

MARCELLO MASTRORILLI¹, VITO ROCCO DE MICHELE¹

Agricoltura e *water harvesting*

¹ Centro di Ricerca CREA Agricoltura e Ambiente

INTRODUZIONE

L'agricoltura italiana ha fornito validissimi esempi di “water harvesting”: la raccolta di acqua di pioggia in serbatoi temporanei (Mastrorilli, 2017), come i laghetti collinari nel Centro Italia o le cisterne interrate nelle zone carsiche del sud (fig. 1). Questo servizio ecologico delle aziende agrarie torna di attualità in considerazione delle anomalie climatiche e soprattutto del regime delle piogge (Mastrorilli e Zucaro, 2016).

Le piogge hanno sempre più carattere “tropicale” (Biradar, 2009), ovvero sono caratterizzate da alta intensità (Giorgi e Lionello, 2008). Se l'intensità di pioggia supera la capacità di infiltrazione del suolo, si verifica il ruscellamento superficiale. Si tratta di acqua che non si accumula nel suolo e risulta “persa” per l'alimentazione idrica delle colture (Mastrorilli, 2015). Accumulata in serbatoi artificiali, l'acqua ruscellata dei terreni in pendenza contribuisce ad alleviare la siccità se ridistribuita alle colture sotto forma di acqua irrigua.

Un altro fenomeno che ricorre negli ultimi trend climatici è la diminuzione dei giorni piovosi e l'aumento della altezza di precipitazione per evento piovoso. Verosimilmente a seguito di piogge abbondanti il terreno tende a saturarsi. L'acqua che il suolo non trattiene drena negli strati più profondi. Anche in questo caso si tratta di acqua di pioggia “persa” per le colture, ma che si potrebbe accumulare nei serbatoi interrati e riutilizzare per soccorrere le colture durante i periodi di siccità.

IL BILANCIO IDRICO A SCALA AZIENDALE

Il contenuto di acqua del suolo è un parametro dinamico. Alla scala aziendale rappresenta il bilancio tra “offerta” (precipitazioni, irrigazione, ruscellamento



Fig. 1 Esempio di un pozzo per la raccolta di acqua piovana secondo una tradizione costruttiva della Puglia

