

Il ruolo dell'irrigazione nel futuro dei seminativi

I. INTRODUZIONE

La carenza idrica sta progressivamente diventando un problema sempre più grave su tutto il pianeta. La ristrettezza della risorsa idrica è ovviamente sentita in maniera molto diversa nei vari Paesi e assume caratteristiche drammatiche per molti di essi. Anche nei territori più provvisti d'acqua il problema comincia a manifestarsi sempre più frequentemente, sia per l'incremento della domanda d'acqua potabile, industriale e irrigua, sia per i problemi derivanti dalla sempre maggiore irregolarità delle piogge. Inoltre la qualità dell'acqua sta progressivamente peggiorando e spesso si assiste a ripercussioni negative dell'irrigazione sull'ambiente causate dall'eccessivo prelievo della risorsa e dall'accumulo dei sali in essa contenuti nei terreni irrigati.

Nelle regioni del nord Italia il problema della scarsità d'acqua è molto meno grave che nelle regioni meridionali e insulari, ma anche in questi ambienti esistono territori con risorse idriche limitate e gli eccessi di prelievo dai fiumi e dalla falda, determinano danni sull'ambiente.

Per ridurre la necessità di reperimento e accumulo di ulteriori risorse idriche, occorre giungere a una maggiore efficienza dell'uso dell'acqua, incentivare il riuso per trasformare quello che sarebbe un "rifiuto" spesso dannoso per l'ambiente, in una nuova risorsa, e quindi garantire le acque più pregiate agli usi potabili.

La filosofia "sull'utilizzo razionale dell'acqua" non indica però un criterio univoco con cui operare: alcuni riconducono il ragionamento a quello dei costi-benefici di stampo puramente economico, altri a un'estrema rigidità

* *Già Professore ordinario di Agronomia generale e Coltivazioni erbacee, Università di Bari*

** *Direttore ricerche agronomiche del Consorzio di bonifica per il Canale Emiliano Romagnolo*

d'ordine ambientale che non tiene conto delle esigenze di sviluppo economico del territorio; probabilmente, come al solito, il giusto comportamento sta a metà, deve cioè unire insieme le contrastanti esigenze in un non meglio definibile “uso sostenibile della risorsa idrica”.

Occorre quindi passare a un cambiamento della mentalità di tutti gli utilizzatori dell'acqua e in particolare di quelli irrigui, che dovranno adattarsi a un uso più etico, basato, appunto, su concetti di impiego sostenibile della risorsa idrica. Il cambiamento di mentalità sarà probabilmente lungo e complesso ma deve essere iniziato al più presto, con azioni mirate e incisive d'informazione, stimolo e coinvolgimento degli agricoltori che dovranno indirizzarsi all'applicazione di “regole di buona pratica irrigua”.

È però necessario che tutti comprendano che l'irrigazione rappresenta un indispensabile fattore produttivo, capace di incrementare le rese e la loro qualità, di ridurre i costi per unità di prodotto, di difendere l'agricoltore dall'incertezza delle piogge, di stabilizzare le rese tra le annate, di consentire l'introduzione di colture pregiate più redditizie e di maggior qualità.

2. CARATTERIZZAZIONE CLIMATICA DEL TERRITORIO

Il clima italiano presenta rilevanti differenze territoriali dovute alle marcate variabilità orografiche e di latitudine. La media delle temperature giornaliere del mese di gennaio varia tra 0-3 gradi in Pianura Padana, sino ai 6-8 gradi degli ambienti coltivati costieri meridionali e insulari. Il mese più caldo è generalmente luglio, con temperature medie comprese tra i 21-24 gradi dei territori padani e i 24-27 gradi di quelli meridionali.

La differenza delle temperature tra le varie zone climatiche italiane si ripercuote direttamente sull'evapotraspirazione di riferimento (ET_o), indice climatico che indica la domanda evapotraspirativa dell'ambiente, e quindi il consumo idrico potenziale delle colture. Nelle regioni nord italiane l'ET_o, calcolata secondo Hargreaves, giunge a valori di 896 mm/anno, contro i 968 mm/anno delle regioni centrali e 1088-1118 di quelle meridionali e insulari, evidenziando una differenza di oltre 200 mm annui di consumo potenziale tra gli ambienti di coltivazione settentrionali e quelli meridionali. Il minimo consumo annuo è registrato in Trentino con poco più di 700 mm, mentre il massimo in Puglia nella quale l'ET_o arriva a quasi 1200 mm/anno.

Il picco dell'evapotraspirazione avviene normalmente nella terza decade di luglio, quando l'ET_o giunge a 5,3 mm/giorno al nord, a 5,9 al centro e sino a 6,4-6,5 al centro e nelle isole.

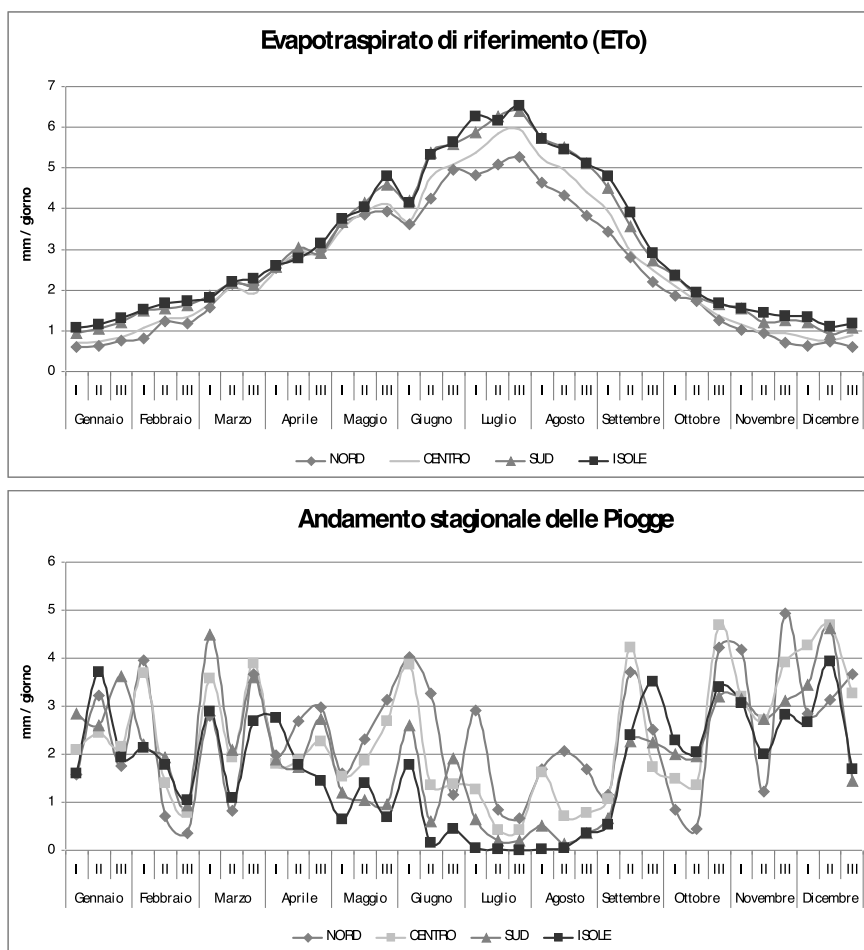


Fig. 1 Andamento degli evapotraspirati di riferimento e delle piogge in quattro ambienti italiani

Anche la piovosità compensa i consumi con una forte variabilità dei diversi ambienti della penisola.

Nelle regioni del centro-nord la media delle precipitazioni degli ultimi anni è stata compresa tra gli 820-850 mm/anno, contro i 718 di quelle meridionali e i 608 mm/anno di quelle insulari. Il massimo di precipitazione media al nord è avvenuto in Friuli (1190 mm/anno), mentre il minimo si registra negli ambienti di coltivazione della pianura emiliano-romagnola ove è inferiore ai 650 mm/anno; valore simile a quello della Basilicata, Calabria e Sicilia (circa 675 mm/anno), e superiori a quello della Puglia (560 mm) e

della Sardegna (521 mm). Tranne che al nord che risente, in gran parte delle regioni, di un clima di tipo continentale, nel resto della penisola la distribuzione delle piogge è di tipo mediterraneo, con un massimo di precipitazioni nel periodo autunnale e invernale e una scarsità di piogge in quello primaverile e soprattutto estivo. La pluviometria è pressoché inversamente correlata con gli evapotraspirati di riferimento, infatti, al ridursi delle piogge si assiste a un innalzamento delle temperature che determinano la crescita degli evapotraspirati. In tutti gli ambienti italiani, le piogge sono inferiori agli evapotraspirati a partire dalla prima decade di aprile e sino a tutta la prima decade di ottobre. All'interno di tali periodi però, l'ampiezza del deficit idroclimatico ha una differente severità nelle macroaree nazionali. Al nord la differenza tra evaporati e piogge nel periodo è di circa 296 mm, al centro di 442 mm, mentre al sud e nelle isole il deficit idroclimatico giunge sino a valori di 602 e 653 mm rispettivamente; segnalando esigenze irrigue standard praticamente doppie rispetto a quelle del nord.

3. SUPERFICI A SEMINATIVO E COLTURE IRRIGATE

I dati ISTAT del 5° Censimento generale dell'agricoltura 2000 evidenziano che la superficie agricola utilizzata nel 2000 è stata di 13.212.652 ettari complessivi, dei quali 7.340.221 di seminativi, 2.457.994 ettari di colture legnose agrarie e 3.441.437 di prati e pascoli permanenti. I seminativi occupano quindi oltre il 55% della superficie coltivata italiana.

Su una superficie complessivamente irrigabile¹ di 3.887.387 ettari ne sono stati effettivamente irrigati 2.467.763, con un rapporto tra superficie irrigata e irrigabile (parzializzazione irrigua) pari al 63%. Le regioni con la più elevata parzializzazione sono quelle del nord-Italia (Piemonte 79%, Valle d'Aosta 90%, Lombardia 79%, Liguria 64%, Trentino-Alto Adige 94%, Veneto 61% e Friuli-Venezia Giulia 69%), indice di territori dotati d'acqua disponibile in discreta quantità e a costi contenuti. Al Sud e nelle isole la situazione è abbastanza diversa, infatti, i valori scendono di alcuni punti percentuali rimanendo comunque sopra il 50% (Molise 57%, Campania 69%, Puglia 64%, Basilicata 52%, Calabria 57%, Sicilia 77%). La minore parzializzazione deriva dalle limitate risorse idriche di-

¹ Per l'ISTAT si intende irrigabile quella superficie coperta da impianti irrigui aziendali disponibili, dunque a prescindere dalla disponibilità d'acqua e dalla presenza di impianti consortili presenti sul territorio.

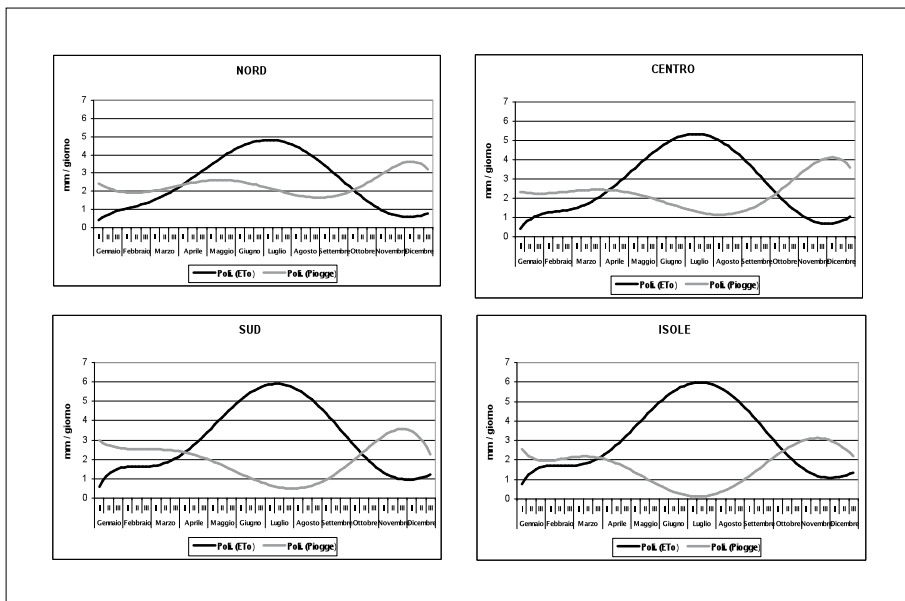


Fig. 2 Ampiezza del deficit idroclimatico – area tra linea delle piogge e degli evapotraspirati – in quattro ambienti italiani

sponibili, dalla maggiore presenza di colture seccagne negli ordinamenti colturali, e anche dalla necessità di dover evitare successioni strette di colture irrigue; per consentire un adeguato dilavamento dei sali da parte delle piogge nei frequenti casi d'irrigazione con acque salmastre. Nell'Italia centrale la situazione pare problematica, i valori scendono sotto il 50%: Toscana 42%, Umbria 48%, Marche 51%, Lazio 49%, Sardegna 38%; anche l'Emilia-Romagna, con il 45% del rapporto tra superficie irrigata e irrigabile appare una regione nella quale le potenzialità irrigue non sono pienamente sfruttate.

Esaminando i dati dei principali seminativi irrigui (riso escluso), si evidenzia che la parzializzazione specifica dei seminativi (superficie irrigata della coltura sulla superficie complessiva della stessa) arriva ad appena il 24% (tab. 1).

Le ortive sono irrigate sul 70% della superficie, quindi su oltre 217.000 ettari, mentre altri 95.000 ettari sono coltivati senza ricorso all'irrigazione. Le ortive risultano irrigate tra il 60 e l'80% delle loro superfici in tutte le regioni orticole italiane.

