 (atomizzatori) dovrebbero essere opportunamente modificate.

Tabella 3. Classifica delle irroratrici provate in funzione dell'efficienza del sistema di lavaggio del serbatoio

Posizione in classifica	Ordine delle irroratrici provate applicando il metodo ISO 22863-3	Efficienza di lavaggio $m_B / (m_A + m_B)$	Ordine delle irroratrici provate applicando il nuovo criterio proposto	Cleaning efficiency $1 - (m_B / m_X)$
1	H	99,67%	A	99,99%
2	A	98,49%	H	99,99%
3	F	86,33%	G	99,98%
4	B	84,86%	I	99,97%
5	D	84,15%	C	99,96%
6	C	83,83%	E	99,95%
7	J	82,94%	B	99,94%
8	K	82,13%	D	99,90%
9	E	81,62%	F	99,77%
10	I	81,15%	K	99,12%
11	G	81,02%	J	98,33%

Infine, la proposta di revisione della Norma ISO 22368-3 dovrebbe prendere in considerazione anche la possibilità di poter effettuare questo tipo di prove con un materiale di prova alternativo all'ossicloruro di rame, la cui disponibilità non è garantita a medio termine ed il cui smaltimento risulta oneroso a seguito dei rischi ambientali che lo stesso può generare.

NORME CITATE

- ISO 22368-3. 2004. Test methods for the evaluation of cleaning systems - Part 3: Internal cleaning of tank.
- ISO 5682-2. 1997. Equipment for crop protection – Spraying equipment - Part 2: Test methods for hydraulic sprayers.
- EN ISO 16119-2. 2013. Agricultural and forestry machinery - Environmental requirements for sprayers - Part 2: Horizontal boom sprayers.
- EN ISO 16119-3. 2013. Agricultural and forestry machinery - Environmental requirements for sprayers - Part 3: Sprayers for bush and tree crops.

