

L'INFORMATORE AGRARIO

3 16-22 GENNAIO 1998 ■ SETTIMANALE

POLITICA

Quote latte: si cerca la soluzione

AGRONOMIA

Stanchezza dei terreni

Impieghi delle zeoliti

POMODORO DA INDUSTRIA

Campagna di raccolta 1997 e prospettive future

Confronti varietali

MECCANICA

Spandiconcime con sistema di dosaggio
proporzionale alla velocità di avanzamento

AVVERSITÀ DELLE PIANTE

Diserbo di post-emergenza dei cereali

SUPPLEMENTO

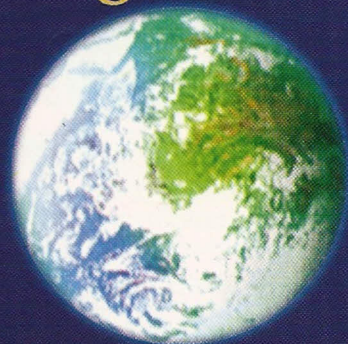
Il melone sulla strada della qualità



AgrEvo

Un'impresa di Hoechst e Schering

Un mondo nuovo per il tuo grano.



Prodotto fitosanitario per l'agricoltura autorizzato dal Ministero della Sanità a base di fenoxaprop-p-etile e mefenpir-dietile; leggere attentamente le istruzioni. © Marchio registrato

Proper Energy è il nuovo graminicida AgrEvo che associa elevata efficacia contro le infestanti alla maggior selettività per il frumento.

Usato in post-emergenza, dalle due foglie alla levata delle infestanti, permette di controllare Avena, Alopecuro, Falaride e Poa.

È miscibile con Pointer ed altri erbicidi per infestanti a foglia larga, permettendo così un diserbo efficace con un solo trattamento. Proper Energy non ha azione residuale, è rapidamente degradato ed inoltre possiede un profilo tossicologico favorevole ("Non classificato").

Proper[®]
ENERGY
L'accesso al futuro

VALUTAZIONI SPERIMENTALI SU UNO SPANDICONCIME CENTRIFUGO

Prova di un sistema di dosaggio proporzionale alla velocità di avanzamento

L'agricoltura di precisione sta muovendo i primi passi ma già sul mercato sono presenti apparecchiature che ne permettono l'applicazione. Tra queste, le prime ad apparire sono state quelle per la distribuzione dei fertilizzanti

Marco Fiala, Roberto Oberti, Nicolò Roveda

La necessità di un'agricoltura sostenibile che persegua la massimizzazione delle rese produttive, compatibilmente con il rispetto e la tutela dell'ambiente agrario in cui le varie produzioni si attuano, è un tema di grande attualità. Su di esso, ormai da alcuni anni, si concentra buona parte della ricerca riguardante le diverse discipline connesse allo sviluppo del settore produttivo agricolo.

Nell'ambito della meccanizzazione agricola, emergono, per importanza e immediatezza di risultato, le tecniche relative al controllo della distribuzione dei prodotti chimici, siano essi fitofarmaci o fertilizzanti. Tuttavia, il controllo della distribuzione dei prodotti in forma liquida (ordinariamente riconducibili ai fitofarmaci) risulta, rispetto a quello dei prodotti solidi (concimi minerali, per la maggior parte), giunto a un maggior

grado di evoluzione tecnologica.

Se, infatti, sul mercato è ormai disponibile una certa gamma di macchine irroratrici che presentano differenti e sofisticati dispositivi per il costante controllo della qualità del lavoro e della dose distribuita, meno frequenti risultano le applicazioni di dispositivi simili su macchine spandiconcime.

Questo nonostante che, nella sola Comunità europea (*) su circa 145 milioni di ettari di superficie agraria, si distribuiscono più di 17 milioni di tonnellate di concimi chimici, il 55% dei quali come azotati, il 21% come fosfatici e il restante 24% come potassici (tabella 1). Ben otto Paesi della Comunità superano la media di 130 kg/ha di concimi annualmente distribuiti e, fra questi, spiccano il Belgio-Lussemburgo e l'Olanda che raggiungono, rispettivamente, 215 e 260 kg/ha. L'Italia, dal canto suo, si colloca nella fascia «in-

termedia» di consumo raggiungendo 116 kg/ha, di cui 54 kg/ha sotto forma di azoto, 36 kg/ha di fosforo e 26 kg/ha di potassio.

Secondo l'Ocse (2) la spesa sostenuta dai principali Stati membri della Comunità per i concimi minerali è dell'ordine di 16.000 miliardi di lire (tabella 2), oscillando da minimi di 60.000 lire/ha per la Spagna, a massimi di 250.000 lire/ha, nel caso dell'Olanda. Ancor più significativa è la verifica dell'incidenza economica del costo dei concimi minerali sull'output agricolo derivante dalle sole produzioni vegetali: se l'Italia, l'Olanda e la Spagna contengono l'incidenza del fattore produttivo attorno al 6%, essa sale mediamente al 12% per Francia, Germania e Regno Unito, fino a balzare oltre il 19% nel caso della Svezia.

È, dunque, facile prevedere che il controllo delle quantità distribuite anche nelle macchine spandiconcime possa determinare, oltre a un forte passo in avanti verso un'agricoltura sostenibile e al miglioramento degli aspetti ergonomici (facilità e comodità di regolazione, minore impegno nella guida, ecc.), il raggiungimento di tangibili vantaggi sul piano agronomi-

