

II Workshop progetto CLIMAGRI  
“Cambiamenti Climatici e Agricoltura”  
II sessione: L’agricoltura come fattore di equilibrio del clima e dell’ambiente

L’acqua e l’ambiente: il contributo della ricerca agronomica  
Marcello Mastrorilli  
Istituto Sperimentale Agronomico - Bari

### **Riassunto**

Dopo aver analizzato la consistenza delle risorse idriche in Italia, si evidenziano i problemi derivanti dalla penuria di acqua e dal peggioramento della sua qualità, in rapporto alla richiesta sempre più incalzante da parte del settore agricolo.

La ricerca agronomica è in grado di proporre alcune soluzioni circa la gestione sostenibile delle risorse idriche. La collaborazione dell’intera comunità scientifica migliora le conoscenze di base che permettono di capire il funzionamento di un bacino idrico nel suo complesso, indagando sugli equilibri idraulici, geochimici e biologici.

Nello specifico, il contributo della ricerca agronomica riguarda l’ottimizzazione dell’uso delle risorse idriche, la valutazione dell’impatto dell’agricoltura sulla quantità e qualità delle acque e lo studio dei rapporti tra ambienti naturali, acqua ed agricoltura.

Dal punto di vista conoscitivo e da quello metodologico, i risultati della ricerca agronomica sono indispensabili per uno studio completo sull’acqua e per la messa a punto delle soluzioni tecniche che si adattino ai futuri cambiamenti climatici.

### **Introduzione**

Dal punto di vista strettamente idrologico, la risorsa idrica rinnovabile si identifica con il deflusso medio di un territorio. Fatte le debite eccezioni, la disponibilità annuale di acqua in Italia è superiore a quella di tutti i Paesi del bacino Mediterraneo (tab. 1). Le previsioni future (proiezioni al 2025) della disponibilità di acqua indicano chiaramente che l’Italia non sembra minacciata da una crisi quantitativa.

Tabella 1. Le risorse idriche in alcuni Paesi del Mediterraneo (da Margat e Valleé, 1997)

	Risorse naturali rinnovabili [km <sup>3</sup> anno <sup>-1</sup> ]			Disponibilità per abitante [m <sup>3</sup> anno <sup>-1</sup> ]	
	teoriche totali	interne al Paese	esterne al Paese	1990	2025
Italia	187	179	8	3277	3531
Francia	185	170	15	3295	3064
Spagna	113	112	1	2885	2672
Malta	0.07	0.06	0	198	180
Albania	50	44	6	15408	9973
ex Jugoslavia	254	139	115	10678	9781
Grecia	54	45	9	5838	5818
Israele	2	1	0.5	370	246
Gaza	0.06	0.03	0.035	84	0
Turchia	236	227	9	4222	2690
Algeria	14	14	0.2	565	271
Tunisia	4	4	0.6	511	313
Marocco	30	30	0	1197	657

Secondo alcuni modelli (Falkenmark e Widstrand, 1992) la crisi idrica comincia a manifestarsi se la disponibilità scende annualmente sotto i 1700 m<sup>3</sup>/persona. Questa soglia potrebbe essere raggiunta in Italia se raddoppiasse la popolazione, ma non è questa la tendenza demografica in atto.

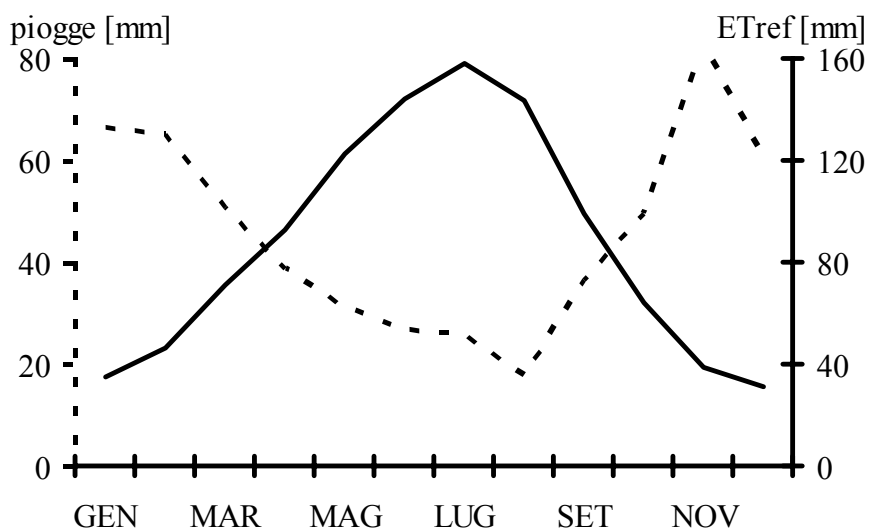
In Italia le disponibilità idriche sono da 2 a 6 volte maggiori di quelle osservate in molti paesi del bacino mediterraneo. Le risorse in acqua rinnovabile corrispondono a un flusso annuale medio di circa 187 km<sup>3</sup>, che è largamente superiore ai prelievi (il 78% delle disponibilità). I prelievi del settore agricolo rappresentano circa il 50% del totale, come avviene anche in Spagna, Grecia e Portogallo, ma non come in Francia (11,5%) o in altri Paesi del Nord dell'Europa, favoriti da maggior pluviometria e minore richiesta evaporativa da parte dell'atmosfera. Pertanto, se si considera il consumo netto nel territorio italiano, il settore agricolo è quello che consuma più acqua, seguito dal civile. Più dei due terzi dell'acqua utilizzata dall'agricoltura servono per l'irrigazione, mentre il terzo rimanente è utilizzato dalle industrie agro-alimentari e dalla zootecnia.

Le risorse idriche sotterranee possono ritenersi abbondanti, anche se sono diversamente ripartite sul territorio. Dalle falde si preleva la maggior parte dell'acqua destinata all'uso potabile e industriale, ma anche all'irrigazione, come avviene in molte regioni del Sud.