Il **mais** è il seminativo di maggiore superficie complessiva (1.068.525 ha) ed è irrigato sul 58% della stessa, quindi oltre 620.000 ettari sono irrigati e

SEMINATIVO	SUPERFICIE TOTALE	SUPERFICIE IRRIGATA	SUPERFICIE ASCIUTTA	PARZIALIZZAZIONE SPECIFICA (%)
Mais da granello	1.068.525	621.846	446.679	58%
Foraggere avvicendate	1.528.117	267.293	1.260.824	17%
Ortive	311.897	217.175	94.723	70%
Frumento	2.232.988	99.534	2.133.455	4%
Barbabietola	224.333	81.095	143.238	36%
Soia	226.710	78.128	148.583	34%
Girasole	210.999	14.220	196.779	7%
MEDIA	5.803.570	1.379.290	4.424.280	24%

Tab. 1 *Superficie totale, irrigata, asciutta e relativa parzializzazione dei principali seminativi irrigui (ettari)*

su quasi altri 450.000 non viene fatto ricorso alla pratica irrigua. Le maggiori superfici irrigate sono presenti nei territori italiani nord-occidentali, e in particolare in Piemonte e Lombardia dove la parzializzazione risulta del 67% e dell' 87%, e in quelli nord-orientali cioè in Veneto ed Emilia-Romagna, dove viene irrigato il 39% e il 46% della superficie complessiva. Anche nelle altre regioni italiane, ove il mais è presente su aree più modeste, la superficie irrigata si attesta tra il 40-50%, con punte del 66% nel Lazio.

Sulle **foraggere avvicendate**, tra le quali la medica è la coltura principale, l'irrigazione è praticata mediamente su circa 267.000 ettari corrispondenti a solo 17% della superficie complessiva di oltre 1.528.000 ettari. Ben oltre 1.260.000 ettari sono quindi privi di apporti irrigui. Anche per tale comparto le Regioni del Nord-ovest fanno registrare la maggiore parzializzazione irrigua, con valori del 47%, 51% e 60% per Piemonte, Valle d'Aosta e Lombardia. La frazione irrigata scende tra il 16% e il 36% in Friuli, Campania, Trentino e Veneto, per poi mostrare valori sempre inferiori al 20% nelle altre regioni italiane, con minimi di poche unità percentuali in Sicilia, Puglia e Molise.

La **bietola** da zucchero, che alla data del censimento ISTAT del 2000 aveva una consistenza di 224.333 ettari, era irrigata sul 36% della superficie, quindi su 81.095 ettari contro oltre 143.000 seccagni. Oltre la metà della superficie bieticola irrigata si trova al nord, e in particolare in Veneto ed Emilia-Romagna, che avendo una mediocre parzializzazione irrigua (25-30%) riescono da sole ad abbassare quella nazionale. La soia risulta irrigata su 78.128 ha, quindi su solo 1/3 della superficie complessiva, e praticamente solo al nord. Il girasole, dotato di radici profonde ed efficienti e aridoresistente è stato irrigato nell'anno 2000 su solo il 7% della sua superficie investita (14.220 ha) in larga parte nell'Italia centrale. Il frumento, che è la coltura con maggiore superficie col-

tivata in Italia (2.233.000 ettari) sarebbe stato irrigato nel 2000 sul 4% della propria superficie (99.500 ettari) e per oltre il 50% al sud.

In sintesi, anche i seminativi caratterizzati dalla migliore risposta produttiva all'acqua risultano frequentemente non irrigati, infatti, la parzializzazione irrigua delle ortive è del 70%, quella del mais del 58%, la bietola risulta irrigata su circa il 36% della superficie, la soia per il 34%. Il girasole, è stato irrigato nell'anno 2000 su solo il 7% della sua superficie investita, mentre il frumento risulta irrigato su circa il 4% della sua estensione. Tale particolare situazione irrigua evidenzia che alcune colture, pur molto reattive all'irrigazione, non sono irrigate negli ambienti ove l'acqua è disponibile in quantità limitata, costringendo gli agricoltori a irrigare solamente le colture sulle quali le poche dotazioni idriche a disposizione massimizzano il reddito aziendale.

Esaminando la situazione dei seminativi nelle quattro macroaree italiane risulta evidente che al nord prevale l'irrigazione sul mais e le foraggere, mentre al sud e nelle isole i seminativi maggiormente irrigati sono rappresentati dalle ortive (tab. 2).

4. ESIGENZE IDRICHE E IRRIGUE

4.1 *Esigenze idriche*

Il consumo d'acqua dei seminativi, dipende fortemente dalla domanda evapotraspirativa dell'ambiente in cui è coltivato (E_{To}) e anche dal coefficiente colturale (K_c) tipico di ogni specie e sua fenofase del ciclo biologico, in dipendenza del LAI (Leaf Area Index), della copertura vegetale del terreno e delle caratteristiche fisiologiche della pianta. Applicando agli evapotraspirati di riferimento i più probabili coefficienti colturali è possibile stimare l'evapotraspirato massimo della coltura (E_{Tc}) tramite la nota equazione $E_{Tc} = E_{To} * K_c$.

Per giungere alla stima delle esigenze idriche sono stati impiegati gli E_{To} decadici delle quattro macroaree descritte, e i coefficienti colturali di alcuni seminativi rappresentativi di alcune sarchiate primaverili-estive (bietola, soia, mais, girasole), di alcune ortive da pieno campo e industriali (cipolla, patata, cocomero, melone, fagiolino, pomodoro da industria), e di una foraggera poliennale come la medica. Il risultato della stima mostra consumi idrici molto diversificati tra nord e sud su tutti i seminativi presi in considerazione, e assumono valori visibilmente molto dipendenti dalla lunghezza del loro ciclo colturale (fig. 3). La stima porta, ad esempio, a evidenziare un consumo idri-

	ETTARI IRRIGATI DEI PRINCIPALI SEMINATIVI								
	BIETOLA	FORAGGERE	FRUMENTO	GIRASOLE	MAIS	ORTIVE	PATATA	SOIA	TOTALE
Nord	46.713	187.734	24.059	3.273	569.794	64.253	7.829	77.803	981.457
Centro	19.263	28.116	12.054	8.813	39.370	33.014	4.404	274	145.309
Sud	11.906	26.893	50.201	1.638	11.718	66.005	11.065	49	179.475
Isole	3.214	24.550	13.220	496	963	27.542	3.063	1	73.049
Italia	81.095	267.293	99.534	14.220	621.846	190.814	26.361	78.128	1.379.290

Tab. 2 Ripartizione per macroaree delle superfici irrigate dei principali seminativi irrigui (ettari)

	CONSUMI IDRICI POTENZIALI ETc (mm)										
	Bietola	Soia	Mais	Cipolla	Girasole	Patata	Cocomero	Melone	Fagiolino	Pomodoro	Medica
Nord	443	401	444	411	401	344	299	315	249	524	457
Centro	474	438	478	433	432	359	328	348	278	569	493
Sud	516	476	518	471	471	391	359	380	304	619	540
Isole	522	481	524	477	476	399	365	385	306	626	548

Tab. 3 Stima dei consumi idrici potenziali di alcuni seminativi nelle macroaree italiane

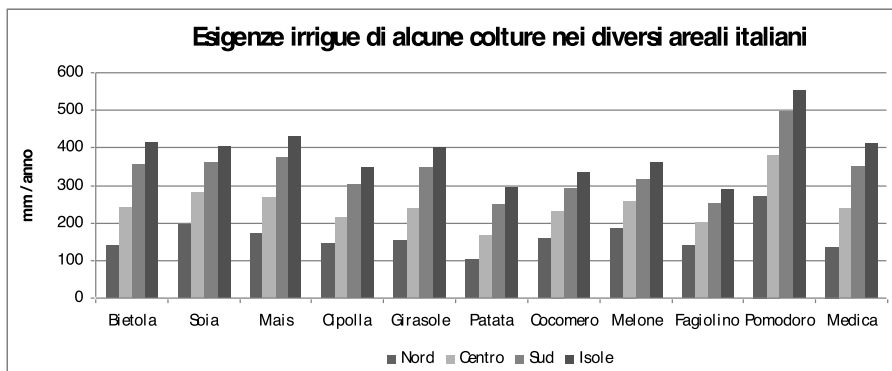


Fig. 3 *Esigenze irrigue di alcuni seminativi nelle macroaree italiane*

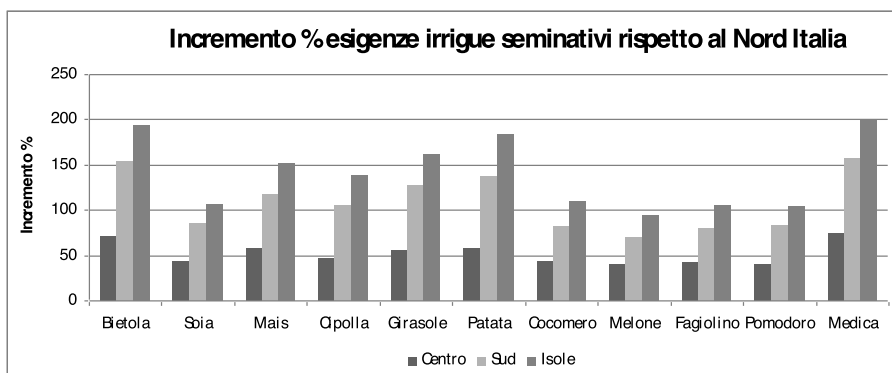


Fig. 4 *Incremento percentuale delle necessità irrigue delle aree centro meridionali rispetto al nord-Italia*

co della bietola da zucchero a ciclo primaverile-estivo variabile tra i 443 mm al nord e i 520 mm al sud, valori variabili tra i 344 e i 399 mm/anno per la patata che, in virtù del breve ciclo colturale (come anche il fagiolino, calcolato per un solo ciclo), assume valori meno distinti tra gli ambienti italiani rispetto alle colture a ciclo lungo, come il pomodoro da industria (tab. 3).

4.2 *Esigenze irrigue*

Le esigenze irrigue massime dei seminativi nei vari ambienti sono state stimate sottraendo all'evapotraspirazione massima delle colture ET_c , cioè al fabbisogno idrico complessivo, le piogge cadute nel loro ciclo colturale. Tale

calcolo porta a stimare il fabbisogno stagionale d'irrigazione in valori relativamente modesti al nord; con volumi d'acqua irrigua variabili tra i 100 e i 150 mm per la patata il fagiolino la cipolla la bietola e la medica; tra i 150 e i 200 mm per il mais la soia il cocomero e il melone, e sino a valori di 270 mm per il pomodoro da industria.

I medesimi gruppi di seminativi coltivati negli ambienti insulari molto meno piovosi, evidenziano esigenze irrigue potenziali molto maggiori, con valori anche doppi o tripli per talune colture (fig. 3). Il maggiore consumo idrico, associato alle ridotte precipitazioni del sud e delle isole, porta a valutare ad esempio per la bietola esigenze di 356-413 mm contro i 143 mm del nord, per il mais volumi irrigui di 373-432 mm contro i 171 mm del nord, sino al massimo divario evidenziato dal pomodoro da industria con esigenze idriche di 500-550 mm contro i 120 mm degli areali di coltivazione settentrionali (fig. 4).

Tali dati evidenziano con precisione la necessità del maggior ricorso irriguo sui seminativi delle regioni meridionali che, invece, sono purtroppo meno dotate di risorse idriche e caratterizzate da minori superfici irrigabili.

5. VALUTAZIONE DEI VOLUMI IRRIGUI DESTINATI ALL'IRRIGAZIONE DELLE PRINCIPALI COLTURE ERBACEE

I consumi idrici italiani dei tre comparti idroesigenti, civile, industriale e agricolo, mettono in evidenza che in un'annata arida l'irrigazione impiega circa il 50% dell'acqua complessivamente prelevata dalle fonti idriche (IRSA-CNR 1999), cioè circa 20.100 milioni di metri cubi (Mm^3).

Tale volume riguarda la somma dei quantitativi d'acqua effettivamente giunti alla pianta, delle perdite per ruscellamento e percolazione oltre la profondità radicale, delle perdite di applicazione del metodo e sistema irriguo impiegato, e infine delle perdite di trasporto tra la fonte idrica e il sistema irriguo aziendale. Nella grande media delle situazioni si pensa che l'efficienza complessiva non raggiunga quasi mai il 35-50%.

Una valutazione dei volumi irrigui netti necessari, cioè dei consumi irrigui massimi dei seminativi al netto delle perdite è stata eseguita applicando alle superfici dei seminativi le esigenze irrigue potenziali calcolate per gli stessi nelle differenti macroaree indagate. Il risultato giunge a stimare come necessario un volume netto di $2.739 Mm^3$ che risulta pari a circa il 13,6% dell'intero comparto agricolo. In realtà, applicando l'efficienza descritta, i

	VOLUMI IDRICI NETTI IMPIEGATI SUI PRINCIPALI SEMINATIVI IRRIGATI (Mm ³)						
AREA	BIETOLA	SOIA	MAIS	FORAGGERE	GIRASOLE	ORTIVE	TOTALE
Nord	66	152	976	256	5	164	1619
Centro	46	1	106	67	21	119	360
Sud	42	0	44	95	6	313	500
Isole	13	0	4	101	2	140	260
Italia	168	153	1129	519	34	737	2739

Tab. 4 *Stima dei volumi idrici impiegati sui principali seminativi in Italia*

principali seminativi tenuti in considerazione determinerebbero un prelievo idrico dalle fonti stimabile in circa 5.500-7.800 Mm³, quindi attorno al 27-39% dell'intero volume d'acqua annualmente impiegato in agricoltura in Italia.

