



J. Butijn **Le esigenze idriche
delle pomacee**

estratto da "Irrigazione", n. 3-1961 anno VIII

Centro Internazionale per gli Studi sulla Irrigazione a Pioggia
Stradone Scipione Maffei, 8 Casella Postale 111 Verona

LE ESIGENZE IDRICHE DELLE POMACEE. — I fabbisogni d'acqua dei frutteti del gruppo delle pomacee si possono calcolare seguendo le variazioni del contenuto di umidità del suolo. Nella prima metà della stagione estiva conviene un livello piuttosto elevato di saturazione idrica, non lontano dalla capacità capillare, per conseguire il migliore accrescimento iniziale. In questo periodo un buon contenuto di umidità nella zona superficiale del suolo è sempre desiderabile.

Nella seconda metà della stagione vegetativa un contenuto più moderato di umidità, comunque ragionevolmente sopra il punto di appassimento è sufficiente per conseguire lo sviluppo ottimale della frutta. Il livello della falda freatica durante l'estate non deve mai essere elevato. Esso può essere controllato e regolato in base alla natura del suolo ed ai dati climatici. Ogniqualevolta si presenti la necessità di intervenire con l'irrigazione per arrestare l'inizio del processo di appassimento, si potrà controllare il consumo idrico moltiplicando i dati dell'evaporazione dell'acqua da evaporimetro o calcolata, per coefficienti compresi tra 0,9 e 1,2.

LES BESOINS D'EAU POUR DES FRUITS À PEPINS. — Les besoins d'eau pour des fruits à pépins peuvent être déduits de la teneur en eau des sols. A la première moitié de l'été une haute teneur en eau, pas beaucoup au dessous du coefficient de rétention, est préférable, surtout pour la promotion de la croissance des pousses. Spécialement une bonne teneur en eau des couches superficielles sera désirable. A la seconde moitié de l'été une teneur médiaire, amplement au dessus du coefficient de flétrissement du sol, est suffisante pour la croissance des fruits. La nappe phréatique ne peut pas être haute en été. La profondeur de la nappe phréatique pour une production optimale peut être calculée des dates concernant le sol et le clima. Quand un dessèchement des sols en vergers doit être arrêté, il sera nécessaire d'appliquer des quantités d'eau équivalentes à 0,9 jusque 1.2 fois l'évaporation potentielle.

Le esigenze idriche delle pomacee

Dott. J. Butijn

dell'Istituto di Ricerche Idropedologiche di Wageningen (Olanda)

Le colture arboree pomacee (pero, melo), crescono entro un ampio campo di condizioni climatiche della zona temperata.

Si possono trovare altrettanto bene nei climi umidi, con una piovosità eccessiva, ed altrettanto bene nei climi secchi.

Si può confrontare, ad esempio, il clima delle ben note regioni pomicole dell'Inghilterra occidentale, gli Stati Nord-Orientali degli U. S. A. (Oregon) e la Bretagna in Francia, con la regione emiliano-romagnola in Italia e quella frutticola del Sud Africa.

In generale una percentuale sempre più crescente di colture arboree pomicole si può riscontrare nei climi a più scarsa piovosità.

A prima vista si può dedurre da ciò che le coltivazioni pomicole non sono molto suscettibili alla siccità. Irrigazioni vantaggiose, comunque, devono essere adottate, soprattutto nelle zone con clima secco e mediamente asciutto.

Nei climi con periodi asciutti solo occasionali, l'esperienza di irrigare i frutteti è molto limitata. Risultati convincenti non si possono sempre osservare, probabilmente dovuti a troppo ristretti periodi di secchezza del suolo.