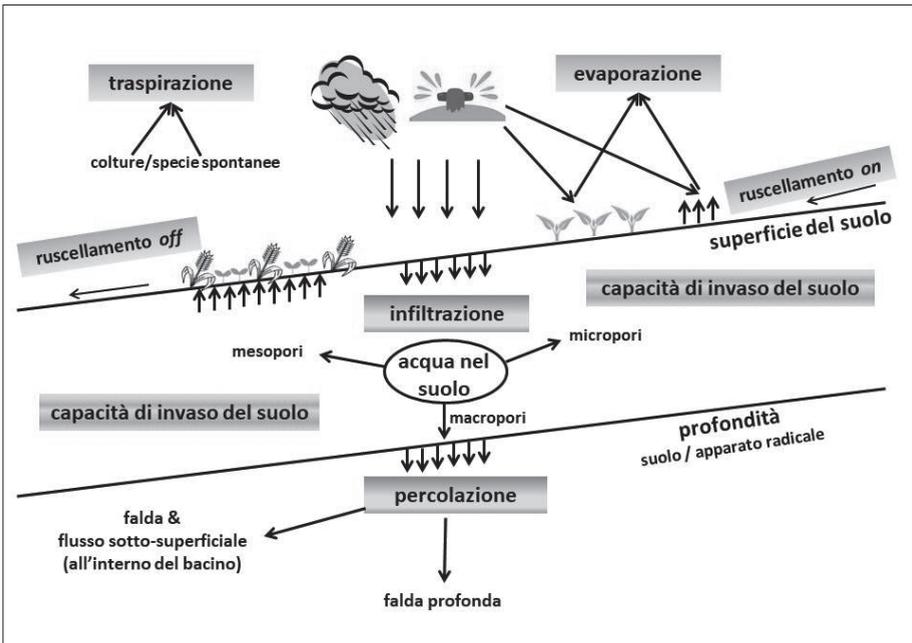


Fig. 2 Rappresentazione schematizzata del bilancio idrico a scala aziendale

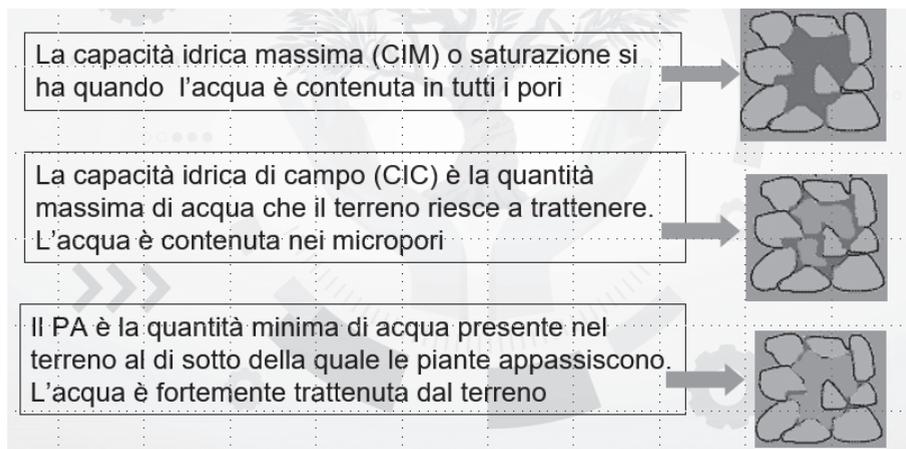


Fig. 3 I principali parametri idrologici del suolo: Capacità Idrica Massima (CIM) e di Campo (CIC) e Punto di Appassimento (PA)

superficiale, risalita capillare) e “domanda” (evapo-traspirazione) dell’acqua (fig. 2). L’eccesso di acqua (ruscellamento e percolazione), rispetto alla capacità di trattenuta del suolo, si disperde nell’ambiente.

La quantità di acqua che un terreno trattiene dipende dalla natura del terreno, in particolare da spessore e tessitura. In agronomia il volume di acqua disponibile (ovvero quella che può essere utilizzata dalle piante) si determina in funzione di tre parametri fisici: la capacità di campo, il punto di appassimento, la profondità del suolo (fig. 3).

In realtà l’acqua nel suolo è modulata dalla struttura del terreno, ovvero dall’arrangiamento spaziale delle particelle del suolo che costituiscono grumi o aggregati, in combinazione con differenti tipi di pori (micro, meso e macro-pori, secondo una scala gerarchica di aggregazione), a formare sistemi eterogenei e complessi. Micro-aggregati e macro-aggregati si formano per opera di cementi diversi a seconda del tipo di suolo. La profondità e la porosità del suolo sono soggette a variabilità sito-specifica, anche all’interno della stessa azienda.

Alla variabilità spaziale, insita nella natura di un suolo, si aggiunge quella dovuta all’azione antropica, per cui con un ossimoro la capacità del suolo di invasare acqua si potrebbe definire come una “costante modificabile”. Le modifiche sono determinate dalle pratiche agronomiche (Nielsen et al., 2005; Strudley et al., 2008). L’acqua nel suolo è invece un parametro dinamico: varia nel tempo e in 3D. L’andamento meteorologico e l’evapotraspirazione delle colture ritmano le variazioni temporali, la gestione agronomica determina le variazioni spaziali.

