

Influenza delle diverse tecniche di lavorazione sulle caratteristiche fisico-meccaniche del terreno e sul consumo energetico

A. Arrivo, G. C. Di Renzo, P. D'Antonio

Dipartimento Tecnico Economico per la Gestione del Territorio Agricolo - Forestale. Sezione di Ingegneria Agraria - Sottosezione di Meccanica Agraria - Università della Basilicata - Potenza

Nella presente nota sono riportati i risultati preliminari di una sperimentazione eseguita confrontando, in termini di analisi del fabbisogno di energia e della qualità di lavoro, diverse tecniche di lavorazione e in particolare l'aratura tradizionale (CT) e lavorazione minima (MT) eseguita con un erpice a dischi. L'energia specifica richiesta per il CT è risultata doppia rispetto a quella richiesta per il MT. Nelle parcelle trattate con CT, a profondità superiori a 0,10 m, il contenuto idrico del terreno è risultato più alto e la massa volumica più bassa rispetto a quella misurata nelle parcelle sottoposte a MT. Dal confronto tra diverse tecniche di lavorazione del terreno è scaturito che l'aratura a 0,35 m richiede una spesa di energia quattro volte superiore rispetto alle altre tecniche di lavorazione del terreno utilizzate nelle prove.

Parole chiave: terreno, lavorazioni, energia, struttura.



In the present paper the first results of experimental trials carried out comparing traditional (CT) and minimum tillage (MT), as well as on comparison of 0,35 m deep ploughing, 0,20 m deep ploughing and 0,5 deep subsoiling, are described. The energy requirement for CT is about double time than for MT. The soil treated with CT showed higher water content and lower bulk density than MT, in layers deeper than 0,10 m. The 0,35 m

deep ploughing increase four times the energy cost respects to the other tillage techniques used in the experimental trials.

Key words: soil, tillage, energy, soil structure.

1. Introduzione

L'ottimizzazione dell'accoppiamento operatrice-motrice, risulta strettamente correlata al costo di produzione della coltura, poiché attraverso tale ottimizzazione è possibile ridurre considerevolmente i consumi di combustibili e massimizzare l'indice di utilizzazione globale della trattrice, dai quali dipende l'incidenza

delle quote di ammortamento sul costo di produzione.

Pertanto, la misura diretta dell'energia totale assorbita durante la lavorazione, in particolare modo se effettuata segregando le singole utenze della trattrice (gancio di traino, attacco a tre punti, sollevatore idraulico, presa di potenza e circuito idraulico con innesti rapidi esterni) può consentire di individuare con precisione la

potenza e il tipo di motrice da impiegare per l'azionamento di una determinata operatrice.

Molti studi sono stati eseguiti su sistemi per la misura del fabbisogno di energia da parte delle macchine operatrici agricole e da tutti si evince che esiste un ampio margine di intervento per ridurre i consumi di energia e ottimizzare il rapporto tra motrice e operatrice, sia modificando gli attrezzi

Progetto finalizzato Produzione Agricola Nella Difesa dell'Ambiente (PANDA) - Sottoprogetto 2, Serie 1, Gruppo 2, Sistemi culturali. Pubblicazione n. 49.

utilizzati per la lavorazione e le relative modalità di impiego (forma dell'attrezzo, profondità di lavoro, ecc.) (6,7), sia trasformando le operazioni colturali (eliminando le lavorazioni profonde e sostituendo il tradizionale aratro rivoltatore con attrezzi alternativi) (4,5).

Quindi, alla luce di tali esperienze è stata iniziata un'attività di ricerca che ha come obiettivo la definizione dell'influenza delle diverse tecniche di lavorazione sulle caratteristiche fisico-meccaniche del terreno e sul consumo energetico. In particolare nell'ambito delle numerose tecniche di lavorazione del terreno lo studio è stato focalizzato sul confronto, sempre in termini di analisi del fabbisogno di energia e della qualità di lavoro, tra diverse tecniche di lavorazione (aratura tradizionale, scarificazione profonda, aratura superficiale, ecc.) e, in particolare tra aratura tradizionale (CT) e lavorazione minima (MT) eseguita con un erpice a dischi.

