

PIER FRANCESCO GALIGANI

ARATRO: ASPETTI STORICI,
TECNICI, AGRONOMICI*

Un antico detto toscano così recita: *La Terra da vivi è bassa e da morti è pesa* (pesante). Mentre è facilmente comprensibile il significato della seconda parte del “proverbio”, la prima parte, cioè *terra bassa*, è sinonimo di fatica in quanto l’uomo, per operare su di essa deve flettersi continuamente con notevole dispendio di energia. Ed è per questo, per alleviare questa fatica che l’uomo da tempi immemorabili ha cercato soluzioni di vario genere utilizzando dapprima il motore animale e successivamente il motore meccanico rappresentato, in campo agricolo da quello esotermico (motore a vapore) a quello endotermico dell’era moderna.

Ma per utilizzare al meglio questa forza traente e ottenere un substrato idoneo alla vita delle piante la soluzione più congeniale è rappresentata dall’utilizzazione di quell’attrezzo, denominato aratro, la cui evoluzione, iniziata nella preistoria, continua ancor oggi.

L’uomo passando da una nutrizione basata sulla caccia e sulla raccolta dei frutti spontanei si rese conto della necessità di intervenire sulla superficie del terreno per consentire la nascita e la crescita delle piante destinate alla sua alimentazione.

Questa incombenza fu dapprima attribuita alle donne unitamente alla raccolta dei frutti mentre l’uomo si dedicava alla caccia e solo

* In occasione della mostra sul tema *Evoluzione dell’aratro nella Toscana dei Lorena*, svoltasi nel 2002 a cura dell’Accademia dei Georgofili e del Gabinetto Vieusseux, il prof. Pier Francesco Galigani aveva svolto una relazione nella giornata di presentazione (10 aprile). Seppure a distanza di alcuni anni, in ricordo del compianto accademico Galigani, deceduto il 4 ottobre 2005, pubblichiamo quella relazione rimasta finora inedita.

in un secondo tempo uomini e donne insieme operavano per la produzione di derrate.

Questo passaggio dalla vita nomade a quella stanziale favorì quel processo che successivamente fu chiamato agricoltura. Processo lento perché il lavoro agricolo, svolgendosi nei luoghi più disparati, in climi diversi e presso popoli diversi, non potendo usufruire per lungo tempo di uno scambio di esperienze tra gli addetti al lavoro non ebbe quell'accelerazione che invece caratterizzò e caratterizza tutt'ora il lavoro industriale specie nell'ammodernamento dell'attrezzatura produttiva.

La pianta infatti per vivere, costruire la propria struttura e fruttificare, necessita sia dell'energia solare e dell'anidride carbonica per sviluppare il processo fotosintetico, sia dell'acqua e degli elementi nutritivi che si trovano nel suolo sul quale, tra l'altro, essa si aggrappa, ancorandosi.

Ed è per migliorare l'habitat delle giovani piantine destinate a produrre, per consentire loro una buona emergenza e difenderle dalla competizione delle altre piante indesiderate che l'uomo primitivo dapprima usò il bastone per forare il terreno e apporvi il seme, successivamente modificò lo stesso bastone opportunamente sagomato (zappa) per terreni più difficili impiegandolo a percussione. È questo bastone uncinato l'antesignano dell'aratro che successivamente passò dal traino umano a quello animale e rappresentò per millenni il mezzo principe per la lavorazione del terreno, lentamente evolvendosi con semplici adattamenti e modifiche e l'utilizzo di metalli che l'ingegno umano veniva mano a mano realizzando.

Il mio primo maestro, il prof. Giovanni Vitali¹, al quale va oggi il mio commosso ricordo, già presentò in questa stessa sede una lettura sulle origini e lo sviluppo dell'aratro dai primordi alla prima metà del secolo passato ed è a questo lavoro che indirizzo coloro che desiderano approfondire l'argomento.

Ma prima di affrontare la descrizione della macchina è opportuno considerare ciò che la stessa è chiamata a fare per rendere produttivo il terreno stesso.