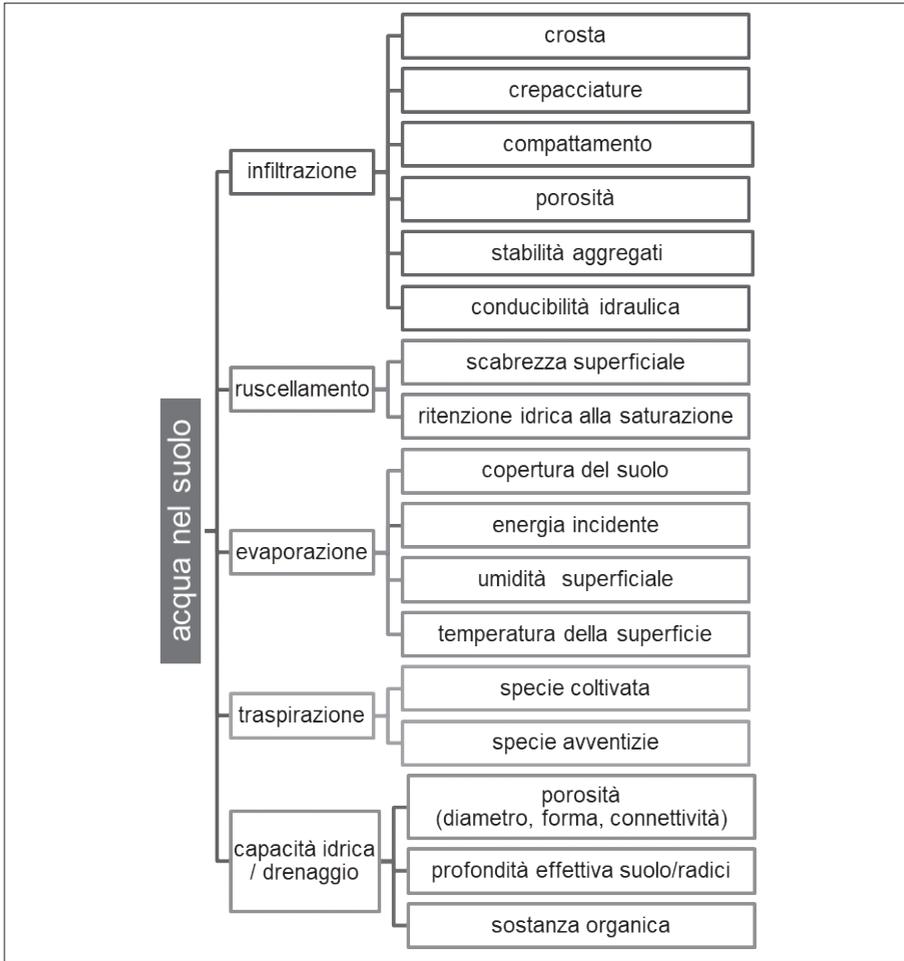


Fig. 4 Processi e parametri che determinano il contenuto di acqua nel suolo

AGROTECNICHE E BILANCIO IDRICO

Con l'adozione di adeguate pratiche di gestione del suolo, è possibile modificare la struttura del suolo, aumentare la quantità di acqua immagazzinata nel profilo del suolo, ridurre le perdite per evaporazione, migliorare l'efficienza d'uso dell'acqua da parte delle colture (nella terminologia anglo-sassone *water use efficiency* – WUE – ovvero il rapporto tra la produzione agricola e il volume di acqua evapo-traspirato dalla coltura) (Angus e van Hearwardeen, 2001; Katerji et al., 2008; Lovelli et al., 2012) e infine regolare il trasferimento di acqua dalla parcella coltivata al territorio circostante l'azienda agricola.



Fig. 5 *Esempio di crosta superficiale del suolo e di crepacciature*

Per schematizzare si può ritenere che l'acqua nel suolo è il risultato dell'interazione di cinque processi: infiltrazione, ruscellamento, evaporazione, drenaggio e traspirazione (fig. 4). Ogni processo a sua volta è regolato da grandezze modificabili per effetto delle tecniche agronomiche. Ad esempio l'infiltrazione si riduce in presenza di crosta superficiale del suolo (fig. 5) e le crepacciature (fig. 5) aprono delle vie preferenziali di immagazzinamento dell'acqua (ma rappresentano anche un supplemento di superficie di suolo esposto alla evaporazione); la porosità, e in particolare la forma e la distribuzione delle dimensioni dei pori lungo il profilo del suolo, determina la distribuzione dell'acqua nel suolo (Foley e Silburn, 2002). Con le lavorazioni si rompe la crosta superficiale, si richiudono le crepe e si modifica la porosità. Certi tipi di lavorazione del suolo non proteggono la struttura degli aggregati, interrompono la connettività verticale dei pori, favoriscono l'ossidazione della sostanza organica e tendono a compattare il suolo (fig. 6).

Entro i limiti imposti da ciascun ambiente (topografia, proprietà del suolo e caratteristiche climatiche sono i principali vincoli fisici), le pratiche agricole diventano strumenti adatti per migliorare la capacità dei terreni di immagazzinare l'acqua e destinarla all'alimentazione idrica delle colture (Hatfield et al., 2001). Per aumentare la capacità di vaso di un suolo, la soluzione chiave consiste nell'eseguire pratiche di gestione che migliorano la struttura



Fig. 6 *Compattazione del suolo dovuta al traffico improprio di macchinari agricoli*

del suolo, riducono la compattazione e preservano e migliorano i livelli di sostanza organica del suolo (Hernanz et al., 2002). Ripetute nel tempo, queste pratiche agronomiche consentono di migliorare la capacità del suolo di essere “permeabile” alla pioggia (infiltrabilità o conducibilità idraulica alla superficie del suolo) e immagazzinare acqua nel suo profilo (Lipiec et al., 2006).

Due sono le alternative per migliorare l’infiltrazione: aumentare la velocità o estendere il tempo di infiltrazione. Nel primo caso la presenza di macro-porosità continua, principalmente bio-pori creati dalla macro-fauna (come quelli >2 mm che formano i lombrichi) o dai canali lasciati dalle radici a fine ciclo vegetativo, accelera la infiltrazione (fig. 7). Nel secondo caso il tempo di infiltrazione aumenta ricorrendo a idonee tecniche di lavorazione. Qualsiasi lavorazione aumenta la rugosità della superficie del terreno e sfavorisce il flusso dell’acqua sul terreno. Con lavorazioni che seguono le curve di livello, la superficie del terreno oppone maggiore resistenza allo scorrimento dell’acqua, garantendo sia il rallentamento del flusso d’acqua sia l’aumento dell’infiltrazione nel suolo e sfavorendo la formazione di flussi di ruscellamento concentrato. In ambienti collinari i terrazzamenti rappresentano l’esempio più tipico per aumentare il tempo di infiltrazione dell’acqua nel suolo, invece in campi con pendenze ridotte le arginature trasversali rivestono una funzione analoga.