Ricerche di lunga durata sono state fatte negli U. S. A. riguardanti i fabbisogni irrigui dei frutteti in genere, da parte di VEIHMAYER e HENDRICKSON (1943), MAGNESS (1955). In Europa, specialmente in Inghilterra ed in Germania, le ricerche irrigue sui frutteti

WATER REQUIREMENTS OF POME FRUITS. — Water requirements of pome fruits should be deduced from the soil moisture content. In the first half of the summer a rather high percentage of soil moisture, not far below the field capacity of the soil, is best to promote a good shoot growth. In that period in particular a good water content of the top soil is desirable. In the second half of the summer a moderate soil moisture content, reasonably above the wilting point of the soil, will suffice for growth of the fruits. Ground-water levels should not be high during the summer. Ground-water depth for optimum production can be calculated from soil and weather data. Whenever a further drying out of orchard soils should be stopped, it will be necessary to apply amounts of irrigation water equal to 0.9 to 1.2 times the potential evaporation.

DIE WASSERBEDÜRFTIGKEIT DER KERNOBSTGEWÄCHSE. — Die Wasserbedürftigkeit der Kernobstgewächse kann aus den Bodenfeuchtegehalten entnommen werden. In der ersten Hälfte des Sommers ist ein ziemlich hoher Gehalt an Bodenwasser, nicht weit unter der Feldkapazität, am besten für ein gutes Triebwachstum. Besonders ein guter Wassergehalt in den obersten Bodenschichten ist erwünscht. In der zweiten Hälfte des Sommers wird auch ein mittelmässiger Wassergehalt, reichlich über dem Welkepunkt, für das Wachstum der Früchte genügend. Der Grundwasserspiegel soll im Sommer nicht zu hoch sein. Die Tiefe des Grundwassers für eine optimale Produktion kann aus Boden- und Klimadaten bestimmt werden. Wenn eine weitere Austrocknung des Bodens in Obstgärten verhütet werden soll, so wird es notwendig sein Wasserquantitäten gleich 0.9 zu 1.2 Mal die potenzielle Evaporation zuzuführen.

Water requirements of pome fruits

Dott. J. Butijn

(Institute for Land and Water Management Research, Wageningen, Netherlands)

Pome fruits grow under a wide range of climatic conditions in the temperate zones. They can be found as well in climates characterized by an excessive rainfall as in dry countries; compare for instance the climate in the well-known apple districts in the western part of England, the northeastern states of the United States and Brittany in France with the western apple districts of the U.S.A., the Emilia-Romagna district in the Po-delta of Italy and that in the Union of South Africa. In general an increasing percentage of pome fruit cultures can be found in climates with a more restricted rainfall. At first sight it could be concluded from this that pome fruits are not very susceptible to drought. Successful irrigations, however, have been recorded, but mainly in dry or medium dry conditions. In climates possessing only occasionally dry periods, experience in applying water to orchards is limited. Convincing results could not always be observed, probably due to a restricted drying of the soils. Long term research was done in the U.S.A. regarding irrigation needs of fruit trees, see for a review of the findings VEIHMEYER and HENDRICKSON (1943), MAGNESS (1955). In Europe, for instance in England and Germany, irrigation research was started in a later stage [KEMMER and SCHULZ (1938), AMOS a. o. (1932), ROGERS (1938), HERRMANN (1951), BORCHARDT (1956)]. Also in Holland a more elaborate research was started concerning moisture requirements some years after the last world war. These Dutch