Tabella 1 - Consumi di concimi minerali nell'Unione Europea

Nazione	Seminativi		Coltivazioni permanenti		Coltivazioni foraggere		Concimi azotati			Concimi fosfatici			Concimi potassici			Totale
	(.000 ha)	(%)	(.000 ha)	(%)	(.000 ha)	(%)	(t)	(%)	(kg/ha)	(t)	(%)	(kg/ha)	(t)	(%)	(kg/ha)	(kg/ha)
Austria	1.419	1	79	1	1.954	2	122.000	1	35	59.000	1	17	74.000	2	21	74
Belgio-Lussemburgo	777	1	17	0	688	1	168.000	1	113	51.000	1	34	100.000	2	67	215
Danimarca	2.539	2	3	0	197	0	316.000	3	115	51.000	1	19	101.000	2	37	171
Finlandia	2.580	2	0	0	106	0	198.470	2	74	90.420	2	34	95.990	2	36	143
Francia	18.255	15	1.184	9	10.764	13	2.308.400	20	76	1.030.400	24	34	1.373.500	29	45	156
Germania	11.676	10	440	3	5.251	7	1.787.000	15	103	451.000	10	26	668.000	14	38	167
Grecia	2.417	2	1.077	8	5.250	7	334.000	3	38	144.000	3	16	57.000	1	7	61
Irlanda	920	1	3	0	4.690	6	429.000	4	76	143.000	3	25	181.000	4	32	134
Italia	9.030	7	2.830	20	4.300	5	879.200	7	54	584.700	13	36	427.000	9	26	116
Olanda	906	1	28	0	1.051	1	380.000	3	191	64.000	1	32	73.000	2	37	260
Portogallo	2.360	2	800	6	840	1	137.000	1	34	69.000	2	17	48.000	1	12	64
Spagna	14.981	12	4.675	34	10.300	13	918.700	8	31	504.100	12	17	421.400	9	14	62
Svezia	2.780	2	0	0	576	1	210.230	2	63	54.817	1	16	54.223	1	16	95
Regno Unito	6.081	5	66	0	11.048	14	1.412.000	12	82	421.000	10	24	465.000	10	27	134
Unione Europea	76.721	63	11.202	81	57.015	71	9.600.000	81	66	3.717.437	85	26	4.139.113	87	29	120
Europa	122.174	100	13.831	100	79.841	100	11.818.859	100	55	4.375.670	100	20	4.762.052	100	22	97

Tabella 2 - Spesa dei principali Paesi dell'Ue per i concimi minerali e incidenza del fattore produttivo sulla plv (prodotti vegetali).

Nazione	Superficie agraria	Plv (prodotti vegetali)		Spesa per concimi		Incidenza fattore (%)
	(.000 ha)	lire (¹)	(.000 lire /ha)	lire (¹)	(.000 lire /ha)	
Francia	30.203	41.950	1.380	4.530	150	10,8
Germania	17.367	17.450	950	2.270	130	13,0
Italia	16.160	43.330	2.680	2.070	130	4,8
Olanda	1.985	12.070	6.080	500	250	4,2
Spagna	29.956	26.840	890	1.870	60	7,0
Svezia	3.356	820	240	290	90	37,3
Regno Unito	17.195	14.620	850	1.900	110	13,0
Unione Europea	144.938	156.900	1.080	15.720	100	10

(¹) I dati economici sono espressi in miliardi di lire.

Tabella 3 - Caratteristiche fisiche dei concimi impiegati nelle prove sperimentali

Caratteristiche	Complesso ternario N-P-K 15-15-15	Cloruro potassico KCl 60%	Urea perlata 46%
Massa volumica apparente (kg/dm³)	0,94	1,11	0,77
Massa volumica assoluta (kg/dm³)	1,54	2,00	1,33
Forma granuli	sferoidale	irregolare	sferica

co (²) e quindi economico (grafico 1).

A tale controllo prevedono i dispositivi cosiddetti DPA (distribuzione proporzionale all'avanzamento) che intervengono sulla macchina operatrice correlando la velocità di avanzamento di lavoro con la portata di efflusso del fertilizzante in uso.

Scopi della ricerca

La ricerca condotta presso l'Istituto di ingegneria agraria di Milano in collaborazione con la ditta Save di Lomagna (Lecco), si è posta l'obiettivo di valutare le prestazioni tecniche del dispositivo elettronico (DPAE) Amados preposto al controllo del flusso di concime erogato proporzionalmente alla velocità di avanzamento dello spandiconcime.

Nella fattispecie, l'Amados è montato sullo spandiconcime portato Z-AM Max 1500, ad azione centrifuga, di tipo convenzionale con 2 dischi erogatori, prodotto dalla ditta tedesca Amazone (foto 1) che ne consiglia l'uso nell'intervallo di velocità compreso tra 8 e 12 km/ora e per dosi di concime non inferiori a 100 kg/ha.

Le prove relative sono state condotte utilizzando 3 concimi minerali di tipo commerciale: complesso ternario, cloruro di potassio e urea perlata, caratterizzati da diverse proprietà fisiche (tabella 3).

La verifica dell'accuratezza del sistema di controllo costituisce solo il primo passo per quantificare la convenienza economica dell'adozione

Grafico 1 - Esempi di curve di risposta delle rese verso la dose di concime. Tutte le curve ottenute sperimentalmente, presentano un valore ottimale

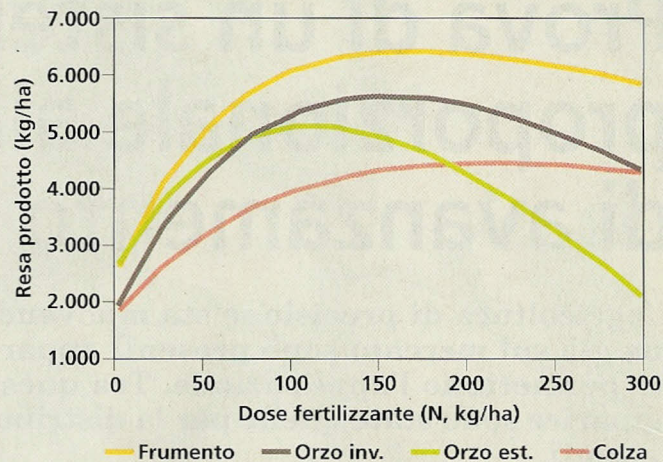


Foto 1 - Lo spandiconcime portato Z-AM Max 1500 della ditta Amazone equipaggiato con il sistema DPAE



del dispositivo che, infatti, non può prescindere dalla valutazione dell'errore di distribuzione ordinariamente compiuto da spandiconcime convenzionali impiegati in diverse condizioni operative.

L'indicazione della convenienza economica dell'innovazione tecnologica per l'agricoltore rappresenta, difatti, l'obiettivo finale della ricerca in atto.