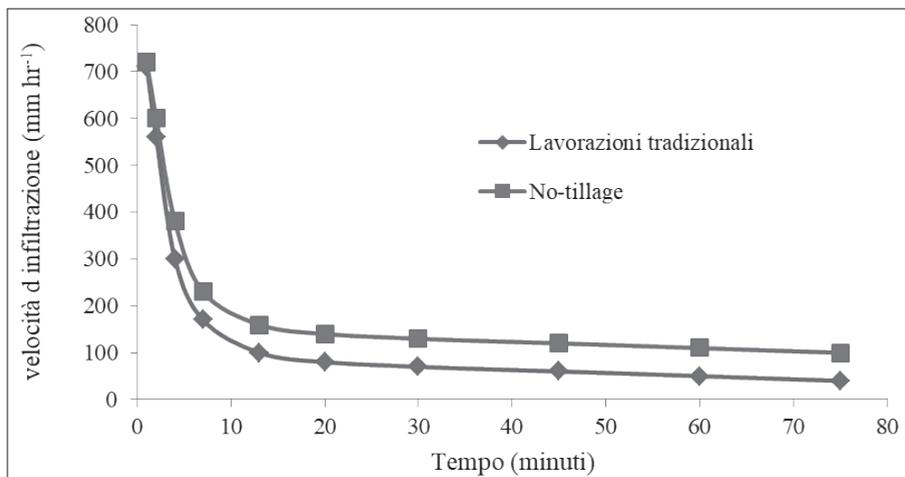


Fig. 7 *Effetto della lavorazione tradizionale e non lavorazione sulla velocità di infiltrazione (da Mrabet, 2011)*

Le lavorazioni da sole non bastano a migliorare il tasso di infiltrazione dell'acqua nel suolo (Alvaro-Fuentes et al., 2008). Infatti in agronomia si parla di gestione del sistema colturale, intendendo l'armonizzazione di diverse agrotecniche (López-Bellido et al., 2007). In particolare, la gestione del suolo deve contribuire anche a:

- a. proteggere la stabilità degli aggregati, evitando che gli aggregati si rompano a causa dell'energia cinetica delle gocce di pioggia (o di irrigazione) o dell'impatto meccanico degli organi di lavorazione del suolo o delle ruote dei trattori che provocano il distacco delle particelle di suolo, il compattamento e la formazione di croste (Foley e Silburn, 2002). Ciò si consegue essenzialmente aumentando il contenuto di sostanza organica nel terreno (sovescio, letamazioni, ricorso ad ammendanti, fertilizzazione organica) e riducendo il "traffico" sui campi coltivati (trattori a guida parallela, regolando la pressione nel punto di contatto tra pneumatico e suolo, e comunque preferendo i cingolati o i pneumatici a larga sezione);
- b. mantenere coperto (con la vegetazione o con i residui colturali) in modo permanente il suolo, per dissipare il carico di energia delle gocce di pioggia prima che raggiungano la superficie del suolo;
- c. interrompere gli strati di terreno impermeabili con la discissura del suolo (Sartori e Peruzzi, 1997);
- d. come strategia a lungo termine, promuovere lo sviluppo di bio-macropori orientati verticalmente. Gli apparati radicali, i lombrichi e la macrofauna



Fig. 8 *Frumento in fase di emergenza in un suolo con gestione "zero tillage"*



Fig. 9 *Esempio di suolo non disturbato*

in genere favoriscono questo tipo di porosità, in assenza di disturbi del suolo (fig. 9).

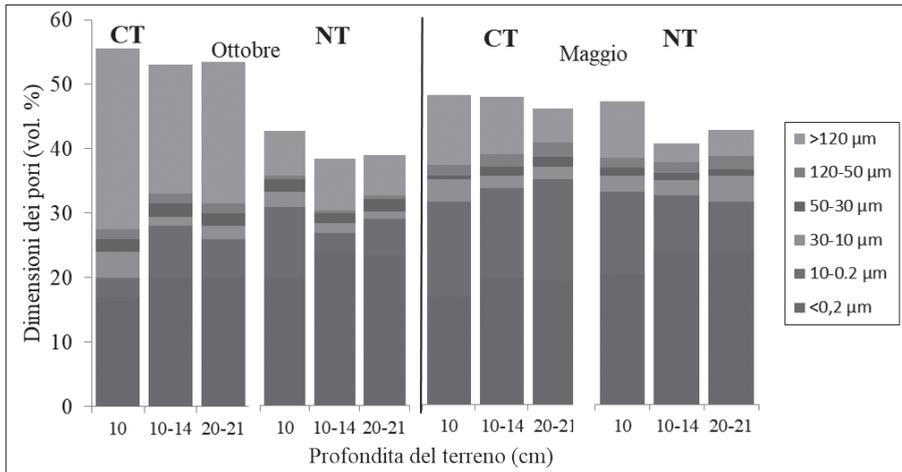


Fig. 10 Effetto delle lavorazioni conservative (NT) e tradizionali (CT) sulla dimensione dei pori nel terreno (da Pagliari, 1987). A fine di un ciclo colturale, le tecniche tradizionali, con l'azione di calpestamento delle macchine e attrezzi, riducono la porosità, in particolare, aumenta la microporosità, a scapito dei pori di dimensione maggiore

