

Irrigazione diurna (ovvero irrigazione a goccia, a sorsi ed altre tecniche irrigue affini)

Celestre P.

L'eau

Paris : CIHEAM
Options Méditerranéennes; n. 14

1972
pages 60-69

Article available on line / Article disponible en ligne à l'adresse :

<http://om.ciheam.org/article.php?IDPDF=CI01.0481>

To cite this article / Pour citer cet article

Celestre P. **Irrigazione diurna (ovvero irrigazione a goccia, a sorsi ed altre tecniche irrigue affini)**. *L'eau*. Paris : CIHEAM, 1972. p. 60-69 (Options Méditerranéennes; n. 14)



<http://www.ciheam.org/>
<http://om.ciheam.org/>

Prof. Pietro CELESTRE

Irrigazione diuturna

(ovvero irrigazione a goccia, a sorsi ed altre tecniche irrigue affini)

1. — INTRODUZIONE

Ben notoriamente l'irrigazione più consueta consiste nella somministrazione artificiale di acqua al suolo al fine di ottenere direttamente una produzione agricola di maggior profitto; mentre altre irrigazioni più rare (termico, dilavante, ecc.) perseguono lo stesso fine ma indirettamente. Tale irrigazione consueta, è stata sempre realizzata, fin dai primordi millenari ad oggi, mediante adacquamenti forti e molto saltuari (intervalli di alcuni giorni od anche di settimane).

Lo stesso scopo consueto di somministrazione artificiale d'acqua è, invece, raggiungibile anche con adacquamenti deboli e continui o poco saltuari (intervalli nulli oppure di alcune ore o comunque minori di un giorno). Gli scopi irrigui rari (termici ed altri), a loro volta, mentre appaiono poco suscettibili di adacquamenti piccoli, destano minore interesse e comunque non interessano la presente rassegna.

La soluzione irrigua continua o poco saltuaria, di per sé ovvia, non è stata perseguita nei millenni fino ad oggi, salvo casi eccezionali, causa insufficienze della tecnologia; per contro la stessa soluzione appare oggi molto facile grazie alla dovizia ed economicità di materiali plastici ed all'abbondanza e funzionalità di automatismi.

Gli effetti fisiologici, pedologici, microclimatici e tecnici e, quindi, gli effetti economici complessivi sono per certo molto differenti tra le due soluzioni irrigue (Irrigaz. tradizionale ovvero adacq. forti e saltuari; irrigaz. diuturna [Francese : diurnal] ovvero adacq. deboli e fitti); tuttavia essi appaiono spesso vantaggiosi rispetto la nuova soluzione od almeno non balzano svantaggi aprioristici e conclusivi rispetto alla stessa. Naturalmente proprio tali effetti, tuttora non definiti, e per certo non facilmente od univocamente definibili come tutti i fenomeni agronomici, ma talvolta già delineati, finiranno per stabilire la soluzione preferibile e la sua variante particolare.

In base alle considerazioni sopra esposte e impostando su esse una ricerca sistematica di nuove tecniche irrigue lo scrivente ha sviluppato, tra il 1951 ed il 1966, in modo frazionato secondo le vicende personali e secondo l'evoluzione sperimentale, numerosi nuovi metodi irrigui, caratterizzati da adacquamenti continui o quasi e soprattutto da quelli temporizzati e fitti, i

quali coprono praticamente tutta la gamma possibile nel settore.

Con intreccio vario nel tempo, molti altri ricercatori hanno sviluppato altri molteplici metodi, limitati però tutti ad adacquamenti continui o quasi, tranne pochi e recenti utilizzanti anch'essi adacquamenti temporizzati e fitti.

La nota presente mira a svolgere sia una rassegna dei vari metodi esistenti, senza pretendere di poterli enumerare tutti, anche per la difficoltà di recensire una produzione abbondantissima e crescente sia un esame degli aspetti e dei risultati principali e più noti. La rassegna e l'esame, inoltre, sono ridotti al minimo possibile onde limitarsi alle questioni salienti e ad un resoconto essenziale al fine di soddisfare i limiti di spazio preposti ma anche per la convenienza di reperire gli sviluppi maggiori od i dettagli particolari nelle singole pubblicazioni della bibliografia appositamente ampia.

Fin d'ora interessa anticipare e rilevare che le applicazioni pratiche dei metodi irrigui in esame, anche se limitate alla soluzione continua o quasi, stanno già ricevendo uno sviluppo notevole e soprattutto dilagante, per cui attraverso l'ultimo triennio nella sola Australia la superficie irrigua del caso comprende già — sembra — almeno 4 000 ha ed altrettanto in U.S.A., mentre quella mondiale raggiunge almeno 15 000 ha. Ancora modesto, ma ancor più promettente, è poi lo sviluppo dei metodi temporizzati e fitti.

L'interesse culturale per le nuove tecniche, inoltre, è anch'esso ragguardevole e di nuovo prorompente, come dimostra il fatto che nel 1970 sono stati tenuti in USA 2 Convegni nazionali al riguardo [42, 45] ed il fatto che i vari congressi o riviste nazionali od internazionali includono, sempre più, argomenti del genere.

E' opinione dello scrivente che la tecnica irrigua sia oggi di fronte ad una radicale evoluzione, dettata dalle esigenze economiche. Precisamente si ritiene che l'irrigazione futura (o — meglio — moderna) dovrà abbandonare i metodi convenzionali ed adotterà due nuove soluzioni, diametralmente opposte e sempre più divergenti, soluzioni attualmente agli albori :

— Irrigazione con massima continuità possibile dell'adacquamento e con impianti fissi al massimo (irrigazione a goccia e affini);

— irrigazione con massima saltuarietà possibile dell'adacquamento e con impianti mobili al massimo (giant sprinklers, cannon sprinklers, ecc.); soluzioni entrambe massimamente meccanizzate, automatizzate e programmabili. Ovviamente la pratica irrigua non potrà abbandonare i metodi tradizionali, almeno per vario tempo e talvolta mai, salvo adattamenti e limitate modifiche; la sperimentazione irrigua, invece, dovrebbe adottare le nuove vie subito, e precisamente dedicarsi all'ampliamento (cosa facile) ed al perfezionamento (meno facile) dei nuovi metodi detti, all'esame (laborioso) dei loro effetti ed al confronto (delicato) rispetto ai metodi tradizionali.

L'automazione e la programmazione dei metodi tradizionali, oggi tanto perseguite dalla sperimentazione, possono rappresentare soltanto il rimedio temporaneo, sopra indicato, per gli impianti esistenti, o la scelta provvisoria per nuovi impianti, ma non il progresso dell'irrigazione.

Tali opinioni e sollecitazioni sono state esposte dallo scrivente già in altre occasioni, ma poichè la sperimentazione è ancora dedicata prevalentemente ai problemi di confronto tra aspersioni e spandimenti ed a quelli di intervento irriguo rispetto ai volumi ed ai turni, che di solito (tranne cioè pochi studi vasti e razionali) corrispondono a barocchismi [Francese: baroqueries], e poichè la sperimentazione deve precedere con molti anni di anticipo la commercializzazione e poichè, infine, la sperimentazione irrigua è lentissima (da una estate all'altra), ogni raccomandazione e ripetizione risultano più che giustificati.

2. — CLASSIFICA DEI METODI IRRIGUI DIUTURNI

In primo luogo è opportuno chiarire che è possibile stabilire un confine netto tra i metodi in esame e quelli tradizionali. La distinzione è possibile attraverso l'andamento dell'umidità del suolo rispetto al tempo; precisamente, mentre i metodi tradizionali sono caratterizzati da variazioni alterne dell'umidità, prevalentemente non controllabili, i metodi in esame invece sono caratterizzabili da variazioni nulle o graduali dell'umidità, prevalentemente controllabili. In altre parole, mentre i primi sono caratterizzati dal noto diagramma $u(t)$ (u = umidità, t = tempo) a denti di sega, corrispondenti ai turni regolari od « a domanda » dell'adacquamento ed aventi un andamento prevalentemente dominato dall'essiccazione naturale Franc; dessèchement naturel del suolo; i secondi invece sono caratterizzati da diagrammi $u(t)$ costanti oppure variabili dolcemente, determinati a piacere (entro certi limiti) mediante dosaggio quotidiano costante o variabile dell'adacquamento.

Naturalmente i limiti visti possono divenire imprecisi per impianti irrigui particolari quali impianti convenzionali con turno di 2 o 3 giorni e quali impianti in discussione con adacquamenti ogni 1 o 2 giorni; tuttavia essi rappresentano casi estremi e rari per cui la distinzione resta

valida e chiara per la preponderanza dei casi effettivi.

L'umidità del suolo può, invece, essere uniforme o disuniforme a piacere rispetto alla superficie, analogamente ed ancor più nettamente di quanto avviene per le irrigazioni consuete, ovvero il diagramma $u(x, y)$ (x, y = coordinate del piano di campagna) può essere costante o variabile a piacere (entro ovvii limite di interesse irriguo e di diffusione idrica).

I metodi irrigui sopra definiti costituiscono un nuovo sistema irriguo che abbiamo denominato *diuturno* [Franc: diurnal] o *semi-permanente* [Franc: semi-permanent]. A loro volta i metodi caratterizzati da adacquamenti continui e quelli caratterizzati da adacquamenti saltuari e fitti possono essere denominati: gli uni « a goccia » [Franc: goutte à goutte] o meglio « a stillicidio » [par suintement], gli altri « a sorsi » [par gorgées].

Le nuove denominazioni (irrigaz. diuturna, a stillicidio, a sorsi) appaiono necessarie per la vasta estensione assunta dalla materia e per l'evidente insufficienza delle precedenti locuzioni « a goccia, goutte à goutte, trickle, drip, drop, ecc. » (secondo le lingue e gli autori) a rappresentarla. Al riguardo è opportuno chiarire che la dizione (*) « diuturna » appare assai idonea sia linguisticamente che espressivamente; dal punto di vista linguistico, infatti, essa indica la natura insistente e persistente degli adacquamenti, ma anche la sequenza libera e non necessariamente periodica degli stessi; dal punto di vista espressivo essa appare efficace e ben distinguibile. La qualifica « permanente » e quella « semipermanente », invece, impongono una continuità nel tempo, valida soltanto per l'umidità del suolo, ma non certo per le operazioni di adacquamento.