Le maggiori necessità idriche risultano a carico delle vaste superfici irrigate nel nord-Italia, e questo nonostante le minori esigenze unitarie di tali ambienti di coltivazione. Il volume netto impiegato al nord è stimato in circa 1.619 Mm³, per la maggior parte necessario per il mais, le foraggere e le ortive. I consumi del centro sono valutati in 360 Mm³ per circa 1/3 relativo all'irrigazione delle ortive. Al sud le necessità irrigue nette sono state stimate in 500 Mm³ dei quali oltre 300 (63%) necessari alle ortive. Per le Isole la valutazione delle necessità nette giunge a 260 Mm³ per oltre il 50% impiegati per l'irrigazione delle ortive.

I relevantissimi volumi d'acqua necessari per l'irrigazione dei seminativi, accompagnati dall'incremento dei costi per l'irrigazione e dalla crescente scarsità e qualità della risorsa, mettono in luce la necessità di introdurre forti innovazioni agronomiche, tecnologiche e gestionali connesse all'irrigazione, capaci, nel loro complesso, di consentire l'indispensabile prosecuzione della pratica irrigua sui seminativi italiani.

6. I METODI IRRIGUI ADOTTATI SUI SEMINATIVI

L'indagine Istat del 2000 ha evidenziato che il metodo irriguo più utilizzato in Italia è quello ad aspersione con 1.047.680 ettari, seguito dallo scorrimento e infiltrazione laterale (850.480 ha) e da quello a goccia (290.700 ha) che, assieme alla microirrigazione (75.318 ha), raggiunge una superficie di notevole importanza (366.018 ha), portando l'Italia tra i Paesi nel quale questo metodo irriguo tecnologicamente avanzato, e potenzialmente capace d'alta efficienza irrigua, è maggiormente impiegato (fig. 5).

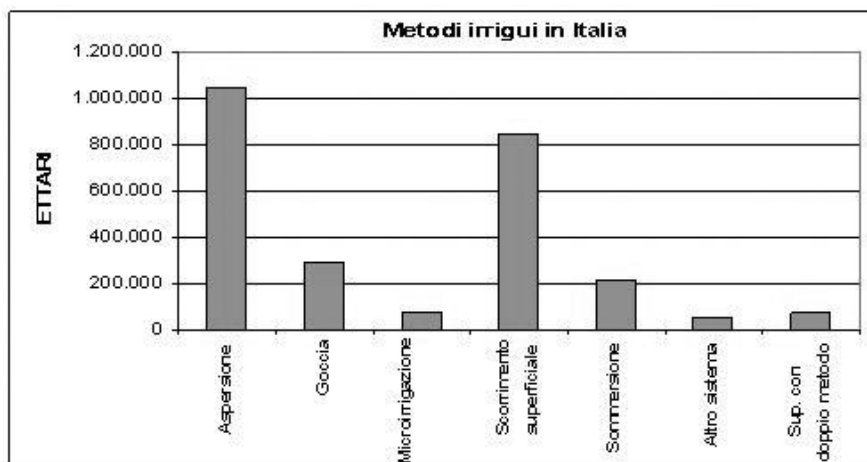


Fig. 5 *Superfici irrigate con i vari metodi in Italia (Istat 2000)*

Passando a un'analisi un po' più accurata si può notare come l'irrigazione, in Italia, trova diversa forma d'applicazione secondo la zona geografica; in particolare si distingue: lo scorrimento nel Nord-Ovest compresa l'Emilia occidentale; l'aspersione nel Nord-Est e nella fascia adriatica che va dall'Emilia Romagna fino al Molise, oltre alla Sardegna.

Il metodo per aspersione abbisogna di discrete portate continue e si adatta bene all'irrigazioni delle grandi colture di pieno campo (mais, medica, prati polifiti, bietola da zucchero, ecc.), ed è infatti maggiormente impiegato in Emilia-Romagna (162.500 ettari), Veneto (157.500 ettari) e in Lombardia (138.500 ettari) ove sono principalmente presenti tali colture.

Lo scorrimento superficiale e l'infiltrazione laterale da solchi sono metodi gravitazionali di bassa efficienza irrigua, per i quali occorrono grandi volumi e portate d'acqua disponibili, una fitta rete d'adduzione alle aziende agricole e superfici ben livellate e sistemate. Anche questi metodi si adattano alle grandi colture e in particolare alle marcite lombarde, ai prati stabili della zona del parmigiano reggiano, al mais, ecc. La Lombardia con oltre 343.000 ettari è la regione con maggiore superficie a scorrimento superficiale, seguita dal Piemonte (211.500 ettari), dal Veneto (86.000 ettari) e dall'Emilia-Romagna (45.000 ettari); in Campania (39.200 ettari) il metodo per infiltrazione è molto adottato sulle ortive in terreni sistemati per l'infiltrazione da solchi corti, sui quali la perizia degli operatori consente un'efficienza superiore a quella da solchi lunghi utilizzati nel nord-Italia. Il metodo a goccia e quelli simili di microirrigazione sono principalmente diffusi nel meridione: in Puglia con oltre 143.000 ettari e in Sicilia con quasi 62.000 ettari, e al nord in Emilia-

Romagna (prevalentemente in Romagna) con quasi 38.000 ettari. Le tre aree sono accomunate dalla presenza di ampie superfici a frutteto e ortive e da severe o gravi limitazioni di disponibilità d'acqua che hanno spinto gli agricoltori ad adottare metodi d'elevata efficienza irrigua proprio sulle colture sulle quali la goccia trova un ottimale adattamento, appunto come sulle ortofrutticole. La sommersione è il metodo impiegato a quasi esclusivo favore delle risaie, il Piemonte con oltre 111.000 ettari e la Lombardia con 89.500 ettari sono quindi le due regioni con preponderante superficie a sommersione. Il Veneto, l'Emilia-Romagna e la Sardegna risultano le altre tre zone di produzione risicola con circa 15.000 ettari complessivi coperti da tale metodo.

7. TREND DELL'IRRIGAZIONE E DEI METODI IRRIGUI

Per quanto attiene ai metodi irrigui impiegati l'ISTAT non fornisce il trend delle superfici nel tempo ma quello del numero di aziende che hanno adottato i vari metodi. Dall'analisi dei dati risulta però ben evidente come tutti i metodi irrigui, a eccezione della goccia, abbiano subito una contrazione, che per la sommersione è risultata vistosissima (da 48.000 aziende a circa 7500 dal 1990 al 2000). Il dato seppure influenzato dal processo di allargamento delle superfici aziendali per assorbimento di alcune aziende in altre, evidenzia la difficoltà crescente di poter ricorrere all'irrigazione in conseguenza della sempre crescente carenza idrica che caratterizza ormai l'intero territorio nazionale.

I dati mettono però anche in rilievo che gli agricoltori, per effetto delle sempre più pressanti esigenze di risparmio idrico e della limitata disponibilità d'acqua in gran parte delle pianure italiane, stanno via via abbandonando i metodi irrigui di peggiore efficienza di distribuzione a favore di quelli che, come la goccia, consentono irrigazioni di più basso volume stagionale irriguo.

È anche visibile una netta propensione a privilegiare l'uso dell'acqua sulle colture a più alta redditività dell'irrigazione abbandonando o limitando, viceversa, l'irrigazione delle colture caratterizzate da più bassa remuneratività dell'intervento irriguo.

La tendenza sembra anticipare ciò che molti economisti agrari stanno recentemente ipotizzando come conseguenza delle direttive europee sull'uso delle risorse idriche, che costringeranno a una corretta valutazione dei costi dell'acqua come più forte e veloce strumento per riequilibrare il rapporto tra disponibilità della risorsa e il suo impiego.

8. LA SCELTA DEL METODO E DEL SISTEMA IRRIGUO SUI SEMINATIVI

Il notevolissimo volume d'acqua impiegato in irrigazione focalizza l'esigenza di guardare oggi con maggiore attenzione alla razionalità del suo impiego. La scelta di tecnologie irrigue efficienti può contribuire notevolmente a un uso corretto e parsimonioso della risorsa idrica; infatti la sostituzione dei metodi scarsamente efficienti con quelli dotati di maggiori possibilità di ridurre gli sprechi è considerato da tutti uno degli elementi principali capaci di ridurre i prelievi non produttivi d'acqua.

La scelta del metodo e del sistema irriguo è un importante aspetto di tutta la problematica irrigua. Da essa dipende, molto spesso, la convenienza economica dell'irrigazione. Esistono, infatti, metodi idonei al solo umettamento del terreno, altri che si prestano per la fertirrigazione, altri ancora che possono servire per il dilavamento dei sali in eccesso o alla regolazione termica o alla lotta antiparassitaria.

I vari metodi differiscono inoltre per quanto riguarda l'impiego di acqua, di energia, di manodopera, di capitali, per la possibilità di automazione, per l'adattabilità a certi tipi di terreno e non ad altri, per la possibilità che offrono di soddisfare o meno le esigenze specifiche di determinate colture. La scelta del miglior metodo irriguo da adottare deve essere fatta, quindi, tenendo in considerazione numerosi fattori: agronomici, climatici, di qualità dell'acqua e del suo tipo di approvvigionamento. In caso di eguaglianza dei vantaggi e degli svantaggi indotti tra il confronto tra le varie tipologie, la scelta è solitamente effettuata su base esclusivamente economica.

Nella fase attuale alcune tendenze sono ben visibili nella scelta dei metodi e sistemi irrigui. La sommersione è strettamente legata alla risaia, ormai presente nei territori largamente dotati d'acqua, e nei quali rappresenta un elemento essenziale del paesaggio ed essenziale per l'alimentazione e l'equilibrio delle falde; le variazioni delle superfici dipendono fortemente dall'andamento del prezzo del riso più che da altre considerazioni.

Lo scorrimento superficiale da solchi sta subendo una leggera contrazione a favore dell'aspersione e, in taluni rari casi è sostituito dalla goccia con ali gocciolanti integrali meccanizzate. Il passaggio verso l'aspersione sul mais e le foraggere avvicendate è agronomicamente semplice, ma determina un deciso incremento dei consumi energetici per la messa in pressione e, generalmente, della manodopera necessaria. Il maggior consumo energetico contrasta con le esigenze di limitazione delle emissioni di anidride carbonica in atmosfera.

L'irrigazione per aspersione è l'irrigazione di maggior uso sui seminativi

estensivi, comprese le ortive da industria. Il metodo è ormai quasi completamente applicato mediante delle grandi macchine irrigue, quasi sempre semoventi ad ala avvolgibile, dotati di irrigatore a turbina, o di barra irrigatrice con spruzzatori sui seminativi di taglia più bassa e più sensibili all'impatto delle gocce con la vegetazione (patate, pomodori da industria, cipolle). Queste macchine sono state recentemente innovate, e dotata di centraline elettroniche capaci di regolarne con facilità la velocità di arretramento, per ottenere precise altezze di adacquamento sulle colture. Il consumo energetico, la necessità di discrete portate disponibili e la sensibilità al vento, rappresentano i maggiori inconvenienti per il loro impiego. Sotto il profilo dell'efficienza d'adacquamento e della omogeneità di distribuzione fanno invece registrare elevate efficienze di applicazione (80% se dotati di irrigatore e 94% se con barra adacquatrice) e buone prestazioni se razionalmente impiegati (Mannini et al., 2005).

Negli ultimi anni si è poi fortemente affermato un sistema irriguo che riunisce vantaggi dell'aspersione e della microirrigazione. La microaspersione o microirrigazione mediante mini irrigatori dinamici. Il sistema impiega materiali plastici e diametri delle tubazioni tipici della microirrigazione, ma bagna la coltura sovrachiuma senza localizzazione. Il sistema sta sostituendo, su molte ortive da consumo fresco e industriali, sia l'irrigazione per aspersione sia quella a goccia. Rispetto alla prima risulta di minor consumo energetico, meno sensibile al vento, più facile da montare in campo, più economica e semplice da gestire specie per irrigazioni frequenti e di basso volume, supera gli inconvenienti dell'eccessiva localizzazione e permette la climatizzazione della vegetazione.

La microirrigazione a goccia è un metodo che trova il suo principale campo d'applicazione sulle ortive e in frutticoltura. Il sistema a goccia ha visto un forte impulso nel suo impiego con l'avvento delle ali gocciolanti integrali poliennali o "usa e getta", caratterizzate da erogatori interni al tubo e dalla possibilità di meccanizzazione e interrimento per l'effettuazione dell'irrigazione a goccia interrata. Il pomodoro da industria è la coltura ortiva dove ha trovato il maggior impiego; infatti, l'ampia distanza tra le file della coltura meccanizzata, attorno a 1,5-1,6 metri, limita i quantitativi di ala gocciolante necessaria, rendendone economica l'applicazione. Negli ambienti di coltivazione emiliani coesistono ancora ampie superfici di pomodoro irrigate mediante macchine irrigue semoventi ad ala avvolgibile (rotoloni), che hanno fatto verificare ottime produzioni e la medesima efficienza d'uso dell'acqua dell'irrigazione a goccia (Mannini et al., 2005).

Sugli altri seminativi a file più ravvicinate l'irrigazione a goccia sta am-

pliando il suo impiego solo su quelle di elevato reddito, e ancor più sulle ortive e i terreni ove la fertirrigazione è assolutamente strategica per le migliori produzioni. Solo in questi casi pare che il costo attuale dell'irrigazione a goccia sia economicamente sopportabile.

Alcuni tentativi di coltivazione con ali gocciolanti sono in corso su patata e su mais con discreti esiti produttivi ma con dubbi risultati economici e gestionali.

9. POSSIBILITÀ DI RIDURRE I FABBISOGNI IRRIGUI

9.1 *Strategie per ridurre i consumi idrici*

Considerando che la quantità di acqua destinata all'agricoltura per l'irrigazione si aggira intorno al 60% di quella utilizzata dall'uomo e l'efficienza d'uso di quest'ultima in media è intorno al 50%, e in alcuni casi anche meno, ci si chiede se esistono possibilità o strategie utili per ridurre i consumi di acqua in agricoltura senza ridurre le superfici irrigate e contenere le produzioni, la risposta è positiva e qui di seguito si accennerà ad alcune di esse.