L'intervento dell'attrezzo sul terreno ha lo scopo di creare in esso le condizioni più favorevoli alla nascita, crescita e sviluppo delle

¹ G. VITALI, *L'evoluzione dell'aratro nell'agricoltura italiana*, Memoria letta all'Accademia dei Georgofili nell'adunanza dell'8 febbraio 1942.

piante coltivate dall'uomo per le proprie esigenze alimentari, curative industriali e di fibra. Onde ottenere queste condizioni è necessario in primo luogo esercitare il controllo della vegetazione spontanea per evitare la competizione fra piante coltivate e infestanti, in secondo luogo aumentare la porosità del terreno (macropori) onde favorire la penetrazione delle radici e la loro aereazione, permettere la percolazione e l'immagazzinamento dell'acqua e, al tempo stesso, rallentarne l'evaporazione. Oltre a ciò la lavorazione del terreno ha lo scopo di interrare i residui organici di colture precedenti, incorporare i fertilizzanti organici e inorganici particolarmente per alcuni di quest'ultimi come i fosfatici e i potassici che, com'è noto, mancano di mobilità.

Per quanto concerne la profondità di tale lavorazione è necessario tenere presente il fenomeno dell'erosione che, specie nei terreni declivi, può rappresentare pericoli non indifferenti sia al momento che nel tempo causando l'asportazione dello strato superficiale notoriamente più fertile perché più ricco di sostanza organica. Per ottenere questi risultati e a seconda dello stato iniziale del terreno sono necessari una serie d'interventi che vanno dalla prima sistemazione del suolo, al modellamento, all'asportazione delle specie arboree e arbustive, dall'allontanamento di eventuali trovanti rocciosi, alla diceppatura arborea e arbustiva, alla discissura del suolo e infine all'aratura che rappresenta, o meglio, rappresentava fino a pochi anni fa, l'intervento basilare per l'esercizio dell'agricoltura visto che oggi, per merito (o demerito?) dei diserbanti questa pratica è messa in discussione con le nuove tecniche di minima lavorazione (minimum tillage) e addirittura non coltivazione (soil seeding).

Ho già anticipato, all'inizio di questa lettura, le ipotesi che si sono fatte circa l'origine di questo attrezzo così importante che la sua invenzione fu dagli egizi attribuita a Osiride, dai fenici a Dagone, dai greci a Cerere e Minerva, dai cinesi al loro Re Ching Cong mentre per gli Sciiti (secondo Erodoto) sarebbe caduto dal cielo: dallo studio dei reperti archeologici, dai graffiti e dalle sculture ritrovate si può ipotizzare l'evoluzione che l'aratro ha avuto nel tempo fino ai giorni d'oggi².

² Si vedano ora sull'argomento anche i saggi di Gaetano Forni, allora in corso di stampa, nell'opera edita dall'Accademia dei Georgofili: G. FORNI, *Culture, lavori, tecni-*

Per secoli e secoli l'aratro era di tipo simmetrico cioè apriva un solco spingendo la terra dalle due parti laterali; così infatti lavorava il primitivo ramo uncinato, trainato dall'uomo (e successivamente dagli animali) con lievi e continue modifiche volte prevalentemente ad allargare il solco e a controllarne l'andamento mediante la o le stegole.

Questo aratro simmetrico era l'antesignano dell'assolcatore moderno; lavorava a 15-20 cm di profondità sradicando il manto erboso più o meno bene a seconda del parallelismo e della vicinanza dei solchi. Per eliminare la copertura erbacea era però necessario intervenire più volte in tempi successivi operando solcature ortogonali alle precedenti³.

Erano attrezzi in legno con una stanga⁴ obliqua che terminava entro un ceppo disposto orizzontalmente forgiata a punta e con una colonnetta pressoché in posizione centrale che consentiva di mantenere fisso l'angolo di penetrazione mentre una o due stegole, ancorate al corpo stesso, consentivano al bifolco il controllo dell'attrezzo durante l'impiego.

Bifolco perché in toscana il motore animale era costituito generalmente da una coppia di buoi (giovenchi)⁵ allevati e domati proprio da questo componente della famiglia contadina che abituava, fin dal decimo-dodicesimo mese di vita i due animali, privati dei loro attributi maschili per renderli più docili a sottostare al giogo nel pieno rispetto, fin dall'inizio, della posizione di ciascuno relativamente all'avanzamento (destra e sinistra).

Il giogo (realizzato con legname dolce tipo faggio e olmo per non "scaldare" il garrese ed evitare di conseguenza piaghe dolorose) oltre al sottogola, portava al centro un anello nel quale si appoggiava la bure dell'aratro tenuta ferma da un cavicchio in ferro inserito in uno dei fori della stanga ottenendo, in tal modo, di variare l'inclinazione della stessa aumentando o diminuendo la profondità di lavoro.

che, rendimenti, in *Storia dell'agricoltura italiana*, I, *L'Età Antica*, 1, *Italia Romana*, Firenze, 2002, pp. 63-153; Id., *Strumenti e macchine agricole dal Medioevo a Rinascimento*, in *Storia dell'agricoltura italiana*, II, *Il Medioevo e l'età Moderna*, cit., pp. 579-632 (Nota della Redazione).