Oltre a favorire l'infiltrazione dell'acqua nel suolo, le tecniche agronomiche modulano la dinamica dell'acqua nel terreno e assicurano l'alimentazione idrica delle colture (fig. 10). L'acqua si muove per effetto della gravità (nei macro-pori) o delle forze di tensione (nei micro-pori). La quantità di acqua disponibile per la pianta dipende dalla porosità (quantità e distribuzione delle dimensioni dei pori) e dal volume del suolo esplorato dalle radici. Mentre la distribuzione delle dimensioni dei pori è fortemente influenzata dalle proprietà del suolo (tessitura, struttura e contenuto di sostanza organica), il volume totale dei pori da cui le piante estraggono l'acqua dipende dalla profondità dell'apparato radicale.

Pertanto, al fine di accrescere la quantità di acqua disponibile per le colture (ovvero la capacità di invaso del suolo), possono essere adottate pratiche specifiche di gestione per aumentare:

1) profondità di radicazione. La lavorazione verticale è in grado di rompere strati compatti del terreno (suole di lavorazione), spesso originati dal peso dei macchinari operanti in condizioni di terreno umido o da ripetute lavorazioni del terreno (Martínez et al., 2008). Sebbene siano efficaci nel rompere gli strati impermeabili nel sottosuolo (di origine naturale o antropica), gli effetti della discissura sono spesso di breve durata, specialmente se non accompagnati da ulteriori precauzioni agronomiche, come il ricorso ad ammendanti (ad esempio gesso), sovescio, "primer crops", specie colonizzatrici



Fig. 11 Esempio di "living mulch" (tecnica di "flattering" di graminacee, effettuata con "roller crimper")

(Kirkegaard, 1994; Fageria et al., 2014), e la riduzione del traffico di mezzi agricoli sulla superficie del suolo;

2) percentuale di meso e macro-pori. Le arature arieggiano il suolo, rendendolo soffice: in pratica uno degli effetti delle lavorazioni è l'aumento del volume dei macro-pori nello strato lavorato (Castellini e Ventrella, 2012). Il risultato dipende da molteplici fattori, fra cui lo stato idrico del suolo (Keller et al., 2007). La lavorazione del terreno umido (vicino alla capacità del campo) è la prima causa di compattazione del suolo (e perdita di meso-macro-porosità). In alternativa, la gestione "conservativa" ha come obiettivo la conservazione della struttura del terreno e si ottiene riducendo le lavorazioni meccaniche o non facendole (sistemi di gestione "no-till"). In questo caso non si disturba il suolo e vengono preservati macro-pori e gli spazi tra le unità strutturali del suolo (De Vita, et al., 2007; Mrabet, 2011). I risultati conseguibili con l'aratura tradizionale vengono demandati agli organismi viventi che operano una sorta di "bio-lavorazione" (Rasmussen, 1999). Questo è il caso dei lombrichi che scavano micro-gallerie o dei canali radicali, provenienti dalla decomposizione delle radici morte, che mettono in contatto idraulico gli orizzonti A e B del profilo del terreno. I bio-pori efficacemente agevolano la percolazione profonda, mentre qualsiasi tipo di lavorazione meccanica alla superficie del terreno non ha effetti sul drenaggio profondo.

La gestione conservativa del suolo, oltre a favorire il movimento dell'acqua nel suolo e lo sgrondo delle acque in eccesso col drenaggio, permette un

maggior accumulo di acqua nel suolo. La presenza dei residui colturali sulla superficie del suolo (fig. 11) riduce le perdite improduttive di acqua del suolo per evaporazione (Alvarez e Steinbach, 2009). Specialmente in condizioni di elevata domanda di evaporazione, il “living mulch” influenza considerevolmente l’acqua disponibile nel suolo riducendo l’evaporazione (O’Leary e Connor, 1997). Un risultato analogo si ottiene in realtà anche con le lavorazioni: dopo l’erpatura lo strato superficiale di terreno si asciuga, creando una barriera (“soil mulch”) che interrompe la capillarità ed evita l’evaporazione dagli strati sottostanti (Cavazza, 1980). In condizioni di gestione “no-till” non si interrompe meccanicamente la capillarità, ma i residui colturali fungono da barriera contro l’evaporazione (Ward, 2009).