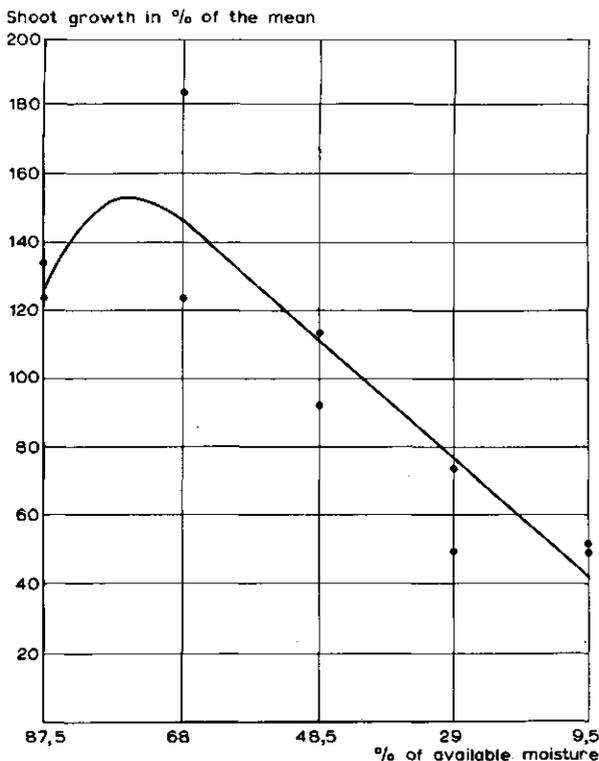


Fig. 1. Shoot growth of the apple rootstock M XVI (ordinate) versus % of available moisture (abscissa). Crescita iniziale di varietà di meleto « rootstock, M-XVI » (in ordinata) in rapporto al % di umidità disponibile (ascissa).

furono iniziate solo di recente (KEMMER e SCHULZ (1938), AMOS a. o. (1932), ROGERS (1938), HERRMANN (1951), BORCHARDT (1956). Anche in Olanda, una più accurata ricerca fu iniziata riguardo alle esigenze d'umidità dei frutteti alcuni anni dopo l'ultima guerra.

Le ricerche olandesi furono sviluppate in un clima uniforme e adatto per i frutteti, ma su terreni eterogenei. Il crescente espandersi delle coltivazioni pomicali ed il progresso delle attrezzature irrigue hanno stimolato le ricerche sulla pratica irrigua nei frutteti.

Inoltre, attirano l'attenzione i nuovi sistemi di lavorazione del suolo operanti dai tappeti erbosi con frequenti tagli alle coltivazioni occasionali e per lungo tempo, coltivate su terreni puliti.

I tappeti erbosi permanenti sono caratterizzati da un elevato consumo idrico. Altre operazioni, come il « mulching » (ricoprimento del suolo con stame e foglie) comportano una notevole economia di acqua per la riduzione delle perdite d'evaporazione.

RICHIESTE IDRICHE DURANTE LA STAGIONE VEGETATIVA

La produzione per ettaro degli arboreti da frutto è correlata con la dimensione e l'abbondanza di frutta del singolo albero. La produzione in generale dipende da processi genetici e vegetativi. Questi processi nelle pomacee rivestono il più alto valore nelle

Fig. 2. a. Shoots of Cox Orange Pippin without symptoms of wilting (Germogli di «Cox Orange Pippin», senza sintomi di appassimento).



trials were carried out in a climate suitable to fruits, but on a great diversity of soil profiles. The increasing intensity of pome fruit culture and the progress in irrigation equipment were stimulating factors for the carrying out of these experiments. Moreover, new soil management systems, ranging from frequently cut swards to sparsely grown, and for long periods clean cultivated, soils, drew the attention. Some of these, characterized by permanent swards for instance, lead to a greater water consumption of the whole plantation. Others, such as straw mulching, markedly reduce evaporation losses.

WATER REQUIREMENTS DURING THE SEASON

Yield per acre of perennials such as pome fruits is correlated with the size and fruitfulness of the individual trees. Production of plants in general is governed by vegetative processes. These processes in pome fruits show the highest rate in different periods of the summer season. Vegetative growth of full grown trees mainly takes place in the two or three months following the time of blossoming. The main fruit growth, however, will start at the end of the vegetative growth period.

As it was observed or indicated by several American research workers [for instance KENWORTHY (1949), MAGNESS (1935)] and was found in Dutch experiments too, shoot growth is very susceptible to dry soil conditions (figure 1). Soil moisture contents near



Fig. 2 b. Shoots of Cox Orange Pippin with medium symptoms of wilting (germogli di «Cox Orange Pippin» con un medio grado di avvizzimento).

differenti fasi o periodi della stagione vegetativa. L'accrescimento degli alberi già adulti si verifica, soprattutto, nel giro di due tre mesi seguenti la fioritura. Il frutto cresce, ad ogni modo, a partire dalla fine del periodo di sviluppo vegetativo.