Il DPAE provato

Nella distribuzione di prodotti in campo, la massa distribuita per unità di superficie o dose **D** (kg/ha), la portata **Q** (kg/min) agli organi erogatori, la larghezza utile di lavoro **b** (m) e la velocità di avanzamento istantanea **v_a** (km/ora) della macchina distributrice sono fra loro correlate dalla seguente equazione:

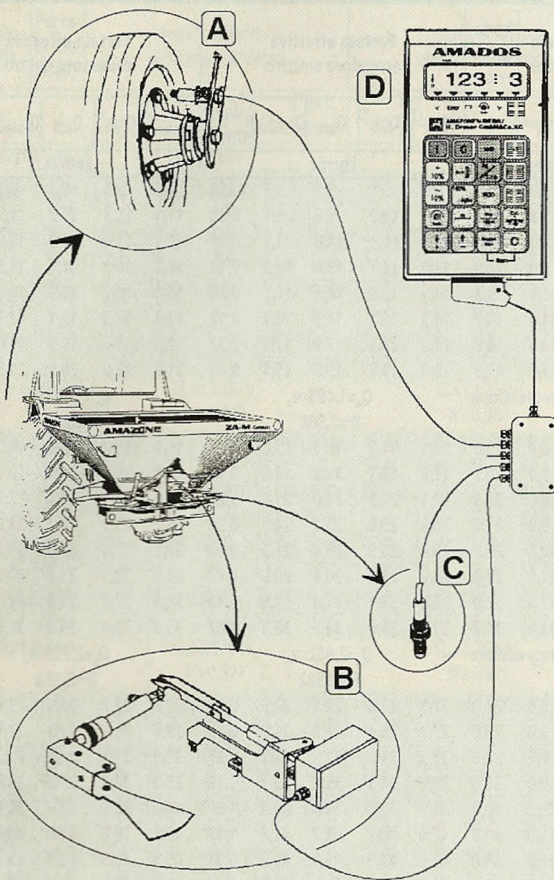
$$D = \frac{Q}{b \times v_a} \times 600$$

Essendo la larghezza di lavoro **b** costante, variando la velocità **v_a** di avanzamento, la dose di prodotto **D** si mantiene uguale al valore prescelto dall'operatore solo nel caso si verifichi una proporzionale variazione della portata di efflusso **Q**.

Scopo del DPAE è, dunque, quello di indurre una variazione della portata adeguata alla variazione di velocità istantaneamente misurata.

- La sequenza logica del funzionamento di un DPAE è costituita da 6 passi:
- 1 - misura istantanea della velocità di avanzamento **v_a**;
 - 2 - calcolo della dose **D_e** effettivamente distribuita alla velocità **v_a**;
 - 3 - comparazione della dose effettiva **D_e** con il valore prescelto **D** e valutazione dello scostamento (errore);
 - 4 - calcolo della portata **Q** da erogare alla velocità **v_a** per ripristinare la dose prescelta **D**;
 - 5 - retroazione correttiva sulla portata effettiva **Q_e**;
 - 6 - ritorno al passo 1.

Figura 1 - Il sistema DPAE



Sensore di velocità (A); motore elettrico, leveraggio e diaframma per la parzializzazione della sezione di efflusso (B); sensore di prossimità per il rilievo dell'apertura dello sportello idraulico (C); computer di bordo (D)

Nel caso in esame, l'apparecchiatura (figura 1) si compone delle seguenti parti.

Sensore elettromagnetico. Costituito da un rilevatore di campo magnetico, invia un impulso elettrico in tensione ogni volta che un magnete vi transita davanti. In pratica, disponendo su una delle ruote anteriori del trattore accoppiato allo spandiconcime 6 magneti fra loro equidistanti e posti lungo una circonferenza, si ottiene l'invio di una sequenza di impulsi la cui frequenza è proporzionale alla velocità di avanzamento del mezzo.

Motori elettrici. Sono gli attuatori del sistema di controllo che azionano i diaframmi metallici che, con il loro scorrimento, parzializzano la sezione di ognuna delle 2 bocche di

efflusso, poste sul fondo della tramoggia, sopra i dischi distributori. Il movimento di ogni diaframma è determinato dalla rotazione dell'albero motore, la cui posizione angolare è rilevata mediante un sensore fotoelettrico a disco fessurato.

Sensori di prossimità. Di tipo fotoelettrico, rilevano lo stato (aperto/chiuso) dei 2 sportelli direttamente azionati dal sistema idraulico del trattore mediante i relativi comandi a disposizione dell'operatore. Il compito di questi sensori è quello di segnalare al computer di bordo quando l'operazione di distribuzione è in corso (sportelli aperti), attivandone le funzioni di calcolo.

Computer di bordo. Dotato di tastiera e display per l'interfaccia con l'operatore (foto 2), accetta l'inserimento dei dati operativi prescelti (dose da distribuire, larghezza utile di lavoro dello spandiconcime), raccoglie le misure che provengono dai sensori impiegandole nell'algoritmo di controllo, invia il comando di attuazione ai 2 motori determinando il movimento dei diaframmi. Il compu-

ter, di dimensioni e massa tali da trovare una facile collocazione nella cabina del trattore, può fornire dati di supporto per l'operatore (quali, ad esempio, superficie lavorata, aumento/diminuzione temporanea della dose erogata). Lo stesso è, infine, dotato di funzioni particolari da utilizzare per la procedura di taratura del sistema che, necessariamente, va eseguita prima di ogni intervento in campo.

Procedura sperimentale e strumentazione adottata

L'accuratezza del sistema è stata valutata misurando la portata di concime erogata al variare della velocità di avanzamento.

Per ottenere misure precise di portata, le prove sperimentali sono state effettuate a punto fisso, simulando, cioè, il moto di avanzamento dello spandiconcime.

A tal fine, i magneti del sensore di velocità sono stati montati, invece che sulla ruota del trattore, su un disco cassetto sull'albero di un motore elettrico dotato di variatore di velocità (foto 3).

Tutte le prove sono state effettuate impostando nel computer di bordo una larghezza utile di lavoro $b=16$ m e mantenendo nella tramoggia una quantità di concime compresa tra 50 e 70% della capacità massima (pari a 1.500 dm^3).

Si sono considerate: 8 diverse velocità di avanzamento, comprese fra 6 e 13 km/ora con incremento unitario; 3 dosi di erogazione (100, 200 e 300 kg/ha) per ciascuno dei 3 concimi. La misura della massa m (in kg, effettuata mediante dinamometro elettronico) di concime erogata da ognuna delle due bocche (destra e sinistra), così come quella del corrispondente tempo di erogazione t (in secondi, mediante cronometro analogico), è stata ripetuta tre volte per ogni valore di velocità.

Per maggiore omogeneità, in tutti i rilievi la massa dei singoli campioni è stata mantenuta fra 10 e 20 kg.

