



*Classificazione Decimale Dewey:*

**630 (23.) AGRICOLTURA. SPECIFICHE TECNICHE, APPARECCHI, ATTREZZATURE, MATERIALI**

# TECNICA AGRONOMICA DELL'IRRIGAZIONE

PRIMO VOLUME – PARTE GENERALE

*a cura di*

ANGELO CALIANDRO, PASQUALE STEDUTO  
VITO CANTORE, CRISTOS XILOYANNIS

*contributi di*

ROSSELLA ALBRIZIO, FRANCESCA BOARI, FEDERICA CARUCCI, ANGELO CALIANDRO  
PASQUALE CAMPI, KLEDJA CANAJ, VINCENZO CANDIDO, VITO CANTORE, MIRKO CASTELLINI  
EUGENIO CAZZATO, GIOVANNA CUCCI, PAOLA D'ANTONIO, MICHELE DENORA, BARTOLOMEO DICHIO  
GUIDO D'URSO, ARIANNA FACCHI, ANNA GAGLIARDI, CLAUDIO GANDOLFI, GIUSEPPE GATTA  
MARCELLA MICHELA GIULIANI, ANITA IERNA, GIOVANNI LACOLLA, NICOLA LAMADDALENA  
RITA LEGRANDE, VERONICA MANGANIELLO, PAOLO MANNINI, VITTORIO MARZI, DANIELE MASSA  
MARIO ALBERTO MASTRO, MARCELLO MASTRORILLI, ANDI MEHMETI, GIUSEPPE MONTANARO  
FRANCESCO FABIANO MONTESANO, VITALE NUZZO, MICHELE PERNIOLA, GIUSEPPE PROVENZANO  
ERMINIO EFISIO RIEZZO, MARCO ROMANI, PIETRO RUBINO, MARIA ISABELLA SIFOLA  
PASQUALE STEDUTO, ANNA MARIA STELLACCI, EMANUELE TARANTINO, MLADEN TODOROVIC  
GIANPIETRO VENTURI, RAFFAELLA ZUCARO, CRISTOS XILOYANNIS





©

ISBN  
979-12-218-1333-3  
I VOLUME

ISBN  
979-12-218-1331-9  
OPERA COMPLETA

PRIMA EDIZIONE  
**ROMA 28 GIUGNO 2024**

## RINGRAZIAMENTI

Gli autori di quest'opera sono sentitamente grati all'Istituto Agronomico Mediterraneo di Valenzano (CIHEAM-Bari), al Dipartimento di Scienze del Suolo, della Pianta e degli Alimenti (DiSSPA) dell'Università degli Studi di Bari "Aldo Moro", e all'Istituto di Scienze delle Produzioni Alimentari del CNR di Bari (ISPA-CNR) che negli anni hanno promosso la continua collaborazione tra i propri docenti, esperti e ricercatori, permettendo così un ampliamento e approfondimento delle conoscenze più avanzate in ambito irriguo, che ha portato alla creazione di quest'opera sulla "Tecnica Agronomica dell'Irrigazione".

Inoltre, un particolare ringraziamento è rivolto al CIHEAM-Bari e all'ISPA-CNR per il contributo finanziario fornito per la pubblicazione.

Gli stessi autori sono altresì grati alla dottoressa Angham Abdelmageed per il suo brillante contributo grafico nel disegno e correzione dei grafici dell'opera, così come per l'elaborazione artistica delle copertine dei due Volumi.





## INDICE

- 15 *Premessa*  
di VITTORIO MARZI
- 21 Capitolo I  
Introduzione  
di ANGELO CALIANDRO, PASQUALE STEDUTO

### VOLUME I: PARTE GENERALE

- 29 Capitolo II  
Evoluzione delle superfici irrigate  
di VERONICA MANGANIELLO, RAFFAELLA ZUCARO
- 37 Capitolo III  
Scopi dell'irrigazione  
di ANGELO CALIANDRO, PASQUALE STEDUTO
- 43 Capitolo IV  
Le fonti idriche ed organizzazione dell'irrigazione  
di NICOLA LAMADDALENA, RAFFAELLA ZUCARO
- 61 Capitolo V  
Qualità delle acque irrigue  
di VITO CANTORE, ANGELO CALIANDRO, GIOVANNI LACOLLA,  
ANNA MARIA STELLACCI