Tale sperimentazione è stata eseguita in collaborazione con diverse U.O. (Dipartimento di Produzione Vegetale dell'Università della Basilicata Sez. di Coltivazioni erbacee e Sez. di Arboricoltura, Istituto di Agronomia dell'Università di Bari) eseguendo i rilievi nelle parcelle destinate alle prove agronomiche.

2. Materiali e metodi

L'attività di ricerca è stata articolata in collaborazione con altre due U.O. del progetto PANDA, sottoprogetto II - Sett. 2 A e sono state eseguite le seguenti prove:

- in collaborazione con il Dipartimento di Produzione Vegetale dell'Università della Basilicata, confronto tra lavorazione tradi-

zionale (aratura a 0,35 m di profondità con aratro bivomere con larghezza di lavoro pari a 0,80 m) e lavorazione ridotta (erpice a dischi frangizolle con larghezza di lavoro pari a 2,20 m) di parcelle coltivate a maggese, cece, veccia e frumento. La macchina motrice utilizzata per le prove è una trattoria FIATAGRI 90-110;

- in collaborazione con l'Istituto di Agronomia dell'Università di Bari, prove comparative tra aratura profonda (aratro bivomere a 0,35 m di profondità con larghezza di lavoro di 0,90 m), aratura superficiale (aratro pentavomere a 0,20 m di profondità con larghezza di lavoro pari a 1,9 m) e discissura profonda del terreno (scarificatore a 0,50 m di profondità con larghezza di lavoro pari a 1,70 m). La macchina motrice utilizzata per le prove è una trattoria FIATAGRI 140 DT.

Per le prove eseguite a Corleto è stata effettuata una misura diretta e una indiretta dell'energia richiesta per la lavorazione. Per la misura diretta è stata impiegata una metodologia che costituisce il protocollo standard di prova messo a punto da questa U.O., per la definizione della qualità di lavoro delle macchine per la lavorazione del terreno e per la misura diretta dell'energia richiesta dalle operatrici, ed è basata sull'impiego delle seguenti attrezzature sperimentali: carotatore per il prelievo di campioni indisturbati di terreno e carrello portattrezzi equipaggiato con la strumentazione elettronica per la misura e registrazione di grandezze meccaniche.

Il carrello, rispetto alle precedenti versioni nella (1,3) è stato ulteriormente migliorato dal punto di vista della sensoristica applicata, secondo quanto riportato nei seguenti punti:

- un sensore per la misura della profondità di lavorazione degli attrezzi utilizzati per la lavorazione del terreno;

- il data logger di tipo tradizionale è stato sostituito con un controllore programmabile interfacciato a un computer attraverso un ponte radio, al fine di ottenere una misura ed elaborazione in tempo reale dei dati acquisiti. Per tale scopo è stato realizzato un nuovo software di acquisizione e gestione dei dati che, consente di visualizzare in finestre il segnale di ogni sensore e quindi di poter controllare in ogni momento le condizioni di lavoro dell'operatrice.

Per ogni singola prova sono state eseguite le seguenti operazioni, che nel seguito verranno indicati con il termine "campionamento":

- prelievo del campione indisturbato di terreno prima della lavorazione (profondità 0,6-0,8 m) (2);

- esecuzione della lavorazione e misura di tutte le grandezze meccaniche utili ai fini della determinazione dell'assorbimento di energia (nel caso specifico sforzo di trazione e velocità di avanzamento) e della profondità di lavoro;

- prelievo del campione indisturbato dopo la lavorazione (profondità 0,6-0,8 m).

Sui campioni indisturbati sono state determinate le seguenti caratteristiche: massa volumica del campione t.q., massa volumica del campione essiccato a 105 °C per 24 h e umidità del campione. A tal proposito va precisato che i campioni, raccolti in colonna di altezza pari a 0,6 - 0,8 m circa, sono stati sezionati in modo da poter determinare, i parametri su indicati nei seguenti strati: 0-15 cm, 15-30 cm, 30-45 cm e, infine >45 cm.

Nella prova A per ogni coltura (frumento, cece, veccia e mag-

gese) e per ogni trattamento (lavorazione tradizionale e minimum tillage) sono state eseguiti n. 2 "campionamenti". Nella prova B per ogni lavorazione sono stati eseguiti n. 2 "campionamenti".

