المادة: الري **المرحلة: الثالثة**
المحاضرة السادسة **القسم: التربة والموارد المائية**

الاحتياجات المائية Water requirements الجزء الاول

ان تحديد كمية الماء التي يحتاجها حقل معين مهمة جداً لتصميم أي مشروع للري وللإجابة على سؤال« متى نروي وكم من الماء يجب ان نضيف للتربة» وكذلك تصميم القنوات التي تنقل هذه المياه للحقول الزراعية، ان تعيين الاستهلاك المائي(Consumption use) للمحاصيل الحقلية هو المرحلة الاولى والمهمة لتخطيط الادارة المثلى للمياه المتوفرة، اما القيم القصوى للاستهلاك المائي فتحدد بموجبها سعة قنوات الري واساليب السيطرة عليها وتعتبر قيم الاستهلاك المائي المحتسبة نظرياً الدليل لقيم الاستهلاك المائي المحتملة تحت ظروف مناخية معينة، ان الري الناجح يجب ان يبدأ بتحديد كمية الماء التي يحتاجها النبات ثم تجهيز هذه الكمية.

العوامل التي تؤثر على الاحتياجات المائية للنبات هي:

1- الظروف المناخية وتشمل:

درجة الحرارة، الرطوبة النسبية، سرعة الرياح، كمية الامطار او السقيط بأنواعه، ضغط بخار الماء، شدة الاشعاع الشمسي وفترة سطوع الشمس.

2- نوع النبات وطول موسم النمو.

3- نسبة سطح التربة المغطى بالنبات.

4- خصائص التربة.

5- العوامل الطبيعية (خطوط العرض، الارتفاع عن مستوى سطح البحر، خصائص تضاريس الارض).

6- طريقة الري المستعملة وانظمة تجهيز المياه المتبعة.

7- كفاءة الري.

بعض المصطلحات المعبرة والمرتبطة بالاحتياجات المائية

1- نظام الري Plant system : ويشمل النبات والتربة والبيئة المحيطة بالنبات.

2- الاستهلاك المائي Cu , Consumption use :

ويعرف بانه كمية الماء التي يستهلكها نظام النبات وتشمل كمية الماء المستهلكة بالنتح transpiration بواسطة النبات وكمية الماء المفقود بالتبخر evaporation من سطح التربة وكمية الماء المستعملة في بناء انسجة النبات نفسه. واذا عرفنا ان كمية الماء الموجود في النبات في نهاية الموسم الزراعي لاتتعدى في الواقع 1 % من مجموع الفقد بالتبخر والنتح معاً على مدار الموسم نستطيع القول ان الاستهلاك المائي (Cu) يساوي مايسمى التبخر- نتح (evapotranspiration, ET).

3- قدرة التبخر والنتح Potential evapotranspiration, ETP :

ويعبر عن الاستهلاك المائي ولكن تحت ظروف معينة ويستعمل لمقارنة الاستهلاك المائي المقاس في المناطق المختلفة او القيم المختلفة للاستهلاك المائي في نفس المنطقة، ولقد عرفت قدرة عرفت قدرة التبخر والنتح (ETP) من قبل (Penman, 1974) بانها كمية الماء المفقودة بالتبخر والنتح في وحدة الزمن بواسطة نباتات قصيرة خضراء تغطي سطح التربة كلياً ولها طول منتظم

ولاتعاني من نقص الماء (اي ان التربة عند حدود السعة الحقلية ولايبذل النبات طاقة كبيرة في الحصول عليه). ان هنالك علاقة بين قدرة التبخر والنتح والاستهلاك المائي الفعلي والذي يحدث في الطبيعة في وجود النبات باطوار نمو مختلفة، ويطلق على النسبة بين قدرة التبخر والنتح (ETP) والاستهلاك المائي الفعلي (ET) بمعامل النبات (Crop factor, kc) اي ان.

$$k_c = \frac{ET}{ETP}$$

ويأخذ معامل النبات (kc) قيماً مختلفة وهو معامل تجريبي تتغير قيمته من محصول لاخر ومن منطقة لاخرى، ومن وقت لوقت خلال موسم زراعة النبات.

4- التبخر evaporation :

هو العملية التي يعود بها السقيط او مياه الري التي تصل سطح الارض الى الجو على شكل بخار ويمثل كافة الضائعات المائية الى الجو من السطوح المائية ومن سطح التربة.

5- النتح transpiration :

هو العملية التي ينتقل بها بخار الماء من النباتات الحية الى الجو.