La classifica più rispondente appare quella basata sulle modalità e sulle apparecchiature irrigue, così come avviene per i sistemi tradizionali, e distingue 3 categorie e 9 classi, come appresso:

Irrigazione diuturna (oppure semi-permanente)	Irrigazione a stillicidio o a sorsi	I. — Distribuzione uniforme e reversibile (Falda freatica artificiale)
		II. — Distribuzione ripartita (Superficie completamente bagnata)
	Irrigazione a stillicidio	III. — Distribuzione localizzata (Superficie in parte bagnata, in parte asciutta)
		IV. — Distribuzione con accumulo e spandimento (Cacciate orarie con vasche di accumulo)
		V. — Distribuzione con accumulo ed aspersione (Aspersioni orarie con vasche di accumulo)
	Irrigazione a sorsi	VI. — Distribuzione con autoclave ed aspersione (Aspersioni orarie e potenti con autoclavi)
		VII. — Distribuzione semovente (Ala mobile semovente e permanente)
		VIII. — Distribuzione con temporizzatore e spandimento (Cacciate orarie con temporizzatori)
		IX. — Distribuzione con temporizzatore e aspersione (Aspersioni orarie con temporizzatori)

A sua volta, alcune classi possono essere suddivise in tre sottoclassi secondo che le tubazioni adacquanti sono collocate aeree o in superficie o sotterranee. Dal punto di vista pedo-fisiologico le sotto-





Il ciclo giornaliero appare fondamentale per il sistema diurno sia per corrispondere al ciclo solare e quindi a quello fisiologico, sia soprattutto per fornire un criterio discriminatorio e quindi formale rispetto ai metodi tradizionali; tuttavia sconfinamenti oltre il ciclo detto sono ovviamente possibili e possono conservarsi ancora condizioni dell'umidità e tipi di impianti classificabili ancora come diurni.

3. BREVE SOMMARIO CRONOLOGICO

Lo sviluppo nel tempo dei metodi irrigui interessa sia per le consuete incertezze rispetto alle innovazioni, sia per scoprire le attitudini iniziali e quindi basilari, sia per seguire l'evoluzione e quindi i difetti principali.

Alcune pratiche irrigue del genere hanno origini introvabili, nei secoli; tra queste si annoverano: la subirrigazione permanente e spontanea mediante rigurgito dell'acqua nei fossi in zone di bonifica o con falde ad hoc, di cui i Polders Olandesi rappresentano una pratica in atto ed efficacissima; rigagnoli permanenti o quasi, derivati da sorgenti o da pozzi, per piccole parcelle ad ortaggi; vasi pieni di acqua e infissi con la bocca soffocata nel terreno a ridosso di piante arboree, pratica usata storicamente nell'Asia medio-orientale e spesso ripetuta oggi nel giardinaggio domestico con bottiglie di vetro; e così avanti. L'impiego di tubicini in plastica, forati, gocciolanti lungo brevi filari di ortaggi o di frutteti, anche se recente a causa della recentezza della plastica economica, risulta anch'esso spontaneo e frequente presso coltivatori privati e zelanti.

Le applicazioni frazionali e specifiche risultano tutte recenti e abbastanza completamente delineate.

I primi tentativi di irrigazione del genere sono dovuti a Kornieff nel 1925 [1] e Bordas nel 1931 [2] con subirrigazione gocciolante e continua; un secondo tipo, capace di formare una falda freatica a livello voluto, fu eseguito da Celestre nel 1951 (3, 4) per lo Stadio Olimpico di Roma e per altri stadi. Un terzo caso con gocciolamenti prodotti da spirali capillari fu brevettato da Blass nel 1953 in Inghilterra (5) ed applicato da Ditte Inglesi (Cameron, Wright Rain) alcuni anni dopo, denominando « trickle irrigation ». La prima proposta sistematica di vari metodi a goccia, ciascuno con distribuzione subirrigua o superficiale o aerea e, in particolare, il nominativo stesso « a goccia » sono dovuti a Celestre (1960) (6).

L'introduzione, poi, di vari metodi con adattamento frequente e temporizzato, anziché continuo, sono dovuti unicamente a Celestre (1963) (9, 10, 11, 27). Essi furono ricercati sia per superare i delicati gocciolamenti continui, sia per ampliare il campo delle applicazioni agricole, sia per ottenere effetti pedo-fisiologici simili al caso continuo, ma non identici.

Successivamente sono sorti una miriade di ampliamenti o perfezionamenti o tal-

volta ripetizioni, spesso difficili a disporre cronologicamente e tutti comunque limitati agli adacquamenti continui. Tra questi meritano particolare menzione per diffusione o per novità:

— l'ampliamento di Tournon (1965) (20) (sottili tagli su tubi plastici anziché delicati capillari, e quindi massima semplicità ed economia);

— la variante del gocciolatore Blass da parte della Ditta Volmatic-Danimarca (largamente impiegato nelle serre del Centro e Nord Europa); da parte delle Ditte Naan e Netafim-Israele (diffusi dal 1966 in poi), e da parte della Ditta Triklon-Australia (economico e pratico e rapidamente affermantesi), i quali d'altra parte verranno meglio delucidati nell'esposizione particolare dei metodi;

— gli svariati congegni gocciolanti ideati in USA (oltre 20) e di solito recenti (dal 1965 in poi).

Negli ultimi anni (1970 in poi) sono usciti in Francia ed in USA altri metodi temporizzati, basati su timer elettrico e su sensore dell'evaporazione giornaliera o di altro, dei quali quello Francese (37, 44) sta risultando molto efficiente, mentre quelli USA sono noti soltanto indirettamente.

4. — DESCRIZIONE DEI METODI DEL SISTEMA IRRIGUO DIUTURNO

Le caratteristiche di sistema di irrigazione « a goccia » e più estesamente di quello « diurno » cominciano ad essere notorie e ripetute in varie pubblicazioni. Pertanto è sufficiente richiamare gli aspetti fondamentali.

Il sistema « diurno » introduce nuovi modi di adattamento del suolo, ma conserva i modi di trasporto dell'acqua. Precisamente esso cambia interamente la parte finale di un impianto irriguo, mentre la parte iniziale (canali o condotte di adduzione) resta inalterata e la parte intermedia (rete di distribuzione) risulta modificata solo quantitativamente.

Il sistema è caratterizzato da permanenza o quasi dell'adattamento, la quale determina la permanenza completa del deflusso nella rete di distribuzione e la riduzione delle portate a valori deboli. Queste due qualità producono un funzionamento idraulico più semplice e più sicuro ed una riduzione notevole del diametro dei tubi o della sezione delle canalette e quindi un forte risparmio delle relative spese di impianto e di funzionamento.

La persistenza dell'irrigazione deve essere intesa come una possibilità del sistema, non come una necessità. Durante periodi piovosi od umidi, naturalmente, le interruzioni dell'adattamento divengono necessarie in un impianto proporzionato rispetto al periodo più arido. Inoltre alcune intermissioni, regolari e varianti, possono essere utili e introdotte appositamente sia nella distribuzione idrica come tipicamente per i metodi « a sorsi », sia nell'adduzione.

classi possono produrre effetti sensibilmente diversi; dal punto di vista strutturale ed idraulico, invece, esse risultano molto simili ed altrettanto, quindi, dal punto di vista economico e predominante.

La classifica detta, già esposta in parte in [9, 10, 11] e in completo in [27, 41, 61], comprende sia le tecniche « a goccia » (o trickle, o drip) ormai tanto diffuse, pari alle classi II, III, sia le tecniche introdotte dallo scrivente, pari alle classi I e IV-IX, sia quelle recentemente iniziate in Francia ed in USA negli ultimi anni, rientranti nella classe VIII. La medesima classifica, d'altra parte, appare anche esaurire le possibilità tecnologiche-irrigue orierne rispetto al sistema diurno; mentre una classe X potrebbe già aggiungersi relativa a irrigazioni a nebbia, proposta da Procaccini [66] con alte antenne diffondenti nebbia per un largo raggio e meglio — forse — da Cerrato [67] con ali di nebulizzatori posti a terra e parallele ai filari di frutteti, mentre simile tecnica è usata già da tempo e con profitto per le serre.

Come si vede la classifica presente include anche molte modalità irrigue tradizionali (aspersione, infiltrazione, e subirrigazione), purché siano ridotte a turni giornalieri od orari. Infatti l'elemento fondamentale è l'andamento dell'umidità nel suolo, non l'apparecchio che l'ha fornita; mentre si può fin d'ora anticipare che proprio gli adacquamenti tradizionali, resi diurni, forniscono i risultati più incoraggianti. Varie tecniche del tipo inondazione e scorrimento, inoltre, non appaiono mai riproducibili nel sistema diurno, almeno nel senso effettivo di tali termini.

Non è da credere, tuttavia, che gli impianti tradizionali esistenti e specialmente quelli ad aspersione ed automatizzati possono essere trasformati in diurni semplicemente introducendovi un turno giornaliero. Questa trasformazione può realizzarsi, in senso funzionale, con modifiche moderate o notevoli secondo i casi, ma non in senso economico. Infatti gli impianti diurni, anche ad aspersione, richiedono un proporzionamento ottimale sui generis.

Le portate sono ridotte in proporzione al grado di permanenza desiderato. Il rapporto tra ogni portata di adacquamento Q in un impianto irriguo convenzionale ed ogni portata q del corrispondente impianto diurno risulta,

$$q = \frac{H}{hT} Q$$

ponendo per l'irrigazione convenzionale : H = ore di adacquamento, T = turno in giorni tra adacquamenti successivi; e per l'irrigazione diurna : h = ore di adacquamento per ogni giorno.