- 125 Capitolo VI  
Elementi di idrologia del continuo suolo-pianta-atmosfera  
di PASQUALE STEDUTO, ANNA MARIA STELLACCI, PIETRO RUBINO,  
RITA LEOGRANDE, MIRKO CASTELLINI
- 155 Capitolo VII  
Metodi di determinazione del potenziale idrico totale ( $\Psi_w$ ) e delle sue  
componenti ( $\psi_m$ ,  $\psi_\pi$  e  $\psi_p$ )  
di PASQUALE STEDUTO
- 169 Capitolo VIII  
Il moto dell'acqua e dei soluti nel terreno agrario e la qualità fisica del  
suolo  
di ANNA MARIA STELLACCI, RITA LEOGRANDE, PIETRO RUBINO,  
ANGELO CALIANDRO, MIRKO CASTELLINI
- 195 Capitolo IX  
Idoneità dei terreni all'irrigazione  
di ANGELO CALIANDRO
- 201 Capitolo X  
La scelta degli ordinamenti colturali in irriguo  
di ANGELO CALIANDRO, PASQUALE STEDUTO
- 207 Capitolo XI  
Evapotraspirazione, fabbisogno idrico e fabbisogno irriguo delle colture  
in pieno campo  
di PASQUALE STEDUTO, ANGELO CALIANDRO
- 265 Capitolo XII  
La gestione irrigua in ambiente protetto  
di FRANCESCO FABIANO MONTESANO, DANIELE MASSA
- 329 Capitolo XIII  
Risposta produttiva delle colture agrarie all'irrigazione  
di PIETRO RUBINO, MARIO ALBERTO MASTRO, ANNA MARIA  
STELLACCI



- 347 Capitolo XIV  
Interazioni tra irrigazione ed altri fattori della produzione  
di ANGELO CALIANDRO, PIETRO RUBINO, ANNA MARIA STELLACCI,  
PASQUALE STEDUTO
- 363 Capitolo XV  
Le variabili irrigue  
di ANGELO CALIANDRO
- 383 Capitolo XVI  
I metodi irrigui e criteri di scelta  
di ANGELO CALIANDRO
- 445 Capitolo XVII  
La programmazione irrigua: criteri e metodi per stabilire il momento  
dell'intervento irriguo  
di ANGELO CALIANDRO, PASQUALE STEDUTO, MARCELLO  
MASTRORILLI
- 469 Capitolo XVIII  
Irrigazione con risorse idriche limitate  
di ANGELO CALIANDRO
- 489 Capitolo XIX  
Allocazione ottimale delle risorse idriche  
di PIETRO RUBINO, ANGELO CALIANDRO, ANNA MARIA STELLACCI
- 499 Capitolo XX  
Il drenaggio  
di ANGELO CALIANDRO
- 515 Capitolo XXI  
Dimensionamento idraulico di impianti irrigui aziendali in pressione  
di GIUSEPPE PROVENZANO, NICOLA LAMADDALENA
- 569 Capitolo XXII  
Nozioni di tecnica della fertirrigazione minerale  
di PASQUALE STEDUTO

- 583 Capitolo XXIII  
L'agricoltura irrigua in un contesto di politica-economica, ambiente e società  
di RAFFAELLA ZUCARO
- 603 Capitolo XXIV  
Impronta idrica, energetica e del carbonio in irrigazione  
di ANDI MEHMETI, KLEDJA CANAJ , PAOLA D'ANTONIO, MLADEN TODOROVIC
- 639 Capitolo XXV  
Prospettive e scenari futuri dell'irrigazione  
di MLADEN TODOROVIC, ERMINIO EFISIO RIEZZO, GUIDO D'URSO, PASQUALE STEDUTO
- 665 *Autori*