BILANCIO IDRICO TRA BUONE PRATICHE E RICERCA AGRONOMICA

Le agrotecniche per regolare il bilancio idrico dei suoli mirano da una parte ad aumentare la capacità di invaso (agendo sulla profondità di radicazione e la dimensione dei pori) e dall’altra alla riduzione del deflusso e dell’evaporazione (Caliandro e Catalano, 1991; Giardini, 2004).

Gli agricoltori, soprattutto olivicoltori e cerealicoltori, sono sempre più consapevoli dei vantaggi derivanti dalla gestione conservativa del suolo (che si basa su due principi: minimo disturbo e copertura permanente del suolo) nel migliorare la disponibilità di acqua del suolo e, allo stesso tempo, nel regolare il bilancio idrico (Martínez et al., 2008). Tuttavia il trasferimento dei principi teorici di agricoltura conservativa alla pratica aziendale è rallentato dalla assenza sul mercato di specifici macchinari (progettati espressamente per le dimensioni delle aziende agricole italiane, nonché per le specificità topografiche del territorio italiano) e agro-farmaci (per la gestione integrata delle specie avventizie).

Gli studi agronomici hanno dimostrato i limiti dell’agricoltura conservativa, soprattutto in terreni argillosi in condizioni climatiche umide o sub-umide e con colture che lasciano elevate quantità di residui colturali (Holland, 2004). Oltre agli studi “on farm”, la ricerca agronomica utilizza approcci modellistici per valutare l’effetto sul bilancio idrico di diverse agrotecniche, in funzione del tipo di gestione del suolo, dell’uso del suolo, dell’andamento meteorologico o degli scenari climatici.

Ruscellamento e drenaggio sono due termini del bilancio idrico che, se estrapolati dalla scala aziendale, rappresentano importanti eco-servizi idrologici che le aziende agrarie forniscono al territorio. I modelli di sistemi col-

turali quantificano i volumi di acqua ruscellata o drenata che una azienda restituisce ai corpi idrici naturali o ai bacini artificiali. Una volta quantificata l'acqua "prodotta" dall'azienda, il valore economico dell'eco-servizio si determina inequivocabilmente (Mastrorilli et al., 2018) e dovrebbe essere riconosciuto agli agricoltori che adottano quelle buone pratiche che influenzano il bilancio idrico e favoriscono la raccolta di acqua dalla superficie aziendale verso i bacini di accumulo.

RIASSUNTO

L'uso sostenibile dell'acqua è un tema frequente nella letteratura tecnica e scientifica internazionale. Particolare enfasi viene data al "Water harvesting". Le scale di interesse sono amplissime, dal tetto delle case al bacino idrologico.

Le superfici più estese, come i suoli agrari, invece, vengono generalmente ignorate, nonostante le potenzialità dei suoli di fungere da serbatoio per trattenere acqua piovana. A parte il regime termo-pluviometrico e le caratteristiche pedologiche, la gestione agronomica del sistema colturale determina il volume di acqua nel suolo. Le proprietà fisico-idrologiche del suolo modulate dalle pratiche agronomiche sono: spessore e alternanza di strati; struttura, porosità e stabilità degli aggregati; conducibilità idraulica; scabrezza superficiale.

Le anomalie climatiche rendono l'acqua di pioggia meno efficace dal punto di vista agronomico e producono ruscellamento e drenaggio con maggiore frequenza.

L'acqua di pioggia che non viene trattenuta dal suolo non deve essere considerata una perdita. Al contrario è una risorsa che, seguendo la via del ruscellamento o del drenaggio, alimenta i serbatoi artificiali. L'agricoltura italiana ha fornito validissimi esempi di "water harvesting" (laghetti collinari nel Centro Italia o cisterne interrato nelle zone carsiche del Sud) corredati da buone pratiche agronomiche e aziendali per ripartire le voci del bilancio idrico. Questa tradizione italiana, rivisitata alla luce delle conseguenze del riscaldamento globale e degli aggiornamenti scientifici, è la base per progettare reti supplementari di serbatoi diffusi sul territorio a integrazione delle risorse idriche dei grandi invasi.

L'alimentazione idrica di questi serbatoi è favorita dalle aziende agrarie che, ripristinando le sistemazioni idrauliche e adottando le pratiche agronomiche sostenibili, offrono un servizio ecologico che la collettività deve imparare a riconoscere (e a ricompensare).

ABSTRACT

Agriculture and «water harvesting». The sustainable use of water is becoming a frequent theme in international technical and scientific literature. Particular emphasis is given to "Water harvesting", i.e. the collection of rainwater in artificial reservoirs. The scales of interest are very wide, from the roof of houses to the hydrological basin.