Come è stato già osservato da parecchi ricercatori americani (ad es. KENWORTHY 1949, MAGNESS 1955) e anche da ricerche olandesi, la prima crescita germinale è molto suscettibile alle condizioni di secchezza del suolo (fig. 1). L'umidità del suolo contenuta vicino al punto di appassimento, porta ad un maggiore arresto della crescita iniziale che non il contenuto di umidità prossimo alla saturazione capillare del suolo.

Le condizioni di umidità del suolo prima e dopo l'accrescimento germinativo, sembrano essere di minor importanza relativa, sempreché non si arrivi a condizioni estreme di eccesso di acqua o di eccessiva siccità.

Al contrario del periodo iniziale di accrescimento vegetativo, lo sviluppo del frutto non è molto correlato dalle condizioni di secchezza del suolo. Questo rilievo è già stato fatto da VEIHMAYER e HENDRICKSON (1934, 1942). Sfortunatamente non sono state tratte conclusioni esatte da queste prime osservazioni, poiché era sempre egualmente disponibile in queste prove dell'acqua compresa tra la saturazione capillare e il punto di appassimento.

L'influenza del contenuto di umidità del suolo sullo sviluppo vegetativo iniziale delle piante, come già menzionato, ha definitivamente dimostrato che non è una sor-



Fig. 2 c. Shoots of Cox Orange Pippin with symptoms of severe wilting (germogli di «Cox Orange Pippin» con sintomi di grave avvizzimento).

the wilting point lead to a far more restricted shoot growth than moisture contents near the field capacity of a soil. Soil moisture conditions before and after the main shoot growth period seem to be of minor importance, except under extreme conditions of water surplus or excessive drought.

Contrary to shoot growth, fruit growth is not much affected by dry soil conditions. This observation was already published by HENDRICKSON and VEIHMAYER in the thirties (1934, 1942). Unfortunately an incorrect conclusion was drawn from these observations, being: the equal availability of all available soil water between field capacity and wilting point. The influence of soil moisture content on shoot growth, as mentioned before, finally disproved this conclusion which it was not surprising to arrive at, since also in our experiments, even in sunny summers, a depression of hardly 10 per cent in apple yield could be determined if the soil moisture content was kept near wilting point for several weeks during the most susceptible period.

The period of maximum susceptibility will be about from 4 to 6 weeks before picking. Whenever the soil moisture content in the main part of the root zone sinks below the wilting percentage (compare figure 2) not only shoot growth, but also fruit growth is stopped and will not restart if at all until the soil profile is rewetted (see figure 3). In no case fruit growth was made up after the wilting period, even when no leaves dropped because of the imposed dry conditions.

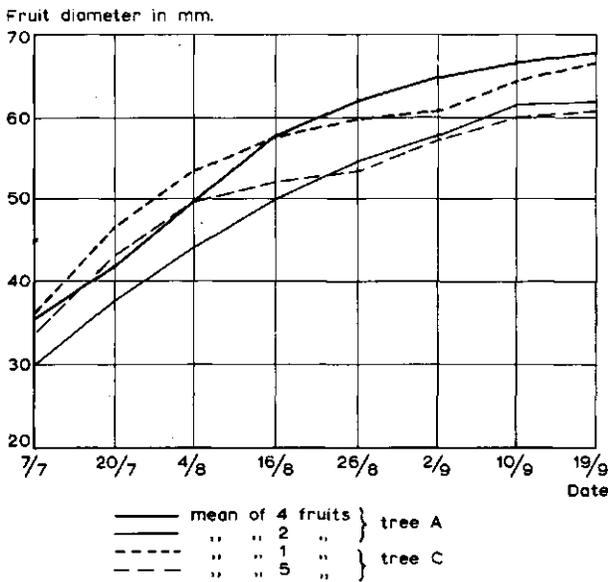


Fig. 3. Top figure (grafico superiore): Fruit growth (ordinate) on wilted (broken line) and unwilted (full line) trees. Cox O. P. near plot Nr. 10 in an irrigation experiment. (Sviluppo del frutto, in ordinata, su alberi che hanno subito l'appassimento, in rapporto ad altri normali).

presa, come risulta dai nostri esperimenti, anche nelle estati assolate, una riduzione del 10 % del raccolto di mele determinata da un basso tenore di umidità del suolo, cioè costantemente prossimo al punto di appassimento, per alcune settimane durante la fase stagionale di maggiore sensibilità.