VOLUME II: PARTE SPECIALE

- 673 Capitolo XXVI  
Irrigazione delle principali colture erbacee  
di AUTORI VARI
- 673 26.1. Aspetti generali delle coltivazioni erbacee in relazione all'irrigazione  
di VITO CANTORE, ANGELO CALIANDRO
- ERBACEE DI PIENO CAMPO
- 692 26.2. L'irrigazione della barbabietola da zucchero  
di GIOVANNI LACOLLA, GIOVANNA CUCCI, MARIO ALBERTO MASTRO, FRANCESCA BOARI
- 706 26.3. L'irrigazione delle colture foraggere: l'erba medica  
di EUGENIO CAZZATO, VITO CANTORE
- 724 26.4. L'irrigazione del frumento  
di PIETRO RUBINO, VITO CANTORE, ANNA MARIA STELLACCI

- 743 26.5. L'irrigazione del girasole  
di MICHELE PERNIOLA, MICHELE DENORA
- 759 26.6. L'irrigazione del mais  
di MARCELLO MASTRORILLI, MICHELE DENORA
- 778 26.7 L'irrigazione del riso  
di MARCO ROMANI, CLAUDIO GANDOLFI, ARIANNA FACCHI
- 799 26.8. L'irrigazione della soia  
di GIANPIETRO VENTURI, PAOLO MANNINI
- 810 26.9. L'irrigazione del sorgo  
di PASQUALE CAMPI
- 823 26.10. L'irrigazione del tabacco  
di MARIA ISABELLA SIFOLA
- ORTICOLE
- 837 26.11. L'irrigazione dell'asparago  
di GIUSEPPE GATTA, ANNA GAGLIARDI, FEDERICA CARUCCI,  
MARCELLA MICHELA GIULIANI
- 846 26.12. L'irrigazione del carciofo  
di VITO CANTORE, VINCENZO CANDIDO, FRANCESCA BOARI
- 862 26.13. L'irrigazione del cavolfiore e del cavolo broccolo  
di PIETRO RUBINO, ANNA MARIA STELLACCI
- 879 26.14. L'irrigazione delle cicorie  
di GIUSEPPE GATTA, ANNA GAGLIARDI, FEDERICA CARUCCI,  
MARCELLA MICHELA GIULIANI
- 888 26.15. L'irrigazione del fagiolo  
di PIETRO RUBINO, VITO CANTORE, ANNA MARIA STELLACCI
- 905 26.16. L'irrigazione del finocchio  
di ROSSELLA ALBRIZIO, VITO CANTORE, FRANCESCA BOARI

- 918 26.17. L'irrigazione della fragola  
di PAOLO MANNINI
- 931 26.18. L'irrigazione della lattuga  
di VITO CANTORE, FRANCESCA BOARI
- 946 26.19. L'irrigazione della melanzana  
di EMANUELE TARANTINO, PIETRO RUBINO
- 966 26.20. L'irrigazione del melone  
di MICHELE PERNIOLA, MICHELE DENORA
- 980 26.21. L'irrigazione della patata  
di ANITA IERNA
- 991 26.22. L'irrigazione del peperone  
di EMANUELE TARANTINO, PIETRO RUBINO
- 1011 26.23. L'irrigazione del pomodoro da industria  
di PIETRO RUBINO, EMANUELE TARANTINO, ANNA MARIA STELLACCI
- 1032 26.24. L'irrigazione della rucola  
di VITO CANTORE, VINCENZO CANDIDO
- 1049 26.25. L'irrigazione del sedano  
di FRANCESCA BOARI, VITO CANTORE, ROSSELLA ALBRIZIO
- 1061 Capitolo xxvii  
Irrigazione delle principali colture arboree  
di CRISTOS XILOYANNIS, BARTOLOMEO DICHIO, VITALE NUZZO,  
GIUSEPPE MONTANARO
- 1061 27.1. Aspetti generali delle coltivazioni arboree in relazione all'irrigazione  
di CRISTOS XILOYANNIS, BARTOLOMEO DICHIO, VITALE NUZZO,  
GIUSEPPE MONTANARO
- 1096 27.2. L'irrigazione dell'Actinidia  
di CRISTOS XILOYANNIS, BARTOLOMEO DICHIO, VITALE NUZZO,  
GIUSEPPE MONTANARO