³ Columella consigliava una solcatura dritta e una obliqua impiegando un attrezzo con ali laterali (denominato *aurista*).

⁴ Stanga (detta anche bure o pertica): trave in legno di essenza forte come olmo, frassino, robinia.

⁵ Esiodo attribuisce l'aggiogamento dei buoi a un eroe greco di nome Buzige.

Le due “nasiere”, a forma di forbice assicurate al frontale degli animali servivano al colono a incitare, unitamente a qualche colorita invettiva, la coppia bovina.

Il vomere fu difeso dall'usura dapprima con una pietra di selce inserita nel ceppo coprendone successivamente la sua parte anteriore con una sfoglia di rame e in tempi successivi applicando alla punta un manufatto prima in bronzo e poi in ferro. Questo aratro primitivo, denominato aratro chiodo, è arrivato fino all'epoca moderna ed è ancor oggi operante non solo nei paesi del terzo mondo, ma anche in alcune delle nostre regioni. La simmetria del corpo lavorante, penetrando come un cuneo nel terreno, consentiva l'apertura di questo lasciando ai due lati il terreno smosso facilitato in questa operazione da due tavolette aggiuntive sui due lati dello stesso.

Altre interessanti modifiche furono apportate nel tempo forgiando il puntale del ceppo a forma di lancia per esercitare un taglio orizzontale (vomere) mentre per evitare l'ingolfamento dell'attrezzo da parte della vegetazione esistente si collocò, in Inghilterra, in posizione anteriore un robusto coltello inserito obliquamente nella stanga (bure) per favorire il sollevamento e l'allontanamento di eventuali ostacoli come pietre o grosse radici.

Volendo approfondire la lavorazione diventò più difficile il controllo dell'attrezzo con le sole stegole da parte dell'operatore e pertanto s'introdusse un carrello di legno (dapprima con ruote piene) sul cui assale si fissò il timone dell'aratro. Questo perfezionamento d'indubbia rilevanza si può datare nei primi anni d.C. dato che Plinio il vecchio (24 d.C.-79 d.C.) scrive che nella Rezia Gallica l'aratro con carrello a ruote già esisteva e veniva chiamato *planaratro*.

Prende così corpo uno strumento sufficientemente perfezionato che per molti altri secoli, dal periodo romano al Settecento, lavorò il terreno presso i popoli più evoluti in campo agricolo.

Sul finire del XVIII secolo fu realizzato in America il primo aratro completamente metallico (nel 1918 da Jethro Wood) che, prodotto su scala industriale, fu esportato in tutto il mondo dando origine a una serie di studi per perfezionarlo a opera di studiosi, artigiani, agricoltori e tecnici agricoli.

L'impiego del ferro permise di realizzare (in Inghilterra per opera dell'Howard) un attrezzo asimmetrico che rovesciava la terra seppellendo il cotico erboso e gli eventuali elementi fertilizzanti distribuiti dall'uomo, come pure i resti delle coltivazioni precedenti dotando,

in tal modo, lo strato attivo superficiale di quella preziosa materia organica indispensabile per esaltare la fertilità di un suolo.

La struttura metallica, per le sue peculiari caratteristiche di duttilità e resistenza, consentì uno studio più razionale dell'aratro volto a migliorare la movimentazione della terra, diminuire lo sforzo di trazione e di conseguenza approfondire la lavorazione stessa.

È così che sul finire del XVIII e l'inizio del XIX secolo si ebbero nel centro Europa numerosi studi e realizzazioni di modelli tra i quali ricordiamo quelli dello Small, dell'Arbuthnot⁶, del Sims, del Ransome, del Valcourt, dell'Oliver, del Grangè⁷.

Anche in Italia un folto numero di appassionati si dedicò alla realizzazione di aratri asimmetrici applicando ai tradizionali aratri locali le modifiche che ritenevano opportune, desunte dall'esame di altri modelli.

Sorge qui una diversificazione fra la dizione aratro e quella di coltro cioè, come già accennato, tra aratro simmetrico e asimmetrico. Quest'ultimo in Italia veniva denominato coltro mentre in Francia, dato che era carrellato, veniva chiamato charrue.