Una prima strategia deriva dalla considerazione che della quantità di acqua prelevata alle fonti e distribuita nei campi durante la stagione irrigua, in media circa il 50% non è utilizzata dalle colture per i propri fabbisogni idrici, quindi l'efficienza d'uso totale dell'acqua utilizzata in agricoltura è bassa. Tale efficienza può essere aumentata elevando il valore delle sue singole componenti, che secondo Hsiao (2005) sono: efficienza relativa al trasporto interaziendale e intraziendale; alla distribuzione dei metodi irrigui; all'evapotraspirazione, alla traspirazione, all'assimilazione, alla produzione di biomassa, e relativa alla produzione commerciabile. L'efficienza d'uso totale dell'acqua, infatti, è data dal prodotto delle singole efficienze parziali, pertanto elevando uno o più di queste ultime si eleva l'efficienza totale, di entità tanto più elevata quanto maggiore è il numero delle efficienze parziali su cui si agisce. In definitiva, quindi, per elevare in modo significativo l'efficienza d'uso totale dell'acqua occorre puntare su un insieme di strategie integrate tra loro.

Il valore dell'efficienza d'uso totale dell'acqua può essere influenzato: da aspetti ingegneristici (caratteristiche delle reti irrigue, tipo di consegna dell'acqua, metodo irriguo adottato, monitoraggio dei volumi di acqua applicati alle colture); dal tipo di tariffazione dell'acqua (per ettaro coltura o volumetrica); da aspetti agronomici (adeguatezza delle variabili irrigue, concimazione, sistemi colturali, etc.); dalle caratteristiche delle colture (risposta produttiva delle colture all'irrigazione).

9.1.1 Aspetti ingegneristici

Relativamente agli aspetti ingegneristici, le caratteristiche delle reti irrigue inter e intraziendali possono riguardare sia aspetti costruttivi sia l'adeguatezza delle loro dimensioni agli effettivi fabbisogni irrigui delle colture effettivamente presenti sul territorio. Le caratteristiche costruttive possono influenzare direttamente l'efficienza relativa al trasporto: le perdite di acqua lungo il percorso, infatti, sono minime con trasporto in condotte tubate, maggiori con trasporto in canali rivestiti e molto più elevate con trasporto in canali non rivestiti, con conseguenti perdite di acqua oltre che per evaporazione anche per infiltrazione. Tuttavia, queste ultime perdite di acqua non sempre sono da considerarsi negative in quanto potrebbero risultare utili per rimpinguare le falde utilizzate più a valle anche a scopo irriguo.

Le dimensioni delle reti irrigue insufficienti a soddisfare i reali fabbisogni delle colture presenti sul territorio, spesso diverse da quelle considerate in fase di progettazione, sebbene non influenzino direttamente l'efficienza relativa al trasporto possono ridurre l'efficienza produttiva in quanto non permetterebbero di applicare i volumi di acqua di massima convenienza economica. Inoltre, le reti irrigue progettate per adottare il tipo di consegna "alla domanda", a causa delle variazioni delle colture nel tempo, potrebbero risultare non più idonee per soddisfare le esigenze idriche delle colture attuali, obbligando l'adozione della consegna turnata. In questo caso l'intervallo di consegna non sempre coincide con il turno irriguo più appropriato per il tipo di terreno da irrigare, per le esigenze delle colture praticate e per il metodo irriguo adottato, con possibilità che le colture vadano incontro a fenomeni di stress idrici e quindi che si verifichino riduzioni dell'efficienza relativa alla produzione. Inoltre, il tipo di consegna turnata non permette di adottare metodi irrigui localizzati a bassa pressione, che consentono di realizzare elevate efficienze distributive dell'acqua, a meno che non si faccia ricorso a piccoli invasi aziendali in cui accumulare acqua a ogni turno di consegna, con aggravio dei costi e perdita di acqua per evaporazione. La forma di consegna turnata, inoltre, spinge gli agricoltori a consumare l'intero volume di acqua che ha diritto di utilizzare a ogni turno, volume che spesso è superiore a quello di adacquamento effettivamente occorrente nelle diverse situazioni pedologiche e colturali, con conseguente abbassamento dell'efficienza distributiva dell'acqua per perdite per percolazione profonda.

Per quanto concerne l'adeguatezza delle reti irrigue potrebbe risultare utile valutare la convenienza economica nel loro miglioramento in funzione dell'incremento di reddito derivante dall'aumento dell'efficienza d'uso dell'acqua.

Nell'ambito delle diverse efficienze quella migliorabile a costo relativamente basso è l'efficienza distributiva dell'acqua alla parcella che varia, anche di molto, tra i metodi irrigui e nell'ambito di ciascuno di essi.

È noto, infatti, che passando dai metodi irrigui gravimetrici (infiltrazione laterale da solchi, scorrimento superficiale su spianate e su campoletti) a quelli per aspersione, localizzati a bassa pressione, come per esempio l'irrigazione a goccia, e alla subirrigazione capillare, l'efficienza distributiva dell'acqua può aumentare da valori inferiori al 50%, a valori di circa il 70-80% e a valori anche superiori all'80-90%, rispettivamente. Inoltre, nell'ambito di ciascun metodo irriguo l'efficienza distributiva dell'acqua può variare in relazione: alle dimensioni dell'unità irrigua (per es. larghezza e lunghezza delle spianate e lunghezza dei solchi, che dovrebbe variare in funzione delle caratteristiche idrauliche dei terreni, della loro pendenza e del corpo d'acqua disponibile) per i metodi irrigui gravimetrici; all'intensità di pioggia, rispetto alla permeabilità dei terreni, alla lunghezza del getto d'acqua e alla disposizione spaziale degli irrigatori in campo per il metodo irriguo per aspersione; alla distanza tra i gocciolatoi, alla loro portata e alla lunghezza delle ali gocciolanti, per il metodo irriguo localizzato a bassa pressione a goccia.

Tuttavia, anche i metodi gravimetrici possono essere impiegati con buona efficienza, se impiegati in terreni profondi ed argillosi, su colture adatte e unità irrigue ben dimensionate. In tal caso è possibile ottenere efficienze distributive elevate, anche molto prossime a quelle realizzabili con l'aspersione, ossia intorno al 70-80% (Caliandro e Marzi, 1972; Caliandro e De Franchi, 1974).

D'altra parte, con l'irrigazione a pioggia efficienze distributive dell'ordine del 70-80% sono talvolta difficilmente raggiungibili. Si pensi, ad esempio, all'influenza della ventosità sulla uniformità di distribuzione dell'acqua erogata dagli irrigatori, specialmente da quelli a lunga gittata, e alla ventosità piuttosto elevata lungo le coste; alle intensità di pioggia realizzate in pratica, spesso superiori alla permeabilità dei terreni, che generano perdite di acqua per ruscellamento su terreni in pendio e percolazione profonda nelle aree di confluenza delle acque in terreni pianeggianti.

L'irrigazione localizzata a bassa pressione, largamente diffusa su colture orticole, in modo particolare in Puglia e Sicilia. Prevedendo il trasporto dell'acqua dalla fonte all'utilizzatore, ossia alla pianta, in condotte tubate, permette di eliminare quasi completamente perdite di acqua sia durante il trasporto nell'azienda che durante la distribuzione sull'unità irrigua, quindi consente di realizzare valori di efficienza distributiva dell'acqua

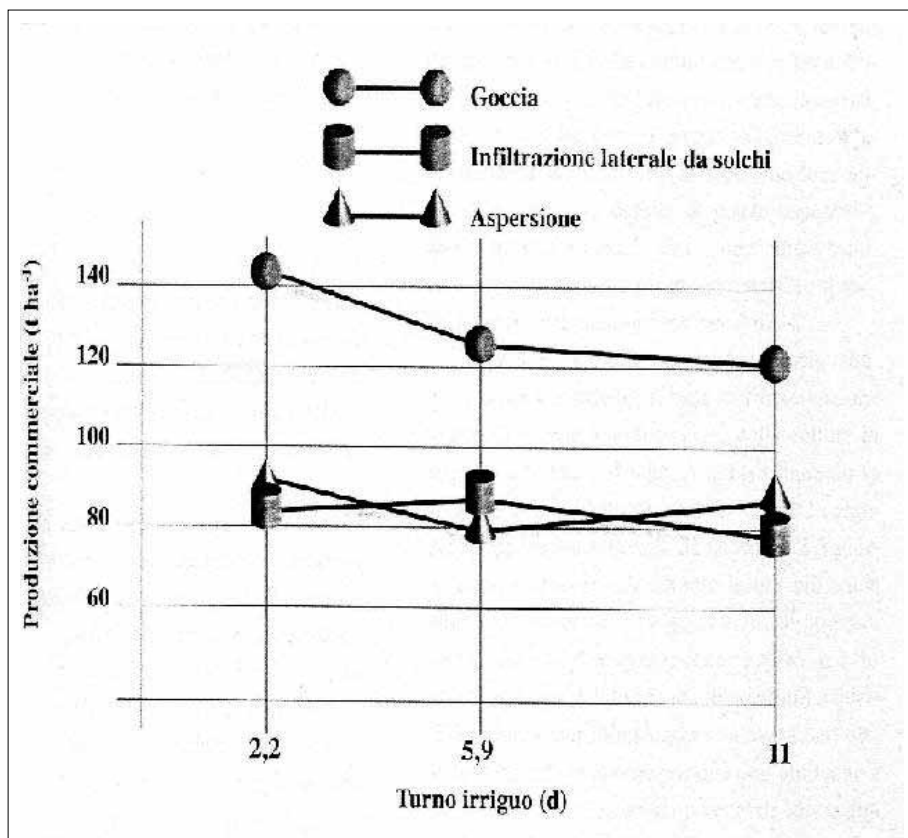


Fig. 6 *Influenza del metodo e del turno irriguo sulle produzioni del pomodoro da industria*

dell'ordine del 90% e oltre. L'irrigazione localizzata a bassa pressione, però, pur consentendo di realizzare efficienze distributive elevate, può dare luogo a bassi valori di efficienza se le variabili irrigue (turno irriguo e volumi specifici di adacquamento) non sono adeguate alla capacità di ritenzione idrica del terreno e alle caratteristiche della coltura, in particolare alla profondità del suo apparato radicale. È frequente osservare nella pratica colture irrigate con il metodo a goccia sofferenti per fenomeni di asfissia radicale per eccesso di acqua di irrigazione. A questo inconveniente gli operatori possono facilmente andare in contro se si considera che con l'irrigazione localizzata il terreno è bagnato poco in superficie e sufficientemente in profondità e che gli agricoltori valutano il volume di adacquamento somministrato osservando più l'umidità del terreno in superficie che fare riferimento al volume di acqua somministrato.

L'irrigazione localizzata a bassa pressione e quella a pioggia, rispetto ai metodi irrigui gravimetrici, consentono risparmi di acqua anche perché permettono di dosare con precisione i volumi specifici di adacquamento.

L'irrigazione localizzata, rispetto ai metodi irrigui che bagnano l'intero volume di terreno colonizzato dalle radici, consentendo maggiore arieggiamento del terreno, più uniforme distribuzione dell'acqua a livello dei singoli erogatori e uno stato idrico del terreno umettato quasi permanentemente molto prossimo alla capacità idrica di campo, dà luogo a produzioni areiche più elevate, con conseguenti più elevati valori di efficienza produttiva dell'acqua. Questo è dimostrato da dati sperimentali come quelli di una ricerca condotta nel Metapontino (Italia meridionale) su pomodoro da industria, mettendo a confronto il metodo irriguo a goccia con l'aspirazione e l'infiltrazione laterale da solchi, a parità di turni irrigui e di volumi specifici di adacquamento (Tarantino e Rubino, 1982). Con l'irrigazione a goccia la produzione commerciabile areica, rispetto agli altri due metodi confrontati, in media, sarebbe risultata più elevata di circa il 45% (130 t/ha contro 90 t/ha) (fig. 6).

Circa l'evoluzione della diffusione dei metodi irrigui nel futuro, al di là delle brevi considerazioni precedentemente formulate ai fini del risparmio idrico, un aspetto non trascurabile riguarda l'organizzazione futura dei sistemi irrigui in relazione ai possibili profondi cambiamenti gestionali delle aziende per reggere alla pressante competitività derivante dalla scelta politica della globalizzazione. È abbastanza realistico ipotizzare che nel futuro le aziende con indirizzi colturali a seminativi siano gestite da organizzazioni di servizi, come per esempio contoterzisti e coltivatori non proprietari di terreni, peraltro già operanti in alcune aree prevalentemente del nord Italia i primi e del sud Italia i secondi: nel foggiano, per esempio, coltivatori di bietola, alcuni anni fa, e di pomodori, attualmente, su superfici dell'ordine di centinaia di ettari sono realtà diffuse. Una organizzazione gestionale di questo tipo implica l'utilizzo di macchine di elevate capacità lavorative, quindi di spazi notevoli, il che necessariamente porterà alla gestione di aziende limitrofe accorpate. Questo tipo di gestione indurrà cambiamenti dei metodi irrigui, particolarmente al nord, dove molto verosimilmente si passerà dagli attuali metodi gravimetrici, diffusi per l'irrigazione di foraggiere e altri seminativi, all'irrigazione a pioggia, adottando macchine irrigue di facile mobilità, come ad esempio gli irrigatori giganti semoventi, detti anche "rotoloni". I rotoloni di ultima generazione, oltre a essere di facile spostamento, utilizzando

irrigatori a lunga gittata a turbina, a ritorno lento e braccio oscillante su un piano orizzontale, ad angolo variabile e richiedenti pressioni di esercizio inferiori a quelle di prima generazione, oppure in zone ventose, in sostituzione dell'irrigatore a lunga gittata, adottando l'ala piovana o barra irrigatrice, meglio se dotata di diffusori di tipo LDN (Low Drift Nozzle) oppure LEPA (Low Energy Precision Application), con velocità di arretramento regolabile e uniforme lungo il percorso, permettono di realizzare efficienze distributive dell'acqua soddisfacenti e di irrigare con limitato impiego di manodopera. I rotoloni con barra irrigatrice e con diffusori di tipo LEPA, inoltre, potrebbero trovare applicazione anche in orticoltura, probabilmente, là dove possibile, in sostituzione anche dell'irrigazione a goccia. Questo è ipotizzabile in considerazione della bassa pressione di esercizio richiesta da questo tipo d'impianto, della sua elevata efficienza distributiva che permette di realizzare e per la maggiore facilità e minore onerosità degli spostamenti di questa macchina irrigua rispetto all'impianto dell'irrigazione a goccia.