- 1107 27.3. L'irrigazione dell'Olivo  
di CRISTOS XILOYANNIS, BARTOLOMEO DICHIO, VITALE NUZZO,  
GIUSEPPE MONTANARO
- 1111 27.4. L'irrigazione delle drupacee (Pesco, Albicocco, Susino, Ciliegio,  
Mandorlo)  
di CRISTOS XILOYANNIS, BARTOLOMEO DICHIO, VITALE NUZZO,  
GIUSEPPE MONTANARO
- 1119 27.5. L'irrigazione della vite da vino e da tavola  
di CRISTOS XILOYANNIS, BARTOLOMEO DICHIO, VITALE NUZZO,  
GIUSEPPE MONTANARO
- 1141 27.6. L'irrigazione delle Pomacee (Pero, Melo)  
di CRISTOS XILOYANNIS, BARTOLOMEO DICHIO, VITALE NUZZO,  
GIUSEPPE MONTANARO
- 1148 27.7. L'irrigazione degli agrumi  
di CRISTOS XILOYANNIS, BARTOLOMEO DICHIO, VITALE NUZZO,  
GIUSEPPE MONTANARO
- 1153 Riferimenti Bibliografici relativi all'irrigazione delle principali colture  
arboree  
di CRISTOS XILOYANNIS, BARTOLOMEO DICHIO, VITALE NUZZO,  
GIUSEPPE MONTANARO
- 1159 *Autori*



## PREMESSA

VITTORIO MARZI

La disponibilità di acqua in agricoltura ha sempre rappresentato una delle principali problematiche da affrontare per ottenere adeguate produzioni. Il rifornimento idrico alle colture è assicurato direttamente dalle acque meteoriche e dalla falda superficiale, ma non sempre queste sono sufficienti al pieno soddisfacimento dei fabbisogni idrici delle colture rendendo utile e molto spesso necessario il ricorso all'irrigazione. Il clima caldo arido presente in molte aree dell'Italia, in particolare nel Mezzogiorno, con ricorrenti fenomeni siccitosi, ha reso sempre più necessario il ricorso all'irrigazione per sopperire al deficit idrico e assicurare produzioni più stabili. Pertanto, sin dall'Unità d'Italia, sia a livello politico che scientifico l'attenzione su queste problematiche si è concentrata maggiormente per le aree del Mezzogiorno. Tuttavia, per i noti cambiamenti climatici in corso, anche in quelle regioni in cui il problema della carenza di acqua era meno avvertita, negli ultimi anni spesso si sono verificate estese situazioni di criticità per prolungati eventi siccitosi come quello manifestato nel Nord Italia nel corso del 2022.

All'inizio del secolo scorso Cuboni (*Il dualismo climatico e naturale dell'Italia 1909*) affermava che

Sotto qualunque punto di vista, la siccità si deve considerare come la causa prima, fondamentale, delle difficoltà che mantengono l'agricoltura meridionale in uno stato inferiore a quello del Settentrione. Le altre

cause, delle quali si è tanto parlato e scritto in questi ultimi anni dopo che la questione meridionale è diventata un argomento alla moda, come il latifondo, la mancanza di case, e di stalle e, soprattutto, la carenza di capitale, non sono che delle cause secondarie, per quanto importanti, le quali in fondo derivano tutte dalla vera causa prima, cioè la scarsa produttività del suolo conseguente alla siccità.

Questo interessante articolo, citato in un volume pubblicato nel 1970 (Mezzogiorno: Questione aperta. Ed. Laterza 1975) in occasione del ventennale della istituzione della Cassa del Mezzogiorno, fa comprendere il cospicuo lavoro svolto nell'immediato dopoguerra a favore di una agricoltura tecnologicamente avanzata nel Mezzogiorno attraverso le opere di bonifica e di irrigazione, che hanno modificato profondamente il paesaggio agrario del Sud, una testimonianza dell'operosità scientifica e tecnica, che ha risolto le ataviche difficoltà di un passato non molto lontano. Il problema della disponibilità di acque per uso irriguo, pur con minore urgenza, nel dopoguerra fu avvertito anche nel centro-nord, esigenza determinata da ampie e moderne scelte negli ordinamenti culturali. Nel corso della "Conferenza nazionale delle acque. I problemi delle acque in Italia" (1972) si evidenziava che per ottenere un consistente aumento delle risorse disponibili era necessario in tempi brevi la realizzazione di invasi per la gestione consortile, come anche degli impianti aziendali. *Data la condizione della nostra bilancia alimentare*, affermava il Ministro Giuseppe Medici, economista agrario autore del volume *L'irrigazione in Italia* (Edagricole, 1985), *il Paese ha convenienza a creare, con le terre, le acque e le forze di lavoro di cui dispone, un nuovo patrimonio di terre irrigue, che contribuisca in misura determinante a dare stabilità alla sua agricoltura.*