### L'agricoltura irrigua

Si è già detto come, nel settore agricolo, la maggior parte dell'acqua utilizzata è distribuita alle piante durante il loro ciclo colturale per l'ottenimento di rese maggiori. L'irrigazione favorisce le produzioni vegetali e affranca le colture, almeno parzialmente, dalle variazioni climatiche.

Valutando l'andamento annuale degli apporti idrici naturali (precipitazioni) e delle perdite



(evapotraspirazione di riferimento ETref) di qualsiasi località del mezzogiorno d'Italia (fig. 1), si deduce che non è possibile prescindere dall'irrigazione per coltivare le specie che compiono, interamente o in parte, il proprio ciclo produttivo durante i mesi primaverili ed estivi.

I volumi irrigui variano con la specie, l'agrotecnica e il clima. A titolo di esempio, la figura 2 riporta l'andamento dei volumi irrigui calcolati durante

Figura 1. Rutigliano (BA), medie (17 anni) delle variazioni mensili di pioggia e di evapotraspirazione di riferimento (ETref) durante l'anno.

19 stagioni di crescita del pomodoro, in una zona di produzione in provincia di Bari. Mediamente sono necessari 411 mm per soddisfare pienamente le esigenze idriche di questa coltura, ma i valori sono variati da un minimo di 152 mm (nel 1999, distribuiti in 5 interventi) a 598 mm (nel 1985, con 27 interventi irrigui). I due principali parametri agrometeorologici che determinano questa variabilità sono l'ETref e le piogge efficaci. Nel 1999 ad un bassa domanda evapotraspirativa dell'ambiente (324 mm durante la stagione di crescita del pomodoro) è corrisposta una buona quantità di pioggia efficace (263 mm) regolarmente distribuita durante il ciclo colturale (0 mm di acqua perduta per drenaggio); nel 1985 l'ETref è stata pari a 768 mm e le piogge efficaci si sono ridotte a 96 mm, di cui 15 mm sono stati persi per drenaggio.

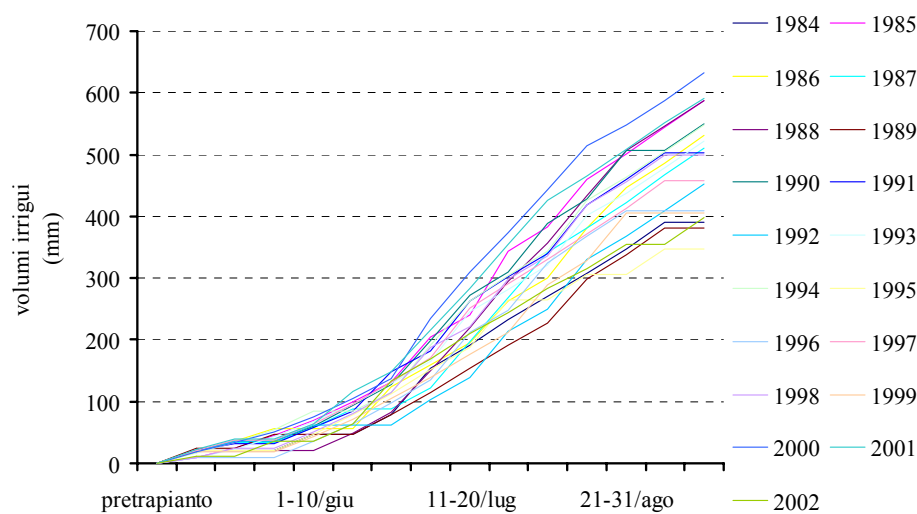


Figura 2. Rutigliano (BA), volumi irrigui somministrati alla coltura di pomodoro durante 19 stagioni di crescita (da Campi et al., 2003).

Solo con adacquate regolari si stabilizzano le produzioni, in termini di resa unitaria e di qualità, specialmente quelle del settore ortofrutticolo. Non è concepibile l'industria agro-alimentare o sementiera se non viene garantita di anno in anno la sicurezza dei rifornimenti, sia dal punto di vista qualitativo che quantitativo.

La pratica irrigua si è molto diffusa negli ultimi anni in tutta la Penisola, anche nelle regioni con disponibilità idriche ridotte. In Puglia, ad esempio, le superfici irrigate rappresentano il 18,4% della superficie agricola coltivata e l'irrigazione riguarda un'azienda agricola su 5 (fig 3).

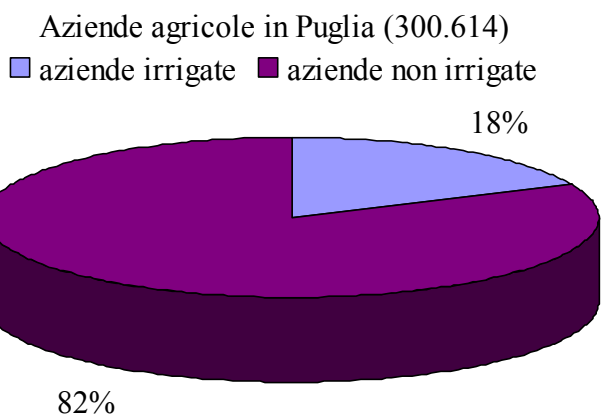


Figura 3. Numero di aziende in Puglia (INEA, 1999)