Questo periodo di maggiore sensibilità alla mancanza d'acqua si svolgerebbe da 4 a 6 settimane prima della raccolta della frutta. Qualora il contenuto di umidità del suolo dello strato radicale discende sotto alla percentuale di appassimento (fig. 2) non soltanto si verifica un arresto nella crescita iniziale dei frutteti, ma si verifica pure un arresto della produzione dei frutteti già cresciuti, la quale produzione ricomincia soltanto quando il suolo ritornerà umido (fig. 3). In nessun caso dopo il periodo di appassimento si è potuto produrre della frutta, anche se le foglie non erano ancora avvizzite a causa delle condizioni di aridità imposte.

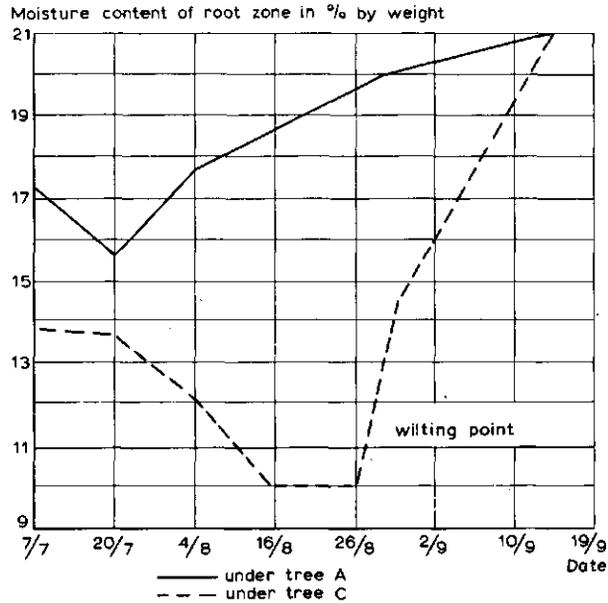
L'inizio e lo sviluppo della fioritura (BROWN, 1953) come pure la formazione dei frutti, soltanto sotto condizioni estreme subisce una limitazione tale da comportare una riduzione sensibile del raccolto.

Effetti postumi di una estate veramente secca possono dar luogo ad un modesto raccolto nell'anno successivo. Nel caso di pometi questo si verifica allorché i rami siano insecchiti a causa della siccità. Nei pereti si può verificare una riduzione di raccolto senza che vi siano manifestazioni, come nel caso precedente.

Da quanto sopra risulta chiaro che i terreni a frutteto potrebbero contenere una quantità di umidità notevole nella prima metà della stagione estiva onde promuovere un rapido accrescimento iniziale, mentre nella seconda metà della stagione vegetativa si dovrebbe rendere disponibile un contenuto di umidità molto basso, quasi a raggiungere il punto di appassimento.

Negli esperimenti di campo su terreni asciutti, anche in Olanda, in cui prevalgono generalmente condizioni climatiche assai buone per queste coltivazioni, furono osservate delle perdite di raccolto del 10 % quando gli alberi erano temporaneamente sofferenti per siccità.

Fig. 3. Bottom figure (grafico inferiore): corresponding soil moisture content of the rooting zone (ordinate) on corresponding dates (abscissa). Wilting point at 11% of soil moisture. (Contenuto di umidità nella zona radicale, in ordinata, controllato in corrispondenza al fenomeno riportato dal grafico superiore, in determinati giorni (ascissa). L'avvizzimento si è avuto ad una percentuale del 12% d'umidità).



Initiation and development of flower buds [BROWN (1953)] and also fruit set will only under extreme conditions be effected in such a degree that a depression of the yield will result.

After-effects of a very dry summer will show a smaller yield in the next year. For apples this will take place when dead branches occur due to drought. In pears a yield depression often occurs without other symptoms.