Dal punto di vista operativo, nel variare la dose di distribuzione, la prova sperimentale è sempre stata preceduta dalla taratura del sistema DPAE basata sulla misura e la successiva digitazione nel computer di bordo della massa di concime che fuoriesce con i diaframmi di efflusso posizionati in corrispondenza di una sezione di efflusso automaticamente predisposta dallo stesso computer.

L'impiego di un semplice carrello di raccolta dotato di 4 contenitori ha permesso di evitare irregolarità di efflusso in regime transitorio (foto 1).

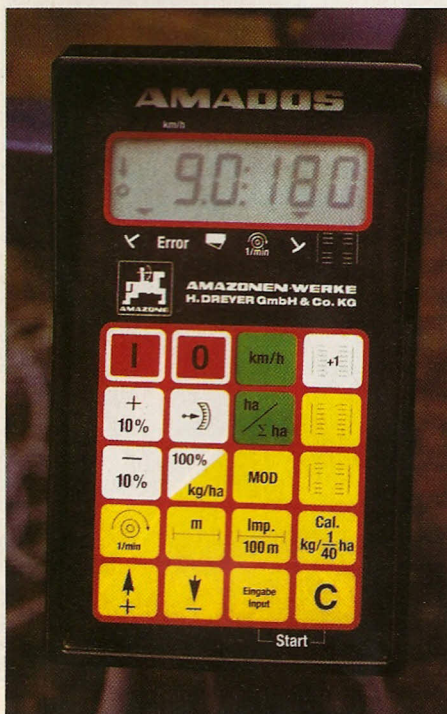
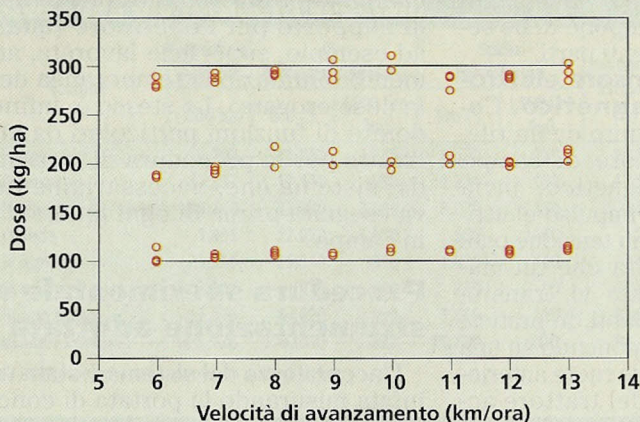


Foto 2 - Computer di bordo del sistema DPAE Amados

Grafico 2 - Concime complesso ternario: dose effettivamente erogata e velocità di avanzamento



A tramoggia vuota e con DPAE in funzione tarato con i valori ottenuti nelle prove, si è poi misurata la sezione di efflusso alle diverse velocità di avanzamento e con i diversi concimi. Al riguardo, con una videocamera sono state eseguite riprese della bocca di efflusso sinistra collocando nel campo di visione un disco di dimensioni note; le immagini, registrate su nastro, sono state digitalizzate e analizzate con apposito software. Nelle singole immagini ottenute, il confronto dell'area della sezione di efflusso, misurata in pixel, corrispondente a ogni velocità con l'area del disco noto, ha permesso la misura effettiva della sezione.

Risultati ottenuti

Nelle tabelle 4, 5 e 6 le portate effettive, sinistra e destra (Q_{eS} , Q_{eD} ; kg/min), sperimentalmente ottenute alle diverse velocità di avanzamento, sono confrontate con la portata teorica Q (kg/min); viene altresì espressa la deviazione standard di ogni terna di valori che costituisce la ripetizione sperimentale.

Per ognuna delle 3 dosi considerate, è calcolato il coefficiente angolare dell'equazione della retta di regressione $Q_e = m \times v_a$ che esprime la relazione sperimentalmente ottenuta tra velocità di avanzamento v_a e portata effettiva Q_e .

L'elevata significatività della relazione, indice del buon funzionamento del sistema DPAE, è espressa dal coefficiente R^2 che risulta sempre maggiore di 0,977.

La dose effettiva D_e (kg/ha) distribuita dai due erogatori, corrispondente a ogni portata, è stata poi messa in relazione alla velocità di avanzamento, ottenendo i grafici 2, 3 e 4.

Essi mostrano che il dispositivo DPAE risponde con efficacia ai cambia-

menti di velocità di avanzamento adeguando la sezione (cioè la portata) di efflusso in modo da mantenere costante la dose distribuita; il buon funzionamento del DPAE si dimostra omogeneo nell'intero intervallo di velocità e per tutte le dosi considerate.

Con maggiore dettaglio, si evidenziano, tuttavia, comportamenti difforni in alcune

condizioni; in particolare, sia con Kcl, velocità di avanzamento $v_a \leq 7$ km/ora, dose $D=200$ e 300 kg/ha, sia con N-P-K, velocità di avanzamento $6 \leq v_a \leq 13$ km/ora, dose $D=100$ e 300 kg/ha.

Con il cloruro di potassio la causa del malfunzionamento del dispositivo DPAE è, probabilmente, dovuta alla velocità di avanzamento inferiore al limite consigliato dalla ditta costruttrice. Nel secondo caso (concime complesso), invece, l'anomalia è da imputare alla elevata umidità di parte del concime utilizzato nella prova. Tali caratteristiche non ottimali del prodotto, causate dall'elevata capacità igroscopica che lo contraddistingue, si sono purtroppo manifestate solo al termine del test.

L'accuratezza del sistema DPAE Amados trova una rappresentazione sintetica nei grafici 5, 6 e 7, ottenuti aggregando tutti i risultati avuti con ogni singolo concime. In queste rappresentazioni grafiche, gli errori di dosaggio sono stati raggruppati in classi di frequenza, ognuna delle quali di ampiezza pari al 2,5%.