### I rischi dell'agricoltura irrigua

Le statistiche riportate nella tabella 1, prese globalmente, sembrano rassicuranti, ma mascherano disparità spaziali e temporali che sono all'origine dei rischi in agricoltura. La causa principale della crisi quantitativa

risiede nell'ineguale distribuzione delle risorse idriche sul territorio nazionale (tab. 2). A questa si deve poi aggiungere la diversa presenza ed efficienza di consorzi di bonifica, pertanto solo una

parte delle superfici irrigate è interessata alla gestione collettiva delle risorse. In Puglia, ad esempio, sono irrigati 236.000 ettari, di cui circa il 71% con pozzi privati, spesso scavati senza le autorizzazioni previste dalla legge. Infine, sfavorevoli andamenti meteorologici sono la causa di particolari congiunture che determinano situazioni temporanee di aridità. Rispetto alla norma, negli ultimi decenni si è registrata una più o meno marcata riduzione degli apporti pluviometrici (fig. 4), così come una anomala distribuzione

Compartimenti idrografici	Disponibilità (milioni di m <sup>3</sup> )	Utilizzazioni (%)
Nord	33.925	65
Centro	7.825	15
Sud-Isole	10.058	20
Italia	51.808	100

nel corso dell'anno. Episodi di aridità estiva sono stati registrati in tutta la Penisola, non solo in Italia meridionale. Al Sud dell'Italia, per diverse annate consecutive nell'ultimo decennio(fig. 5), si sono aggiunti anche fenomeni di deficit idrico invernale (precipitazioni al netto della evapo-

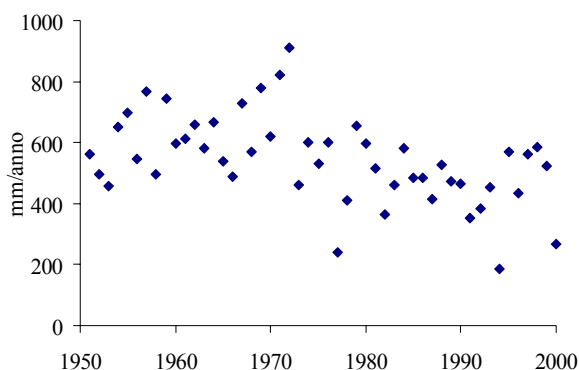


Figura 4. Precipitazioni a Foggia nell'ultimo cinquantennio.

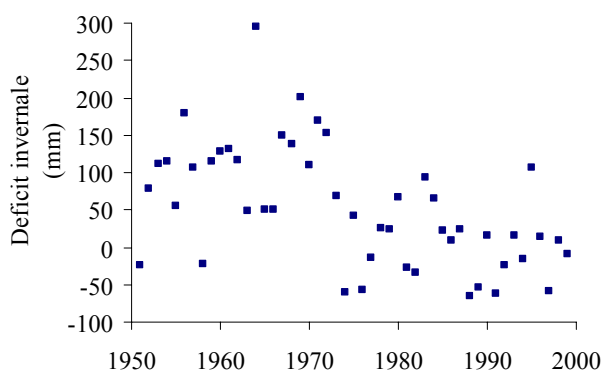


Figura 5. Deficit (piogge al netto dell' evapotraspirazione) calcolato nei mesi invernali a Foggia durante l'ultimo cinquantennio.

traspirazione) che, oltre alle conseguenze dirette sulle colture in atto, hanno provocato perdita della fertilità a causa della mancata lisciviazione dei sali accumulati lungo il profilo del terreno.

### Le crisi idriche quantitative

Nel corso degli ultimi decenni, la maggior parte dei Paesi del Mediterraneo ha conosciuto la siccità: in Marocco dall'85 al 90, in Grecia, Spagna Tunisia ed Italia del Sud dall'82 all'83; dall'85 all'89 in Tunisia, dall'88 al 90 in Grecia, nella Francia del sud dall'88 al 92, in Spagna e Marocco dal 90 al 95, in Tunisia dal 93 al 95. A seguito delle ricorrenti crisi idriche in alcune zone dell'Italia sono intervenute le autorità pubbliche per imporre misure di razionamento. In Italia del Sud l'incidenza dei periodi pluriennali di aridità non è rara, ma il rischio è spesso sottovalutato, così come l'effetto dei cambiamenti climatici. Probabilmente questo atteggiamento deriva dal fatto che

non si conosce ancora con certezza l'entità dei cambiamenti. Basta un'estate meno siccitosa, come quella del 2002, o un periodo autunno-vernino piovoso (2002-2003) in Puglia (tab. 3), a rendere meno drammatica la minaccia delle crisi idriche?

Pioggia (mm)			
Estate		Inverno	
norma	2002	norma	2002-2003
79.37	145.2	378.3	512.5

Nell'attesa di scenari climatici affidabili per il Paese, si può senz'altro concordare con l'ipotesi che il clima sarà sempre più contrastato e che sarà più arido al Sud. Ciò produrrà un duplice effetto nel corso del XXI secolo: si ridurranno le riserve idriche e aumenteranno i fabbisogni a causa dell'aumento dell'evapotraspirazione.

Al Nord l'inverno sarà più piovoso e l'estate più secca e irregolare, di conseguenza potrebbero accentuarsi i fabbisogni irrigui durante l'estate e cambiare il regime delle acque superficiali. Si può ancora ipotizzare che il cambiamento delle distribuzioni delle precipitazioni non renda più affidabili le serie storiche per dimensionare le opere di ingegneria idraulica.

### Le crisi idriche qualitative

Il deterioramento della qualità delle acque superficiali e sotterranee, per effetto delle attività antropiche, è un problema di cui sono coscienti da decenni soprattutto la comunità scientifica e

l'opinione pubblica dell'Italia del Nord, ma se riguarda pure le risorse idriche del Sud. Il problema della qualità concerne tutte le acque di superficie e anche quelle sotterranee poco profonde, ma progressivamente sta interessando anche le falde profonde (fig. 6).