Per la misura indiretta dell'energia richiesta per le lavorazioni è stato determinato, con rilievo diretto in campo, il consumo di combustibile per l'esecuzione delle lavorazioni, il tempo richiesto e la superficie effettivamente lavorata.

3. Risultati e discussione

3.1 Confronto tra CT e MT

3.1.1 Umidità del terreno.

Dal confronto tra CT e MT, nel corso del primo anno di prove è risultata una evidente differenza del contenuto di acqua presente nel terreno in particolare all'aumentare della profondità. Infatti, nel corso del 1993 nelle parcelle sottoposte a CT, nel profilo da 0 a 0,5 m di profondità, il contenuto di acqua è risultato decrescente all'aumentare della profondità, tuttavia i valori rilevati negli strati inferiori a 0,1 m, sono sempre stati superiori a quelli misurati

nelle parcelle trattate con MT (fig. 1). Per cui, alla luce dei primi risultati ottenuti, è possibile affermare che con CT è possibile aumentare sensibilmente la riserva idrica del terreno.

Tuttavia, allorché si determinano condizioni di carenza di precipitazioni nei mesi invernali e primaverili, così come si è verificato nel corso del 1994, il contenuto idrico del terreno, sia con CT e che con MT, decresce fino a valori inferiori al 15%, per cui le differenze tra le diverse lavorazioni tendono a scomparire.

3.1.2 Massa volumica del terreno. La massa volumica dei campioni prelevati nelle parcelle sottoposte a CT è risultata superiore a quella delle parcelle trat-

tate con MT nello strato più superficiale (0 - 0,1 m di profondità), a dimostrazione dell'energica azione svolta dall'erpice amminutatore che, agendo sugli strati superficiali, consente una migliore formazione di piccoli aggregati. Tuttavia, come si

evince dal confronto di figura 2 e 3, l'azione di amminutamento ottenuta con il MT risulta limitata agli strati più superficiali. Invece, la massa volumica degli strati più profondi nelle parcelle trattate con MT presenta una tendenza all'incremento, la cui significatività è da verificare con ulteriori prove.

Considerando l'evoluzione della massa volumica nel tempo, risulta evidente che nel caso della CT la massa volumica del terreno nel corso dei due anni, per la totalità del profilo sottoposto a campionamento, non è stata soggetta a sensibili modificazioni, mentre nel caso della MT è stato verificato, nel corso dei due anni un incremento di tale parametro, che

Figura 1 - Confronto tra l'umidità del terreno nelle parcelle sottoposte a lavorazione convenzionale (CT) e lavorazione minima (MT)

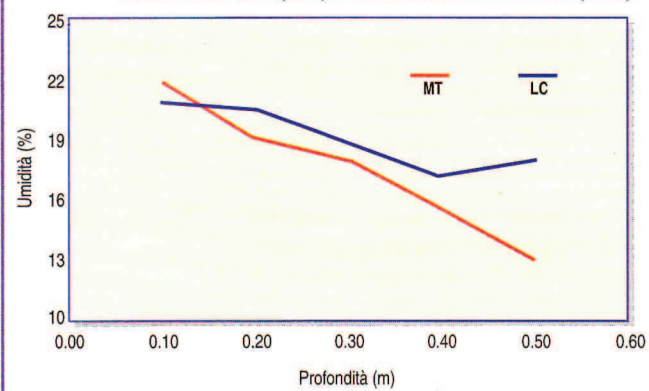


Figura 2 - Massa volumica dei campioni prelevati a diverse profondità nelle parcelle trattate con LC