Gli istogrammi confermano il buon comportamento del dispositivo DPAE con Kcl e urea perlata (grafici 6 e 7),

Tabella 4 - Concime complesso ternario: portata erogatori e parametri della regressione lineare

Dose	Velocità	Portata teorica	Portata effettiva erogatore sinistro					Portata effettiva erogatore destro				
			Q_{eS1}	Q_{eS2}	Q_{eS3}	$Q_{eSmedico}$	dev. stand.	Q_{eD1}	Q_{eD2}	Q_{eD3}	$Q_{eSmedico}$	dev. stand.
D	v_a	Q	kg/min					kg/min				
kg/ha	km/ora	kg/min	kg/min					kg/min				
100	6,0	8,0	8,2	8,1	9,1	8,5	0,59	9,5	9,6	9,4	9,5	0,08
	7,0	9,3	9,7	10,0	9,6	9,7	0,19	11,4	11,3	11,0	11,2	0,18
	8,0	10,7	11,6	11,3	11,9	11,6	0,30	13,1	12,5	12,9	12,8	0,29
	9,0	12,0	12,9	12,7	13,0	12,9	0,14	14,2	14,1	14,6	14,3	0,27
	10,0	13,3	14,5	15,0	14,5	14,7	0,26	15,9	16,2	16,0	16,0	0,14
	11,0	14,7	16,3	16,1	16,3	16,2	0,12	17,4	17,3	17,3	17,3	0,05
	12,0	16,0	17,3	17,3	17,8	17,5	0,27	19,2	18,6	19,1	19,0	0,30
13,0	17,3	19,4	19,8	19,0	19,4	0,43	21,6	22,0	20,9	21,5	0,58	
Retta regressione			$Q_e = 1,459 \times v_a$ $R^2 = 0,988$					$Q_e = 1,603 \times v_a$ $R^2 = 0,991$				
200	6,0	16,0	15,1	14,9	15,1	15,0	0,10	16,1	16,2	16,3	16,2	0,07
	7,0	18,7	17,6	18,1	18,2	18,0	0,33	18,7	19,5	19,4	19,2	0,45
	8,0	21,3	23,1	20,9	21,0	21,6	1,23	22,5	21,7	21,4	21,9	0,58
	9,0	24,0	25,4	23,8	23,7	24,3	0,96	24,7	25,0	24,7	24,8	0,17
	10,0	26,7	25,8	26,9	26,8	26,5	0,62	27,2	27,4	27,3	27,3	0,10
	11,0	29,3	29,2	29,2	30,4	29,6	0,67	29,9	30,3	31,6	30,6	0,89
	12,0	32,0	32,2	32,1	31,4	31,9	9,43	32,2	32,2	31,9	32,1	0,15
13,0	34,7	37,0	35,0	36,2	36,1	1,02	35,8	35,4	36,8	36,0	0,70	
Retta regressione			$Q_e = 2,682 \times v_a$ $R^2 = 0,982$					$Q_e = 2,739 \times v_a$ $R^2 = 0,993$				
300	6,0	24,0	22,5	22,3	23,1	22,6	0,44	23,5	23,2	24,1	23,6	0,48
	7,0	28,0	27,3	26,4	26,8	26,9	0,43	27,4	26,9	27,2	27,1	0,24
	8,0	32,0	31,5	31,0	31,1	31,2	0,27	31,1	31,1	31,2	31,2	0,08
	9,0	36,0	36,6	34,3	35,2	35,3	1,18	35,5	34,7	36,2	35,5	0,77
	10,0	40,0	41,1	39,5	39,4	40,0	1,00	40,0	38,9	37,5	38,8	1,23
	11,0	44,0	42,4	40,2	42,2	41,6	1,18	42,2	39,6	41,0	40,9	1,31
	12,0	48,0	45,6	45,9	46,2	45,9	0,31	45,1	45,5	46,1	45,6	0,46
13,0	52,0	50,7	49,2	52,2	50,7	1,48	48,6	47,7	49,8	48,7	1,02	
Retta regressione			$Q_e = 3,873 \times v_a$ $R^2 = 0,987$					$Q_e = 3,819 \times v_a$ $R^2 = 0,985$				

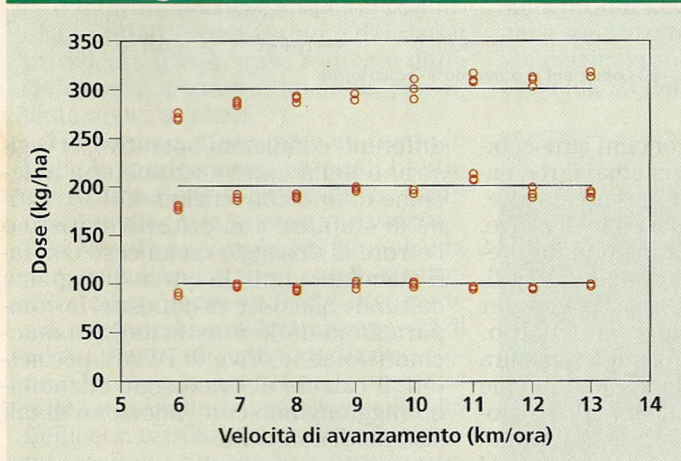


Foto 3 - Il gruppo motore elettrico-motoriduttore mediante il quale è stata simulata la velocità di avanzamento dello spandiconcime

Tabella 5 - Cloruro di potassio: portata erogatori e parametri della regressione lineare