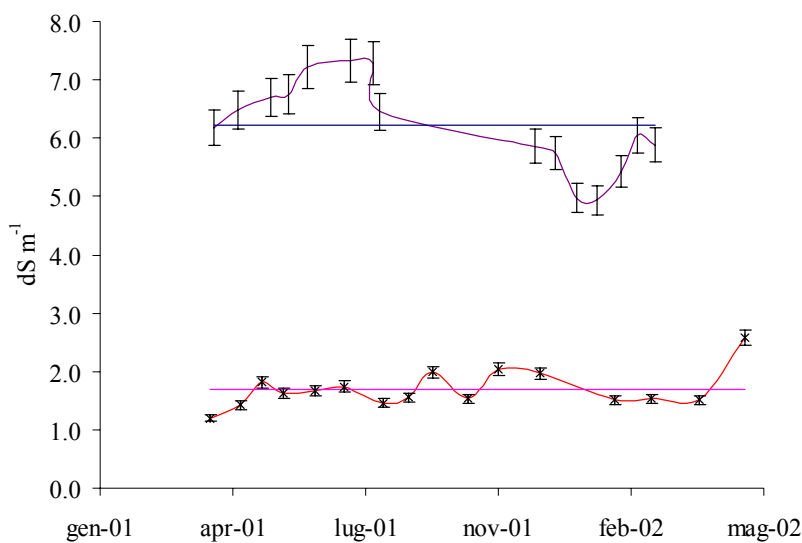


Figura 6. Variazioni della conducibilità elettrica (CEw) dell'acqua irrigua di due falde (in provincia di Bari) a diversa profondità: superficiale (valore medio di CEw = 6,2 dS m<sup>-1</sup>) e profonda (1,7dS m<sup>-1</sup>).

Cause principali di questo inquinamento sono rappresentate dalle urbanizzazioni, l'industria e l'agricoltura. Negli ultimi 50 anni l'agricoltura si è sviluppata in un'ottica intensiva e ciò ha quintuplicato le rese di frumento, elevato il numero di capi per ettaro e gli allevamenti fuori suolo. Per raggiungere questi standard produttivi, l'agricoltura ha regolarmente impiegato input esterni (soprattutto i prodotti fitosanitari, i fertilizzanti e l'irrigazione) che sono tra i responsabili del peggioramento della qualità dell'acqua. In tutti i Paesi del mediterraneo c'è sempre una stretta correlazione tra irrigazione ed inquinamento

salino dei terreni e delle falde. Correlare direttamente l'inquinamento delle acque potabili alla pratica dell'irrigazione è difficile. Le falde contaminate dai nitrati, ad esempio, si trovano ugualmente ripartite sia in regioni dove si pratica l'irrigazione che nelle altre. Vero è che eccessivi prelievi di acqua degradano gli ambienti acquatici e i corsi d'acqua e soprattutto diminuisce la capacità depurativa dovuta alla diluizione.

Il settore agricolo è certamente tra i responsabili della degradazione della qualità dell'acqua, ma il suo "ruolo" inquinante è sovradimensionato dall'opinione pubblica. Si dimenticano i benefici dell'agricoltura intensiva (offerta abbondante e variegata dei prodotti agricoli) e la cura del territorio, da sempre a carico degli agricoltori.

### **I metodi di studio del sistema acqua-agricoltura-ambiente**

L'agricoltura è coinvolta nella politica della protezione ambientale e, in particolare, delle acque. Su questo ruolo è stato posto l'accento dalle varie leggi in vigore, anche se per diversi motivi la loro applicazione pratica è difficile.

Prima di tutto mancano le informazioni utili sul territorio. Questo, infatti, può essere rappresentato appropriatamente dall'unità idrogeologica e ad essa devono riferirsi tutte le informazioni relative ai prelievi d'acqua, alle portate e ai deflussi minimi vitali. L'unità territoriale che interessa la realtà agricola è il bacino versante dove è possibile localizzare le parcelle nello spazio e descrivere il paesaggio, i modi di gestione delle parcelle coltivate e le relative pratiche agricole.

In secondo luogo la totalità dell'acqua di un bacino idrografico si ripartisce in diversi compartimenti: l'acqua nell'atmosfera, le acque dolci superficiali, l'acqua trattenuta dal terreno, le acque sotterranee. Tutti questi compartimenti sono legati tra loro a formare un "idrosistema" all'interno del quale si completa il ciclo dell'acqua, integrando sia gli elementi naturali sia i fattori antropici.

Nell'idrosistema l'acqua ha il ruolo fondamentale poiché collega gli ecosistemi sotterranei con l'atmosfera. Questi compartimenti non sono indipendenti e l'inquinamento di uno interesserà anche gli altri. Il livello dell'inquinamento dipende dalla natura delle relazioni all'interno dell'idrosistema, mentre la durata dell'inquinamento è funzione della velocità con cui circola l'acqua. Questa è diversa a seconda che si considerino i percorsi aerei, superficiali, nel terreno o sotterranei. Da qui si intuisce che, per studiare i meccanismi di trasporto e i processi bio-geo-chimici, dovranno essere prese in considerazione scale temporali diverse. Di conseguenza lo studio di un idrosistema può essere affrontato solo in maniera multidisciplinare, adottando la scala temporale più adatta. In Italia l'approccio multidisciplinare è stato raramente utilizzato, ma senza di questo non si possono pianificare né attività di ricerca né di monitoraggio.

Infine, anche gli strumenti giuridici, normativi ed economici (quote, le tariffe e le tasse) sono indispensabili per la gestione integrata e vanno ristudiati perché sono stati concepiti al di fuori dell'approccio multidisciplinare.