L'accorpamento gestionale di aziende limitrofe e l'introduzione dell'irrigazione a pioggia, in sostituzione di quelli gravimetrici al nord, potrà determinare più o meno profonde revisioni delle reti di canali inter e intraaziendali di trasporto dell'acqua, sicuramente con conseguenti modifiche delle alberature esistenti, quindi con cambiamenti degli attuali paesaggi.

Come già precedentemente accennato, le aziende raramente sono dotate di misuratori volumetrici, il che pone seri problemi circa la reale valutazione dell'efficienza distributiva e d'uso dell'acqua irrigua e l'individuazione di strategie idonee a ridurre i fabbisogni irrigui. Pertanto, un problema di fondo dell'irrigazione che si pone a livello generale, che si ripercuote su ogni opportuna valutazione dell'efficienza d'uso dell'acqua irrigua, è il monitoraggio delle quantità di acqua distribuite durante la stagione irrigua con i diversi sistemi irrigui, a livello di rete sia pubblica che aziendale. Il monitoraggio delle effettive quantità di acqua distribuite a livello di distretti, di comizi e di singole utenze, oltre a consentire agli operatori di conoscere obiettivamente i volumi di acqua applicati alle proprie colture, fornirebbe indicazioni utili e concrete anche per la valutazione dell'adeguatezza delle reti idriche all'effettivo fabbisogno delle colture e per la progettazione di loro eventuali ristrutturazioni. Il monitoraggio dei volumi d'acqua somministrati alle colture, confrontati con quelli realisticamente occorrenti, oltre a consentire di ottimizzare l'efficienza d'uso dell'acqua, apporterebbe un contributo notevole alla razionalizzazione dello sfruttamento delle falde, aspetto di grande importanza nelle aree in cui sono in atto fenomeni di

salinizzazione per emungimenti eccessivi, come in Puglia, particolarmente lungo le coste.

9.1.2 Tariffazione dell'acqua

Il tipo di tariffazione dell'acqua in generale può essere: a ettaro-coltura o su base volumetrica. Nel primo caso, poiché il volume di acqua prelevato per irrigare una determinata coltura non incide sul pagamento della stessa, l'agricoltore è poco attento a evitare sprechi e l'efficienza d'uso dell'acqua generalmente è bassa. Nel secondo caso, invece, poiché il sistema irriguo è dotato di misuratori volumetrici e il costo dell'irrigazione aumenta con l'aumento del volume di acqua usato, gli agricoltori sono molto accorti a somministrare volumi di acqua adeguati alle effettive esigenze delle colture, gli sprechi sono contenuti e l'efficienza d'uso dell'acqua risulta generalmente elevata.

Ricerche condotte in Puglia, nell'ambito di un Consorzio di Bonifica, hanno mostrato l'utilità, ai fini della riduzione dei consumi idrici e dell'aumentare dell'efficienza d'uso dell'acqua, della tariffa volumetrica, anche differenziata: prezzo più basso per volumi minimi compatibili con le esigenze irrigue delle colture, prezzo più elevato per volumi eccedenti quelli minimi.

Inoltre, per un più razionale uso dell'acqua e per una migliore gestione di un sistema irriguo con consegna alla domanda, è stato sviluppato negli ultimi anni un nuovo apparato di consegna, basato su un sistema di micro-processore che permette di regolare i prelievi dell'acqua. Questo apparato è stato installato e usato con successo in alcuni schemi irrigui del Consorzio di Bonifica per la Capitanata in Puglia (Altieri et al., 1999) e si sta diffondendo in molti territori irrigui italiani.

9.1.3 Aspetti Agronomici

Ai fini del contenimento dei consumi idrici, quindi dell'aumento dell'efficienza d'uso dell'acqua, tra gli aspetti agronomici particolare importanza riveste la definizione delle variabili irrigue connesse con la gestione dell'irrigazione a livello aziendale e più in particolare a livello parcellare, ossia la definizione del turno irriguo e del volume specifico di adacquamento.

In quasi tutti gli ambienti irrigui italiani il turno irriguo e il volume specifico di adacquamento sono stabiliti con criteri empirici basati su esperienze pluriennali dei singoli operatori, criteri che in generale sortiscono risultati

apprezzabili se usati da operatori capaci, che conoscono bene l'ambiente in cui operano e le colture da irrigare e se le agrotecniche adottate nell'ambito dell'azienda sono consolidate; danno luogo a risultati poco soddisfacenti, invece, quando sono introdotte agrotecniche innovative: cambio del metodo irriguo, introduzione di nuove colture o cultivar, variazioni dell'epoca di semina o di trapianto, ecc.

La definizione del turno irriguo implica fissare sia l'inizio della stagione irrigua sia l'intervallo di tempo tra l'inizio di due adacquate consecutive.

In situazione di regime irriguo ottimale e uniforme durante la stagione irrigua, concettualmente si dovrebbe intervenire con l'irrigazione ogni qual volta nello strato di terreno maggiormente interessato dall'apparato radicale si esaurisce la riserva idrica facilmente utilizzabile dalla coltura in irrigazione, somministrando un volume specifico di adacquamento pari a quest'ultima riserva divisa per l'efficienza del metodo irriguo adottato.

Per individuare il momento in cui la frazione di acqua facilmente utilizzabile si è esaurita, in letteratura sono riportate diverse metodologie, peraltro in continua evoluzione. Allo stato attuale alcune di queste sono ormai consolidate, altre, invece, sono in fase di studio sia per approfondire le conoscenze scientifiche su cui si fondano, che per migliorare, dal punto di vista tecnico e operativo, le apparecchiature di misura necessarie. Fondamentalmente le metodologie proposte e attualmente utilizzabili nella pratica sono tre e si basano: una prima sul monitoraggio dello stato idrico del terreno; una seconda sul monitoraggio dello stato idrico della pianta e una terza sul bilancio idrico suolo-piante-atmosfera. In ogni caso, per stabilire il momento dell'intervento irriguo e il volume specifico di adacquamento occorre fare riferimento ai principi di base riguardanti: i rapporti acqua terreno (potenziale idrico del terreno, curva caratteristica di ritenzione idrica del terreno, capacità idrica di campo, punto di appassimento, acqua o riserva idrica facilmente utilizzabile, potenziale matriciale dell'acqua del terreno limite di intervento irriguo, ecc.); l'idrologia della pianta (potenziale dell'acqua nella pianta, resistenza stomatica, traspirazione, ecc.) e il processo evapotraspirativo (evapotraspirazione di riferimento, massima ed effettiva della coltura, coefficiente culturale, coefficiente di decurtazione o riduzione idrica, ecc.).

Tra le metodologie attualmente utilizzabili il metodo evapotraspirometrico è quello più facilmente applicabile a livello di assistenza tecnica. A tal riguardo sono stati proposti numerosi modelli: dai più complessi, che tengono conto del flusso di acqua nel sistema continuo suolo-piante-atmosfera, ai più semplificati che si basano sull'aggiornamento continuo del bilancio idrico e prevedono che si debba intervenire con l'irrigazione quando la sommatoria

dell'evapotraspirazione giornaliera, calcolata a partire dal giorno dell'ultimo intervento irriguo, al netto della pioggia utile caduta, è pari alla riserva idrica facilmente utilizzabile dello strato di terreno esplorato dall'apparato radicale.

Indagini effettuate in Puglia e in Emilia-Romagna, miranti a confrontare la programmazione irrigua degli operatori, usando criteri empirici, con la programmazione adottando il metodo evapotraspirometrico, pur con differenze variabili tra le colture esaminate, hanno messo in evidenza che irrigando con il criterio del bilancio idrico, anziché con quello empirico, si riscontrano risparmi idrici e maggiore efficienza produttiva dell'acqua, anche a causa di una maggiore tempestività degli interventi irrigui (Cavazza et al., 1996; Mannini et al., 2007).

La problematica della definizione del momento dell'intervento irriguo e del volume di adacquamento si complica con l'irrigazione localizzata, per es. a goccia, in quanto è mal definibile il volume di terreno umettato da ciascun erogatore. Tuttavia, anche con questo metodo irriguo è possibile individuare il momento dell'intervento irriguo e valutare il volume specifico di adacquamento con obiettività facendo ricorso, rispettivamente, al monitoraggio dello stato idrico del terreno umettato da uno o più gocciolatoi, per esempio con tensiometri, e al criterio del bilancio idrico suolo/pianta/atmosfera.

L'efficienza d'uso dell'acqua può essere influenzata anche da altre pratiche agricole. È noto, infatti, che la risposta produttiva delle colture all'irrigazione aumenta con l'aumentare della fertilità del terreno, a dimostrazione che quando l'acqua non costituisce fattore limitante della produzione, altri fattori, quali il contenuto di nutrienti, cattiva struttura del terreno, eccessiva presenza di patogeni e di infestanti nel terreno, la possono limitare. Pertanto la conoscenza delle interazioni tra irrigazione e altri fattori della produzione, nelle differenti condizioni pedoclimatiche, potrebbe apportare un notevole contributo al miglioramento dell'efficienza d'uso dell'acqua e al contenimento dei consumi idrici.

Un esempio dei rapporti che possono instaurarsi tra i consumi idrici (V) e altri fattori della produzione (F) è grossolanamente schematizzato nella figura 7, da cui si può rilevare che la curva di isoproduzione Y_1 può essere raggiunta senza irrigazione (V_0) e un apporto di altro fattore della produzione fino al livello F_1 , oppure aumentando le disponibilità idriche con l'irrigazione fino al livello V_1 e mantenendo a livello F_0 , pari alle risorse esistenti nel terreno, l'apporto di altri fattori della produzione. La produzione può essere elevata, fino a raggiungere la curva di isoproduzione Y_2 , aumentando contemporaneamente le disponibilità idriche, attraverso l'irrigazione, fino al livello V_1 e

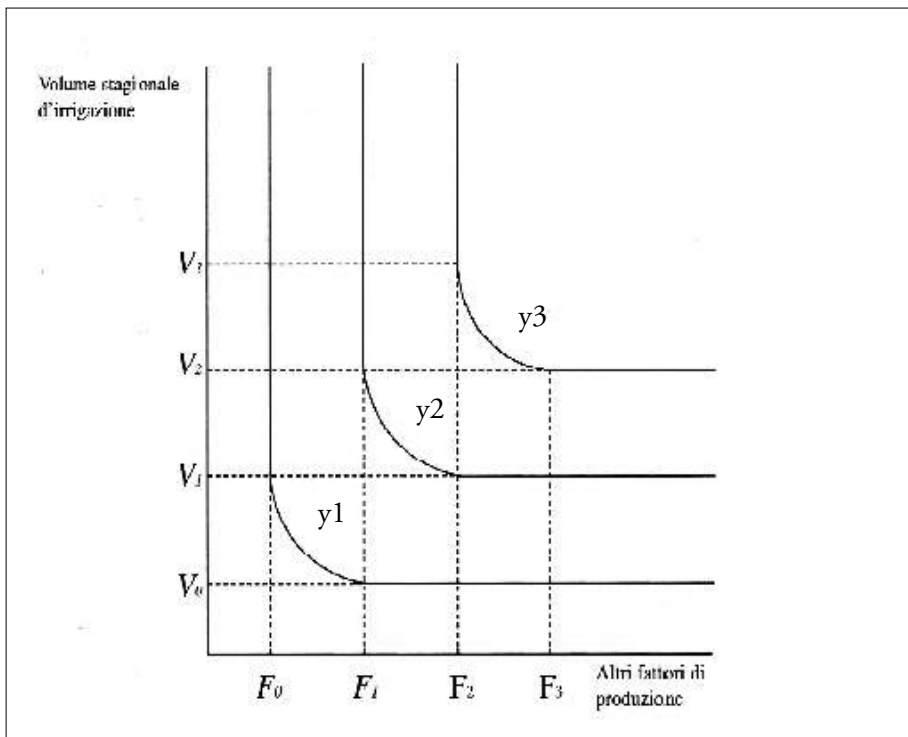


Fig. 7 Rapporti tra due diversi fattori della produzione

un altro fattore della produzione fino al livello F_2 , oppure portando le disponibilità idriche a livello V_2 e mantenendo l'altro fattore della produzione al livello F_1 . Considerazioni simili possono essere ripetute se si vogliono elevare ulteriormente le produzioni. La ripercussione di tali rapporti tra fattori della produzione sulla produttività marginale dell'acqua è evidente: aumentando il volume stagionale d'irrigazione la produttività marginale dell'acqua irrigua aumenta se aumentano altri fattori della produzione (Caliandro, 2001).

Inoltre, alcune pratiche agronomiche che limitano l'evapotraspirazione, come la coltivazione sotto apprestamenti protettivi (serre, tunnel, reti antigrandine per colture arboree), o la pacciamatura possono contribuire a ridurre i consumi idrici e ad aumentare alcune componenti della efficienza, dall'efficienza d'uso dell'acqua relativa alla traspirazione a quella relativa alla produzione commerciale.