Ma finché la costruzione di queste attrezzature rimase agli empirici non si ebbero perfezionamenti ma "adattamenti all'ambiente" come già accennato precedentemente.

Una svolta positiva si ebbe quando si cominciò a studiare in America, dopo la guerra d'indipendenza, a opera del Jefferson (presidente degli Stati Uniti nonché accademico dei Georgofili)⁸, in Europa del Gibs⁹, del Valcourt e dell'Oliver e in Italia dal Ridolfi e Lambruschini, la teoria del distacco della fetta e del suo più razionale rovesciamento che consentì di realizzare profili più idonei ed efficienti del vomere, coltello (o coltro) e versoio ancor oggi tenute in considerazione dagli industriali del settore nell'approntamento dei modelli moderni.

In questo periodo si affermò nel centro Europa lo charrue belge successivamente modificato dallo Schwartz finché, per merito del francese Dombasle, si elaborò una nuova teoria dell'aratro realizzando uno specifico modello. Il signor Machet di Ginevra modificò il

⁶ Arbuthnot: nel 1774 pubblicò una sua teoria sul versoio dell'aratro.

⁷ Grangè: questo aratro ebbe in toscana una notevole diffusione.

⁸ Jefferson: ideò il rovesciatoio a "paraboloide iperbolico".

⁹ Gibs: brevettò nel 1854 il versoio "cilindrico" sviluppato successivamente dal Valcourt, Oliver, Deere.

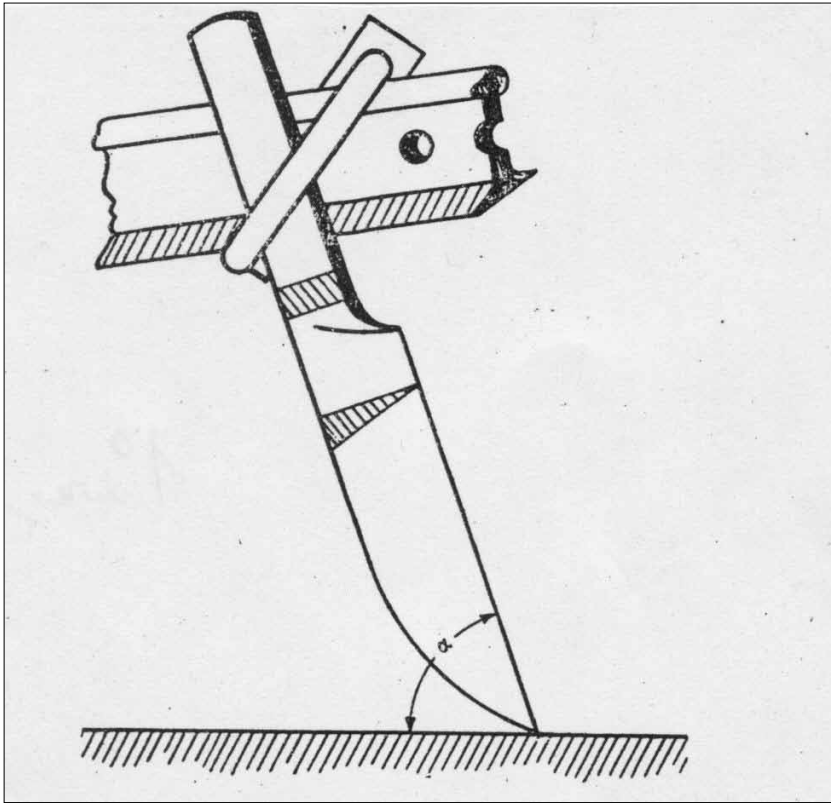


Fig. 1 Particolare dell'attacco alla bure del coltello (o coltro) mediante brida

coltro belgico realizzando un esemplare denominato “charrue belgie – Mchet” che poi il Ridolfi chiamerà “coltro Mchet”. P. Pichet comparò i tre coltri Dombasle, Schwarz e Mchet assegnando la palma a quest'ultimo.

Cosimo Ridolfi, osservando lo “charrue belgie – Mchet” (che lui chiama semplicemente Mchet), attribuì la scarsa diffusione che questo coltro aveva in centro Italia a un errato profilo del versoio, proponendo un attrezzo che chiamò “nuovo coltro” con orecchio a profilo elicoidale.

Successivamente il Lambruschini e Luigi Ridolfi svilupparono tale idea con interessanti studi teorici dimostrando che quando si opera su di una materia così eterogenea come il terreno non può esistere una curvatura unica in quanto differente è il coefficiente d'attrito fra terre diverse e rovesciatoio.