### **A chi interessa lo studio del sistema acqua-agricoltura-ambiente**

La società italiana ha maturato una forte sensibilità ambientale che aumenta di giorno in giorno, influenzata dai mezzi mediatici che puntano l'attenzione sull'inquinamento dell'aria e dell'acqua. I cittadini si mobilitano per azioni concrete, come la decontaminazione dei corsi d'acqua o programmi di risanamento ambientale. In linea con l'opinione pubblica, l'Italia si è dotata di una legislazione che, in principio, dovrebbe permettere di organizzare una politica di protezione ambientale prendendo in considerazione il ruolo specifico dell'agricoltura. La legge del 1989 sulla difesa del suolo ha colmato un ritardo storico, istituendo le autorità di bacino e la legge Galli del '94 considera tutte le acque superficiali e sotterranee come una risorsa, da salvaguardare e da utilizzare con criteri solidali. I grandi principi su cui si basano le leggi attuali definiscono l'acqua come un bene comune della Nazione, che deve essere gestito in modo da conciliare bisogni e conservazione degli ambienti naturali. In quest'ottica, la protezione degli ambienti naturali assume la stessa dignità e importanza delle altre utilizzazioni. Manca, però, un coordinamento tra i testi legislativi; ne è una dimostrazione l'attuale legge delega che sposta l'attenzione, dalla manutenzione e dalla capacità di gestione del sistema acqua, alla creazione di nuove "grandi infrastrutture".

La legislazione italiana ha di fatto anticipato l'attività della Comunità Europea che obbliga i Paesi membri a tradurre in leggi nazionali le disposizioni europee in fatto di acqua. Dopo aver approvato una trentina di direttive (pesca, nitrati, pesticidi, turismo...), il Parlamento europeo e il Consiglio d'Europa hanno completato da poco una direttiva quadro sull'acqua per il periodo 2000-2015. Questa si basa sui seguenti principi di gestione dell'acqua: decentralizzazione per grandi bacini, concertazione tra i vari utilizzatori, spese di decontaminazione ambientale a carico di chi inquina.

L'opinione pubblica e gli organi di governo regionali, nazionali ed europei chiedono alla comunità scientifica di valutare i rischi a corto e a lungo termine sull'entità delle risorse e sulla qualità dell'acqua. Inoltre viene richiesto di prevedere le conseguenze delle attuali tecniche colturali e di proporre soluzioni appropriate per preservare gli ambienti naturali e di mettere un freno al loro degrado. La comunità scientifica è anche impegnata a fornire informazioni e strumenti indispensabili per i "decision makers".

Una simile domanda di ricerca è indirizzata a tutta la comunità scientifica che opera sul territorio e le cui attività sono connesse alla problematica dell'acqua. Oltre alle Università, al CNR e al MiPAF, anche autorità di bacino, le agenzie ambientali regionali e i consorzi di bonifica sono coinvolti nelle azioni di ricerca, indirizzata su due livelli paralleli: l'ampliamento delle conoscenze di base e le applicazioni pratiche.

### **Il contributo dell'agronomia**

L'intera comunità scientifica, compresa quella agronomica, contribuisce a migliorare le conoscenze di base sull'acqua. La dimensione spaziale a cui si riferiscono gli studi agronomici

corrisponde a quella dei bacini-versanti di sufficiente dimensione, dislocati in quelle aree geografiche dove sono prevedibili incidenti di tipo quantitativo o qualitativo.

Gli obiettivi della ricerca di base riguardano diversi aspetti. Si parte dalla conoscenza del funzionamento del bacino e delle sue evoluzioni, diversificate nel tempo e nello spazio. Successivamente, si considerano le relazioni all'interno dei diversi compartimenti per studiare gli equilibri idraulici, geo-chimici e biologici con l'obiettivo di modellizzare l'evoluzione di questi equilibri in funzione delle utilizzazioni e degli scenari climatici futuri. Infine, si propongono le soluzioni per contenere i consumi idrici e prevenire l'accumulo di contaminanti nell'acqua.

Per elaborare modelli previsionali come supporto alle decisioni occorrono osservazioni a lungo termine ed il coinvolgimento di fisici, biologi, agronomi, sociologi ed economisti. Per facilitare lo scambio di informazioni e il dialogo tra gli esperti è utilissimo svolgere le ricerche di base, su uno stesso dispositivo sperimentale, in modo interdisciplinare.

Gli studi di tipo applicativo, invece, possono essere anche realizzati indipendentemente dai dispositivi sperimentali utilizzati per le ricerche di base, ma con queste devono restare in stretta connessione per beneficiare delle nuove conoscenze e per proporre metodologie e soluzioni pratiche. E' dalle ricerche applicative che nascono le soluzioni, il trasferimento dei risultati della ricerca, il sostegno alle decisioni che riguardano l'immediato e il prossimo futuro.

La migliore risposta alle esigenze della società deriva da una stretta collaborazione tra ricerca di base e quella applicativa. La ricerca agronomica, essendo coinvolta in un vastissimo numero di azioni che riguardano l'acqua, è indispensabile sia nell'attività di ricerca di base che in quella applicativa. Nonostante sia difficile riassumere le principali attività della ricerca agronomica a proposito delle problematiche dell'acqua, si ipotizzano tre filoni di ricerca: ottimizzazione delle risorse idriche, valutazione dell'impatto dell'attività agricola e studio delle relazioni tra agricoltura, acqua e ambienti naturali.

Per quanto riguarda l'ottimizzazione delle risorse idriche, i temi di pertinenza agronomica sono: l'influenza di uno stress idrico e della sua localizzazione nel corso del ciclo colturale sulla resa finale delle colture (fig. 7); la valutazione di varietà adattate al peggioramento della qualità e a volumi ridotti dell'acqua nel terreno (fig. 8); adattamento delle tecniche colturali (lavorazioni, epoca di semina, frangivento, pacciamatura) alle effettive disponibilità di acqua (fig. 9); sviluppo degli strumenti per determinare il momento ottimale in cui irrigare prendendo in considerazione le riserve idriche del terreno (fig. 10); la fisiologia della pianta (fig. 11); la convenienza economica (fig. 12); le tecniche più efficienti per distribuire l'acqua alle aziende e alle colture (fig.13).