In pratica e per avere impianti tipicamente diurni ed economicamente preferibili il rapporto detto deve variare tra i limiti :

$$q = 0,005 Q \quad q = 0,05 Q$$

La descrizione dei metodi può essere svolta molto sommariamente, sia per la presentazione dei medesimi in altre pubblicazioni [Vedi Bibliografia] cui si rimanda per maggiori dettagli, sia per lo scopo di revisione e di sintesi della presente nota.

CLASSE I. — Distribuzione uniforme e reversibile.

Questo gruppo di metodi ricerca una imbibizione del suolo quanto più possibile permanente ed uniforme e la realizza mediante una falda freatica naturale od artificiale e mediante risalita capillare dell'acqua. Tuttavia può ricercarsi anche una imbibizione disuniforme e limitata alle zone attorno ai subirrigatori.

La realizzazione della falda freatica (completa o parziale a volontà), richiede : un sottostrato impermeabile, una rete di condotte subirriganti per l'immissione e l'emissione dell'acqua, dispositivi per la regolazione del livello freatico. La fig. 1, mostra uno schema di per sé eloquente, il quale evidentemente permette numerose varianti.

Lo schema riproduce in sostanza una applicazione fatta dallo scrivente nel 1951 per lo Stadio Olimpico di Roma e per altri stadi di gioco. [per maggiori dettagli : vedere 4, pp. 13, 14].

L'impermeabilizzazione profonda ed i pozzetti per l'approvvigionamento idrico automatico (continuo — a stillicidio — mediante semplice rubinetto a galleggiante o periodico — a sorsi — mediante temporizzatore) costituiscono gli elementi fondamentali ed indispensabili. L'impermeabilizzazione viene eseguita con appositi metodi brevettati.

Il metodo periodico produce anche un flusso periodico di aria nel suolo. La fertirrigazione diviene facile, ma addirittura la lisciviazione e la disinfezione del suolo divengono agevoli.

CLASSE II. — Distribuzione ripartita.

CLASSE III. — Distribuzione localizzata.

Entrambe le classi riguardano adacquamento a stillicidio ovvero propriamente « a goccia ». I metodi in questione sono quelli più remoti e più diffusi, come indicato nel par. 3. L'interesse sperimentale per tali metodi è iniziato in Italia e in Israele 12 anni fa, ma sta divenendo dilagante negli ultimi 3-4 anni in USA, Australia, Francia e sensibile altrove. Lo

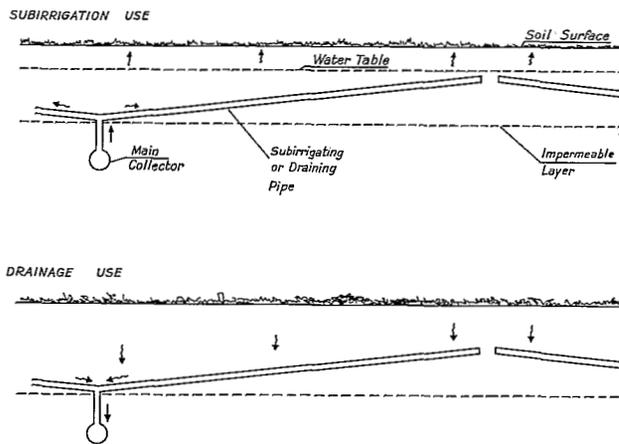
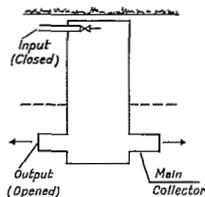
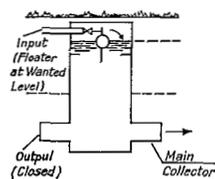


Fig. 1 - Schema of reversible subirrigation or drainage.

sviluppo applicativo segue un simile andamento, ma rimane preponderante o almeno pilotante in Israele (3700 ha al dic 1971) (69).

Data la somiglianza e notorietà dei metodi presenti, essi vengono esaminati assieme e descritti ancor più sommariamente degli altri, data la miriade di attrezzature in commercio od in studio.

La classe II riguarda stillicidi o gocciolamenti distribuiti in maniera fitta su tutta la superficie agraria od altro strato sottostante, tali da produrre umidità uniforme in detto strato; la classe III riguarda stillicidi o gocciolamenti disuniformi, tali da inumidire soltanto alcune porzioni di uno strato del suolo, lasciando aride le altre. Le classi II e III, tuttavia, differiscono sensibilmente come portate (minori per II e maggiori per III) e come usi e quindi come costo di impianto. La classe II è adatta, di solito, per prati, vivai e in generale per colture ricche; la classe III, per contro, è adatta per piante legnose (alberi ed arbusti).

Le attrezzature irrigue comprendono, ovviamente, reti di tubicini in plastica e partitori delle portate e, fondamentalmente, sbocchi o ugelli (detti gocciolatori) disposti lungo i tubicini.

Un elenco, completo dei gocciolatori proposti e attuati sopra gli scopi della nota, ma risulta anche difficile o impossibile data l'abbondante e dispersa produzione (almeno 50 tipi lanciati in commercio ed altrettanti in studio o proposti). Pertanto riteniamo sufficiente fare una classifica dei tipi noti, rinviando per maggiori dettagli gli elenchi esposti in (25, 45, 57, 61) e, meglio alle pubblicazioni o cataloghi dei singoli produttori.

- a) fori
- b) appendici capillari,
- c) fessure,
- d) stoppaccini,
- e) morsetti,
- f) rubinetti,
- g) manicotti,
- h) collari permeati,
- k) manichetta permeante,
- i) filtri,
- j) coppia tubi coassiali;
- l) getti,

- m) sbocchi aperti,
- n) sbocchi a calzetta,
- o) sacche d'aria,
- p) espansioni volumetriche,
- q) gocciolatori sensitivi,
- r) spirale a vite,
- s) zipoli,
- t) fenditure,
- u) manicotti deformabili,
- v) scarichi autopulenti,
- w) scarichi a vortice,
- x) ceramica filtrante,
- y) carta filtrante.

Di essi il gruppo a risulta spontaneo e senza origine, quello b appare imprecisato come priorità a causa di varie origini e comunque deriva dalla antecedente spirale capillare di Blass (gruppo r), quelli c ÷ q corrispondono ai tipi attuati od in studio presso l'Ist. Idraulica Agr. di Pisa (6, 9, 19, 21, 27, 41, 61), ed i rimanenti s ÷ y a quelli attuati in altre sedi, mentre varie reciproche ripetizioni sono visibili o possibili.

I gocciolatori più diffusi commercialmente in Europa, Africa ed Australia, risultano quelli tipo Blass (spirale tra vite e madrevite) e quelli a capillare (concettualmente simili) e precisamente :

- gruppo b : Ditta Volmatik - DK,
- gruppo r : Ditta Cameron - GB,

Ditta Netafim - IL (Blass trickler); Ditta Triklon - AUS; Ditta Iplex - AUS;

- gruppo s : Ditta Naan - IL (Technoram trickler);

mentre in USA, dato il gran numero di brevetti e la recentezza delle applicazioni, è difficile stabilire la situazione, comunque risultano molto noti i seguenti gocciolatori :

- gruppo k : Micro - por;
- gruppo s : Sub-matic, Watersaver;
- gruppo v : Sub-terrain, Spears, Uni-flow;
- gruppo j : Twin-wall (*).

Le portate e le pressioni variano molto secondo i tipi di gocciolatori; indicativamente possiamo segnare : portate

(*) Il gocciolatore Twin-wall della Chapin Watermatics-USA impiega tubi coassiali forati con intercapedine piena d'acqua e (forse) aria e quindi differisce sostanzialmente da quelli tipo j attuati a Pisa aventi intercapedine piena di sabbia.

0,5 ÷ 5 lt/ora, pressioni 0,1 ÷ 0,5 atm per quelli Pisani e Cameron 0,5 ÷ 2 atm per quelli israeliani ed USA di maggior diffusione.

Il confronto fra i gocciolatori indicati, mentre rappresenterebbe l'informazione più interessante per la presente nota panoramica, risulta arduo data la impossibilità materiale di rilievi sistematici su tante apparecchiature. Comunque, sia attraverso i numerosissimi rilievi svolti presso il Laboratorio del citato Istituto di Pisa almeno su varu gocciolatori dei tipi *a, b, c, g, h, i, l, r, t*, sia attraverso accurati rilievi francesi sui tipi *r, g* (69 Rapport Rolland, p. 22), sia attraverso le informazioni reperibili nell'ampia letteratura, riteniamo possibile fornire conclusioni abbastanza definite e complessive.

I gocciolatori con fori o passaggi microscopici risultano poco soddisfacenti e comunque insicuri a causa di occlusioni, sia per depositi o impurità dell'acqua, sia per concrezioni saline, sia per formazioni vegetali. L'insicurezza dei gocciolatori detti è proporzionale all'esiguità delle luci di efflusso.

Il successo di impianti del genere è pure frequente come mostrano le migliaia di ettari in esercizio, ma dovuto a condizioni locali favorevoli oppure a cure diligenti e costose: acque fredde prive di impurità e il più possibile sterili, superfici piccole e frequentemente ispezionate, ambienti puliti e climi controllati come tipicamente nelle serre, impiego addirittura di acque potabili, come avviene spesso in Israele per gli impianti all'aria aperta.

I gocciolatori ancora con fori piccoli, ma facilmente ispezionabili e ripulibili (gruppi *e, f, g, u*), rappresentano rimedi iniziali e molto utili.

Le fenditure (gruppo *t*), proposte da Tournon (20) e poco dopo da Braud (24) aprendosi soltanto sotto pressione ed operando a profondità sensibile, funzionano egregiamente ed inoltre le linee del genere sono le più economiche e le più adatte per il collocamento sotterraneo meccanizzato. Le stesse linee, tuttavia, perdono regolarità se usate in superficie, causa il logorio termico. I gocciolatori autopulenti (gruppo *v*), molto usati in USA hanno funzione e risultano molto simile ai precedenti, ma risultano molto più costosi e producono linee non altrettanto maneggevoli. Comunque queste due classi, e specialmente la prima, meritano molta attenzione, mentre l'inconveniente termico dovrebbe essere superabile come sta ricercando il Prof. Tournon.