From the above it will be clear that orchard soils should contain an ample moisture content in the first half of the summer to promote a good shoot growth and that in the second half of the growing season only extreme low moisture contents (those reaching the wilting point) should be avoided. In field experiments on dry soil profiles, even in the Netherlands, where good climatic conditions for these crops generally prevail, yield depressions of tenths of percents were observed when trees temporarily wilted. Fruit trees grown on dry profiles, possessing shallow root systems, usually reach only a moderate size and they produce only, even in good years under favourable climatic conditions, some 60% of the quantity borne by trees on moist soil profiles.

WATER REQUIREMENTS IN THE SOIL PROFILE

The moisture content of the top soil is of predominant importance. In this layer rooting intensity is large and nutrients are most easily available. Top soil depth may differ from approximately 20 to 60 cm. and will depend on pedological and human influences. Especially on profiles bearing a thin top soil, sprinkling irrigation has many advantages over other irrigation methods. By this system the top soil can be kept in the best moisture condition. Basin irrigation leads to greater fluctuations in the moisture status of the top soil, whereas sub-irrigation cannot provide a moist top soil without harm to the root system of the trees. By a variety of experiments [BUIJN (1961)] it could be shown that dry conditions of the top soil lead to stagnations in the nitrate and potassium uptake by the tree. In periods in which ample moisture

I frutteti cresciuti su terreni secchi, con apparati radicali poco profondi, usualmente raggiungono soltanto una dimensione modesta della chioma, e producono appena il 60 % del raccolto ottimale, anche negli anni con condizioni climatiche favorevoli.

RICHIESTE IDRICHE NEL PROFILO DEL SUOLO

Il contenuto di umidità nella parte superficiale del suolo riveste una importanza determinante.

In questo strato l'intensità radicale è maggiore e gli elementi nutritivi sono assai facilmente disponibili. L'altezza di questo strato può variare approssimativamente tra 20 e 60 cm., e dipenderà in particolare da influenze pedologiche e dell'uomo.

L'irrigazione a pioggia ha molti vantaggi sugli altri metodi di irrigazione allorché e quanto più i profili di terreno interessati allo strato radicale siano sottili. Con questo metodo la umidificazione dello strato superficiale riesce nella maniera migliore; l'irrigazione per scorrimento conduce invece a grandi variazioni nel tenore di umidità dello strato superficiale del suolo, mentre la sub-irrigazione non riesce a rifornire di acqua lo strato superficiale senza danno al sistema radicale degli arboreti. A seguito di molti esperimenti fatti (BUTIJN, 1961) è stato dimostrato che la condizione di secchezza nella zona superficiale del suolo provoca inutilizzazioni dei nitrati e del potassio disponibili nel suolo. Ciò pertanto nei periodi in cui gli strati più profondi siano già umidi, purché opportunamente applicata, l'irrigazione a pioggia dà buoni risultati.

I LIVELLI DELLA FALDA FREATICA

Un terreno può essere troppo umido per un accrescimento ottimale dell'arborato, come risulta per esempio dalla figura 1. Normalmente questo si verifica nelle zone con falda freatica molto superficiale. Dalla letteratura in merito (per esempio HEINICKE, 1932) e dalle osservazioni di campo come pure da esperimenti su parcelle, deriva quale enorme danno comporti normalmente per i frutteti la presenza di alte falde acquifere durante la stagione estiva, mentre al contrario nessun visibile danno può verificarsi da un'alta falda acquifera durante il periodo invernale, pur sommergente per parecchi mesi parte dell'apparato radicale. Durante l'estate esiste infatti una stretta relazione tra la percentuale di radici e l'aria del suolo, nello strato radicale del terreno. L'importanza del livello della falda risulta chiaramente evidente quando si pensa che una falda stagnante tale da invadere l'apparato radicale può causare una deficienza di aerazione eccessiva, mentre un abbassamento del livello della falda, come normalmente si verifica durante l'estate, determina un ottimo rapporto tra spazi aerati e volume dello strato superficiale del suolo.