Larger areas, such as the cultivated lands, on the other hand, are generally overlooked, despite the significant potential of soils to act as reservoirs to retain rainwater. Apart from

the thermo-pluviometric regime and soil characteristics, the agronomic management of the cropping systems determine the volume of water in the soil. The physical-hydrological properties of the soil modulated by agronomic practices are: depth and alternation of soil layers; structure, porosity and stability of aggregates; hydraulic conductivity; surface roughness.

The climatic anomalies, with the decrease in the number of rainfall events and the increase in rainfall intensity, make the rain less effective from an agronomic point of view, but produce more and more frequent runoff and drainage phenomena.

Rainwater that is not retained into the soil profile should not be considered a loss. On the contrary, it is a water resource which, following the path of runoff or drainage, feeds artificial reservoirs. Italian agriculture has provided very good examples of "water harvesting" (hilly ponds in Central Italy or underground cisterns in karst areas in the South) accompanied by good agronomic and farm practices to allocate the water balance terms. This Italian tradition, revisited in the light of the consequences of global warming and scientific updates, is a basis for designing additional networks of reservoirs spread throughout the territory to integrate the water resources in traditional reservoirs.

The water supply of these reservoirs is favoured by those farms which, by restoring hydraulic systems and adopting sustainable agronomic practices, offer an ecological service that the community should learn to recognise (and to pay).

BIBLIOGRAFIA

- ALVAREZ R., STEINBACH H.S. (2009): *A review of the effects of tillage systems on some soil physical properties, water content, nitrate availability and crops yield in the Argentine Pampas*, «Soil & Tillage Research», 104, pp. 1-15.
- ALVARO-FUENTES J., ARRUE J.L., GARCIA R., LOPEZ M.V., (2008): *Tillage and cropping intensification effects on soil aggregation: temporal dynamics and controlling factors under semiarid conditions*, «Geoderma», 145, pp. 390-396.
- ANGUS J.F., VAN HEARWARDEEN A.F. (2001): *Increasing Water use and water use efficiency in dryland wheat*, «Agronomy Journal», 93, pp. 290-298.
- BIRADAR C.M., THENKABAIL P.S., NOOJIPADY P., YUANJIE L., DHEERAVATH V., TURRAL H., VELPURI M., GUMMA M.K., GALGANAKUNTA O.R.P., CAI X.L., XIAO X., SHULL M.A., ALANKARA R.D., GUNASINGHE S., MOHIDEEN S. (2009): *A global map of rainfed cropland areas (GMRCA) at the end of last millennium using remote sensing*, «International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation», 11, pp. 114-129.
- CALIANDRO A., CATALANO M. (1991): *Principi di aridocoltura*, «Rivista di Agronomia», 25, 3, pp. 373-386.
- CASTELLINI M., VENTRELLA D. (2012): *Impact of conventional and minimum tillage on soil hydraulic conductivity in typical cropping system in Southern Italy*, «Soil & Tillage Research», 124, pp. 47-56.
- CAVAZZA L. (1980): *Dry farming in modern agriculture*, «Rivista di Agronomia», 14, 3, pp. 175-177.
- DE VITA P., DI PAOLO E., FECONDO G., DI FONZO N., PISANTE M. (2007): *No-tillage and conventional tillage effects on durum wheat yield, grain quality and soil moisture content in Southern Italy*, «Soil & Tillage Research», 92, pp. 69-78.