I filtri sabbiosi (o altri filtri) (gruppi *i, x, y*) ed i collari permeanti (gruppi *h, j*) offrono buona uniformità, ma le portate gocciolanti diminuiscono col tempo ed in misura forte o debole secondo l'acqua e il materiale filtrante.

I gocciolatori con passaggio largo e pressioni minime (gruppi *m, n, o*) e soprattutto quelli con portata saltuaria, ma consistente (gruppi *p, q*) sono stati ricercati (21, 27, 41) dal citato Istituto di Pisa per eliminare i fori microscopici o piccoli e realmente essi forniscono miglioramenti crescenti e soddisfacenti per ovviare al drastico inconveniente delle occlusioni.

CLASSE IV. — *Distribuzione con accumulo e spandimento.*

CLASSE V. — *Distribuzione con accumulato ed aspersione.*

Questi metodi appartengono alla categoria « a sorsi » e differiscono da quelli « a stillicidio » per il fatto che il deflusso debole e permanente di acqua destinata al campo (o parcella) è accumulato in piccole vasche (di solito 50 ÷ 300 lt) ed è trasformato in uno scarico consistente, capace per irrigazione per solchi o per conchette, nel caso IV, oppure di aspersione, nel caso V. Le due classi risultano ancora simili ed esaminabili collettivamente. Il tipo IV può anche essere destinato a produrre un gocciolamento intenso e ripetuto nel giorno; pertanto la classe VI può essere meglio suddivisa in: IV-A, Adacquamento per solchi o conchette, IV-B, Adacquamento con gocciolatori.

La descrizione delle apparecchiature e le caratteristiche generali dei metodi sono visibili nelle pubblicazioni precedenti (9, 10, 11, 41, 61), cui per brevità si rimanda. Nella fig. 2 è visibile un campo sperimentale, allestito dal citato Istituto nel 1966 e contenente esempi di metodi II, IV, V, VI.

Qui è sufficiente ricordare alcuni elementi principali delle classi IV e V.

Il legame tra le portate della vasca in arrivo e in uscita (*q, Q*) ed i suoi tempi di riempimento e di vuotamento (*t, T*) risulta esattamente:

$$Q/q = 1 + t/T \quad (\text{per } Q = \sim \text{cost})$$

ed approssivamente:

$$Q/q = t/T \quad (\text{per } Q \gg q)$$

Il tempo *t* risulta regolabile a piacere con un semplice rubinetto. Lo scarico risulta automatico mediante automatismi a galleggiante o simili e comunque mediante automatismi semplici e non deteriorabili, quali: sifoni con piccoli artifici per renderli autoadescanti anche con portate esigue, bracci mobili e tappi mobili. Per dettagli vedere le note dell'autore (9, 18, 61).

Altri automatismi permettono la distribuzione consecutiva dello scarico *Q* a varie parcella, in modo da utilizzare ciascuna vasca per una superficie maggiore e la ridurre le spese di impianto.

Le linee gocciolanti (Classe IV-B) adottano gocciolatori simili a quelli II e III già esposti, ma con fori o passaggi ben più ampi e quindi molto meno ostruibili. Le linee con getti (Classe V) producono gettate decrescenti con il livello calante entro la vasca e diagrammi di pioggia esatti e proporzionabili a volontà. Per questa interessante proprietà, vedere (9, pp. 24-26).

Le classi in esame e soprattutto la classe IV-A risultano estremamente adatte per la fertirrigazione e simili, grazie alla presenza delle vasche, ed in particolare esse permettono una fertirrigazione o disinfezione differenziata da una vasca all'altra e quindi da un campo all'altro, mentre evitano la diffusione delle sostanze nutritive o correttive entro l'intera rete, causa frequente di rapido deterioramento della stessa rete.

CLASSE VI. — *Distribuzione con autoclave ed aspersione.*

L'adacquamento viene effettuato mediante un accumulato ed una distribuzione della portata addotta *q*, simili a quelli della classe V, ma con la modifica di usare un cassone autoclave e di produrre getti più lunghi ed intensi attraverso opportuni tubi forati o con boccagli.

Il cassone raccoglie adesso, insieme con il debole afflusso la massima pressione disponibile nella rete di adduzione.

I metodi presenti riproducono le caratteristiche di quelli V, sopra accennate, ma in parcella più estese. In pratica essi appaiono convenienti soprattutto per colture in pieno campo.

Gli automatismi realizzati a Pisa, di nuovo per brevità soltanto accennabili, risultano ancora numerosi e comunque semplici e sicuri, quali valvole con comandi a galleggiante; 8 tipi sono esposti in (18).

CLASSE VII. — *Distribuzione somovente.*

Molte apparecchiature irrigue semoventi sono state presentate in commercio nell'ultimo quinquennio, quasi tutte destinate ad aspersioni da postazioni fisse e successive ed a spostamenti con motori ausiliari tra una postazione e l'altra, salvo poche capaci di aspersione e spostamento contemporaneo, ma in compenso macchinose per soddisfare lo spostamento dell'alimentazione. In ogni caso tali apparecchiature sono tutte concepite per adacquamenti consueti ossia turnati e abbondanti, così che esse risultano pesanti e poco pratiche, ma soprattutto costose.

In base al criterio dell'irrigazione diurna, le apparecchiature semoventi divengono estremamente semplificate ed economiche; tale soluzione, infatti, introduce gocciolamenti modesti, anziché forti aspersioni lungo l'ala mobile e conseguentemente permette: ala e relative ruote molto più leggere, condotta di alimentazione minuta e quindi pieghevole e trasportabile, motore poco potente anche idraulico, spostamento e gocciolamento dell'ala contemporanei e continui.

Due modelli destinati a colture in pieno campo, sono in corso di costruzione presso l'Istituto di Idraulica Agraria di Pisa ed esposti come schema in (41). Per le serre il collaboratore Prof. Grossi sta realizzando un suo proposito, il quale risulta ulteriormente avvantaggiato dall'ambiente protetto e dallo scorrimento su binari.

CLASSE VIII. — *Distribuzione con temporizzatore e spandimento.*

CLASSE IX. — *Distribuzione con temporizzatore ed aspersione.*

Le due classi in oggetto riproducono le corrispondenti IV e V, con le due modifiche di usare temporizzatori anziché vasche di accumulato, e di effettuare distribuzione irrigua in serie, anziché in parallelo. La classe VIII, analogamente alla classe IV, dà ancora luogo: VIII-A, Adacquamento per solchi o conchette; VIII-B, Adacquamento con gocciolatori.

I temporizzatori possono essere idraulici od elettrici, con comando locale o

centralizzato, e risultano simili come principi par la classe VIII e IX, ma differenti come elementi in relazione alle opposte pressioni e portate.

I temporizzatori preferiti e in prova, presso l'Istituto di Idraulica Agr. di Pisa sono di solito idraulici e locali, di cui alcuni già indicati in (41). Una Ditta siciliana, collaborante con l'Ist. di Pisa ha già realizzato un temporizzatore elettrico applicato soddisfacentemente a impianti irrigui per agrumi. Simile strada sta percorrendo in Francia il Consorzio Bas Rhone che ha messo in commercio un temporizzatore elettrico centralizzato, destinato a frutteti (37, 44) e che sta ottenendo risultati molto lusinghieri (65).

Nell'ultima decade in USA e altrove, sono stati proposti molti metodi automatici per impianti fissi, tutti insistenti su adacquamenti massimi e turnati o comunque molto discontinui; tra i più recenti del genere figurano l'irrigazione con controllo automatico e quella con controllo sensitivo tra cui (80, 81, 82). Tali metodi, comunque, spesso ancora in fase sperimentale sono molto delicati e costosi.

Gli inconvenienti generali o particolari delle attrezzature USA e simili, per adacquamenti discontinui e abbondanti, scompaiono subito, semplicemente adottando adacquamenti diurni e quindi modesti, e — naturalmente — cambiando radicalmente le attrezzature.

5. — RISULTATI E CONCLUSIONI

L'Irrigazione diurna iniziata in Israele con un metodo « a stillicidio » e completata a Pisa con molte altre tecniche « a stillicidio », ma soprattutto iniziata e sviluppata a Pisa per tutti i metodi « a sorsi » rappresenta indubbiamente l'irrigazione preferibile ed è destinata a soppiantare presto quelle tradizionali negli impianti nuovi od in crisi di rifacimento.

Lo sviluppo dilagante dell'irrigazione a stillicidio, nonostante i numerosi inconvenienti che comporta, e raggiungente, entro l'ultimo quinquennio, già varie migliaia di Ha in tutto il mondo, difficili a precisarsi appunto per la rapidità dell'incremento, ed il successo ancora maggiore della stessa tecnica rispetto le serre del Nord e Centro Europa rappresentano la miglior conferma della asserita superiorità. Ancor maggiore, poi, risulterà la preferenza per l'irrigazione a sorsi, che permette di riprodurre molte irrigazioni trazionali (aspersione o spandimento) oppure quelle nuove (gocciolamento) senza i difetti delle prima ed i disturbi delle seconde, come provano già la riuscita e l'accoglienza degli impianti di Pisa e di quelli del Bas Rhone, anche se iniziali.

La superiorità della tecnica diurna deriva dal miglior soddisfacimento dei principali aspetti tecnologici, pedologici e biologici, offerto da essa rispetto quella convenzionale, come vedremo esaminando anche brevemente i risultati iniziali, ma già ampi delle sperimentazioni e delle applicazioni.