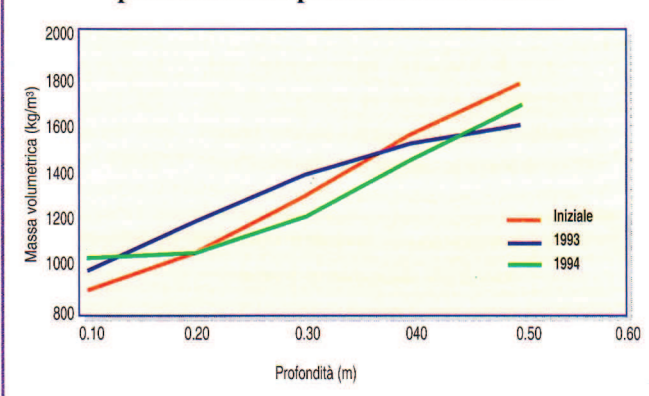
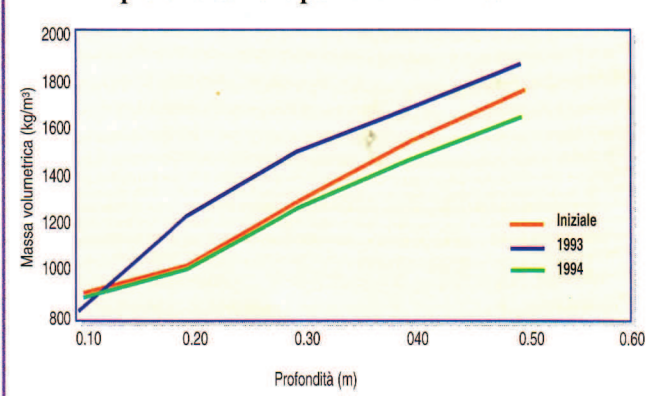


Figura 3 - Massa volumica dei campioni prelevati a diverse profondità nelle parcelle trattate con MT



potrebbe essere un indice di un progressivo compattamento del terreno negli strati più profondi.

3.1.3 Aspetti meccanici ed energetici. Come si evince dalla tabella 1, nei due anni in cui sono state eseguite le prove, le diverse

to con misura in continuo, per cui è stato possibile regolare in modo molto accurato tale parametro e soprattutto evitare di eseguire la lavorazione in condizioni difformi rispetto a quanto programmato, così come era avvenuto nel 1993.

macchina operatrice è possibile affermare che per il CT il tempo richiesto è di circa 4 volte superiore rispetto a quello richiesto per il MT. A fronte di tale differenza anche il consumo teorico di combustibile riferito all'unità di superficie risulta considerevolmente superiore per il CT rispetto al MT, come misurato nel primo anno. Anche se tali differenze risultano sensibilmente attenuate migliorando il controllo della profondità di lavoro.

La capacità di lavoro operativa e quindi il tempo richiesto per l'esecuzione della lavorazione risultano sensibilmente differenti rispetto a quelli effettivi determinati attraverso la misura diretta, infatti nella misura diretta la capacità di lavoro e di conseguenza il tempo di lavorazione sono determinati al netto dei tempi di svolta e attraverso una misura del tempo effettivo richiesto dalla macchina per l'esecuzione della lavorazione.

Tuttavia, la differenza tra capacità di lavoro effettiva ed operativa è risultata pari al 12% nel caso del CT e pari a circa il 45% nel caso della MT. Una tale differenza nel caso della MT va probabilmente addebitata alle diverse condizioni operative determinatesi nel corso delle prove. Vale a

Tabella 1 - Larghezza di lavoro e valori medi delle grandezze meccaniche misurate durante le prove

Lavorazione	Larghezza di lavoro della macchina m	Velocità effettiva di avanzamento m/s	Profondità di lavorazione m	Tiro daN
1993				
CT	0,80	1,28	0,34	2.389
MT	2,20	2,08	0,06	566
1994				
CT	0,80	0,83	0,39	4.068
MT	2,20	0,97	0,12	2.965

caratteristiche del terreno hanno imposto diverse condizioni nell'esecuzione delle lavorazioni. Infatti, il minor contenuto idrico del terreno ha determinato un sensibile incremento della tenacità del terreno, dimostrato dal sensibile incremento dello sforzo di tiro esercitato dalla motrice e che ha determinato un decremento della velocità di avanzamento della macchina nel corso della lavorazione.

A tal proposito va inoltre evidenziato che, nel corso delle prove eseguite nel 1994, è stato migliorato il sistema di monitoraggio della profondità di lavoro, infatti da un sistema di misura manuale e discontinuo si è passati a uno automatizza-

Dalla tabella 2 si evince che la capacità di lavoro effettiva per CT risulta sensibilmente più bassa rispetto a quella ottenuta con la MT. La differenza misurata per la stessa tecnica di lavorazione nei due anni di sperimentazione, va ricondotta sia alle diverse condizioni del terreno sia alla diversa profondità di lavoro a cui è stata eseguita l'operazione colturale.