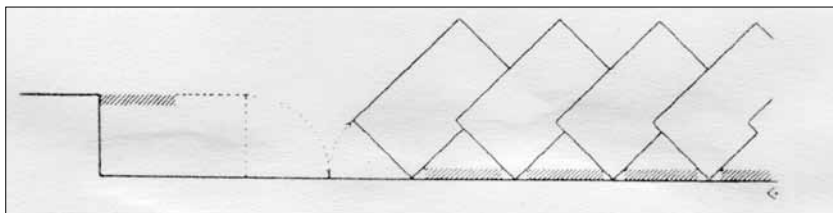


Fig. 2. *Schema teorico del taglio e del rovesciamento della fetta*

Scendendo nel particolare le innovazioni riguardarono principalmente in sintesi:

- forma e posizionamento del coltello con sezione asimmetrica per favorire il distacco della fetta dal terreno sodo e dare al tempo stesso una leggera compressione alla muraglia per evitare la ricaduta di terra sul fondo del solco. Il coltello viene fissato alla bure (mediante una brida)¹⁰ in posizione antero-posteriore per permettere il taglio delle radici e il sollevamento delle stesse o di eventuali sassi che incontra.

Il razionale sistema di attacco alla bure permette lo spostamento del coltello in funzione della resistenza opposta dalla natura del terreno nel quale opera oppure la sua eliminazione, nel caso dei terreni sciolti, per ridurre lo sforzo di trazione (fig. 1);

- posizionamento dell’avanvomere (o spellicciatore) per intervenire sulla porzione della cotica vicino al coltello onde impedire a questa di riemergere data la scarsa copertura di terra smossa nel corso della seconda rotazione (fig. 2);
- presenza di un carrello capace di rendere più stabile l’attrezzo, più costante la profondità di lavorazione e meno faticoso il contributo dell’uomo;
- forma e disposizione del vomere destinato a eseguire il taglio orizzontale della fetta collocato non in posizione normale all’avanzamento bensì inclinato (con un angolo di 35-40° per terreni tenaci, inclinazione maggiore nei terreni sciolti) allo scopo, anche in questo caso, di meglio tagliare le radici che incontra e allontanare eventuali pietre. Date le forti sollecitazioni che subisce in lavoro, la piastra è robusta e di sezione asimmetrica

¹⁰ Brida: ideata da Jefferson è costituita da un tondino di ferro piegato a “U” con le estremità filettate abbracciante la bure e il manico del coltello tenute strette da una piastra di ferro opportunamente forata sulla quale appoggiano due robusti bulloni.