- FAGERIA N.K., MOREIRA A., MORAES L.A.C., MORAES M.F. (2014): *Root growth, nutrient uptake, and nutrient use efficiency by roots of tropical legumes cover crops as influenced by phosphorus fertilization*, «Soil Science and Plant Analysis», 45, pp. 555-569.
- FOLEY J.L., SILBURN D.M. (2002): *Hydraulic properties of rain impact surface seals on three clay soils - influence of raindrop impact frequency and rainfall intensity during steady state*, «Australian Journal of Soil Research», 40, pp. 1069-1083.
- GIARDINI L. (2004): *Principi di aridocoltura*, in *Agronomia generale, ambientale e aziendale*, Patron ed.
- GIORGI F., LIONELLO P. (2008): *Climate change projections for the Mediterranean region*, «Global and Planetary Change», 63, pp. 90-104.
- HATFIELD J.L., SAUER T.S., PRUEGER J.H. (2001): *Managing soils to achieve greater water use efficiencies: a review*, «Agronomy Journal», 93, pp. 271-280.
- HERNANZ J.L., LÓPEZ R., NAVARRETE L., SÁNCHEZ-GIRÓN V. (2002): *Long-term effects of tillage systems and rotations on soil structural stability and organic carbon stratification in semi-arid central Spain*, «Soil & Tillage Research», 66, pp. 129-141.
- HOLLAND J.M. (2004): *The environmental consequences of adopting conservation tillage in Europe: reviewing the evidence*, «Agriculture, Ecosystems and Environment», 103, pp. 1-25.
- KATERJI N., MASTRORILLI M., RANA G. (2008): *Water use efficiency of crops cultivated in Mediterranean region: Review and analysis*, «European Journal of Agronomy», 28, pp. 493-507.
- KELLER T., ARVIDSSON J., DEXTER A.R. (2007): *Soil structures produced by tillage as affected by soil water content and the physical quality of soil*, «Soil & Tillage Research», 92, pp. 45-52.
- KIRKEGAARD J.A., GARDNER P.A., ANGUS J.F., KOETZ E. (1994): *Effect of Brassica break crops on the growth and yield of wheat*, «Australian Journal of Agricultural Research», 45, pp. 529-545.
- LIPIEC J., KUS J., SŁOWINSKA-JURKIEWICZ A., NOSALEWICZ A. (2006): *Soil porosity and water infiltration as influenced by tillage methods*, «Soil & Tillage Research», 89, pp. 210-220.
- LÓPEZ-BELLIDO R.J., LÓPEZ-BELLIDO L., BENÍTEZ-VEGA J., LÓPEZ-BELLIDO F.J. (2007): *Tillage system, preceding crop, and nitrogen fertilizer in wheat crop: I. Soil water content*, «Agronomy Journal», 99, pp. 59-65.
- LOVELLI S., PERNIOLA M., SCALCIONE E., TROCCOLI A., ZISKA L.H. (2012): *Future climate change in the Mediterranean area: implications for water use and weed management*, «Italian Journal of Agronomy», 7, pp. 44-49.
- MARTÍNEZ E., FUENTES J.P., SILVA P., VALLE S., ACEVEDO E. (2008): *Soil physical properties and wheat root growth as affected by no-tillage and conventional tillage systems in a Mediterranean environment of Chile*, «Soil & Tillage Research», 99, pp. 232-244.
- MASTRORILLI M. (2015): *L'acqua nell'agricoltura sostenibile*, in *L'acqua in agricoltura - gestione sostenibile della pratica irrigua*, a cura di M. Mastrorilli, Edagricole - Edizioni Agricole di New Business Media srl, Milano, pp. 1-11.
- MASTRORILLI M., ZUCARO R. (2016): *Towards sustainable use of water in rainfed and irrigated cropping systems: review of some technical and policy issues*, «AIMS Agriculture and Food», 1(3): 294-314 DOI: 10.3934/agrfood.2016.3.294
- MASTRORILLI M. (2017): *L'acqua va raccolta e conservata come un tempo*, «Georgofili INFO», <http://www.georgofili.info/stampa.aspx?id=4476>
- MASTRORILLI M., RANA G., VERDIANI G., TEDESCHI G., FUMAI A., RUSSO G. (2018):

- Economic Evaluation of Hydrological Ecosystem Services in Mediterranean River Basins Applied to a Case Study in Southern Italy*, «Water», 10, 241; doi:10.3390/w10030241
- MRABET R. (2011): *No-Tillage agriculture in West Asia and North Africa*, in Tow P.G., Cooper I.M., Partridge I., Birch C.J. (Eds), «*Rainfed farming systems*», Dordrecht Netherlands: Springer., pp. 1015-1042.
- NIELSEN D.C., UNGER P., MILLER P.R. (2005): *Efficient water use in dryland cropping systems in the Great Plains*, «Agronomy Journal», 97, pp. 364-372.
- O'LEARY G.J., CONNOR D.J. (1997): *Stubble retention and tillage in a semi-arid environment: 3. Response of wheat*, «Field Crop Research», 54, pp. 39-50.
- PAGLIAI M. (1986): *Effetti della lavorazione e non lavorazione sulla porosità di un terreno franco-argilloso investito a vigneto*, «Rivista di Agronomia», 20, pp. 178-183.
- RASMUSSEN K.J. (1999): *Impact of ploughless soil tillage on yield and soil quality*, «Soil & Tillage Research», 53, pp. 3-14.
- SARTORI L., PERUZZI A. (1997): *Guida alla scelta ed all'impiego delle attrezzature per la lavorazione del terreno*, Edagricole, Bologna.
- STRUDLEY M.W., GREEN T.R., ASCOUGH II J.C. (2008): *Tillage effects on soil hydraulic properties in space and time: state of the science*, «Soil & Tillage Research», 99, pp. 4-48.
- WARD P.R., WHISSON K., MICIN S.F., ZEELLENBERG D., MILROY S.P. (2009): *The impact of wheat stubble on evaporation from sandy soil*, «Crop Pasture Science», 60, pp. 730-737.