In relazione agli effetti della pacciamatura sulla efficienza d'uso dell'acqua relativa alla produzione di biomassa, i risultati di una ricerca condotta in lisimetri a pesata su melone mostrano che l'efficienza relativa alla biomassa

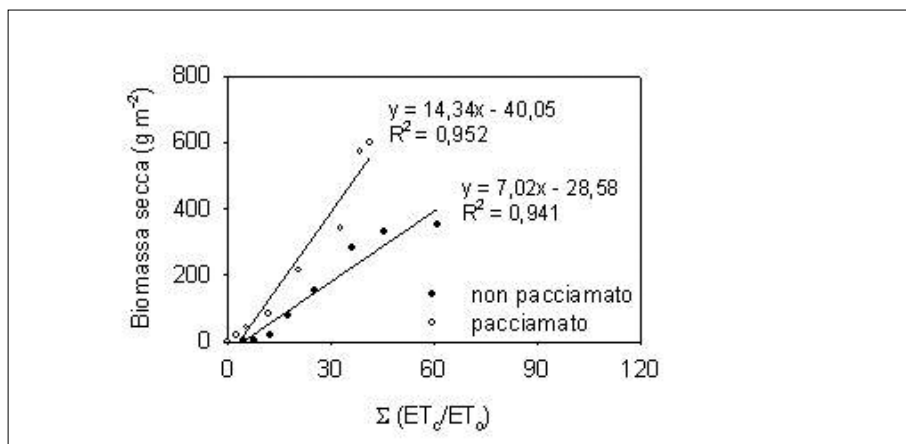


Fig. 8 *Influenza della pacciamatura sull'efficienza d'uso dell'acqua relativa alla produzione di biomassa del melone*

della coltura pacciamata è aumentata del 104% rispetto a quella della coltura non pacciamata (Cantore et al., 2005) come ben evidenziato dalle rette di regressione di figura 8.

Inoltre, ai fini della valorizzazione delle acque disponibili, un ruolo notevole potrebbero giocare gli ordinamenti colturali. Numerosi risultati sperimentali ottenuti in ambienti dell'Italia meridionale, infatti, mostrano che le colture reagiscono all'irrigazione in modo sostanzialmente diverso. Volumi stagionali d'irrigazione crescenti su colture caratterizzate da apparati radicali profondi e densi e da buon adattamento a situazioni di stress idrico, come medica, bietola da zucchero a semina autunnale e girasole a semina anticipata, determinano incrementi marginali di produzioni areiche gradualmente decrescenti; su altre colture, invece, come la maggior parte delle orticole a ciclo primaverile-estivo, determinano incrementi produttivi marginali pressoché lineari fino al raggiungimento del 60-70% della produzione massima ottenibile (Venezian Scarascia et al., 1987). Questo diverso comportamento consente: per il primo gruppo di colture di adeguare in maniera continua il volume stagionale d'irrigazione alla ricerca della dose di massima convenienza economica; mentre, per il secondo gruppo di colture, è facile trovarsi di fronte a situazioni in cui conviene irrigare abbondantemente fino a soddisfare quasi totalmente il fabbisogno irriguo o non conviene coltivarle (fig. 9). Pertanto, allorquando le risorse idriche sono limitate, come in annate siccitose, colture appartenenti al primo gruppo permettono di ridurre

i volumi irrigui senza evidenti danni economici e di destinare l'acqua risparmiata a colture appartenenti al secondo gruppo, con innalzamento dell'efficienza d'uso dell'acqua. A quest'ultimo riguardo, per meglio definire l'allocazione di limitate risorse idriche, al fine di massimizzare il reddito aziendale o comprensoriale, la risposta produttiva delle colture all'irrigazione dovrebbe essere valutata, direttamente o attraverso modelli di simulazione, in termini economici. Esprimendo le produzioni in termini di reddito e applicando opportuni modelli matematici di ottimizzazione, infatti, è possibile ottimizzare in termini economici l'efficienza d'uso dell'acqua degli ordinamenti colturali adottati a livello aziendale o comprensoriale (Caliandro et al., 2007).

Tra le pratiche agronomiche miranti a contenere i consumi idrici e a valorizzarle meritano di essere ricordate le tecniche di aridocoltura utilizzabili anche in ambienti irrigui, intendendo per aridocoltura "un'agricoltura in cui è praticato il più razionale uso delle limitate risorse idriche disponibili".

Oltre agli accorgimenti già indicati precedentemente (elevata efficienza distributiva dell'acqua, attraverso la scelta appropriata dei metodi irrigui e delle variabili irrigue; monitoraggio dei volumi idrici applicati alle colture; scelta delle colture; appropriata allocazione di limitate risorse idriche tra le colture; ecc.), tra le tecniche di aridocoltura se ne citano altre, particolarmente indicate negli ambienti dell'Italia meridionale, quali: favorire la formazione di riserve idriche nel terreno, durante la stagione piovosa, con appropriate lavorazioni dello stesso, che nel meridione potrebbe essere l'aratura profonda tradizionale effettuata prima dell'inizio del periodo piovoso, pratica valida anche per colture a ciclo primaverile-estivo; contenere perdite inutili di acqua immagazzinata nel terreno attraverso il controllo delle infestanti e le sarchiature, per ridurre le perdite per diretta evaporazione dalla superficie del terreno; anticipo appropriato dell'epoca di semina o trapianto delle colture a ciclo sia autunno-primaverile sia primaverile-estivo, per meglio utilizzare le piogge autunno-invernali nel primo caso, e per contenere l'estensione del ciclo colturale nel periodo estivo, nel secondo caso; per colture a ciclo autunno-primaverile scelta di cultivar precoci, per sfuggire, nei limiti del possibile, all'alidore estivo; per colture normalmente non irrigate, in situazioni di siccità, fare ricorso a irrigazioni di soccorso durante fasi fenologiche critiche, allo scopo non solo di aumentare le produzioni ma anche di valorizzare l'acqua di pioggia. Là dove è possibile, adottare la tecnica dell'irrigazione deficitaria controllata, tecnica, però più facilmente applicabile sulle colture arboree.

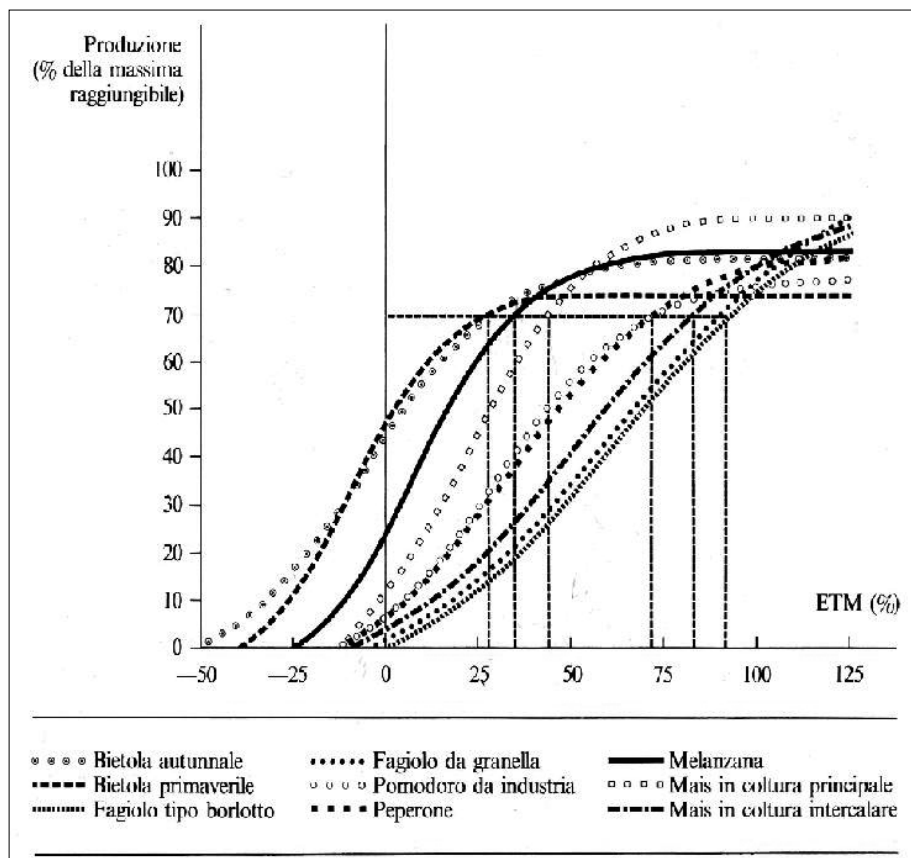


Fig. 9 Andamento delle produzioni di alcune colture erbacee in relazione al volume stagionale d'irrigazione, espresso in percento dell'evaporazione massima stimata (ETM), e indicazione dei volumi stagionali d'irrigazione occorrenti per ottenere il 70% della produzione massima ottenibile

10. UTILIZZO DI ACQUE NON CONVENZIONALI (SALMASTRE E REFLUE)

10.1 Introduzione

La limitata disponibilità di acqua rispetto alla crescente domanda per usi domestici, industriali e agricoli, spinge a usare per l'irrigazione acque non convenzionali: salmastre e reflue. Le acque salmastre provengono prevalentemente da falde, ma anche da corsi d'acqua salmastra, come è riscontrabile

in Sicilia. La salinità delle acque d'irrigazione costituisce per l'Italia una preoccupazione abbastanza rilevante nelle zone costiere della penisola (Veneto, Emilia-Romagna, Puglia, Campania, Lazio, Toscana, Sardegna e Sicilia) nelle quali si va sempre più diffondendo il fenomeno di cuneo marino rilevabile nei corsi di acqua, anche per lunghi tratti a monte della foce, fenomeno che impedisce il prelievo a scopo irriguo per tutto il tratto fluviale interessato, nonché quello dell'intrusione dell'acqua marina nelle falde costiere. In queste ultime aree i numerosi pozzi trivellati hanno favorito la contaminazione di una notevole parte delle acque sotterranee. Le falde di acqua dolce, alimentate dalle piogge, galleggiano sull'acqua di mare che, in aree caratterizzate da sottosuolo costituito da roccia fessurata fino alla costa, invade il sottosuolo dell'entroterra e l'eccessivo e incontrollato emungimento dai pozzi provoca la riduzione dello spessore dello strato di acqua dolce, l'innalzamento del livello dell'acqua di mare, con conseguente inquinamento dell'acqua dolce e prelievo di acqua salmastra.

Un'altra possibile fonte idrica per l'agricoltura è l'utilizzo di acque reflue, trasformandole da rifiuto in risorsa utile al sostegno dell'agricoltura, con risparmio di acqua primaria di buona qualità a favore di altri usi e con riduzione dei prelievi da fonti convenzionali, particolarmente dalle falde, con conseguente attenuazione dei processi di salinizzazione in atto. D'altra parte le vigenti disposizioni di legge prevedono l'utilizzazione delle acque reflue a scopo irriguo, previo affinamento terziario, e indicano caratteristiche qualitative e modalità di impiego. A tal riguardo il Piano di Tutela delle Acque recentemente approvato dalla regione Puglia prevede l'utilizzazione per scopi irrigui di circa 110 milioni di metri cubi di acque reflue affinate, al fine di ridurre i prelievi dalla falda, allo stato attuale eccessivamente sfruttata e in progressiva fase di salinizzazione.

L'utilizzo di acque non convenzionali, però, pone problematiche per i suoi effetti sul terreno e sulle colture e richiede particolari strategie irrigue e molta attenzione per la sicurezza alimentare delle produzioni.

10.2 *Problematiche relative all'utilizzo di acque salmastre*

Le problematiche connesse all'utilizzo di acque salmastre e le relative limitazioni d'uso sono riconducibili essenzialmente a tre differenti categorie: rischi legati alla presenza di elevata concentrazione di sali, che si riflette in una minore disponibilità per la pianta dell'acqua presente nel terreno, a causa dell'abbassamento del potenziale osmotico; rischi legati alla presenza di elevate concentra-

zioni di sodio, in quanto la progressiva sodicizzazione del complesso di scambio provoca riduzione della velocità d'infiltrazione dell'acqua nel terreno e fenomeni di asfissia; rischi legati alla presenza, oltre certi limiti, di elementi tossici quali boro, litio, cloro, metalli pesanti, residui di fitofarmaci, ecc., la cui presenza può determinare fenomeni di tossicità nelle specie vegetali.

Tuttavia, la salinità, mentre sulle colture ha effetti negativi, sul terreno, invece, potrebbe avere anche effetti positivi. Elevate concentrazioni di sali di calcio e magnesio nelle acque di irrigazione, infatti, favoriscono la flocculazione delle particelle colloidali del terreno, con formazione di aggregati strutturali e miglioramento delle proprietà idrauliche dello stesso e degli scambi gassosi con l'atmosfera.

10.2.1 Effetti sul terreno e sulle colture

Come precedentemente accennato l'uso di acque salmastre può determinare nel terreno problemi di progressiva salinizzazione e/o alcalinizzazione. I primi sono strettamente connessi con la quantità totale di sali apportati con le acque d'irrigazione e riguardano essenzialmente: la disponibilità di acqua per la pianta e l'accumulo nel terreno di eventuali elementi tossici. I problemi di alcanizzazione o sodicizzazione derivano, invece, dalla presenza nell'acqua di sodio non bilanciato da calcio e magnesio, condizione questa che determina fenomeni di dispersive del materiale argilloso del terreno, con conseguente riduzione della sua conducibilità idraulica, quindi della sua permeabilità, e aumento della capacità di ritenzione idrica del terreno stesso. Queste modifiche delle proprietà fisiche del terreno si traducono in una generalizzata perdita di fertilità, derivante da fenomeni di asfissia che limitano l'attività microbica, l'approfondimento e la funzionalità degli apparati radicali delle colture e, in terreni in pendio, provocano fenomeni erosivi a causa della ridotta permeabilità del terreno.