L'esame, naturalmente, sarà devoluto soprattutto ai metodi a stillicidio, data

la loro predominante diffusione fino ad oggi, mentre saranno possibili soltanto indicazioni preliminari rispetto ai metodi a sorsi.

a) Aspetti tecnologici

Rispetto ai metodi a stillicidio od a goccia in senso effettivo (classi II, III), l'uniformità delle portate lungo le linee dei gocciolatori ha ricevuto esami sistematici soltanto per alcuni modelli iniziali o principali, (vedi rilievi in (41, pp. 223, 224) ed in (69)), che tuttavia appaiono sufficiente per un orientamento generale. Da essi si deduce che i capillari offrono una uniformità quasi perfetta ed una regolazione precisa (lunghezza del capillare proporzionale alla portata), mentre i fori e soprattutto le spirali con vite mobile forniscono quelle peggiori.

Un confronto più esteso sulla funzionalità dei molti tipi di gocciolatori è già stato esposto al per. 4, Classe II, III; mentre alcuni dati specifici sono reperibili nelle stesse citate note.

Le occlusioni rappresentano il tallone d'Achille dei gocciolatori e talvolta delle relative condotte; le occlusioni derivano di solito da : granelli o altre impurità solide dell'acqua, ruggine delle tubazioni a monte, acque ferrose, concrezioni di carbonati e simili specialmente agli sbocchi, sostanze colloidali flocculanti, sedimentazione di fertilizzanti, batteri, alghe.

I rimedi appaiono ovvii in relazione alla causa (filtri, correzione acqua, ecc.), ma non per questo facili, e comunque risultano in genere intuibili.

Il lavaggio forzato con acqua o con aria viene spesso adottato con frequenze stagionali o mensili secondo la situazione e salvaguarda bene la regolarità dei gocciolamenti nei casi facili, mentre nei casi difficili rimane futile. Nelle occlusioni da alghe e simili vengono indicati lavaggi con soluzioni acide, ma appaiono poco praticabili sul campo, e anchesse vane. Le linee gocciolanti poco interrate e specialmente quelle subirriganti eliminano molti pericoli di occlusioni; la loro mancanza di ispezionabilità può essere compensata con gocciolatori autopulibili tipo Tournon.

La densità dei gocciolatori dipende unicamente dal tipo di suolo — come vedremo meglio nel paragrafo apposito — ma poco o punto dalla portata; pertanto, la densità varia poco nella classe II, avente superficie intensamente bagnata (intervalli consueti tra gocciol. 0,50 ÷ 2 m), mentre nella classe III avente soltanto filari o punti bagnati, diminuisce molto, ma semplicemente in relazione al sesto delle piante.

Le linee gocciolanti non possono superare certe lunghezze senza incorrere in diametri costosi; di solito convergono diametri 10 ÷ 25 mm; pertanto ogni linea può portare di solito 20 ÷ 40 gocciolatori secondo la portata maggiore o minore e quindi può avere lunghezze 20 ÷ 100 m secondo che serve piante erbacee fitte o arboree rade.

Per le classi IV-B ed VIII-B (a sorsi) i gocciolatori hanno portate 10 ÷ 50 volte maggiori che i precedenti e quindi offrono



funzionalità ben superiore. Secondo (69, rapport Rolland) il gocciolatore a manico, usato in Francia, non ha praticamente mai presentato occlusioni nelle numerose applicazioni; i vari tipi di gocciolatori usati a Pisa sono stati pure soddisfacenti, anche se in modo vario, comunque il lavaggio forzato è sufficiente adesso ad eliminare le varie ostruzioni.

La resistenza nel tempo delle reti a stillicidio o a sorsi e, in pratica, dei materiali plastici non ha ancora conoscenze sicure; d'altra parte tale resistenza riceve continui miglioramenti nell'evoluzione tuttora aperta della plastica. Alcune reti a stillicidio Israeliane hanno già 8 anni di attività e conservano la stessa funzionalità.

E' opportuno, infine, chiarire che le tecniche II, III (stillicidio) non possono realizzare gocciolamenti intensi come quelle IV-B, VIII-B (sorsi). Infatti nei casi II, III, tali gocciolamenti indurrebbero sia portate elevate e crescenti nella intera rete di adduzione e quindi diametri ragguardevoli nelle condotte, sia tempi brevi di servizio della detta rete, contraddicendo lo scopo primario di realizzare reti fisse e minute ed a lungo servizio giornaliero, ovvero reti economiche. In particolare occorre tener presente che le condotte in plastica hanno prezzi convenienti soltanto per i diametri bassi ($\varnothing < 25$ mm) e prezzi rapidamente crescenti e proibitivi con i diametri alti. Nei casi IV-B e VIII-B, invece, le portate elevate ed i tempi brevi rimangono limitati a corte condotte adacquatrici e non si ripercuotono sull'intera rete a monte; inoltre tali gocciolamenti intensi permettono una maggior spaziatura tra i gocciolatori e, talvolta, tra le linee gocciolanti compensando un poco il costo del complesso.

b) Aspetti pedologici

Circa la diffusione e ritenzione dell'acqua nel suolo a seguito di gocciolamenti gli studi principali risultano, in ordine di tempo, quelli di : Hudson (1962), Celestre e collaboratori (1964 e 1966), Goldberg e Shmueli e altri (1968 in poi), Enti Francesi Sogreah e Cnabrl (1970 in poi); i medesimi studi concordano sensibilmente e permettono le seguenti acquisizioni :

— la zona bagnata per gocciolatori in superficie corrisponde a due coni coassiali, con asse sotto il gocciolatore, di cui quello interno stretto ed a tenore saturo o quasi, quello esterno largo e sottosaturo; all'esterno e in alto del cono largo si sviluppa una fascia con accumulo crescente di sali; i due coni sono convergenti o divergenti ed hanno diametri diversi secondo la natura del suolo; per esempio per suolo argilloso cono largo con base iniziale anche di m 3, per suolo sabbioso anche m 0,30; il cono stretto è più evidenziato nei terreni sabbiosi o comunque molto permeabili e corrisponde spesso per essi ad un cilindro di pochi centimetri disperdente acqua in profondità; secondo i casi, l'accumulo salino può divenire preclusivo per successive colture ed occorre rimediare con il lisciviaggio naturale di piogge invernali — ove esistono — o con lisciviaggio artificiale(*); accumulo salino compromettente è registrato talvolta anche nella subirrigazione a

stillicidio; (Vedere (7, pp. 266-268), (32, 36, 55 e altre note Israeliane), (69, Rapport Rolland, capitolo 4), (45, Rapport Braud);

— la zona bagnata per gocciolatori posti a varie profondità (0, 20, 40, 60 cm) cambia da forma di cono a quella di uovo; i fronti di umidità divengono stabili dopo 5-10 giorni dall'inizio del gocciolamento; il « rendimento irriguo » varia sensibilmente con la profondità di immissione (indicativamente : tra il 20 % e il 40 % con rendimento massimo per le profondità 20-30 cm); (Vedere 11, (pp. 480-485) e (19, pp. 14-17 estratto));

— la migrazione dei sali resta sensibilmente influenzata dal tipo di gocciolamento e di zona bagnata ed è ancor più selettiva che nelle irrigazioni tradizionali rispetto ai singoli sali; questo capitolo-interessantissimo iniziato da Hudson ed approfondito dagli Israeliani, ma in concomitanza con la vegetazione, anziché su terreno nudo, sta ricevendo un esame razionale dai citati Enti Francesi, per cui le definizioni rimangono iniziali; grosso modo si può indicare che i sali poco solubili o molto trasformabili nel terreno non appaiono affidabili alla fertirrigazione a stillicidio, in quanto si concentrano eccessivamente nella zona prossima al gocciolatore, i sali molto solubili, invece, raggiungono profondità e distanze superiori alle consuete fertirrigazioni od irrigazioni, grazie al flusso liquido continuo, sopra illustrato;

— l'aereazione della zona bagnata diviene scarsa o addirittura insufficiente nel caso di stillicidio ininterrotto; la pratica Israeliana prevede quindi adacquamenti interrotti almeno per alcune ore ogni giorno e, meglio, con turni di 2 o più giorni.

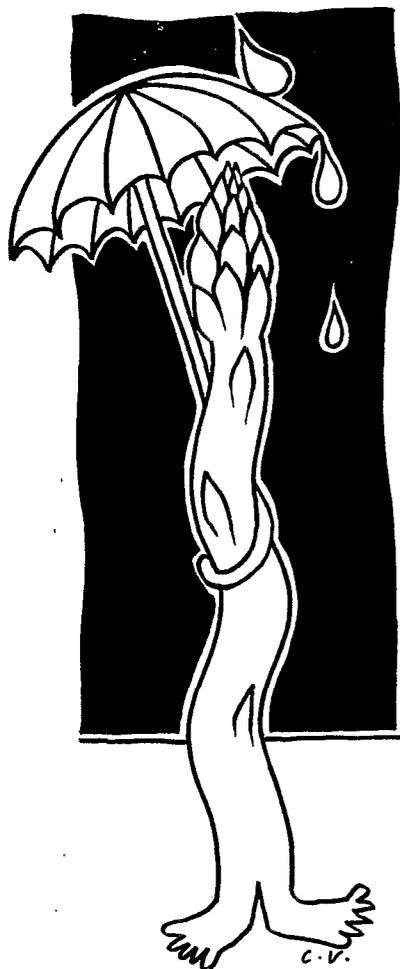
Le informazioni, sopra riportate, si riferiscono tutte al caso « stillicidio » ovvero alle classi II, III. Per le tecniche « a sorsi » sono disponibili soltanto gli studi iniziali di Pisa (62, 70, 71) e del Consorzio Bas Rhone (69, Rap. Rolland). Gli stessi indicano una eliminazione della zona saturata ed una maggior estensione della zona sottosaturata. Indubbiamente superiore poi risulta l'aereazione del suolo.

In genere i metodi a sorsi hanno il vantaggio di alternare il potenziale pF nel terreno in modo simile ai metodi tradizionali e quindi di produrre un simile dinamismo nel suolo. Infatti i volumi e gli intervalli orari degli adacquamenti a sorsi riproducono in proporzione simile o uguale (a volontà) i volumi e gli intervalli giornalieri degli adacquamenti tradizionali.

c) Aspetti biologici

Gli effetti dei nuovi metodi sulla vegetazione e sulla produzione hanno ricevuto, naturalmente gli esami più immediati e più ampi e le informazioni al riguardo sono già tanto estese che devono essere riferite ancor più sommariamente del solito. Le fonti sperimentali predominanti restano quelle israeliane; ma molto materiale è reperibile adesso anche in USA e altrove.