In Olanda, in particolare, i problemi di un accurato calcolo e di un'adeguata regolazione del livello della falda freatica sono assai importanti per determinare un giusto contenuto di umidità nella zona radicale, specie laddove si pratica la sub-irrigazione (BUTIJN, 1961). Dovunque il livello della falda è troppo basso durante l'estate, conviene lasciare la falda al suo livello naturale, intervenendo con irrigazioni per rifornire di acqua gli strati superficiali del suolo.

CONCLUSIONI

Per il migliore sviluppo vegetativo dei frutteti è importante seguire la prima metà della stagione estiva, soprattutto il contenuto di umidità nello strato superficiale del suolo.

10 In questo strato, qualora l'umidità sia conservata non molto al di sotto della capa-

is available in the sub-soil, light, regularly applied, spray irrigations will give good results therefore.

GROUND-WATER LEVELS

A soil may also be too wet for an optimal shoot growth, see for example figure 1. Normally this situation is caused by a high ground-water level. From literature [for instance HEINICKE (1932)] and from observations in the field and pot experiments, it can be concluded that injury from that cause to fruit trees normally will occur in the warm season. Even the majority of the rootlets of a fruit tree may be submerged for several months during winter time without any visible harm. For the summer time a significant relation was found between the percentage of rootlets and soil air in deep soil layers. In general, in the spring a ground-water level is preferable which is below the basis of a normal root zone (containing 90 % of all rootlets). The importance of this spring level can be made clear by the fact that stagnant ground-water at such a level can cause an air deficiency in the root zone, while a sinking ground-water level, which usually can be observed during the summer, will leave a good percentage of soil air in the overlaying soil horizons. In situations as in Holland where ground-water normally contributes to the moisture content of the root zone and in regions where sub-irrigation is practiced, an optimal level must be very carefully calculated [BUTIJN, 1961]. Wherever the ground-water level is very deep or sinks too fast during the summer, a permanently deep level must be preferred. In these cases irrigation should provide water for the deficits which may occur during the summer.

FINAL CONCLUSIONS

For the best vegetative growth of fruit trees, that occurs in the first half of the summer, the soil should be kept moist, especially the top soil. If the top soil is kept in a moist condition not far below field capacity, a low moisture content of the subsoil will be avoided too. During the second half on the summer, in which fruit growth mainly takes place, the moisture content of the main part of the root zone should not sink below the wilting percentage. As soon as trees show the very first symptoms of water shortage (curling up of leaves or temporarily wilting) irrigation must be started. In summer time, the required quantity of irrigation water for a clean cultivated orchard will be 0.9 to 1.2 times the evaporation of open water. This evaporation must preferably be calculated from weather data [PENMAN (1949), MOHRMANN & KESSLER (1958), WARTENA (1959)] or can be derived from the evaporation of an open pan.

In the beginning of the summer the smallest of the above mentioned values holds, whereas the highest is valid in the last month before picking. The quantity of irrigation water mentioned, includes an extra gift (20 to 30 %, as necessary for spray irrigation) to compensate for evaporation losses during the application of water to the field. The best ground-water level for plant production can normally be calculated from soil, crop and weather data. Usually, optimal soil moisture conditions can be better achieved by spray irrigation than by ground-water regulation.

In rather humid climates, as in western Europe, spray irrigation in orchards is expanding more and more; in orchards situated on poor, dry soil profiles. On good soil profiles irrigation equipment is present if it is also applied for frost protection. In dry countries irrigation is a necessity for modern fruit culture. In humid as well as dry regions, knowledge of the optimum soil moisture conditions is necessary for determining the amount of water to be applied and the required capacity of the irrigation equipment.

cità capillare, o di campo, un basso contenuto di umidità nel sottosuolo non comporta alcun danno. Durante la seconda metà della stagione estiva, in cui ha luogo lo sviluppo della frutta, il contenuto di umidità nella maggior parte della zona radicale non dovrà discendere sotto alla percentuale di appassimento. Appena gli alberi dimostrano i sintomi di una carenza d'acqua (ripiegatura delle foglie, con temporanei avvizzimenti) si dovrà iniziare l'irrigazione.