L'accumulo di sali negli strati superficiali del terreno interessati dagli apparati radicali può essere causato e accentuato anche da fattori indipendenti dalla qualità dell'acqua irrigua o dall'irrigazione. La presenza di falda poco profonda, infatti, per effetto della capillarità determina un flusso di acqua e dei sali in essa disciolti verso la superficie del terreno, dove l'acqua evapora mentre i sali permangono e si accumulano. In simili situazioni l'irrigazione può favorire l'innalzamento della falda e aggravare il problema, in modo particolare se l'acqua è salmastra.

Problemi quasi simili al precedente si potrebbero verificare anche in presenza di strati impermeabili superficiali che potrebbero ostacolare lo sposta-

mento in strati profondi dei soluti apportati con l'irrigazione e lisciviati da acque di percolazione di origine irrigua e piovana.

In assenza di falda superficiale e di strati impervi lungo il profilo del terreno, l'accumulo dei soluti apportati con le acque irrigue è maggiore in terreni argillosi e minore in terreni sabbiosi; inoltre, indipendentemente dal tipo di terreno e a parità di salinità dell'acqua, negli ambienti meridionali il problema è accentuato dalla più elevata domanda evapotraspirativa dell'ambiente che comporta maggiori apporti di acqua irrigua, quindi di sali. L'accumulo di soluti negli strati superficiali del terreno è maggiore con i metodi irrigui localizzati rispetto a quelli non localizzati.

La salinità, abbassando il potenziale osmotico dell'acqua del terreno rende questa meno disponibile per le colture, ne modifica il normale consumo idrico e determina fenomeni di stress idrici a cui si accompagnano attenuazioni dell'accrescimento delle piante, riduzioni delle produzioni areiche e modifiche qualitative dei prodotti.

Gli effetti di livelli diversi di salinità delle acque sulle colture sono notevolmente diversi tra le specie. Numerose ricerche hanno contribuito a stabilire, entro certi limiti, il grado di tolleranza delle differenti colture alla salinità, permettendo a diversi autori di approntare tabelle di tolleranza delle colture alla salinità, in cui sono indicate anche le riduzioni delle produzioni areiche al variare della salinità dell'acqua irrigua e della presumibile salinità dell'estratto di pasta satura e dell'acqua del terreno.

La resistenza alla salinità delle singole specie varia anche con la cultivar, con la fase fenologica e con la domanda evapotraspirativa dell'ambiente. La fase di germinazione è la più sensibile. Negli ambienti settentrionali la resistenza è maggiore che in quelli meridionali, come anche le colture a ciclo autunno-invernale sono più resistenti rispetto a quelle a ciclo primaverile-estivo. Gli effetti negativi della salinità delle acque, infatti, aumentano all'aumentare della domanda evapotraspirativa dell'ambiente, in quanto all'aumentare di quest'ultima aumenta il flusso di acqua dal terreno all'atmosfera attraverso la pianta, a causa dell'aumento del gradiente di potenziale nel sistema continuo suolo-pianta, che si verifica principalmente per progressivo abbassamento del potenziale idrico della pianta.

10.3 *Problematiche relative all'utilizzo di acque reflue*

Le problematiche riguardanti l'utilizzo delle acque reflue, affinate conformemente alle vigenti normative, dovrebbero essere di entità trascurabili se non

inesistenti. Tuttavia, per ragioni diverse, le acque reflue potrebbero dare luogo a problemi di tipo igienico-sanitario, di tipo simili a quelli precedentemente visti per le acque salmastre e riguardanti la funzionalità degli stessi impianti irrigui.

Grazie all'adeguamento strutturale degli impianti di depurazione in futuro si potrà disporre di volumi sempre maggiori di refluo e di qualità migliore. Per rendere tale risorsa utilizzabile nel settore agricolo è necessario effettuare un ulteriore trattamento, trattamento terziario o affinamento, finalizzato principalmente all'abbattimento della carica microbica. Nella scelta del tipo di trattamento da adottare, potrebbe risultare utile ai fini agricoli considerare gli elementi nutritivi presenti nelle acque reflue di cui le piante hanno bisogno e possibilmente non rimuoverli, come anche sarebbe utile non rimuovere la sostanza organica presente.

Pertanto utilizzando acque reflue urbane potrebbe essere un vantaggio l'apporto al suolo di sostanza organica, di fosforo e azoto, e altri elementi minerali, se durante i processi di depurazione e affinamento non fossero rimossi, così come le vigenti disposizioni di legge prevedono per l'utilizzo di acque reflue in agricoltura.

Gli inquinanti più pericolosi, che possono provocare danni in agricoltura, per effetto della loro fitotossicità, sono i microelementi come il boro e i metalli pesanti quali zinco, cadmio, rame e piombo in concentrazioni relativamente elevate. È da considerare, però, che questi elementi sono presenti generalmente in concentrazioni elevate solo nelle acque reflue industriali, mentre, in quelle urbane, le loro concentrazioni, dopo il trattamento di depurazione, sono quasi sempre nei limiti imposti per legge.

Uno degli aspetti salienti da considerare, nell'utilizzare acque reflue, è il rischio sanitario per l'inquinamento dei prodotti agricoli e delle acque di falda. I principali problemi sono legati alla presenza di microrganismi patogeni dannosi per l'uomo in seguito a ingestione e all'eventuale lisciviazione dell'azoto sotto forma nitrica. Il tempo di sopravvivenza dei microrganismi patogeni nel suolo varia da poche ore ad alcuni mesi e più, in funzione della radiazione solare e della presenza di microflora antagonista che ne riduce la durata di sopravvivenza, del tipo di patogeno e della forma sotto cui è presente nelle acque reflue.

Quest'ultimo aspetto, legato ai riflessi igienico-sanitari dell'uso di acque reflue e/o inquinate, è oggi molto attuale anche perché la sensibilizzazione del consumatore sui problemi legati alla salubrità delle produzioni ha spinto le Autorità e i diversi soggetti della filiera agroalimentare a predisporre norme e regolamenti capaci di salvaguardare la qualità e la salubrità degli alimenti

(2001/178/CE, EUREPGAP, HACCP, EMAS II, ISO 14001), sollecitando la certificazione delle produzioni agricole nei riguardi del rischio di contaminazione di inquinanti di varia origine, anche veicolati dalle acque irrigue. Oggi, l'accettazione da parte di alcuni mercati esteri e della grande distribuzione internazionale è vincolata alla conoscenza delle caratteristiche qualitative dell'acqua irrigua impiegata nel processo produttivo, con implicazioni commerciali ed economiche di estremo rilievo, perché la qualità dell'acqua irrigua utilizzata può portare alla esclusione dei prodotti agricoli e agroindustriali dai mercati più ricchi e avanzati.

10.4 *Strategie irrigue utilizzando acque non convenzionali*

Gli accorgimenti adottabili nell'utilizzo di acque salmastre sono diversi ed essenzialmente mirano a contenere gli effetti negativi sulla fertilità del terreno e sulla produttività delle colture. Considerando che la tolleranza delle colture alla salinità varia con la specie e la cultivar, uno degli accorgimenti di primaria importanza è la scelta delle colture e delle cultivar da irrigare.

Poiché l'uso di acqua salmastra comporta riduzione della disponibilità di acqua per le colture ed è causa di progressiva salinizzazione e/o sodicizzazione dei terreni, ogni accorgimento mirante a prevenire o attenuare tali fenomeni valorizza l'impiego delle acque salmastre.

Considerando che gli effetti negativi della salinità delle acque sul terreno decrescono passando da quelli argillosi ai terreni sabbiosi, per via della maggiore permeabilità e del minore rischio di degrado delle proprietà fisiche di questi ultimi, là dove è possibile è preferibile utilizzare acque salmastre per irrigare terreni sabbiosi anziché quelli argillosi, specialmente quando le acque hanno un elevato contenuto in sodio rispetto a calcio e magnesio.

Per agevolare la lisciviazione dei soluti apportati con le acque d'irrigazione dallo strato di terreno interessato dagli apparati radicali in quelli sottostanti è indispensabile attivare un buon sistema di drenaggio naturale presenti strati impervi superficiali rimovibili attraverso il loro scasso, viceversa, là dove sono presenti falde poco profonde soggette a fluttuazioni durante l'anno a causa delle piogge invernali e dell'irrigazione, realizzando una appropriata rete di drenaggio sottosuperficiale.

Tra i lavori preparatori principali del terreno è da preferirsi la discissura profonda o l'ara-ripuntatura, detta anche a doppio strato in alternativa all'aratura profonda. Questa lavorazione evita di riportare in superficie strati

profondi di terreno in cui si sono accumulati sali lisciviati dagli strati sovrastanti e la formazione del crostone o suola di lavorazione che ostacolerebbe il drenaggio profondo.

Avvicendare colture irrigate con colture non irrigue, al fine di accentuare l'azione liscivante delle piogge invernali. In ambienti irrigui della Puglia è stato ampiamente dimostrato che le piogge invernali allontanano dallo strato radicale la quasi totalità dei soluti apportati con le acque irrigue durante la stagione precedente (Pantanelli, 1929; Ficco, 1961; Caliandro et al., 1991). Alternando colture irrigue a colture non irrigate si darebbe la possibilità alle piogge di due inverni consecutivi di dilavare tutti i sali apportati in precedenza, specialmente in annate siccitose e in ambienti dell'Italia meridionale.

Là dove si dispone anche di quantità limitate di acqua dolce si potrebbe prevedere di avvicendare colture sensibili alla salinità, da irrigare con acqua dolce, con colture resistenti alla salinità da irrigare con acque salmastre, almeno dopo la fase di germinazione-emergenza, oppure impiegare acque dolci durante le fasi fenologiche critiche della coltura nei riguardi della salinità e le acque salmastre durante le fasi tolleranti.

In presenza di acque a diversa concentrazione salina si potrebbe anche ipotizzare la miscelazione dell'acqua dolce con quella salmastra; questa soluzione, però, se da una parte migliora la qualità dell'acqua salmastra, dall'altra peggiora quella dell'acqua dolce. L'opportunità di miscelare acque di qualità diverse dipende da più circostanze e da valutazioni anche di tipo economico oltre che tecnico. A quest'ultimo riguardo Cavazza e Patruno (2009) suggeriscono la possibilità di miscelare acque a diversa concentrazione salina sulla base della risposta produttiva delle colture ad acque a diversa salinità e degli effetti della salinità dell'acqua sulla qualità del prodotto ottenuto e sul suo valore commerciale.

È buona norma frazionare la concimazione azotata in più epoche al fine di non contribuire a elevare eccessivamente la concentrazione salina dell'acqua del terreno.

Tra i metodi irrigui disponibili sarebbe preferibile adottare quelli che favoriscono la lisciviazione dei soluti apportati con le acque irrigue dagli strati di terreno colonizzati dagli apparati radicali a quelli sottostanti, come la sommersione, lo scorrimento, e l'aspersione che determinano nel terreno il flusso dell'acqua, quindi dei soluti, dalla superficie in profondità. L'irrigazione per infiltrazione laterale da solchi e quella localizzata a goccia, pur determinando un flusso di acqua e di soluti intorno alla zona di infiltrazione, al disotto e lateralmente al solco o al punto di gocciolamento, consentono di allontanare

i soluti dal volume di terreno umettato in cui le radici sono più attive. Tuttavia, questi due metodi favoriscono accumuli di soluti in superficie tra solchi o gocciolatoi contigui, con problemi di salinità per la coltura successiva a quella irrigata se i soluti accumulati non sono dilavati da piogge cadute nell'intermezzo tra le due colture consecutive o da irrigazione lisciviante effettuata in presemina.

Immediatamente dopo un intervento irriguo e sino a poco prima di quello successivo l'umidità del terreno diminuisce progressivamente, per perdite di acqua per evapotraspirazione, e la concentrazione salina dell'acqua residua aumenta, di conseguenza si abbassano i potenziali matriciale, osmotico e quindi quello totale dell'acqua residua del terreno; pertanto, con l'uso di acqua salmastra, l'abbassamento del potenziale totale può essere attenuato adottando turni irrigui brevi. Così operando si attenuano anche fenomeni di stress idrici ed eventuali riduzioni di produzioni.

Una tecnica consigliata con l'uso di acque salmastre è l'applicazione di una opportuna quantità di acqua superiore al normale volume di adacquamento, ossia l'adozione del "leaching requirement (L.R.)", al fine di lisciviare dallo strato radicale i sali apportati con l'adacquata precedente. Tuttavia, se il fabbisogno idrico delle colture è soddisfatto in parte anche dalle acque di pioggia e se queste ultime, durante il periodo autunno-invernale, allontanano dallo strato radicale i soluti apportati durante la precedente stagione irrigua, l'adozione della tecnica del L.R. si rivela di scarsa utilità o addirittura dannosa (Ficco, 1961; Caliandro et al., 1991).

Nella gestione dell'irrigazione con acque reflue urbane, risulta di fondamentale importanza scegliere metodi irrigui che riducano il contatto diretto delle acque con la vegetazione, almeno quando sono irrigate colture ortofrutticole.

L'irrigazione a goccia e la sub-irrigazione capillare sono i metodi più consigliati anche se altri metodi irrigui localizzati a bassa pressione potrebbero essere applicati senza particolari problemi.

Per ottimizzare l'utilizzo delle acque reflue è indispensabile la corretta gestione dell'irrigazione, per evitare apporti di volumi irrigui superflui che potrebbero aumentare il pericolo di accumulo di sostanze indesiderate nel sistema suolo e favorire la lisciviazione dei nitrati e la contaminazione delle acque sotterranee.

Le acque reflue potrebbero trovare largo impiego per irrigare colture no food, come per esempio colture bioenergetiche, e colture da granella, come il mais. Su queste colture sarebbero utilizzabili anche metodi irrigui gravitazionali e per aspersione.