6- احتياجات الحقل الاروائية Field irrigation requirements, FIR

يقصد بها كمية المياه التي تعطى فعلاً لكل دونم من الحقل في الرية الواحدة وذلك من واقع التجارب العلمية التي تحدد مقدار الضائعات الفعلية في الحقل، ولاتعتمد احتياجات الري على الاستهلاك المائي فقط وانما على كفاءة الري وكمية وفترة سقوط الامطار وكمية الماء المخزونة في المنطقة الجذرية، أي ان احتياجات الحقل الاروائية:

$$FIR = \frac{ET + LR}{Ei} - w_s - R_e$$

حيث ان:

FIR : احتياجات الحقل الاروائية. ET : الاستهلاك المائي.

LR : متطلبات الغسل. Ei : كفاءة الري.

W_s : كمية الماء المخزون في التربة. R_e : كمية الامطار الفعالة.

ويمكن حساب احتياجات الحقل الاروائية تبعاً لطول موسم نمو المحصول وللمساحة المزروعة الكلية.

7- المقنن الحقلي الاروائي Field discharge :

وهو عبارة عن كمية الماء التي تعطى فعلاً لكل دونم من الحقل محسوبة كتصريف في اليوم الواحد ويساوي الاستهلاك المائي زائداً الضائعات المائية الحقلية والتي تقدر للمحاصيل الشتوية بما نسبته 33% وللمحاصيل الصيفية 40% من الاستهلاك المائي، ويعتمد المقنن الحقلي الاروائي بالدرجة الاساسية على الدورات الزراعية المتبعة وانظمة تجهيز المياه.

8- مقنن القنوات والسواقي Channel discharge :

وهي كمية المقنن الحقلي الاروائي زائداً ضائعات النقل (الضائعات التي تحصل اثناء نقل المياه من المصدر الى الحقل)، وتقدر ضائعات النقل في ظروف العراق 40 – 50% من المقنن الحقلي الاروائي في الجداول الترابية.

طرق التعبير عن الاستهلاك المائي:

يعبر عن الاستهلاك المائي بعدد من الوحدات المختلفة تبعاً للغرض منه:

1- وحدات تصريف (Discharge): وهي في الغالب بالمتر المكعب/ دونم /الموسم.

2- وحدات طول او عمق (Length): وهي في الغالب سم/ موسم وتستخرج بقسمة وحدات التصريف على المساحة.

3- وحدات معدل (Rate): مثل سم/ يوم وتستخرج بقسمة وحدات الطول على موسم النمو.

فلو افترضنا ان الاستهلاك المائي (ET) لحقل بوحدات التصريف يساوي (1000 متر مكعب/ دونم/ موسم) فان بوحدات الطول يساوي:

$$\frac{1000}{2500} \times 100 = 40 \text{ cm se}^{-1} = 400 \text{ mm se}^{-1}$$

ويمكن التعبير عنه بوحدات(معدل) وكما يلي (بافتراض ان موسم النمو 100 يوم)

$$\frac{40}{100} = 0.4 \text{ cm day}^{-1} = 4\text{mm day}^{-1}$$

4- وحدات الطاقة الحراية (Heat energy): واساسها ان الطاقة الحرارية الشمسية هي مصدر فقد الماء، وهذه الوحدات ماهي الا وحدات استهلاك مائي مضروبة في قيمة الحرارة الكامنة للتبخر(Latent heat of vaporization, Hv) والتي تعرف بانها كمية الطاقة الحرارية اللازمة لتحويل غرام واحد من الماء من حالته السائلة الى الحالة الغازية عند درجة حرارة معينة ووحداتها هي سعرة حرارية/ غم وعليه فان:

$$\text{ET} \times \text{Hv} = \frac{\text{cm}}{\text{day}} \times \frac{\text{Cal}}{\text{gm}} = \frac{\text{cm}}{\text{day}} \times \frac{\text{Cal}}{\text{cm}^3} = \frac{\text{Cal}}{\text{cm}^2 \times \text{day}}$$

ان قيمة Hv في درجة حرارة 20°م تساوي 585 سعرة غم$^{-1}$ وعليه يمكن التعبير عن مثالنا السابق بوحدات الطاقة الحرارية كالاتي:

$$0.4 \times 585 = 234 \text{ Cal cm}^{-2} \text{ day}^{-1}$$

قياس الاستهلاك المائي Measurement of consumptive use

تقسم طرق قياس الاستهلاك المائي الى:

1- **الطرق المباشرة** Direct Methods : وهي الطرق التي تتضمن قياس مقدار الفقد للمياه من نظام النبات في زمن محدد وبصورة مباشرة.