Per quanto riguarda il secondo filone di ricerca agronomica, relativo alla valutazione dell'impatto dell'attività agricola, è necessario migliorare le conoscenze sugli inquinanti di origine agricola (nitrati e pesticidi), il loro ciclo nei diversi comparti dell'idrosistema, la loro tossicità e le conseguenze sui sistemi biologici e la capacità di autodepurazione dell'ambiente. Uno studio a parte merita la restituzione in atmosfera degli inquinanti agricoli: quantificazione dei flussi (fig. 14), distribuzione spaziale ed influenza sull'ambiente. Lo studio della nutrizione delle colture e degli animali dovrebbe essere riorientato alla riduzione dei rilasci nell'ambiente. Lo stesso vale per i prodotti fitosanitari. Infine, le attuali pratiche agricole (monocolture, colture intensive, modalità di apporto degli output esterni) e certe pratiche agricole concepite per limitare la contaminazione ambientale (agricoltura biologica, integrata) devono essere sottoposte ad un esame critico per valutare le effettive conseguenze sull'ambiente.

L'agronomia ha anche il compito di studiare le relazioni tra attività agricole, acqua e ambienti naturali. Questi, infatti, ricoprono un ruolo importantissimo nel ridurre l'inquinamento agricolo. Non va dimenticato che le trasformazioni dell'ambiente rurale (lottizzazioni o accorpamenti delle proprietà terriere, viabilità di campagna, drenaggio di zone umide, terrazzamenti, irrigazione) degradano l'ambiente naturale e influenzano l'ecologia di molte specie, fino a compromettere la biodiversità di un'area. A questo proposito, un tema specifico di ricerca deve essere destinato alla definizione dei bio-indicatori e alla messa a punto dei protocolli per rilevarli. Infine, tutti gli ecosistemi (naturali e coltivati) sono sottoposti ai cambiamenti del clima e la ricerca agronomica

deve prevedere sin da ora le conseguenze sulla produttività ed indicare le strategie adatte ai futuri scenari.

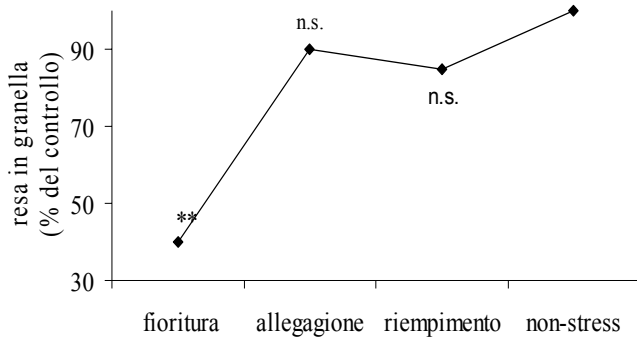


Figura 7. Conseguenze sulla resa in granella di sorgo sottoposto a stress idrico durante una sola fase del ciclo colturale (da Mastrorilli et al., 1995). La resa è significativamente (\*\*,  $P < 0.01$ ) diversa da quella del controllo non stressato solo in una fenofase.

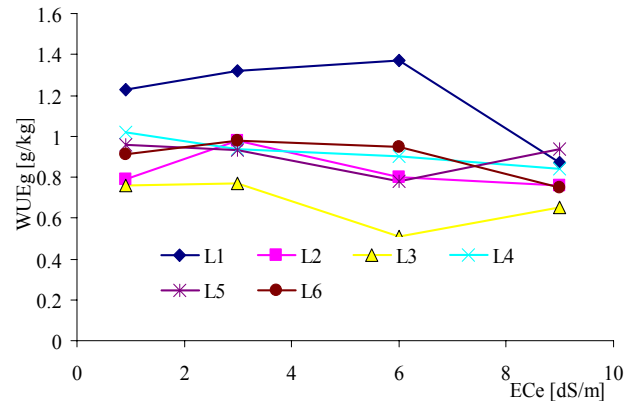
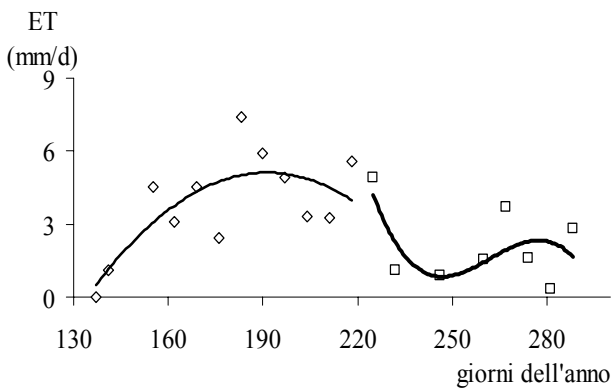


Figura 8. Efficienza d'uso dell'acqua (WUEg, grammi di granella prodotta per unità di acqua evapotraspirata) di 6 genotipi di lenticchia allevati in condizioni crescenti di salinità (ECe) del terreno (da Hamdy et al., 2002).



	ET stagionale (mm)	culmi secchi (t/ha)
I epoca	351	7,6
II epoca	135	4,7

Figura 9. Variazioni giornaliere dell'evapotraspirazione (ET) del sorgo da fibra allevato in due periodi dell'anno, consumi idrici stagionali e rese sono riportati in tabella (da Mastrorilli et al., 2002).