Un sensibile aumento della produzione agricola è avvenuta negli anni sessanta, evento noto con il termine "Rivoluzione verde" (Green Revolution). Il termine fu coniato per indicare un approccio innovativo alle tematiche della produzione agricola attraverso il miglioramento genetico delle varietà coltivate, i fertilizzanti, l'irrigazione, la difesa fitosanitaria, la meccanizzazione delle operazioni culturali.

Con l'Unità d'Italia nel lontano 1861 ebbe inizio la politica di una agricoltura più produttiva attraverso le opere di bonifica per il recupero dei terreni incolti per cause dovute al disordine idrogeologico fino al



paludismo. Purtroppo dalla prima legge Baccharini del 1882 diverse altre furono promulgate nel primo trentennio del Novecento, ma bisognava attendere la legge Serpieri, noto economista agrario e sottosegretario di Stato per l'Agricoltura, del 1933 sulla bonifica integrale, fondamentale per i piani di sviluppo zonali e regionali. La parentesi bellica ritardò l'attuazione dei programmi, che ripresero attivamente nel dopoguerra. Per l'Italia meridionale un'ampia trattazione della situazione di quell'epoca è nel volume "Problemi agronomici del Mezzogiorno" pubblicato nel 1933 a cura del Prof. Enrico Pantanelli, studioso di fama internazionale, che era stato Direttore della Stazione Sperimentale Agraria di Bari e Professore Ordinario di Agronomia Generale e Coltivazione erbacea della Facoltà di Agraria di Bari, e fondatore di una scuola in cui si sono formati numerosi ricercatori ed operatori nel settore della gestione degli impianti irrigui e dei fabbisogni irrigui delle colture agrarie. In merito, scriveva Pantanelli,

Non meno dannosa dell'eccesso d'acqua è la deficienza di acqua nel terreno, anzi tenuto conto dell'estensione dei terreni che soffrono per deficienza di acqua sulla superficie del globo, si può dire che l'insufficienza dell'umidità è un ostacolo molto più grave dell'eccesso di acqua.

Per questa carenza d'acqua, la saggia esperienza contadina si rileva nelle tradizionali tecniche di aridocoltura e la parsimonia nell'uso dell'acqua piovana, raccolta nelle cisterne. A questo proposito, il Prof. Luigi Cavazza, allievo di Pantanelli, e suo illuminato successore nell'insegnamento della disciplina agronomica, sostenitore della necessità della disponibilità idrica per una agricoltura meridionale competitiva, affermava che il "dry farming", pur permettendo di coltivare diverse colture con ben studiate tecniche agronomiche atte a far tesoro della poca acqua disponibile nella stagione sfavorevole, nelle prospettive future di crescita economica non avrebbe risolto i gravi problemi del Mezzogiorno. Di conseguenza, nell'immediato dopoguerra le opere di trasformazione irrigua di molte aree agricole meridionali furono tra quelle prioritarie con i finanziamenti della Cassa per il Mezzogiorno.

Per far fronte all'incremento delle disponibilità irrigue, nel 1947 fu realizzato l'Ente per lo Sviluppo dell'Irrigazione e la Trasformazione

Fondiaria in Puglia, Basilicata ed Irpinia e nel tempo si organizzarono a livello nazionale numerosi consorzi di bonifica con il compito di gestire dighe, traverse, pozzi e la rete di distribuzione delle acque irrigue agli utenti. Nel corso degli anni, la superficie nazionale attrezzata da opere di irrigazione gestite dai consorzi di bonifica e di irrigazione è arrivata intorno ai 3,5 milioni di ettari.