11. SEMINATIVI IRRIGUI: AMBIENTE E PAESAGGIO

È noto che le caratteristiche ambientali e paesaggistiche di una determinata area dipendono dal deficit idrico climatico sia mensile che totale annuo, ossia dalla differenza tra evapotraspirazione di riferimento mensile e piovosità totale mensile e dalla sommatoria dei deficit idrici climatici mensili dell'intero anno, rispettivamente. In altri termini i parametri climatici che maggiormente condizionano la pedogenesi, la diffusione spaziale degli esseri viventi e le loro attività, gli areali di diffusione delle specie vegetali spontanee (le zone botaniche) e di quelle coltivate (le zone agrarie) sono l'acqua (la pioggia) e la temperatura: là dove l'acqua non è fattore limitante lo è la temperatura e viceversa.

L'irrigazione, negli ambienti irrigui, modifica sostanzialmente la disponibilità di acqua e quindi i deficit idrici climatici mensili e totale annuo, il che comporta cambiamenti significativi degli ordinamenti colturali a causa della possibilità di introdurre in essi nuove specie irrigue, come la barbabietola da zucchero nell'Italia meridionale negli anni '60 del secolo scorso, anche se attualmente le superfici si sono contratte notevolmente, e della espansione delle superfici destinate a numerose colture orticole da pieno campo, come il pomodoro da industria, il carciofo, solanacee, brassicacee, lattughe, insalate, cucurbitacee e altre specie di nicchia, come asparago, fragola, piante aromatiche e officinali. Così il paesaggio agricolo caratterizzato da poche colture erbacee non irrigate, con l'introduzione o la persistenza dell'irrigazione ha subito e subisce profonde modifiche. Modifiche che assumono maggiore consistenza in caso di gestioni aziendali da parte di contoterzisti con aggregazione delle aziende, l'introduzione di macchine irrigue e la revisione delle reti idriche a cielo aperto, là dove sono utilizzati metodi irrigui gravimetrici, e l'eliminazione e/o modifiche della distribuzione spaziale delle alberature.

L'irrigazione, oltre a modificare più o meno profondamente il paesaggio agricolo, migliorare la redditività in agricoltura, ed aumentare l'impiego di manodopera e l'uso di fattori della produzione, solleva anche importanti problematiche ambientali, quali: progressiva salinizzazione e/o sodicizzazione dei terreni in caso di impiego di acque salmastre e/o ricche in sodio non controbilanciato da calcio e magnesio e di piogge invernali insufficienti a dilavare i soluti apportati durante la precedente stagione irrigua, come pure in situazioni di drenaggio insufficiente; eccessivo emungimento di acqua dalle falde, con rischi del loro impoverimento e, là dove sussistono le condizioni, di progressiva salinizzazione e/o fenomeni di subsidenza; fenomeni di inquinamento di

corpi idrici superficiali e profondi, a causa del maggiore uso di fattori della produzione (fertilizzanti, fitofarmaci, diserbanti, ecc.); eventuale necessità di ricorrere all'uso di acque reflue con rischi ambientali e igienico-sanitari che ne potrebbero derivare.

12. CONCLUSIONI

I seminativi irrigui occupano una superficie di 1.379.290 ha, pari al 24% della superficie totale a seminativi su cui sono praticate colture con interesse economico notevole, non è quindi ipotizzabile che nel futuro possano subire contrazioni o variazioni di rilievo. Le principali colture irrigate sono: il mais e foraggiere al nord, che sono alla base di una delle principali attività agricole di quell'area, l'allevamento zootecnico; le ortive in tutta l'Italia, ma in maggiore misura al nord e al sud, colture di notevole interesse dal punto di vista sia economico che sociale, per la elevata richiesta di manodopera, e in minore misura alcune colture industriali, principalmente al nord, tra cui bietola da zucchero e soia, colture da rinnovo che, insieme a orticole da pieno campo, rivestono un importante ruolo agronomico negli ordinamenti colturali ai fini della salvaguardia della fertilità dei terreni. Variazioni di rilievo delle superfici destinate a tali colture determinerebbero sostanziali cambiamenti degli attuali ordinamenti produttivi, con risultati economici tutti da verificare. Tuttavia, mutamenti degli attuali ordinamenti colturali non sono da escludersi del tutto se si considera lo stato attuale di crisi economica in quasi tutti i comparti agricoli e la tendenza a voler utilizzare superfici agricole per la produzione di energia da fonti alternative, anche attraverso colture bioenergetiche.

Ipotizzando che gli attuali ordinamenti produttivi non subiranno notevoli cambiamenti, almeno nell'immediato futuro, va considerato che gli attuali fabbisogni irrigui dei seminativi risultano elevati e si rende indispensabile prevedere una sostanziale loro contrazione attraverso strategie diverse di ottimizzazione dell'uso irriguo dell'acqua.

Considerando attendibili le stime dei fabbisogni irrigui dei seminativi precedentemente indicate, e ipotizzando l'attuale efficienza totale distributiva dell'acqua pari al 35 e al 50%, i volumi di acqua destinati ai seminativi teoricamente potrebbero essere ridotti del 65 e del 50%, rispettivamente. Il che significherebbe che il prelievo di acqua da destinare ai seminativi si abbasserebbe dagli attuali 5.500 o 7.800 Mm³ a 2.739 Mm³. Ovviamente non si può ipotizzare una efficienza totale distributiva dell'acqua del 100%, ma

potrebbe essere verosimile porre come obbiettivo una efficienza distributiva totale dell'ordine del 70-80%, il che significherebbe un prelievo, per i seminativi, variabile tra 3.912 e 3.423 Mm³.

Per la riduzione dei prelievi di acqua irrigua, oltre all'oculata scelta di metodi irrigui che consentono di realizzare elevate efficienze distributive dell'acqua, è necessario utilizzare e mettere in campo la notevole quantità di conoscenze agronomiche oggi disponibili in fatto di razionale gestione dell'irrigazione. A tal fine occorre diffondere l'impiego di sistemi esperti di bilancio idrico delle colture e fornire giornalmente indicazioni precise e personalizzate agli agricoltori, da parte di servizi di assistenza tecnica, sul momento dell'intervento irriguo e sul volume di adacquamento, indicazioni necessarie per ottimizzare l'uso dell'acqua. La gestione di aziende aggregate potrebbe favorire la diffusione e l'utilizzo di tali sistemi esperti.

Un contributo notevole al risparmio di acqua di buona qualità e all'attenuazione dello sfruttamento delle falde, specialmente di quelle in fase di progressiva salinizzazione, potrebbe provenire dall'impiego di acque reflue. Per comprendere la portata di tale apporto si cita che in Italia ogni anno sono immessi nelle reti fognanti circa 4 miliardi di metri di cubi di acqua. Se si riuscisse a utilizzare solo in parte tale risorsa, oltre a ridurre i prelievi di acqua convenzionale, potrebbero aumentare le attuali superfici irrigate, aspetto quest'ultimo non trascurabile se si considera che i cambiamenti climatici in atto potrebbero determinare incrementi dei deficit idrici climatici.

Il futuro dei seminativi sarà, quindi, sempre più condizionato dalla capacità degli agricoltori di applicare tutte le innovazioni agronomiche, tecnologiche e gestionali irrigue per ridurre i consumi d'acqua senza aggravare i costi di produzione e peggiorare la competitività.

RIASSUNTO

L'irrigazione dei seminativi è una pratica agronomica indispensabile per assicurare produzioni soddisfacenti e stabili nel tempo. In Italia, escludendo la coltura del riso, il 24% della superficie totale a seminativi è irrigato, il cui fabbisogno irriguo, al netto delle perdite, è stimato intorno a 2.739 Mm³ di acqua. I volumi di acqua prelevati dalle fonti idriche, invece, oscillano tra 5.500 e 7.800 Mm³. Da queste indicazioni si deduce che della quantità di acqua prelevata alle fonti solo la frazione compresa tra il 35 ed il 50% è utilizzato dalle colture per i propri fabbisogni idrici, con perdite che oscillano tra il 65 ed il 50%. Perdite così elevate pongono il problema di affrontare la problematica del miglioramento dell'efficienza d'uso dell'acqua irrigua, facendo ricorso alla notevole quantità di conoscenze ingegneristiche e agronomiche oggi disponibili in fatto di razionale gestione

dell'irrigazione. La crescente domanda di acqua ai fini civili, industriali e agricoli, impone all'agricoltura la riduzione dei prelievi di acqua dalle fonti convenzionali, attraverso sia la riduzione delle perdite durante l'esercizio irriguo sia l'utilizzo di acque non convenzionali, salmastre e reflue opportunamente affinate, adottando accorgimenti e tecniche irrigue adeguati ai fini della difesa della fertilità dei terreni e della salubrità degli alimenti.

ABSTRACT

The function of irrigation in the future of the herbaceous crops. Irrigation is an agronomic practice essential to ensure satisfactory production for of herbaceous crops. In Italy, excluding the cultivation of rice, 24% of the total herbaceous crops area is irrigated in order to supply a net irrigation requirements estimated at about 2739 Mm³ of water. The volume of water taken from water sources vary between 5,500 and 7,800 Mm³, so the efficiency losses are estimated at around 50-65%. The growing demand of water for municipal, industrial and agricultural required the adoption of all strategies to achieve a more efficient irrigation, even using non-conventional water, brackish and waste water properly refined, and by adopting appropriate irrigation techniques and take all care to ensure soil fertility and food safety.

BIBLIOGRAFIA

- ALTIERI S., MARTIRE G., NARDELLI L. (1999): *Completamento funzionale del distretto 10 nel comprensorio sinistra Ofanto*, «Bonifica», 1, pp. 51-56.
- CALIANDRO A., MARZI V. (1972): *Determinazioni di alcuni parametri nel metodo irriguo per infiltrazione da solchi in terreno limoso-argilloso*, Atti Giornate di Studio Prima Sez. CIGR. Firenze, pp. 129-153.
- CALIANDRO A., DE FRANCHI S. (1974): *Determinazione di alcuni parametri nel metodo irriguo per scorrimento superficiale su spianata*, «L'Agri. Jonica», 9, pp. 5-6, pp. 3-21.
- CALIANDRO A., CUCCI G., DE CARO A., CORDELLA S. (1991): *Irrigation with brackish water: influence of the irrigation regime on salt built-up in the soil and leaching effect and rainfall*, Proceeding of the European Mediterranean Conference on "the use of saline water in irrigation" 25-26 July. Bari, Italy-CEC-CIHEAM/IAM-B.
- CALIANDRO A. (2001): *Problemi agronomici dell'irrigazione nel mezzogiorno. In Problematiche dell'Agricoltura Italiana: Scenari Possibili-2 "L'acqua una risorsa preziosa"*, Accademia Naz. le di Agricoltura - C.N.R., Bologna, 15.06.01, pp. 80-98.
- CALIANDRO A., RUBINO P., STELLACCI A.M. (2007): *Water resources use optimisation in the Mediterranean basin*, in RANA G., MASTRORILLI M., ALBRIZIO R. (Ed), "WEMED Workshop: How to advance the knowledge on water use efficiency in the Mediterranean region?" OPTIONS MEDITERRANÉENNES, SÈRIE A: SÈMINAIRES MEDITERRANÉENNES, vol. 72; pp. 47-56, ISSN:1016-121X.
- CANTORE V., BOARI F., ALBRIZIO R., DE PALMA E. (2005): *Influenza della pacciamatura sui consumi idrici e sull'efficienza d'uso dell'acqua del melone*, Proceeding of SIA Conference, Ricerca ed innovazione per le produzioni vegetali e la gestione delle risorse agro-ambientali, Foggia, 20-22 September 2005.
- CAVAZZA L., ROSSI P., DE SENEEN M.O., GAMMINO M. (1996): *Evaluation of an irriga-*

- tion scheduling programme for providing advice to farmers*, in Proceeding of ICID/FAO workshop on Irrigation Scheduling, Rome, Italy, 12-13 September 1995, pp. 129-134.
- CAVAZZA L., PATRUNO A. (2009): *Limits of mixing water at different salt contents for irrigation*, in *Irrigation, salinization and desertificazione*, Aracne editrice, Rome, pp. 47-57.
- FICCO N. (1961): *Un triennio di sperimentazione irrigua con acque salmastre*, «Genio Rurale», 24, pp. 753-766.
- HSIAO T.C., STEDUTO P., FERERES E. (2007): *A systematic and quantitative approach to improve water use efficiency in agriculture*, «Irrig. Sci.», 25, pp. 209-231.
- MANNINI P., GENOVESI R., LETTERIO T. (2007): *Il risparmio idrico attraverso il servizio interattivo di assistenza irrigua irrinet*, AIIA 2007: Firenze, 25-26 ottobre 2007. L'«nell'ingegneria agraria, forestale e dell'industria agro-alimentare»
- MANNINI P. (2004): *Le buone pratiche agricole per risparmiare acqua*, Supplemento di «Agricoltura», 18, Regione Emilia-Romagna, 178 pp.
- MANNINI P., ANCONELLI S., GUIDOBONI G. (2005): *Incrementare l'efficienza irrigua dei rotoloni con diffusori innovativi*, «L'Informatore Agrario», n. 42, pp. 69-74.
- PANTANELLI E. (1929): *Irrigazione con acque salmastre*, «Risveglio Agricolo», 2 e 3, pp. 37-41 e pp. 83-90.
- TARANTINO E., RUBINO P. (1982): *Confronto tra metodi e regimi irrigui su coltura di pomodoro da industria nel Metapontino*, «L'Irrigazione», 29 (2), pp. 17-26.
- VENEZIAN SCARASCIA M.E., CALIANDRO A., RUBINO P. ET AL. (1987): *Yield response to different amounts of irrigation water for its best utilization*, Atti Int.Comm. on Irrigation and Drainage, 13th ICID Congr., Rabat-Morocco, pp. 189-224.