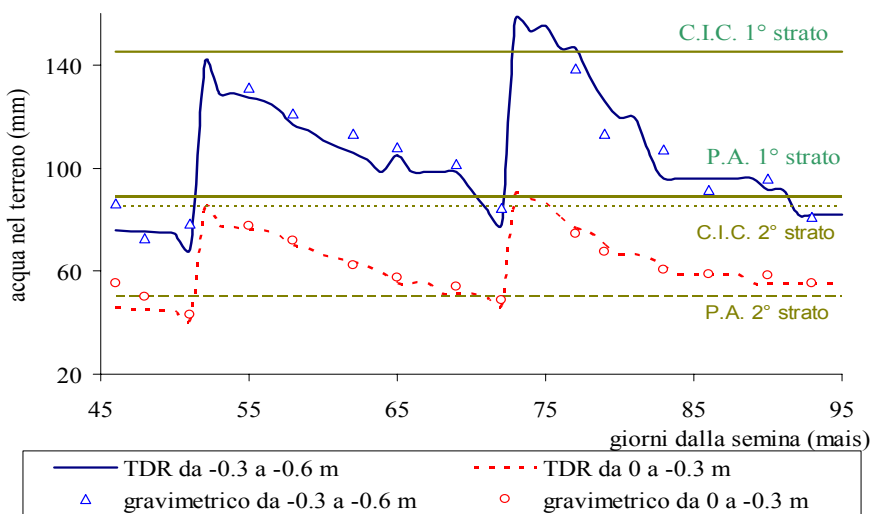


Figura 10. Evoluzione dell'acqua disponibile in due strati di terreno calcolata attraverso le misure dell'umidità effettuate con due metodi: gravimetrico e TDR (da Mastrorilli et al., 1998).

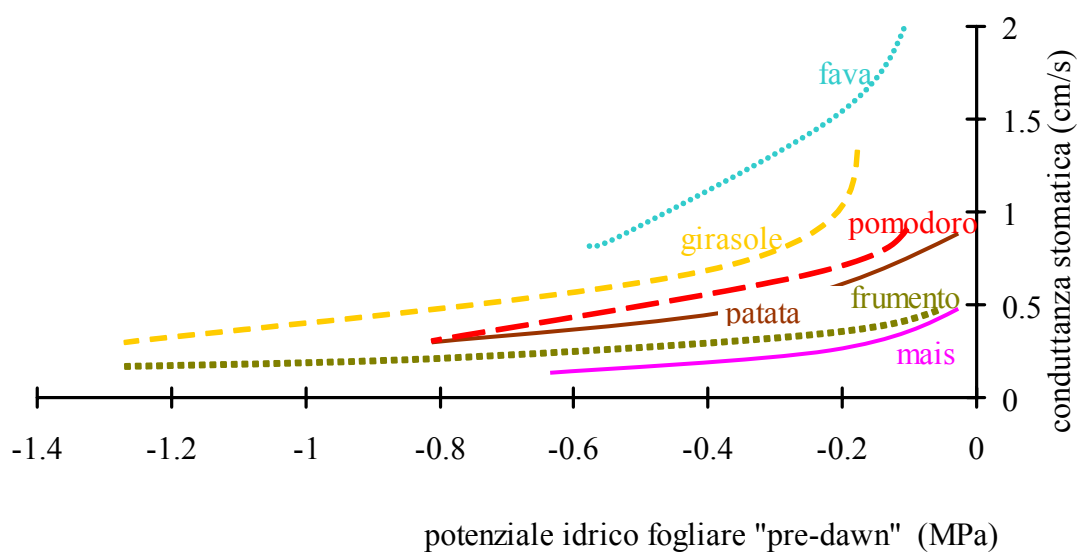


Figura 11. Diminuzione della conduttanza stomatica all'aumentare dello stress idrico (misurato attraverso il potenziale idrico delle foglie) subito dalle piante di 6 specie agrarie (da Katerji et al., 2001).

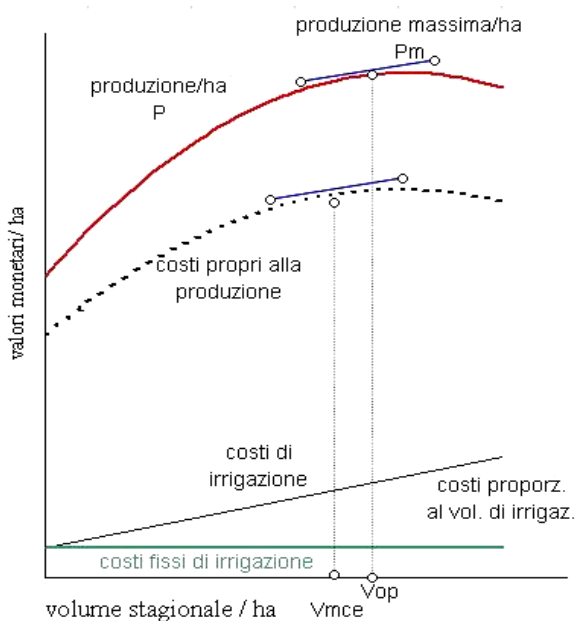


Figura 12. Determinazione grafica del volume stagionale irriguo di massima convenienza economica ( $V_{mce}$ , derivate totali di costi e produzioni unitarie sono uguali). In ascisse volumi di irrigazione per unità di superficie; in ordinata produzione lorda vendibile (P) e costi vari, tutti in valori monetari unitari;  $V_{op}$  è il volume irriguo per ottenere la produzione massima,  $P_m$  (da Cavazza, 1992).



Figura 13. Ala gocciolante per sub-irrigazione.

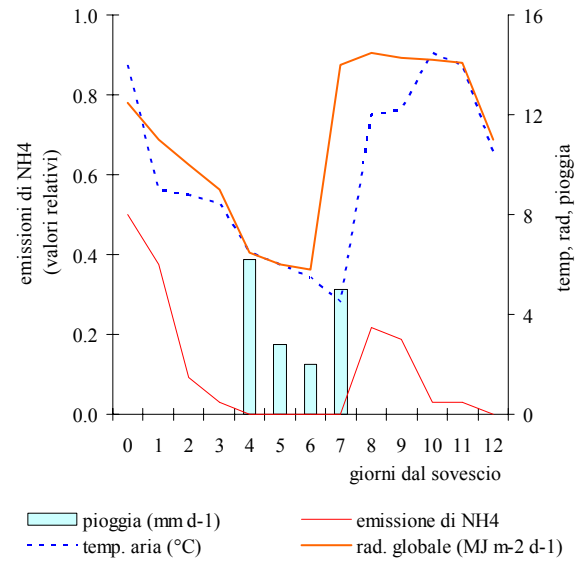


Figura 14. Flussi di ammoniaca giornaliera (relativi rispetto alla emissione totale) dopo il sovescio di fava e principali parametri agrometeorologici (da Rana e Mastrorilli, 1998).