Questo notevole lavoro nella realizzazione della raccolta delle acque e la loro utilizzazione per l'irrigazione è stato affiancato nel corso degli anni da una intensa attività di ricerche in laboratorio e nei campi sperimentali, necessari per definire i fabbisogni ottimali di acqua delle colture erbacee e arboree, che si andavano affermando nei comprensori di recente irrigazione, la qualità delle acque irrigue, i metodi di distribuzione, nella logica del risparmio dei volumi di adacquamento e della massima efficienza della tecnica irrigua anche per gli aspetti economici. Il risparmio dell'acqua è fondamentale per uno sviluppo sostenibile. In questi anni di benessere economico i consumi d'acqua sono cresciuti ad una velocità preoccupante rispetto alle disponibilità, tanto che l'acqua è diventata un fattore di criticità crescente, alla luce anche dei cambiamenti climatici in corso, a causa dei quali i fenomeni siccitosi, con cui un tempo si era abituati a convivere nel Mezzogiorno, diventano sempre più ricorrenti anche nelle altre Regioni del Paese. L'agricoltura tra le umane attività è quella che consuma più risorse idriche, per cui l'acqua diventa un fattore limitante da tener presente nella espansione produttiva del settore agricolo, evitandone lo spreco con una maggiore conoscenza delle tecniche irrigue.

Per l'immensa disponibilità dei risultati scientifici e tecnici, ottenuti dalla collegiale collaborazione di esperti operanti in diverse sedi di ricerca, dipartimenti universitari, istituti del MiPAAF, CNR, INEA ed altri, il compianto Prof. Angelo Caliandro, Ordinario di Agronomia generale e Coltivazioni erbacee nella Facoltà di Agraria di Bari, dove è stato responsabile scientifico di numerosi progetti di ricerca sui vari argomenti dell'irrigazione, volle proporre ai colleghi delle diverse istituzioni la pubblicazione di un'opera sulle tecniche agronomiche dell'irrigazione, frutto di un connubio tra i risultati della sperimentazione realizzata in Italia e quelli della letteratura internazionale. Purtroppo, l'imprevedibile dipartita non gli ha permesso di vedere l'opera compiuta, che viene dedicata alla Sua memoria, per il grande suo impegno profuso.

La ponderosa opera, suddivisa in 2 volumi e 27 capitoli a cui hanno contribuito quasi 50 autori, è un completo e interessante trattato sui molteplici aspetti dell'irrigazione, in particolare: le complesse interazioni che intercorrono tra acqua-terreno-clima e pianta, che sono alla base per definire i fabbisogni e l'efficienza dell'acqua irrigua; sono illustrati i criteri di scelta dei diversi metodi irrigui, in continua evoluzione per la corretta distribuzione dell'acqua alle piante; si conclude con un lungo elenco di specie erbacee e arboree, le cui esigenze si collegano ai differenti cicli colturali, di cui vengono descritte le esigenze idriche, le variabili irrigue e i metodi irrigui più appropriati, sempre nell'ottica che il risparmio nel consumo dell'acqua è alla base di uno sviluppo sostenibile dell'agricoltura. Purtroppo, anche il Prof. Giuseppe Provenzano, co-autore del capitolo 21 è venuto a mancare prematuramente ed anche alla sua memoria va il ricordo e il riconoscimento dei colleghi.

L'opera, grazie all'encomiabile iniziativa del Prof. Angelo Caliandro, e alla fattiva partecipazione di tanti studiosi è un valido contributo di conoscenze tecniche per gli operatori del settore irriguo e una interessante testimonianza storica della seconda metà del secolo scorso e dell'inizio del nuovo millennio, che dopo gli infausti eventi del conflitto mondiale, ha visto l'agricoltura nazionale completamente rinnovata, un meritevole esempio del ruolo della ricerca agronomica per una migliore qualità della vita, per la quale il raggiungimento del benessere alimentare resta ancora l'auspicio per tutti i popoli.

VITTORIO MARZI

*Presidente Accademia dei Georgofili Sezione Sud-Est*