Il fabbisogno idrico per un frutteto specializzato, in consumo continuo, risulta compreso fra 0,9 e 1,2 volte la corrispondente evaporazione da evaporimetro, controllata direttamente con l'apposita bacinella, oppure calcolata sulla base dei dati climatici (PENMAN, 1949, MOHRMANN & KESSLER, 1958, WARTENA, 1959).

All'inizio della stagione estiva vale un coefficiente più basso mentre all'approssimarsi della maturazione vale il coefficiente più elevato. Il volume d'adacquamento deve includere le perdite di somministrazione (dal 20 al 30 %) per compensare l'evaporazione durante l'applicazione dell'acqua sul campo mediante l'aspersione.

Il migliore livello della falda freatica si può calcolare normalmente in base alla natura pedologica ed alle esigenze della coltura in rapporto all'andamento del clima. Usualmente le condizioni ottimali di umidità si possono raggiungere più facilmente con l'irrigazione a pioggia dello strato superficiale del terreno piuttosto che operando sul livello della falda freatica, qualora questa sia troppo bassa.

Nei climi piuttosto umidi, come l'Europa Occidentale, l'irrigazione a pioggia dei frutteti va sviluppandosi sempre più specie su frutteti situati su terreni poveri e più soggetti alla siccità (sabbiosi). L'impianto irriguo è pure applicato spesso per irrigazione antibrina.

Nei Paesi aridi l'irrigazione diventa una necessità per la moderna frutticoltura. Sia nelle zone aride quanto nelle zone umide è comunque necessaria la conoscenza dell'ottimo di umidità per determinare i volumi di adacquamento che devono essere applicati con un impianto irriguo di corrispondente e adeguata portata.

LITERATURE

- AMOS, J. a. o. 1932. A preliminary irrigation trial. *Ann. Rept. East Malling. Res. Stat.* 64-67.
- BORCHARDT, H. 1956. Feldberechnung im Obstbau. *Wasser und Nahrung I*, 24-29.
- BROWN, D. S. 1953. Effects of irrigation on flower bud development and fruiting in the apricot. *Proc. Am. Soc. Hort. Sci.* 61, 119-124.
- BUTIJN, J. 1961. Bodembehandeling in de fruitteelt (Soil management in fruit culture). *Verslagen van landbouwkundige onderzoeken* 66.7.
- HEINICKE, A. J. 1932. The effect of submerging the roots of apple trees at different seasons of the year. *Proc. Am. Soc. Hort. Sci.* 29, 205-207.
- HENDRICKSON, A. H. & F. J. VEIHMAYER. 1934. Irrigation experiments with prunes. *Agr. Exp. Sta. Berkely Cal. Bull.* 573.
1942. Irrigation experiments with pears and apples. *Agr. Exp. Sta. Berkely Cal. Bull.* 667.
- KEMMER, E. & F. SCHULZ. 1938. *Grundlagen der Bodenpflege im Obstbau.*
- HERRMANN, F. J. 1951. *Untersuchungen über den Einfluss der kunstlichen Beregnung.* Diss. Univ. Bonn.
- KENWORTHY, A. L. 1949. Soil moisture and growth of apple trees. *Proc. Am. Soc. Hort. Sci.* 54, 29-39.
- MAGNESS, J. R. 1955. Fruit tree and water. *Am. Fruit Grower* 74, 26-27.
- MOHRMANN, J. C. J. & J. KESSLER. 1959. *Waterdeficiencies in European agriculture.* Publication 5, International Institute for Land Reclamation and Improvement, Wageningen.
- PENMAN, H. L. 1949. Dependence of transpiration on weather and soil conditions. *Journ. of Soil Sci.* 1, 74-89.
- ROGERS, W. S. 1938. An apple irrigation trial using soil moisture meters. *Ann. Rept. East Malling Res. Stat.*, 118-126.
- VEIHMAYER, F. J. & A. H. HENDRICKSON. 1943. *Essentials of irrigation and cultivation of orchards.* Calif. Agr. Ext. Serv. Circ. 50.
- WARTENA, L. 1959. Het klimaat en de verdamping van een meer in Centraal Irak. *Med. Landb. Hogeschool, Wageningen* 59.9.