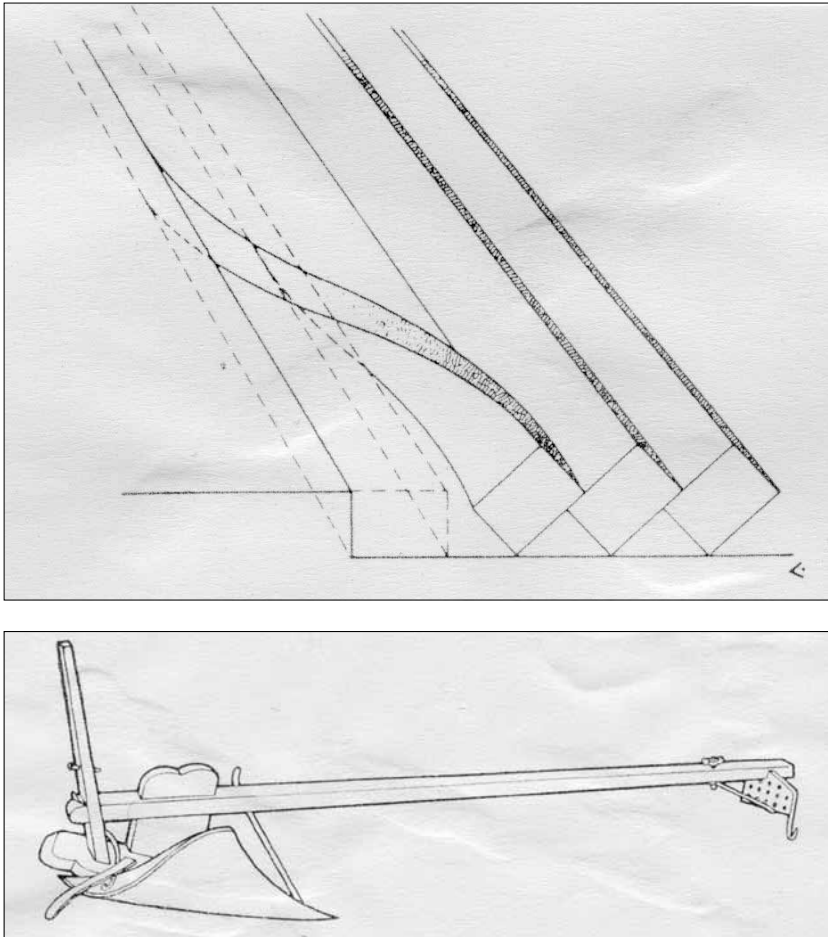


Fig. 3 *Schema teorico della torsione della fetta*

per favorire il sollevamento della terra e diminuire la “lisciatura” del fondo del solco. La punta è generalmente rinforzata e ispessita di materiale data l’usura alla quale va incontro (a becco d’anatra) per arrivare nei terreni tenaci nonché ricchi di scheletro a un vero e proprio scalpello che può scorrere e appuntito alle due estremità per poterlo scambiare anche sul campo quando la prima punta è usurata;

- profilo del versoio (od orecchio o rovesciatoio) cioè dell’organo che consente alla fetta, già tagliata in senso verticale dal coltello e in senso orizzontale dal vomere, di subire una rotazione che porti

in superficie la parte sottostante la fetta e sotterri la vegetazione esistente in superficie;

- la fetta subisce pertanto due rotazioni: la prima di 90° all'inizio del versoio mentre, proseguendo il suo cammino, nella seconda parte dello stesso, si ha la seconda rotazione di altri 45° che serve a inclinarla appoggiandola alla precedente (fig. 3).

I costruttori del tempo realizzarono versoii capaci di rivoltare più o meno bene la fetta ma con notevole dispendio di energia e senza ottenere la stabilità della stessa fino a quando il Lambruschini intuì che per rendere uniforme il moto di rotazione della fetta, la superficie del versoio doveva avere una forma elicoidale che consentiva alle particelle terrose un contatto limitato nel moto di traslazione del parallelepipedo riducendone l'attrito che in ultima analisi si traduceva, a parità di potenza impiegata, in un approfondimento della lavorazione.

Infatti le resistenze che l'attrezzo trova durante la lavorazione sono dovute:

- resistenza del coltro (o coltello) durante il taglio verticale;
- resistenza del vomere durante il taglio orizzontale;
- resistenza del corpo dell' aratro (o cuneo) per sfregamento e per il peso proprio e della terra;
- resistenza per il cambiamento di forma della terra durante il rivoltamento della fetta.

È proprio quest'ultima la più gravosa dato il fenomeno di attrito della terra sul versoio tant'è che nonostante il notevole contributo portato dal Lambruschini e Ridolfi, ancor oggi si cerca di diminuire questa resistenza con l'impiego di versoii finestrati, di versoii ruotanti, per non parlare delle esperienze del Pacinotti a Pisa utilizzando energia elettrica e della sperimentazione con versoio vibrante effettuata anni fa a Firenze con fondi americani USDA (United States Department of Agriculture)¹¹ sviluppando un'idea di chi vi parla nell'allora Istituto di Meccanica agraria.

¹¹ USDA: European Collaboration (Grant FG. It. 130, Project E 15 – Ae 1) anni 1964-67.

Sempre nello stesso Istituto, l'amico e collega Vanni Giuntoli¹², oggi purtroppo defunto, accertò che nei terreni di Castel di Pietra in Maremma, il coltro, vomere e versoio di aratri di vario tipo a trazione meccanica subivano un'usura anomala che raggiungeva sullo scalpello, se ben ricordo, il centimetro e mezzo ogni due ore di lavoro, tant'è che gli agricoltori per diminuire l'usura del versoio erano costretti a saldare su questo foglie di balestre di vecchi autocarri dimostratesi, per le proprietà intrinseche della lega, con la quale erano costruiti, notevolmente più resistenti all'usura. Nel corso della stessa sperimentazione Giuntoli trovò, sempre a Castel di Pietra, che un aratro dopo 150 ore di lavoro aveva perso per usura il 14,2% del proprio peso.

La risultante di tutte queste forze che si oppongono all'avanzamento secondo Gasparin si trova sulla metà della larghezza del vomere e a un terzo della sua lunghezza.