La sintesi più completa ed aggiornata dei risultati sperimentali è trovabile in (69, Rapport Halevy), e riguarda 48 sperimentazioni, parte pluriennali, parte annuali, svolte nell'ultimo quinquennio su



(*) Accumulo salino dannoso ricorre talvolta anche nelle irrigazioni convenzionali e specialmente in quelle localizzate per rigoli o conchette; ciò corrisponde ad un brutto prezzo per il gran vantaggio della localizzazione.

colture arboree (22 casi) e ortive (16 casi) e varie (10 casi) con diversità di clima, suolo ed acqua irrigua, di solito in Israele. Attraverso un esame non lieve della importante relazione Halevy e dei numerosi resoconti Italiani ed esteri, citati in Bibliografia e altri, ed attraverso la lunga conoscenza del settore riteniamo di poter esporre le seguenti conclusioni rispetto ai metodi a stillicidio in superficie o in sottosuolo :

— L'apparato radicale risulta modificato dallo stillicidio e soprattutto ridotto in relazione alla ristretta zona bagnata (cono illustrato al par. 4-6), senza tuttavia disturbare lo sviluppo della pianta ed anzi favorendolo (come vedremo appresso). Anche nel caso di piante arboree adulte, già in coltura irrigua o asciutta, e successivamente sottoposte ad irrigazione a stillicidio, le radici si sono adattate rapidamente al nuovo ambiente umidi.

La giustificazione dei fenomeni detti è reperibile nel fatto che la minor estensione del reticolo radicale viene compensata da una maggior fittezza di ramificazioni e capillizio entro la zona bagnata e probabilmente da un minor lavoro fisiologico, per così dire.

— Netta superiorità nell'uso di acque relativamente saline. La zona conica di suolo, continuamente molto umida è tipica dei metodi a stillicidio, permette alle radici scambi liquidi a tensione osmotica bassa o sopportabile, mentre nelle irrigazioni convenzionali la stessa zona (o qualunque altra), poco umida, per buona parte del turno irriguo, produce ovviamente effetti opposti.

Questa importante proprietà dello stillicidio, rilevata dai ricercatori israeliani e particolarmente risponderi per esso, riproduce in realtà, ed in meglio, noti ed antichi rimedi per simili acque difficili, quali per esempio l'uso nel litorale Barese di acque salmastre con turni molto brevi ed adacquamenti forti.

— La fertirrigazione risulta più proficua. Il risparmio sul quantitativo di nutriente è duplice : uno, di ordine fisiologico, deriva dalla maggior efficienza dell'apparato radicale, fitto e in zona molto umida, ed uno, di ordine volumetrico, corrisponde al minor spazio radicale e quindi al minor quantitativo di nutriente somministrabile.

Nelle irrigazioni consuete, invece, buona parte del fertirrigante rimane in zone inerti e viene disperso durante la stagione piovosa. Nella fertirrigazione per asperzione, poi, la distribuzione e successiva concentrazione del soluto sulla parte aerea può produrre danni quantitativi e qualitativi.

— Minor sviluppo di malattie nella parte epigea delle piante specialmente in confronto ai metodi ad asperzione. Il vantaggio al riguardo è triplice : primo in quanto si evita ambiente foliare umido, secondo in quanto si elimina trasporto di spore e simili, terzo in quanto non si apportano gli eventuali disinfestanti irrorati sulle foglie.

Al contrario, le aspersioni, talvolta, possono costituire un mezzo di lotta contro infestazioni (es. acari).

— Maggior sviluppo di infestazioni nella

parte ipogea della piante. Ciò costituisce uno dei più rilevanti difetti dei metodi a stillicidio e si manifesta soprattutto nei gocciamenti molto continui e rispetto ai parassiti vegetali (fusariae, algae) e animali (nematoda).

— La produzione risulta quasi sempre maggiore rispetto ad asperzione e spandimento a parità di volume irriguo stagionale ed anche a minorità, sia per frutteti, vigneti e oliveti (in genere 10-50 %); sia per pomodori, cocomeri, meloni, peperoni (in genere 20-80 %), sia per cotone, mais dolce, sorgo; la vegetazione pure appare più rigogliosa, la maturazione forse anticipata e comunque la qualità del prodotto migliorata.

— In una minoranza di casi Israeliani e Stati Unitiensi, tuttavia, il confronto è risultato sfavorevole ed, in compenso, per un'altra minoranza favorevolissimo. Nei confronti irrigui Francesi (meli ed altro 1,7 ha, mais e tabacco 0,4 ha) e Italiani (fiori e altro 0,1 ha) i vantaggi produttivi sono apparsi moderati o nulli.

Il divario di dati tra i confronti positivi ed anche i casi estremi negativi o positivistissimi appaiono ben spiegabili alla luce dei consueti e delicati equilibri tra acqua, suolo e pianta; in tal modo i vantaggi appaiono altissimi per condizioni marginali quali acque quasi salmastre e clima desertico (specialmente poi per piante ortive salino-sensitive), alti per clima arido e terreno permeabile, moderati o nulli per clima temperato sub-umido e piante pluriennali, negativi di nuovo per alcune condizioni marginali.

Molti altri esami sperimentali sono disponibili rispetto a colture irrigue a goccia in confronto a testimoni secchi; ma gli stessi sono stati omessi dalle precedenti valutazioni in quanto non significativi per la comparazione irrigua.

Rispetto ai metodi a sorsi, anche le informazioni sulla produzione sono del tutto iniziali e di nuovo limitate alle prove in Pisa (62, 70), in Sicilia su agrumeti e in Francia sud-est. Pertanto ogni deduzione valida deve ancora essere rinviata, mentre purtroppo l'estate 1972, inconsuetamente piovosa, ha fatto perdere un'annata sperimentale. Si può accennare che i risultati appaiono favorevoli e che nelle prove Pisane sono stati eliminati i parassiti vegetali, frequenti invece nei casi paralleli a stillicidio.

d) Aspetti economici

La più sicura e più rapida conclusione al riguardo è fornita dallo straordinario incremento delle applicazioni pratiche in tutto il mondo. Praticamente le superfici investite con metodi a goccia hanno presentato un raddoppio annuale, quasi esatto, durante gli anni 1969, 1970, 1971 nelle nazioni USA, Australia e Sud Africa, raggiungendo rispettivamente le superfici 4 000 ha, 4 000 ha e 1 200 ha.

Un orientamento sui costi di impianto naturalmente, rimane sempre fondamentale. Il costo di metodi consueti (Classi II, III) varia assai con tipo specifico, ma soprattutto con la densità delle piante e quindi dei gocciatori. Indicativamente si

hanno i seguenti costi di impianto per l'irrigazione a goccia (gocciolatore a spirale opp. capillare, opp. bottone delle ditte principali citate), escluso adduzione principale, stazione di pompaggio e simili, compreso filtri, manometri e simili :

Colture	Ortaggi	Vigneti	Frutteti
Costo (Fr/ha)	20 000	4 500	3 500
	35 000	8 000	7 000

Il costo per i metodi a sorsi (Classi IV-IX) può essere soltanto preventivo, data la mancanza di produzione commerciale. Tuttavia si può rilevare (vedi anche par. 5-a) che gli impianti del genere compensano la maggior presenza di apparecchiature (vasche di accumulo o temporizzatori secondo il metodo) con la minor densità di linee adacquatrici (piccole aspersioni o spandimenti o forti gocciamenti, ancora secondo il caso), per cui il loro costo commerciale dovrebbe assomigliare quello degli impianti a stillicidio.

Gli impianti Pisani, sebbene costruiti in fase artigianale, richiedono 5 000 Fr/ha per frutteti e 20 000 Fr/ha per ortaggi. Gli impianti Francesi CNABRL oscillano tra 2 500 ÷ 5 000 Fr/ha per colture arboree. Gli altri aspetti economici (manutenzione delle attrezzature, ispezione sul funzionamento dei gocciolatori, rassetto stagionale (eventuale delle attrezzature, ammortamento, ecc.) non possono essere definiti, data la recentezza degli impianti pratici, ma per certo richiedono una mano d'opera assai minore che i metodi tradizionali e verosimilmente simili a quella degli impianti fissi a pioggia. Rolland (69) indica 0,16 ore/giorno. Ha di operaio per il controllo dei gocciolatori.

Le spese di pompaggio risultano assai inferiori e comunque precisabili volta per volta, date le modeste o esigue prevalenze, richieste da tutti i metodi diurni, come già visto.

Altri vantaggi elencabili, ma di nuovo non precisabili, sono i seguenti :

— riduzione delle portate e dei diametri sulla rete adduttrice (vedere anche (6, pp. 363-365);

— minor danno al terreno ed al consumo d'acqua in caso di rottura di un tubo o giunto;

— facile riscaldamento di acque eventualmente fredde e dannose alla vegetazione, grazie ai deboli flussi ed agli estesi percorsi della rete irrigua;

— facile servizio irriguo soltanto notturno e conseguente diminuzione delle perdite per evaporazione ed eventuali guadagni per condensazione dell'umidità dell'aria in casi opportuni;

— rapida ed economica posa in opera meccanizzata delle condotte subirriganti a goccia; in USA vengono segnalate pose alla velocità di 4 km/ora (45, Rapport Whitney).

In genere, quindi, pur rilevando un esito

complessivo sicuramente favorevole per il settore in esame, riteniamo più che sufficienti gli accenni fatti ed auspichiamo che vengano studiati anche i presenti argomenti, incerti, ma altrettanto vitali di quelli agronomici visti.