Pertanto, attraverso la misura diretta dell'energia assorbita dalla

Tabella 2 - Capacità di lavoro effettiva, tempo di lavorazione effettivo e grandezze meccaniche calcolate attraverso la misura diretta dell'energia

Lavorazione	Capacità di lavoro effettiva ha/h	Tempo di lavorazione effettivo ha/h	Potenza media assorbita kW	Potenza media specifica kW/m	Energia specifica kWh/ha	Consumo di combustibile teorico kg/h kg/ha	
1993							
CT	0,37	2,72	30,48	38,10	82,94	13,30	36,19
MT	1,65	0,61	11,76	5,35	7,15	5,13	3,12
1994							
CT	0,23	4,42	31,97	39,96	141,27	13,95	61,65
MT	0,77	1,31	28,69	13,04	37,49	12,52	16,36

Tabella 3 - Capacità di lavoro operativa, tempo di lavorazione operativo e consumo di combustibile misurati in campo. Energia specifica richiesta per la lavorazione misurata indirettamente

Lavorazione	Capacità di lavoro operativa ha/h	Tempo di lavorazione operativo	Consumo di combustibile misurato		Energia specifica kWh/ha
			l/ha	kg/h	
1993					
CT	0,30	3,33	43,00	11,35	86,72
MT	0,90	1,11	6,00	4,75	12,10
1994					
CT	0,20	5,00	73,00	12,85	147,22
MT	0,43	2,33	31,00	11,73	62,52

dire che allorché è stata eseguita la misura diretta l'operatore ha posto maggiore cura nel man-

tenza per le operazioni di CT (n_a) e MT (n_b). Tale coefficiente è risultato elevato tranne nel caso del

MT del 1993, lavorazione che per lo stato di consistenza del terreno superficiale è stato eseguito a una profondità molto ridotta, con conseguente

contenimento della potenza assorbita (tab. 4).

Tabella 4 - Coefficiente di utilizzazione della potenza per le macchine impiegate per le lavorazioni

Coefficiente di utilizzazione della potenza	1993		1994	
Va	0,46		0,48	
Ve	0,18		0,43	

tenere costante la velocità e nell'ottimizzare i tempi di svolta, mentre nell'esecuzione della lavorazione su tutte le parcelle sperimentali, tale cura si è ridotta, per cui i tempi di lavoro sono risultati sensibilmente più lunghi.

Allo scopo di valutare la bontà dell'accoppiamento motrice-operatrice è stato calcolato il coefficiente di utilizzazione della po-

3.2 Confronto tra aratura profonda, aratura superficiale e scarificazione

Dalle prove di confronto tra aratura profonda, aratura superficiale e scarificazione è scaturito che la potenza specifica per

l'azionamento dell'aratro bivomere impiegato per l'aratura profonda, risulta nettamente superiore rispetto a quella richiesta per l'azionamento dello scarificatore e dell'aratro polivomere.

A fronte di tale differenza, che costituisce un fondamentale vincolo ai fini dell'esercizio delle operazioni, in quanto impone a livello aziendale la scelta di motrici di potenza maggiore a parità di

capacità di lavoro, l'energia specifica richiesta per la lavorazione risulta 4 volte superiore per l'aratura profonda. Tali dati, vanno accuratamente valutati alla luce dei risultati agronomici, attraverso i quali è possibile pervenire a una valutazione complessiva delle lavorazioni e quindi all'opportunità o meno di sostituire l'aratura profonda con lavorazioni meno "onerose" dal punto di vista energetico e della potenza installata (tab. 5).

4. Miglioramenti previsti per l'attrezzatura per la misura diretta in campo dell'energia assorbita dalle operatrici

Sulla base dei risultati ottenuti nel corso delle prove sperimentali l'attrezzatura realizzata per la mi-

Tabella 5 - Grandezze meccaniche rilevate e calcolate per il confronto delle operazioni di aratura profonda, aratura superficiale e scarificazione

Operazione	Profondità di lavoro	Larghezza effettiva di lavoro	V media	Tiro	Cap. lav.	Potenza media	Potenza specifica	Energia specifica
	m	m	m/s	dN	ha/h	kW	kW/m	kWh/ha
Scarificazione	0,50	1,9	1,46	3483	1,19	50,97	26,83	43,00
Aratura	0,35	0,9	1,47	4357	0,48	64,17	71,30	134,48
Aratura con polivomere	0,20	1,7	1,47	3167	0,96	46,70	27,47	48,87

sura diretta in campo dell'energia assorbita dalle operatrici è stata soggetta a progressive revisioni che hanno dato luogo a una profonda trasformazione del sistema di acquisizione.