Da prove effettuate si è visto che lo sforzo di trazione è proporzionale alla sezione del prisma tagliato dalle componenti dell'aratro e si aggira mediamente:

- su 40 kg per dmq in terreni sciolti;
- su 60 kg per dmq in terreni di medio impasto;
- su 80-100 kg per dmq in terreni compatti.

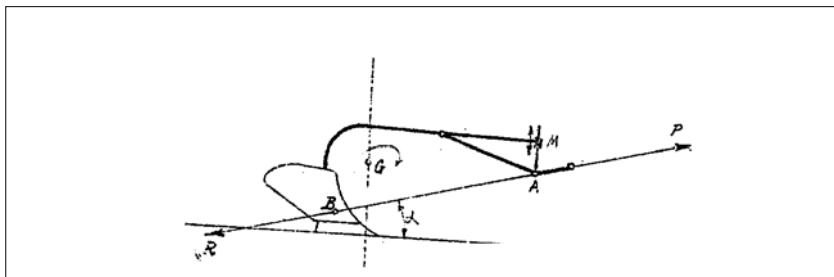
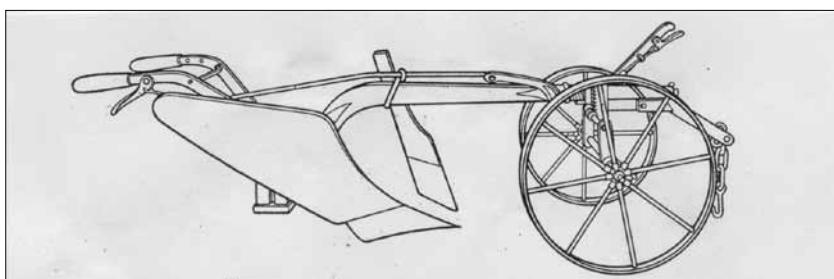
Sull'attrezzo la sezione di fetta si può determinare prendendo l'altezza, dal punto che incontra la linea del versoio con il petto fino al suolo e la base, sulla proiezione del vomere. Moltiplicando tale area così determinata con i valori anzidetti si può determinare lo sforzo complessivo di trazione necessario per impiegare l'aratro su "quel" terreno.

Dal disegno che segue si può osservare che teoricamente l'ideale sarebbe la contrapposizione della forza traente e la risultante delle forze resistenti già descritte (fig. 4).

Non essendo quasi mai possibile ciò, è necessario rendere minimo l'angolo tra le due forze adottando un carrello sull'aratro come realizzato nei due tipi un tempo più diffusi in Toscana come il Brabantino e Sack.

Questi due aratri, costruiti sulla base degli studi allora effettuati,

¹² V. GIUNTOLI, *Ricerca orientativa sull'andamento della durata degli utensili per la lavorazione del terreno*, CNR, 1973.

Fig. 4 *Contrapposizione delle forze*Fig. 5 *Aratro a carrello rigido tipo brabantino*

sono quelli che, unitamente alla coltrina hanno imperato sulle nostre terre toscane nella prima metà del secolo scorso (fig. 5).

L'aratro brabantino è caratterizzato da un carrello rigido con ruote isodiametriche delle quali una scorre dentro il solco e l'altra sul terreno sodo mentre l'aratro Sack ha un carrello snodato con ruote di diverso diametro delle quali quella di diametro maggiore opera nel fondo del solco mentre l'altra sul terreno sodo. Nella nostra regione s'impiegava il Sack (fig. 6) nei terreni di pianura o di fondo valle mentre il Brabantino era destinato perlopiù ad arare nelle zone declivi anche se, in presenza di colture arboree (vite in particolare), l'assale del carrello rigido, avvicinandosi troppo al "pedano" delle viti, poteva recare danni non indifferenti.

Appunto per questo in tali zone regnava sovrana la coltrina che per la sua leggerezza, per la caratteristica di operare nei due sensi di marcia (voltorecchio), permetteva al contadino, agendo sulle stegole, di avvicinarsi molto alla coltura arborea senza danneggiare le piante.

Quest'attrezzo era chiamato "coltrina toscana" ma in realtà era stato realizzato in ghisa in America del nord e successivamente copiato da qualche artigiano toscano (fig. 7).