Dose	Velocità	Portata teorica	Portata effettiva erogatore sinistro					Portata effettiva erogatore destro				
			Q _{eS1}	Q _{eS2}	Q _{eS3}	Q _{eSmedio}	dev. stand.	Q _{eD1}	Q _{eD2}	Q _{eD3}	Q _{eDmedio}	dev. stand.
D	v _a	Q	kg/min					kg/min				
100	6,0	8,0	7,1	7,3	7,3	7,2	0,11	9,3	8,9	8,8	9,0	0,27
	7,0	9,3	9,0	9,1	9,0	9,0	0,08	9,7	9,5	9,6	9,6	0,08
	8,0	10,7	10,4	10,0	9,9	10,1	0,27	11,5	11,3	10,2	11,0	0,71
	9,0	12,0	11,4	12,2	11,9	11,9	0,39	13,2	12,8	13,0	13,0	0,18
	10,0	13,3	13,4	13,0	12,9	13,1	0,25	13,7	14,7	14,4	14,2	0,52
	11,0	14,7	14,3	13,7	14,0	14,0	0,34	15,8	16,1	16,0	16,0	0,15
	12,0	16,0	15,4	15,1	15,2	15,2	0,15	17,4	17,2	16,9	17,2	0,29
13,0	17,3	17,1	16,7	17,1	16,9	0,21	18,5	18,4	18,2	18,3	0,18	
Retta regressione			$Q_e=1,285 \times v_a$ R ² =0,989					$Q_e=1,425 \times v_a$ R ² =0,984				
200	6,0	16,0	14,4	14,4	14,2	14,3	0,11	15,8	15,2	15,2	15,4	0,34
	7,0	18,7	17,4	18,0	17,6	17,6	0,32	18,9	19,6	19,4	19,3	0,33
	8,0	21,3	20,6	20,7	20,2	20,5	0,25	22,5	22,8	22,4	22,6	0,22
	9,0	24,0	23,9	23,5	23,6	23,7	0,24	25,1	24,8	23,6	24,5	0,79
	10,0	26,7	25,8	26,0	25,8	25,9	0,13	27,8	27,1	27,0	27,3	0,43
	11,0	29,3	30,4	31,2	30,3	30,6	0,50	31,2	32,7	29,9	31,3	1,39
	12,0	32,0	31,6	30,7	30,2	30,8	0,70	32,0	31,9	32,3	32,1	0,17
13,0	34,7	32,7	33,6	33,3	33,2	0,46	35,6	34,6	36,9	35,7	1,15	
Retta regressione			$Q_e=2,596 \times v_a$ R ² =0,977					$Q_e=2,741 \times v_a$ R ² =0,981				
300	6,0	24,0	22,2	21,9	21,5	21,9	0,32	21,9	21,3	22,1	21,7	0,41
	7,0	28,0	26,9	26,8	27,0	26,9	0,12	27,3	27,3	27,5	27,4	0,09
	8,0	32,0	31,1	30,6	31,3	31,0	0,37	31,7	31,5	31,7	31,7	0,11
	9,0	36,0	34,6	34,7	35,4	34,9	0,44	36,0	36,1	37,1	36,4	0,60
	10,0	40,0	41,4	40,1	38,7	40,0	1,32	40,4	40,4	40,2	40,3	0,10
	11,0	44,0	46,4	45,2	45,0	45,5	0,73	44,3	44,7	44,9	44,6	0,35
	12,0	48,0	49,4	48,4	49,8	49,2	0,75	48,4	47,8	49,6	48,6	0,94
13,0	52,0	54,9	54,8	54,1	54,6	0,44	53,6	54,0	53,1	53,6	0,43	
Retta regressione			$Q_e=4,036 \times v_a$ R ² =0,978					$Q_e=4,027 \times v_a$ R ² =0,988				

Grafico 3 - Cloruro di potassio: dose effettivamente erogata e velocità di avanzamento



concimi per i quali si manifesta una distribuzione unimodale dell'errore attorno al valore zero. Infatti, il 96,5% delle osservazioni relative a questi 2 concimi presenta un errore di dosaggio $-10\% < \epsilon < +10\%$.

Con riferimento, invece, al concime complesso ternario, la distribuzione dell'errore evidenzia (grafico 5) un

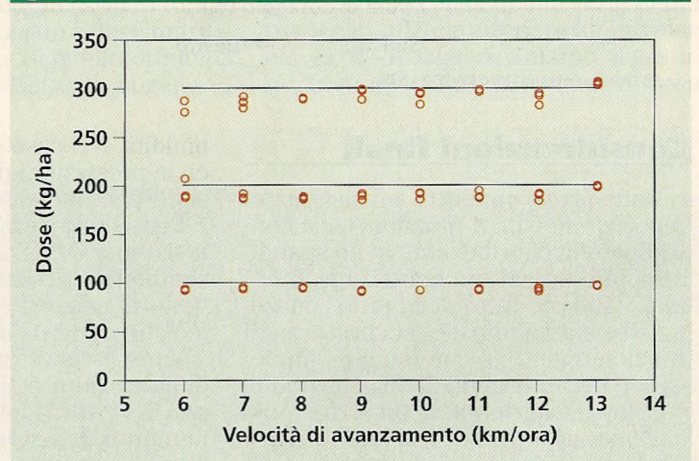
andamento bimodale indotto dalla sovrapposizione dei due comportamenti anomali precedentemente individuati (sovradosaggio sistematico a dose $D=100$ kg/ha; comportamento irregolare a dose $D=300$ kg/ha, cfr. grafico 2).

La relazione sperimentale fra velocità di avanzamento e sezione di ef-

Tabella 6 - Urea perlata: portata erogatori e parametri della regressione lineare

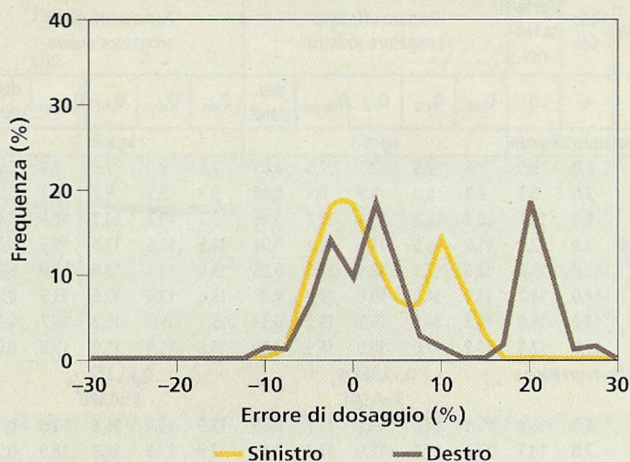
Dose	Velocità	Portata teorica	Portata effettiva erogatore sinistro					Portata effettiva erogatore destro				
			Q _{eS1}	Q _{eS2}	Q _{eS3}	Q _{eSmedio}	dev. stand.	Q _{eD1}	Q _{eD2}	Q _{eD3}	Q _{eDmedio}	dev. stand.
D	v _a	Q	kg/min					kg/min				
100	6,0	8,0	7,5	7,6	7,5	7,5	0,05	7,9	8,0	7,9	7,9	0,05
	7,0	9,3	9,0	8,9	8,9	8,9	0,06	9,3	9,3	9,2	9,3	0,02
	8,0	10,7	10,4	10,2	10,1	10,2	0,16	10,2	10,2	10,3	10,3	0,05
	9,0	12,0	11,2	11,0	11,1	11,1	0,08	11,5	11,5	11,5	11,5	0,03
	10,0	13,3	12,5	12,5	12,5	12,5	0,05	13,0	13,1	13,0	13,0	0,08
	11,0	14,7	13,9	14,0	13,8	13,9	0,08	13,6	13,5	13,5	13,5	0,04
	12,0	16,0	15,5	14,9	15,2	15,2	0,33	15,7	15,7	15,8	15,7	0,06
13,0	17,3	16,9	17,0	16,8	16,9	0,10	15,8	15,8	15,9	15,8	0,07	
Retta regressione			$Q_e=1,268 \times v_a$ R ² =0,994					$Q_e=1,272 \times v_a$ R ² =0,980				
200	6,0	16,0	15,1	16,6	15,2	15,7	0,85	15,3	15,4	15,8	15,5	0,24
	7,0	18,7	17,6	17,5	17,9	17,7	0,19	17,9	17,9	18,3	18,0	0,24
	8,0	21,3	20,3	20,0	20,0	20,1	0,13	20,8	20,3	20,3	20,5	0,31
	9,0	24,0	22,9	22,3	23,1	22,8	0,43	23,1	22,3	23,3	22,9	0,54
	10,0	26,7	25,7	25,0	25,9	25,5	0,50	26,1	25,2	26,3	25,9	0,57
	11,0	29,3	27,5	28,8	27,7	28,0	0,73	27,6	28,8	27,6	28,0	0,69
	12,0	32,0	30,8	29,5	30,9	30,4	0,74	30,8	29,5	31,1	30,5	0,84
13,0	34,7	34,9	34,6	34,9	34,8	0,15	34,4	34,1	34,0	34,2	0,17	
Retta regressione			$Q_e=2,571 \times v_a$ R ² =0,986					$Q_e=2,573 \times v_a$ R ² =0,992				
300	6,0	24,0	23,0	22,1	22,1	22,4	0,53	23,8	23,2	23,3	23,5	0,34
	7,0	28,0	27,3	26,9	26,1	26,8	0,61	27,9	27,9	27,2	27,7	0,41
	8,0	32,0	31,0	30,9	30,8	30,9	0,11	31,6	31,7	31,8	31,7	0,12
	9,0	36,0	36,0	35,8	34,7	35,5	0,71	37,0	36,3	35,1	36,1	0,95
	10,0	40,0	39,5	39,7	37,9	39,0	0,98	40,7	40,7	38,8	40,1	1,09
	11,0	44,0	43,5	44,0	43,7	43,7	0,21	44,6	45,1	44,1	44,6	0,49
	12,0	48,0	47,2	46,9	45,3	46,4	1,03	48,4	47,8	45,8	47,3	1,33
13,0	52,0	53,0	52,7	53,1	53,0	0,23	52,1	51,8	52,2	52,1	0,20	
Retta regressione			$Q_e=3,933 \times v_a$ R ² =0,988					$Q_e=3,991 \times v_a$ R ² =0,994				