Il sistema di acquisizione inizialmente è nato come un data logger con registrazione dei dati su memory card e in grado di monitorare le seguenti grandezze meccaniche: sforzo di tiro, velocità di avanzamento, coppia e velocità di rotazione della p.d.p. e, infine portata e pressione del sollevatore e dell'eventuale circuito idraulico a servizio dell'operatrice. Tuttavia, la necessità di poter verificare in tempo reale i dati acquisiti e il funzionamento dei sensori, nonché di rendere più complete le informazioni acquisite, il sistema è stato soggetto a un miglioramento che darà luogo alla seguente configurazione:

- sistema di acquisizione con collegamento, tramite ponte radio, a un PC;
- software per il monitoraggio ed elaborazione in tempo reale delle grandezze meccaniche acquisite;
- integrazione dei sensori attualmente presenti con quelli per: la misura della profondità di lavoro, della pendenza degli appezzamenti, della portata di combustibile e dello slittamento.

5. Conclusioni

Alla luce dei risultati ottenuti nei primi due anni di attività di ricerca è possibile trarre le seguenti considerazioni:

- per il monitoraggio dell'umidità del terreno e della relativa massa volumica è necessario ese-



guire un campionamento per ogni stagione, anche se tale pratica può determinare interferenze con le prove agronomiche in corso sulle parcelle;

- per migliorare il sistema per la misura diretta dell'energia assorbita dalle operatrici è necessario il completamento dell'attrezzatura sperimentale nel senso che, oltre al sensore per la misura della profondità di lavoro, già aggiunto e attualmente in fase di sperimentazione, è necessario disporre di un sensore per la misura in continuo della portata di combustibile in ingresso nel motore, al fine di poter determinare la portata istantanea e il peso di gasolio utilizzato per la lavorazione, senza dover ricorrere a imprecise misure manuali. Inoltre è prevista la misura dello slittamento della trattrice, al fine di poter pervenire con certezza alla determinazione del rendimento al gancio della motrice.

Pertanto, i risultati ottenuti, in-

tegrati con più raffinati sistemi di acquisizione, verranno sottoposti a una verifica nel corso del 3° anno, al fine di poter pervenire a una sicura definizione dell'influenza delle diverse tecniche di lavorazione sulle caratteristiche fisico-meccaniche del terreno e sul consumo energetico.

BIBLIOGRAFIA

(1) ARRIVO A., D'ANTONIO P., DI RENZO G. C., GALLO L., *Universal truck equipped with instruments for testing trailing-type and mounted implements*, International Conference on Agricultural Engineering, Milano 29 Agosto-1 Settembre 1994, 559-561.

(2) ARRIVO A., D'ANTONIO P., GALLO L., *Strumento per il prelievo di campioni indisturbati di terreno agrario*, V Convegno Nazionale A.I.G.R., Maratea 7-11 giugno 1993, 4, 137-143.

(3) ARRIVO A., DI RENZO G.C., GALLO L., *Un carrello universale portattrezzi equipaggiato con strumentazione per il rilievo di grandezze meccaniche su macchine operatrici sia di tipo trainato che portato*, V Convegno Nazionale A.I.G.R., Maratea 7-11 giugno 1993, 4, 101-108.

(4) BONARI E., MAZZONCINI M., PERUZZI A., *Effects of conventional and minimum tillage on winter oilseed rape (Brassica napus L.) in a sandy soil*, Soil & Tillage Research, 33, 1995, 91-108.

(5) LOWREY A. SMITH, *Energy requirements for selected crop production implements*, Soil & Tillage Research, 25, 1993, 281-299.

(6) PERDOK U.D., KOUWENHOF J.K., *Soil-tool interactions and field performance of implements*, Soil & Tillage Research, 30, 1994, 283-326.

(7) PERUZZI A., BRUNELLO CONSORTI S., DI CIOLO S., *Discussura del terreno con attrezzi vibranti portati e trainati*, Rivista di Ingegneria Agraria, 3, 1988, 149-156.