aracne

Classificazione Decimale Dewey:

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

TECNICA AGRONOMICA DELL'IRRIGAZIONE

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 LEOGRANDE, 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

aracne

©

ISBN
979-12-218-1331-9

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.

CIHEAM BARI

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI BARI ALDO MORO

ISPA

INDICE

15 *Premessa*
di Vittorio Marzi

21 Capitolo I
Introduzione
di Angelo Caliandro, Pasquale Steduto

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 (Ψ_W) e delle sue componenti (ψ_m, ψ_π e ψ_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 idirco 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*

PARTE SPECIALE

671 Capitolo XXVI
Irrigazione delle principali colture erbacee
di Autori Vari

671 26.1. Aspetti generali delle coltivazioni erbacee in relazione all'irrigazione
di Vito Cantore, Angelo Caliandro

ERBACEE DI PIENO CAMPO

690 26.2. L'irrigazione della barbabietola da zucchero
di Giovanni Lacolla, Giovanna Cucci, Mario Alberto Mastro, Francesca Boari

704 26.3. L'irrigazione delle colture foraggere: l'erba medica
di Eugenio Cazzato, Vito Cantore

722 26.4. L'irrigazione del frumento
di Pietro Rubino, Vito Cantore, Anna Maria Stellacci

741 26.5. L'irrigazione del girasole
di Michele Perniola, Michele Denora

757 26.6. L'irrigazione del mais
di Marcello Mastrorilli, Michele Denora

776 26.7 L'irrigazione del riso
di Marco Romani, Claudio Gandolfi, Arianna Facchi

797 26.8. L'irrigazione della soia
di Gianpietro Venturi, Paolo Mannini

808 26.9. L'irrigazione del sorgo
di Pasquale Campi

821 26.10. L'irrigazione del tabacco
di Maria Isabella Sifola

orticole

835 26.11. L'irrigazione dell'asparago
di Giuseppe Gatta, Anna Gagliardi, Federica Carucci, Marcella Michela Giuliani

844 26.12. L'irrigazione del carciofo
di Vito Cantore, Vincenzo Candido, Francesca Boari

860 26.13. L'irrigazione del cavolfiore e del cavolo broccolo
di Pietro Rubino, Anna maria Stellacci

877 26.14. L'irrigazione delle cicorie
di Giuseppe Gatta, Anna Gagliardi, Federica Carucci, Marcella Michela Giuliani

886 26.15. L'irrigazione del fagiolo
di Pietro Rubino, Vito Cantore, Anna Maria Stellacci

903 26.16. L'irrigazione del finocchio
di Rossella Albrizio, Vito Cantore, Francesca Boari

916 26.17. L'irrigazione della fragola
di Paolo Mannini

929 26.18. L'irrigazione della lattuga
di Vito Cantore, Francesca Boari

944 26.19. L'irrigazione della melanzana
di Emanuele Tarantino, Pietro Rubino

964 26.20. L'irrigazione del melone
di Michele Perniola, Michele Denora

978 26.21. L'irrigazione della patata
di Anita Ierna

989 26.22. L'irrigazione del peperone
di Emanuele Tarantino, Pietro Rubino

1009 26.23. L'irrigazione del pomodoro da industria
di Pietro Rubino, Emanuele Tarantino, Anna Maria Stellacci

1030 26.24. L'irrigazione della rucola
di Vito Cantore, Vincenzo Candido

1047 26.25. L'irrigazione del sedano
di Francesca Boari, Vito Cantore, Rossella Albrizio

1059 Capitolo xxvii
Irrigazione delle principali colture arboree
di Cristos Xiloyannis, Bartolomeo Dichio, Vitale Nuzzo, Giuseppe Montanaro

1059 27.1. Aspetti generali delle coltivazioni arboree in relazione all'irrigazione
di Cristos Xiloyannis, Bartolomeo Dichio, Vitale Nuzzo, Giuseppe Montanaro

1094 27.2. L'irrigazione dell'Actinidia
di Cristos Xiloyannis, Bartolomeo Dichio, Vitale Nuzzo, Giuseppe Montanaro

1105 271.3. L'irrigazione dell'Olivo
di Cristos Xiloyannis, Bartolomeo Dichio, Vitale Nuzzo, Giuseppe Montanaro

1109 27.4. L'irrigazione delle drupacee (Pesco, Albicocco, Susino, Ciliegio, Mandorlo)
di Cristos Xiloyannis, Bartolomeo Dichio, Vitale Nuzzo, Giuseppe Montanaro

1117 27.5. L'irrigazione della vite da vino e da tavola
di Cristos Xiloyannis, Bartolomeo Dichio, Vitale Nuzzo, Giuseppe Montanaro

1139 27.6. L'irrigazione delle Pomacee (Pero, Melo)
di Cristos Xiloyannis, Bartolomeo Dichio, Vitale Nuzzo, Giuseppe Montanaro

1146 27.7. L'irrigazione degli agrumi
di Cristos Xiloyannis, Bartolomeo Dichio, Vitale Nuzzo, Giuseppe Montanaro

1151 Riferimenti Bibliografici relativi all'irrigazione delle principali colture arboree
di Cristos Xiloyannis, Bartolomeo Dichio, Vitale Nuzzo, Giuseppe Montanaro

1157 *Autori*

Tecnica agronomica dell'irrigazione
ISBN 979-12-218-1331-9
DOI 10.53136/97912218133191
pp. 15-19 (giugno 2024)

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 Baccarini 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 erbacee 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 coltura 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 della 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

Tecnica agronomica dell'irrigazione
ISBN 979-12-218-1331-9
DOI 10.53136/97912218133192
pp. 21-25 (giugno 2024)

CAPITOLO I

INTRODUZIONE

Angelo Caliandro, Pasquale Steduto

L'irrigazione può essere definita come la pratica di adduzione e somministrazione di acqua al suolo, controllata nelle quantità e nel tempo, per soddisfare in pieno o in parte il fabbisogno idrico delle colture (in senso lato), allo scopo di stabilizzarne o aumentarne la produzione, tenendo anche conto delle implicazioni e peculiarità qualitative di quest'ultima.

Ne consegue che l'irrigazione implica aspetti ingegneristici ed agronomici. I primi riguardano il trasporto dell'acqua dalla fonte all'azienda, dall'idrante di consegna, nel caso di sistemi irrigui collettivi, o dalla fonte idrica individuale all'unità irrigua in campo e, nell'ambito di quest'ultima, dalla testata dell'impianto irriguo all'intera superficie coltivata dell'unità irrigua.

Gli aspetti agronomici riguardano: la scelta del metodo irriguo in relazione alle caratteristiche pedologiche e di giacitura dei terreni, alle caratteristiche climatiche dell'area da irrigare, alle esigenze idriche delle colture ed alle tecniche di coltivazione; la quantificazione delle variabili irrigue, in modo particolare l'individuazione del momento dell'intervento irriguo e la definizione del volume specifico di adacquamento; il coordinamento di tutti i fattori della produzione al fine di massimizzare l'efficacia produttiva dell'acqua, sia irrigua che di pioggia, nella salvaguardia dell'ambiente.

L'irrigazione è una pratica molto antica ed ebbe origine in Paesi con più remote tradizioni agricole, situati in zone in cui le piogge erano