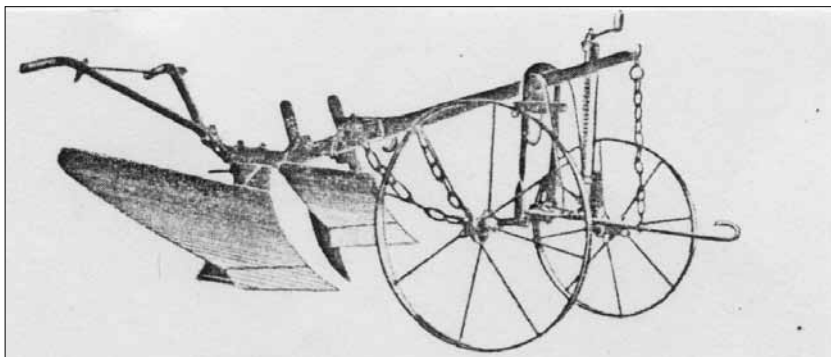


Fig. 6 *Aratro a carrello snodato tipo Sack*

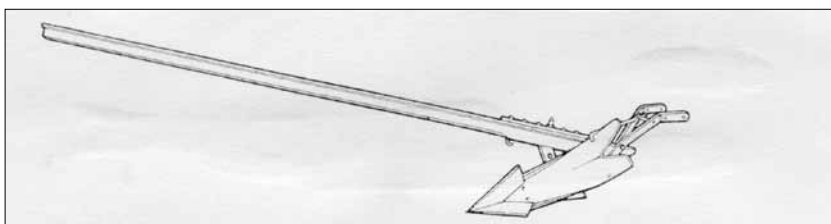


Fig. 7 *Coltrina toscana*

Interessante era la struttura di questo piccolo aratro in quanto vomere e coltello erano intercambiabili a seconda del “verso” nel quale l’attrezzo operava e il versoio aveva un “colmo” in mezzeria che consentiva di rovesciare la terra, più o meno bene, in un senso o nell’altro.

Ho cercato di non entrare troppo nei particolari per evitare di annoiare un pubblico così eterogeneo, ma rimango a disposizione per eventuali chiarimenti sulla struttura e sul modo di operare di questo semplice ma fondamentale attrezzo a cui molto deve l’intera umanità.

Nota bibliografica

L. RIDOLFI, *Considerazioni sulla teoria degli strumenti aratori e specialmente di quelli ad un solo orecchio*, «Giornale agrario toscano», 1845; C. RIDOLFI, *Lezioni orali di agraria*, Empoli, 1857-1858; G. CARUSO, *Agronomia: secondo le lezioni date nella R. Università di Pisa*, in *Corso di agraria*, Torino, 1898; M.

CASTELLI, *Macchine agricole: motori agricoli, preparazione del terreno, semina, raccolta, lavorazione dei proddotti*, Milano, 1903; V. NICCOLI, *Lavorazione del terreno, con un proemio sui dinamometri e sulle forze motrici in agricoltura*, in *Meccanica agraria*, i, Milano, 1916; A. CENCELLI, G. LOTRIONTE, *Macchine agricole: manuale pratico ad uso degli agricoltori*, Milano, 1919; N. NERLI, *Lezioni di meccanica agraria: anno accademico 1928-29*, Bologna, 1929; S. PAGLIANI, G. VITALI, *Le macchine nell'agricoltura*, Torino, 1929; G. VITALI, *L'evoluzione dell'aratro nell'agricoltura italiana*, «Atti dell'Accademia dei Georgofili», Firenze, 1942; N. NERLI, *Macchine agricole*, Torino, 1943; G. GENNARI, *L'aratro*, Roma, 1944; G. SQUADRONI, *I bovini da lavoro*, Roma, 1947; AA.VV., *Enciclopedia agraria*, Roma, 1952; Federconsorzi, *Macchine agricole*, Roma, 1955; F. FILIPPI, *Piccola enciclopedia di meccanica agraria*, Roma, 1967; G. STEFANELLI, *Methods and equipment for breaking up cohesive clay soils into small clod sizes up to deep depth: final report of the Usda Grant FG. IT. 130 project n. E.15-A.E.-1*, Firenze, 1968; R. ANDERLINI, *9000 anni di fertilità*, Bologna, 1981; M. SCOTTON, *La lavorazione del terreno e la conservazione del suolo nell'evoluzione dell'azienda Agraria*, «Macchine e motori agricoli», 3, Bologna, 1984; E. MANFREDI, *Problemi generali sulla lavorazione del terreno*, «Macchine e motori agricoli», 9, Bologna, 1986; G. CESARINI, G. LUNDBORG, *L'aratro nei tempi*, Perugia, 1995; R. LANDI, *Agronomia ed ambiente*, Bologna, 1999.