La *conclusione finale* può essere ricavata direttamente dal lettore accurato attraverso la lunga, ma difficilmente riducibile, rassegna. Per il lettore comprensibilmente affrettato di fronte alla marea cartacea, spesso superflua e comunque crescente dei tempi moderni, desideriamo far rilevare la difficoltà ed il dilemma di relazionare un settore ancora nascente e vago, ma vasto e promettente, e di riuscire a rappresentarlo in modo consistente, possibilmente entro... 2 o 3 righe!

Per qualunque lettore e soprattutto per il secondo, comunque, riteniamo possibile ed utile condensare come appresso il nostro punto di vista.

Le incertezze ed anche le difficoltà non sono poche rispetto i metodi irrigui esposti; tuttavia, anche tenendo l'attaccamento degli ideatori e dei primi sperimentatori e la propaganda dei venditori ed eliminando quindi tutte le osservazioni ed i risultati esposti, i pregi essenziali dei metodi restano aprioristicamente sicuri.

Il primo pregio corrisponde al perfezionamento estremo dell'adattamento « a domanda » ovvero corrisponde alla trasformazione della disponibilità irrigua, possibile entro limiti di giorni ed in più difficile come esercizio e costosa come installazione, degli impianti convenzionali, in disponibilità entro limiti di ore ed anche secondi, resa inoltre facile ed economica.

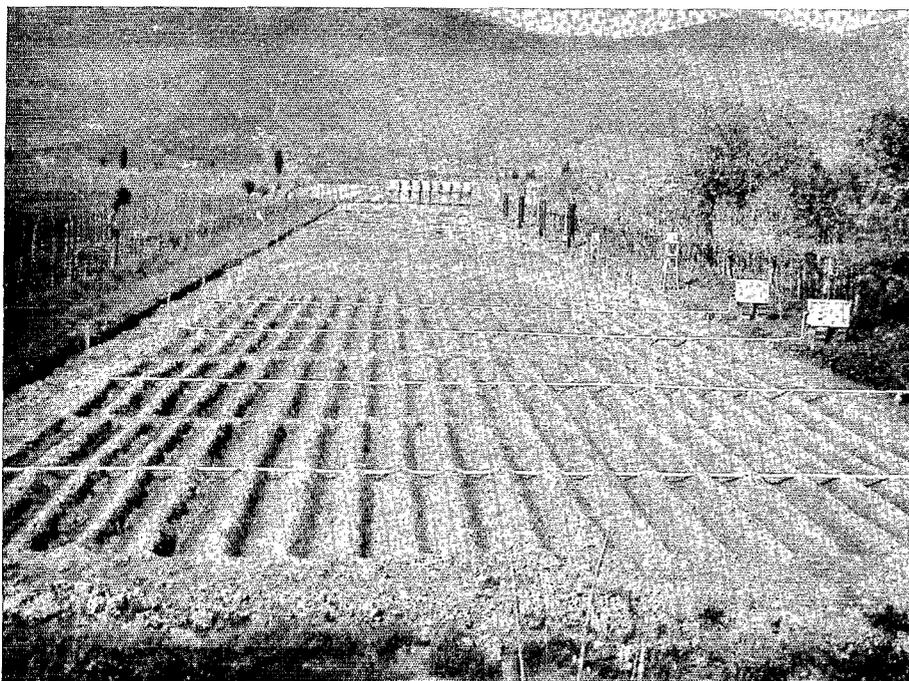
Il secondo merito riguarda l'umidità

costante o variabile quasi a volontà del suolo. Da tempo vari autorevoli agronomi ritengono che l'umidità costante o variabile secondo le esigenze fisiologiche e secondo le crisi climatiche, anche orarie, permette il massimo sviluppo vegetale e la massima produzione, almeno per la maggior parte delle colture. Al riguardo, per il tema generale può indicarsi, tra gli altri, (85) e per l'esame di colture singole uno studio classico (83, 84) ed uno recente (86), mentre tutte le ricerche Israeliane e altrui sulla goccia (vedere par. 5-c) forniscono l'ulteriore e maggiore conferma.

La terza prerogativa è quella di fornire spontaneamente una automazione delle irrigazioni e comunque di adattarsi meglio degli impianti convenzionali ad ogni evoluta forma di automazione a programma o con auto-adattamento.

Il quarto pregio sicuro, infine, è offerto dall'adozione delle soluzioni irrigue a sorsi, le quali, da una parte, ripetono i vantaggi dei metodi convenzionali (maggiore o completo sgombro di attrezzature irrigue sul campo, adacquamenti più diffusi e intensi, ecc.) e conservano anche i vantaggi dei metodi a stillicidio (umidità costante, piccole portate e diametri, ecc.), dall'altra, evitano i difetti degli uni (turni lunghi, ecc.) e degli altri (occlusioni, parassiti nel suolo, ecc.).

La pratica agrotecnica ha già dato in molte nazioni una risposta favorevole. E' auspicabile che la sperimentazione sistematica e comparativa affronti al più presto diversi i problemi aperti, in modo che la ricerca preceda la pratica, come normalmente dovrebbe essere e come, purtroppo, ancora una volta non è avvenuto.



BIBLIOGRAPHIA

Irrigazione a goccia e affini

- (1) KORNIÉFF. — La capacité d'absorption du sol et le principe d'arrosage automatique. N.K.S. Section Améliorations, Moscou, 1925.
- (2) BORDAS. — Contribution à l'étude de l'irrigation souterraine. *VI Comm. Ass. Intern. Science du Sol*, Groningen, 1932, pp. 214-236.
- (3) CELESTRE (P.). — Brevetto, n. 483 633, 1951.
- (4) GUIDI (F.). — Lo Stadio Olimpionico di Roma. *Ingegnere*, 1953, n. 6, pp. 654-456 (opp. estratto pp. 12-14).
- (5) BLASS (L.). — Patent Application : B.P. 19150, July 1953, B.P. 27499, oct. 1953, P.B. 31720, nov. 1953.
- (6) CELESTRE (P.). — Sistema di irrigazione a goccia. Nota 1^a, 1960, *Agricoltura Italiana*, nov. 1960, vol. 60, pp. 353-366.
- (7) HUDSON (J. P.). — Characteristic of Trickle Irrigation System. *Advances in Horticultural Science*, Oxford, 1962, Pergamon, vol. III.
- (8) CELESTRE (P.). — Drip Irrigation System. *ICID, V Congress, Tokyo*, Giu. 1963, Question 16, pp. 541-546.
- (9) CELESTRE (P.). — Sistema di irrigazione a goccia. Nota 2^a, *Agricoltura Italiana*, mar-apr. 1964, vol. 64, pp. 88-117 (oppure estratto, pp. 3-32).
- (10) CELESTRE (P.). — Sistema di irrigazione a goccia. *Centro Int. Studi Irrigazione*, Verona, 1964, Quaderno 3.
- (11) CELESTRE (P.). — Drip Irrigation System. *VIII Int. Congress of Soil Science*, Bucharest, sett. 1964, vol. II, pp. 471-478.
- (12) CELESTRE (P.). — Drop Irrigation System. Higher efficiency and lower cost. *VI Int. Congress of Agricultural Engineering*, Lausanne, oct. 1964, pp. 303-316.
- (13) ZETTSCHÉ (J. B.). — Evaluation of subirrigation with plastic pipe. *Texas Agr. Exper. Station*, 1964, pp. 64-731, oppure *Am. Soc. Agricultural Eng.*, St-Joseph, Mich. 1964, pp. 64-731.
- (14) WATERING EQUIPMENT FOR CROPS UNDER GLASS. — *Horticultural Machinery*, n. 9, min. of Agric., London, nov. 1964.
- (15) CAPILLARY WATERING OF PLANTS IN CONTAINERS. — *Hort. Mach.*, n. 10, Min. of Agric., London, dec. 1964.
- (16) BILLY, BRYAN (B.), BAKER (G.). — Small Diameter Pipe for Use in Subirrigation Arkansas Farm Research. *Arkansas Agricultural Experiment Station*, nov. 1964, vol. 13, n. 6.
- (17) BRAUD (H. J.) et al. — Subirrigation: A New Look at an Old Method. *Louisiana Agriculture*, summer 1965, vol. 8, n. 4.
- (18) CELESTRE (P.). — Programma di ricerche presentato al Com. Agricoltura, C.N.R., nov. 1965 (Documenti interni del C.N.R., Roma).
- (19) PAPA-KONSTANTINOU (D.). — Irrigazione a goccia. Applicazione per frutteti. *I^o Convegno Naz. Ingegneria Agraria*, Portici, apr. 1966.
- (20) TOURNON (G.). — Sperimentazione di nuove modalità di subirrigazione dei terreni. *I^o Conv. Ass. Ital. Ingegneria Agr.*, Portici, apr. 1966.
- (21) CELESTRE (P.). — Sistema di irrigazione a goccia. Attività del 1966. *Annali Della Fac. Agraria*, Univ. Pisa, pp. 55-57.
- (22) HIM PALDI. — Dissertation on subsurface irrigation. *Nat. College of Agricultural Engineering*, Silsoe Bedford, 1966.
- (23) HOSKYN (J. P.) and BRYAN (B. B.). — Discharge Through Plastic Pipe Orifices. *Arkansas Farm Research*, jan. 1967, vol. XVI, n. 1.
- (24) BRAUD (H.J.). — Discharge of Water Through Slits in Polyethylene Plastic Pipe. *La. Agr. Exp. Sta.*, feb. 1967, Bulletin n. 615.
- (25) TRELET (M.). — Le système d'irrigation par suintement. *Pépiniéristes Horticulteurs Maraichers*, Nantes, 15-17, fév. 1967.
- (26) ROTEMBERG (G.). — Irrigation pour goutte à goutte. Résumé de la littérature mondiale. *Faculté de Technologie Agricole du Technion* (non pubblicato 1967). (Traduzione francese a cura di C.E.R.A.F.E.R. Min. Agricoltura, Paris, 1971).
- (27) CELESTRE (P.). — Programma di ricerche presentato al Com. Agricoltura, C.N.R. sett. 1967 (Documenti interni del CNR, Roma).
- (28) FRITZSCHE (G.). — Vereinfachte Bewässerung und Düngung durch das Volmatic System. *Taspo Thalacker Allg Samen, und Pflanzen, Offerte*, Braunschweig, 25 apr. 1968.
- (29) TOURNON (G.). — Irrigazione sotterranea con tubi di plastica. *Cong. Int. Materie Plastiche*, Milano, ott. 1968.
- (30) CELESTRE (P.). — Sistema di irrigazione a goccia. Attività del 1968. *Annali della Fac. Agraria*, Univ. Pisa, pp. 88-91.