Grafico 4 - Urea perlata: dose effettivamente erogata e velocità di avanzamento



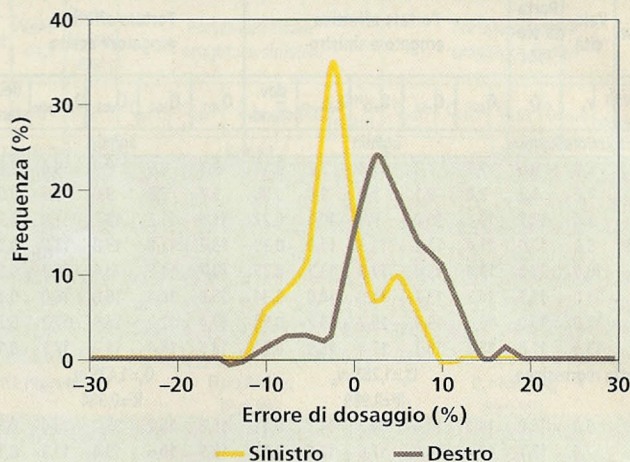
flusso appare lineare solo a partire da un valore di soglia. Infatti, a portate di concime ridotte (corrispondenti a minori sezioni di efflusso), per compensare la maggiore incidenza degli attriti fra concime e bordi della sezione, il legame fra le due grandezze deve essere necessariamente più che proporzionale.

Grafico 5 - Concime complesso ternario: distribuzione dell'errore di dosaggio (*)



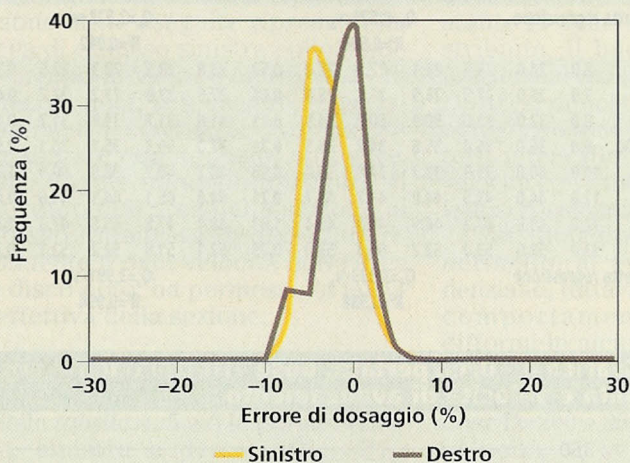
(*) Dosi valutate: 100-200-300 kg/ha.

Grafico 6 - Cloruro di potassio: distribuzione dell'errore di dosaggio (*)



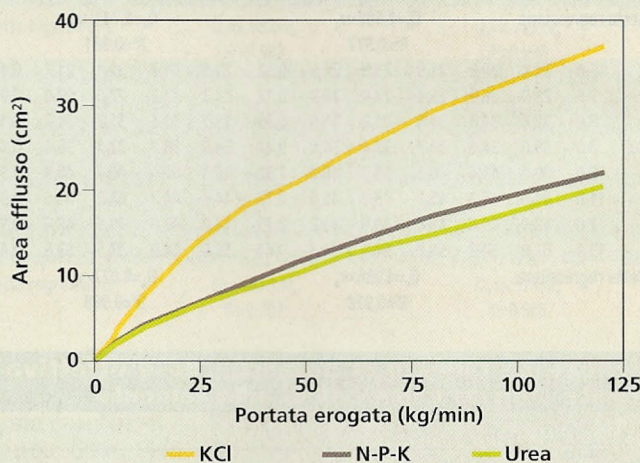
(*) Dosi valutate: 100-200-300 kg/ha.

Grafico 7 - Urea perlata: distribuzione dell'errore di dosaggio (*)



(*) Dosi valutate: 100-200-300 kg/ha.