### Conclusioni

La consistenza delle riserve idriche italiane non è drammatica, almeno per quanto riguarda la maggior parte delle Regioni, perciò potrebbero essere visti con favore i progetti miranti a trasferire l'acqua dalle regioni dove c'è acqua in abbondanza verso quelle in cui scarseggia. Negli ultimi anni, il diffondersi incontrollato dell'irrigazione privata, e particolari congiunture meteorologiche, hanno evidenziato la vulnerabilità delle regioni del Nord del Paese ed hanno cronicizzato la crisi idrica nell'Italia meridionale. Per fronteggiare tale situazione esistono diverse soluzioni: aumentare le quantità di risorse idriche rinnovabili, regolamentare l'irrigazione privata delle colture di pieno campo, valorizzare in agricoltura tutte le risorse idriche, comprese quelle alternative (reflue e salmastre). La ricerca agronomica ha reso disponibili moltissime informazioni circa la risposta delle principali colture all'irrigazione, ma non tutte sono applicabili a causa delle condizioni climatiche che stanno diventando sempre più instabili. Otto delle 10 annate più calde (tab. 4), di una serie agrometeorologica cinquantennale registrata a Foggia (media delle temperature massime della serie è 21,0 °C), appartengono agli ultimi 13 anni e le due annate più calde in assoluto sono state misurate nello scorso triennio.

Preoccupante, come nel resto dell'Europa, è il peggioramento della qualità dell'acqua e il futuro non sembra offrire prospettive ottimistiche. Le ricerche su questo aspetto sono in forte ritardo, sia per quanto riguarda l'utilizzazione delle acque anomale, sia per gli effetti determinati dalla peggiore qualità dell'acqua sull'ambiente. Le cause di questi ritardi vanno ricercate nella complessità delle questioni (si risolvono solo con un approccio pluridisciplinare), nella difficoltà di

Tabella 4. Le dieci annate più calde (medie annuali delle temperature massime giornaliere) registrate nel periodo 1951-2002 a Foggia.

Anno	°C
2000	23.2
2001	22.2
1994	22.2
1992	22.1
1993	22.1
1986	22.0
1985	22.0
1999	22.0
1998	22.0
1990	22.0

interpretare correttamente la forte variabilità delle unità di studio (parcella agricola, bacino versante, grande bacino fluviale); nella delicatezza delle misure (analisi di contenuti infinitesimi) e dei campionamenti (integrazioni nello spazio e nel tempo).

L'agronomia è pronta a superare il ruolo limitato assegnatole rispetto all'uso dell'acqua: finora le è stato chiesto di correggere i processi di produzione agricola per contenere i consumi idrici e la dispersione degli inquinanti nell'ambiente. In una visione globale, l'agronomia ha il compito, insieme al resto della comunità scientifica, di gettare le basi della gestione sostenibile delle risorse idriche. La strada da percorrere è quella della prevenzione attiva che garantisce la durata e la integrità delle risorse idriche.

### **Bibliografia**

- ANPA, 2001. Primo Rapporto SINAnet sulle acque. Stato dell'ambiente 3/2001, 100 p.
- Campi P., Colucci R., Di Bari V., Marrone G., Mastroiilli M., 2003. Volumi irrigui in relazione all'andamento meteorologico registrato durante le stagioni di crescita di alcune colture erbacee. Atti Workshop "CLIMAGRI – Cambiamenti climatici e Agricoltura", a cura di D. Vento, P. Duce e D. Spano, Cagliari, 16-17 gennaio 2003, 129-136.
- Cavazza L., Valorizzazione e tutela delle risorse idriche per fini agronomici. Riv. Di Agronomia, XXVI, 4 (suppl.), 543-558.
- Falkenmark M., Widstrand C., 1992. Population and water resources: a delicate balance. Population bulletin, 47, 2-35.
- Hamdy, A., Katerji, N., Mastroiilli, M, Ameen, A., 2002. Lentil (*Lens culinaris* Med.) Sensitivity to Salinity through the Water Use Efficiency. Proc. IS on Salination for Hort. Prod., Eds. U. Aksoy et al., Acta Hort., 573, 311-320.
- INEA, 1999. L'agricoltura in Puglia. Osservatorio Puglia, 32 p.
- Katerji, N., van Hoorn, J.W., Hamdy, A., Mastroiilli, M., 2001. Salt tolerance of crops according to three classification methods and examination of some hypothesis about salt tolerance. Agric. Water Manage., 47, 1-8
- Margat J., Vallée D., 1997. Démographie en Méditerranée. Options méditerranéennes, série A/31, 17-49.
- Mastroiilli, M., Katerji, N., Rana, G., 1995. Water efficiency and stress on grain sorghum at different reproductive stages. Agric. Water Manage., 28, 23-34.
- Mastroiilli, M., Katerji, N., Rana, G., Ben Nouna, B., 1998. Daily actual evapotranspiration measured with TDR technique in Mediterranean conditions. Agric and Forest Meteor., 90, 81-89
- Mastroiilli M., Campi P., Colucci R., Di Bari V., 2002. Double harvest: an agronomic strategy to increase the water use efficiency of biomass crops in Mediterranean Europe. In: Book of proceedings VII Congress of the European Society for Agronomy, Cordoba, 15-18 July 02, F.J. Villalobos and L. Testi Eds., 113-114.
- Rana G., e Mastroiilli M., 1998. Ammonia emission from fields treated with green manure in a Mediterranean climate. Agric. and Forest Meteor., 90, 265-2