- (31) VAN'T WOUTD (B. D.). — Trickle Irrigation. *Water Research Foundation of Australia*, Report n. 20, 1969.
- (32) GOLDBERG (D.), SHMUELI (M.). — Trickle Irrigation. A method for increased agricultural production. *Intern. Arid Lands Confer.*, Tucson, Arizona, 1969.
- (33) BRAUD (H. J.), HERNANDEZ (T. P.) and BROWN (R. T.). — Subsurface Irrigation for Greenhouse Tomato Production. *Am. Soc. Agricultural Eng.*, 1969, pp. 69-228.
- (34) WHITNEY (L. F.) and LO (K. M.). — Plastic orifice inserts for subsurface irrigation. *Trans. Am. Soc. Agr. Eng.*, 1969, vol. 12, n. 5, pp. 602-604. and 607.
- (35) CELESTRE (P.). — Cseppenkonti Ontozes. *Vyzkumny Ustav Vodohospodarsky*, 1969, pp. 603-610.
- (36) GOLDBERG (D.) and SHMUELI (N.). — Drip Irrigation, a method used under arid and desert conditions of high water and soil salinity. *Trans. Soc. of Agricultural Eng.*, jan. 1970, p. 38.
- (37) COMPAGNIE NAT. AMENAGEMENT DU BAS RHONE. — Brevet n. 70.04.535 du 9-2-1970 et Brevet n. 70.06.257 du 20-2-1970.
- (38) EATON (J.). — Trickle irrigation at Yuma. *Citrograph*, mar. 1970, vol. 55, n. 5, pp. 173-175, mar. 1970.
- (39) GORNAT (B.), GOLDBERG (D.). — Étude de systèmes d'irrigation (goutte à goutte et aspersion) dans une plantation d'avocatsiers, 18 Intern. Congress Horticulture, Tel Aviv mar. 1970.
- (40) CELESTRE (P.). — Irrigazione delle colture in serra. *Informatore di Ortoflorofruitticoltura*, n. 7, anno XI, 15 apr. 1970, pp. 9-10.
- (41) CELESTRE (P.). — Drip Irrigation for orchards and vineyards. *VII Icid Reg. Meeting*, Praha, june 1970, pp. 213-255.
- (42) DRIP IRRIGATION SEMINAR. — *Escondido High School*, Calif., july 1970 (Reports by: C.D. Gustafson; A. Marsh; R. L. Branson, S. Davis).
- (43) GUSTAFSON (C. D.). — Drip Irrigation: Principles and Problems. *Citrograph*, sept. 1970, vol. 55, n. 11, pp. 364, 378, 379 (Repetition report at Escondido Seminar).
- (44) DECROIX (M.) et RUTTEN (P.). — Techniques récentes d'irrigation. Présentation d'un système d'irrigation par rampes perforées. *XI Journées de l'Hydraulique*, Paris, 1970, Question III, Rap. 5.
- (45) NAT. IRRIGATION SYMPOSIUM. — *Am. Soc. Agricultural Eng.*, Lincoln, Nebraska, nov. 1970 (7 reports on Subsurface and trickle irrigation).
- (46) CELESTRE (P.). — Sistema di irrigazione a goccia. Attività del 1970. *Annali della Fac. Agraria*, Univ. Pisa, pp. 74-77.
- (47) GUSTAFSON (C. D.), MARSH (A. W.), BRANSON (R. L.) and DAVIS (S.). — The Avocado Drip Irrigation Experiment. *California Avocado Society Yearbook*, 1970-1971, pp. 56-59.
- (48) HARLEY (R.). — Continuous-Moisture Irrigation, Drop-by-drop application provides water economy. *The Farm Quarterly*, jan. 1971, pp. 30-31.
- (49) BABCOCK (T.). — Drip Irrigation Showing Promise in Increasing Yields, Saving Water. *Arizona Farmer-Ranchman*, feb. 1971, vol. 50, n. 2, pp. 18-21.
- (50) MARSH (A. W.) and GUSTAFSON (C. D.). — Irrigating A Drop at a Time. *Crops and Soils*, march 1971, pp. 9-11.
- (51) GUSTAFSON (D.). — Drip Irrigation: A Promising Candidate. *But Fex Votes Are In Western Fruit Grower*, apr. 1971, vol. 25, pp. 13-16. n. 4.
- (52) TOURNON (G.). — Sperimentazione pluriennale di un procedimento di irrigazione sotterranea. *Conv. Naz. Ampa*, Montecatini, apr. 1971.
- (53) RUTTEN (P.). — Influence de la localisation des arrosages sur la conception d'un réseau de distribution. *VIII ICID Reg. Meeting*, Aix-en-Provence, june 1971.
- (54) DRIP IRRIGATION: NO LONGER A NOVELTY. — *Citrography*, june 1971, vol. 56, n. 8, pp. 247, 268-269.
- (55) CORNAT (B.), COLEBERG (D.), etc. — The Physiological Effect of Water Quality and Method of Application on a Number of Field Crops. *Fac. of Agriculture, Hebrew Univ.*, Jérusalem, july 1971.
- (56) MARZANO (U.). — Un nuovo sistema di irrigazione a goccia. *Informatore Agr.*, 9 sett. 1971, pp. 6353-6355.
- (57) CHAPIN (R. D.). — Drip irrigation in the United States. *Int. Experts Panel on irrigation*, Herzilya, Israel, sept, 1971.
- (58) GOLDBERG (D.), GORNAT (B.) and BAR (Y.). — The Distribution of Roots, Water and Minerals as a Result of Trickle Irrigation. *Jour. Amer. Soc. Horticultural Sci.*, sep. 1971, vol. 96, n. 5, pp. 654-648.
- (59) CELESTRE (P.). — Programma di ricerche presentato al Com. Agr. C.N.R. Ott. 1971 (Documenti interni).
- (60) GUSTAFSON (D.). — Salinity and Drip Irrigation. *Citrograph*, 1971, vol. 57, n. 1, pp. 31-32.
- (61) CELESTRE (P.). — Irrigazione a goccia e affini per le serre. *Convegno Soc. Orticola Ital.*, Ragusa, nov. 1971.
- (62) GROSSI (P.), FICINI (F.). — Aspetti dell'irrigazione a goccia e primi risultati di prove comparative. *Conv. Soc. Orticola Ital.*, Ragusa, nov. 1971.
- (63) GOLDBERG (D.) and GORNAT (B.). — Drip Irrigation Agricultural Development. *Fac. of Agriculture, Hebrew Univ.*, Jérusalem, 1971, pp. 1-17 (with 47 references).
- (64) TRICKLE IRRIGATION. — I.C.I., Melbourne, Aus., 1971 (With 36 reports on trickle equipments and appliances in Australia).
- (65) RUTTEN (P.). — Un nouveau procédé d'irrigation. L'arrosage localisé par rampes perforées fixes, Bas Rhône-Languedoc, n. 62, jan. 1972.
- (66) MEDICI (M.). — L'irrigazione a nebbia e la climatizzazione (Metodo Procaccini). *Irrigazione*, n. 1, mar. 1972, pp. 63-66.
- (67) DITTA CERRATO (C.), ASTI. — Stampati propagandistici su irrorazione a nebulizzazione in Viticoltura. *Fiera di Verona*, mar. 1972.
- (68) VIII Congress on Irrigation and Drainage. — I.C.I.D., Varna, may 1972. (Question 28 : 1 report from Mexico on trickle irr. and few others).
- (69) V Session. — European Commission on Agriculture. F.A.O., Bucarest, july 1972. (Reports on trickle irrigation by: J. Harlevy and other; P. Celestre; S. J. Chimonides; L. Rolland; A. E. Waterfield.)
- (70) GROSSI (P.) e FICINI (F.). — Aspetti dell'irrigazione a goccia e primi risultati per prove comparative. *Giornate I Sez. G.I.G.R.*, Firenze, sett. 1972.
- (71) GROSSI (P.) e DE RANIERI (M.). — Ricerche sperimentali sull'irrigazione del garofano a produzione estiva. Prove comparative fra irrigazione a goccia e per aspersione nel peschiatino. *Nota I^a Ist. Sperim. per la Floricoltura di Sanremo*, Sezione di Pescaia. sett. 1972.

Accessori

- (80) HAISE (H. R.), WHITNEY (P. L.). — Hydraulically controlled gates for automatic surface irrigation. *Hawaiian Sugar Technologists*, 1966.
- (81) BOWMAN (C. C.). — Radio controls for automating irrigation. *ASAE Report H-710*.
- (82) GORNAT (B.) and GOLDBERG (D.). — An automatic irrigation System based on the quantitative regulation of water amount. *VIII Congress on Irrigation and Drainage, ICID*, Varna, may 1972.
- (83) SALTER (P. J.). — The effects of different water-regimes on the growth of plants under glass, p. 1. Experiments with tomatoes. *Journ. Horticulture Science*, 29, 1954.
- (84) SALTER (P. J.). — The effects of different water-regimes on the growth of plants under glass, p. III. Further experiments with tomatoes. *Journ. Horticulture Science*, 32, 1957.
- (85) AUTORI VARI. — L'eau et la production végétale. *Inst. Nat. Recherche Agronomique*, Paris, 1964.
- (86) DE DONATO (M.) ed altri. — Ulteriori accertamenti sperimentali sulla irrigazione del pomodoro in serra. *Convegno Soc. Orticola Ital.*, Ragusa, nov. 1971.