Grafico 8 - Sezione delle bocche di efflusso e portata



(*) Condizioni di prova: dose D=300 kg/ha

Considerazioni finali

Dalle prove condotte sul sistema di regolazione DPAE Amados per il controllo della distribuzione nello spandiconcime ad azione centrifuga Z-AM Max 1500 prodotto della ditta Amazone, volte a valutarne l'accuratezza di funzionamento, è emerso che, impiegando dosi crescenti di distribuzione:

- con urea agricola, il 100% delle osservazioni presenta un errore $-10\% < \epsilon < +10\%$;
- con cloruro di potassio, il 93,1% delle osservazioni presenta un errore $-10\% < \epsilon < +10\%$;
- con complesso ternario, il 77,1% delle osservazioni presenta un errore $-10\% < \epsilon < +10\%$.

Tuttavia, per quest'ultimo concime, parte della massa impiegata presentava, a fine prova, caratteristiche fisiche anomale dovute all'elevato tasso di

umidità. Nel caso di concimi igroscopici, le prestazioni del sistema di regolazione possono, dunque, essere alterate.

Per l'intera durata del ciclo di prove, il sistema DPAE Amados non ha presentato particolari cedimenti, né a livello di sensori e di attuatori né per ciò che riguarda il computer di bordo.

Va registrata l'assenza in letteratura di indicazioni riguardanti metodologie per la verifica dell'efficacia di funzionamento di sistemi DPAE e di indici che ne sintetizzino la funzionalità. Al riguardo, la procedura di prova messa a punto e applicata nel presente studio si è rivelata, oltre che idonea a raggiungere gli obiettivi prefissati, di semplice gestione e attuabile direttamente in azienda.

La ricerca in atto si completerà con un secondo ciclo di prove, durante il quale verranno monitorate le variazioni di velocità di avanzamento che, in

differenti condizioni operative, si registrano nella concimazione con macchine di tipo convenzionale. Ciò, al fine di stabilire con criterio statistico l'errore di dosaggio commesso con tali macchine; nota la curva di risposta colturale alla dose di concime, la comparazione delle prestazioni fra macchine dotate e prive di DPAE, permetterà il calcolo del vantaggio economico raggiungibile con l'adozione di tali sistemi di controllo.

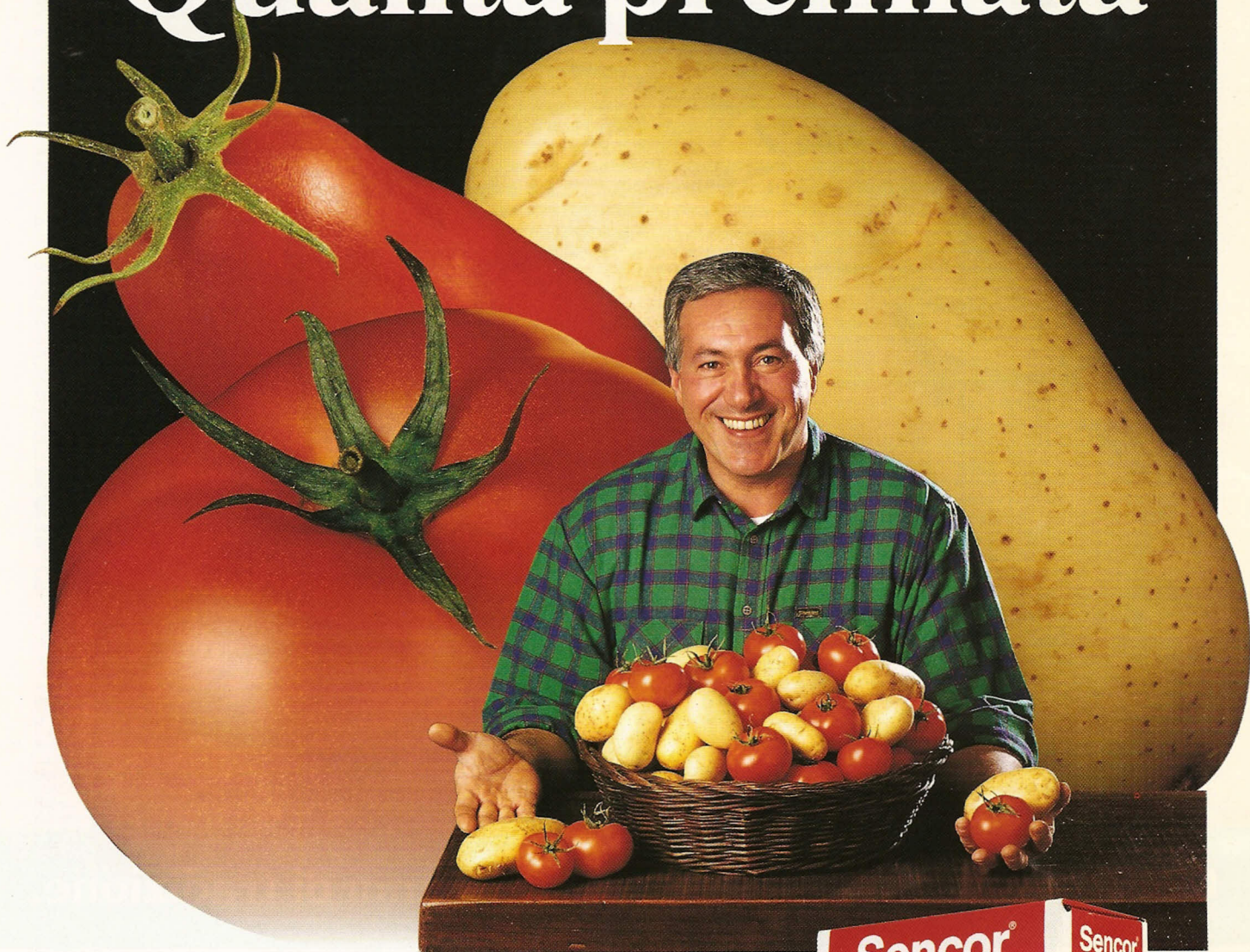
Marco Fiala
Roberto Oberti

*Istituto di ingegneria agraria
Università di Milano*

Nicolò Roveda
*Save spa
Lomagna (Lecco)*

La bibliografia verrà pubblicata negli estratti.

Qualità premiata



Sencor® WG il diserbante selettivo

- ▶ Formulazione microgranulare idrosospensibile
- ▶ Epoca di impiego flessibile ed efficacia a bassi dosaggi
- ▶ Classe tossicologica favorevole e ridotto impatto ambientale
- ▶ Autorizzato su pomodoro, patata, asparago, soia e medica



Flessibilità ed efficacia

Bayer

FDM

Fitofarmaco autorizzato dal Ministero della Sanità. Seguire attentamente le istruzioni.