2- **الطرق غير المباشرة او التقليدية** Indirect or estimation methods

وهي الطرق التي تتضمن قياسات عوامل المناخ التي لها علاقة او تسبب التبخر والنتح (ET)، ومن هذه العوامل الاشعاع الشمسي، الحرارة، طول النهار، الرطوبة، وسرعة الرياح وعوامل اخرى.

الطرق المباشرة ومنها:

1- **اللايسيمترات (المساريب)** Tanks or Lysimeters :

وهي عبارة عن اجهزة لتقدير التبخر والنتح للمحاصيل المختلفة وفيها تعزل كتلة من التربة التي تمثل تربة الحقل وتوضع في وعاء يسمى لايسيميتر، ويزرع هذا الاخير بمحصول معين بقصد تقدير الاستهلاك المائي له عن طريق دراسة التغير في رطوبة التربة واحتساب كميات المياه المضافة وكميات المياه المبزولة، ويعتمد تقارب قيم الاستهلاك المائي المقدرة بهذه الطريقة مع الاستهلاك المائي الفعلي على تقارب ظروف اللايسيميترات مع الظروف الطبيعية للحقل.

تتوقف الدقة في تصميم اللايسيميترات على طبيعة الغرض من النتائج المراد الحصول عليها وهالك مواصفات قياسية لهذه الاجهزة، ومن الشروط الواجب توفرها في اللايسيميترات هي:

1- توفر العمق الملائم لنمو الجذور وتغلغلها.

2- توفر الرطوبة والتهوية المناسبتين.

3- ان تتلائم مساحة اللايسيميترات مع طبيعة النمو الخضري للمحصول المزروع.

4- ان تكون جدران اللايسيميترات رقيقة ومصنوعة من مادة لاتتاثر كثيراً بالحرارة.

5- يجب توفر امكانية بزل المياه الزائد.

6- ضرورة تماثل التربة الموجود في اللايسيميترات مع التربة المحيطة به من حيث نظام ترتيب طبقاتها وتعاقبها.

7- يراعى ان يكون ارتفاع اللايسيميترات مساوياً لارتفاع الحقل المجاور وان لاتكون هنالك موانع او عوائق كالابنية او مصدات الرياح.

8- يجب ان تخضع معاملات المحصول باللايسيميترات لنفس العمليات الزراعية التي تجري للمحصول المزروع في اللايسيميترات من حيث التسميد والري خاصة.

بينما يمكن تلخيص الاهداف الاساسية للايسيميترات بما يلي:

1- دراسة الاستهلاك المائي للمحاصيل المختلفة.

2- قياس معدلات غيض الماء في الترب المختلفة وتوزيع الرطوبة في مقدات تلك الترب.

3- تحديد معدلات الري وكميات المياه التي يجب اضافتها بدلالة العمق.

4- تحديد الفقد من المغذيات والاملاح من التربة جراء الري وسقوط المطر او عند اجراء عمليات الغسل في حالة استصلاح الاراضي المتاثرة بالملوحة.

اهم انواع اللايسيميترات:

أ- اللايسيميترات الغير وزنية Non weighing Lysimeters :

عبارة عن وعاء كبير مثبت في التربة لعمق معين يسمح بنمو الجذور بحرية وفي قاعها فتحة للتخلص من الماء الزائد، ولحساب الاستهلاك المائي لهذا النوع من اللايسيميترت تضاف كمية مقاسة من الماء اكثر من سعة التربة للاحتفاظ بالماء وبعد ان يترشح الماء الزائد يترك اللايسيميتر لفترة مناسبة لغرض استهلاك النبات للماء وبعد فترة تضاف كمية مقاسة اخرى من الماء وبعد ان يتم بزل الماء الزائد تسجل كمية الماء المبزولة وتطرح من الكمية الكلية للماء المضاف في المرة الثانية، وهذا الفرق يمثل التبخر والنتح (ET) خلال الفترة بين انتهاء وبزل الماء الزائد في المرتين الاولى والثانية، وبجمع الكميات المتحصل عليها يمكن الحصول على الاستهلاك المائي للنباتات للموسم الزراعي. ان هذا النوع من اللايسيميترات تعتمد على

ايجاد الفرق بين كمية الماء المضافة بالري او الامطار (D_i) ومايجمع من مياه البزل (D_d) والتغير في المحتوى الرطوبي للتربة (D_s) أي ان الاستهلاك المائي الفعلي (Cu) يساوي

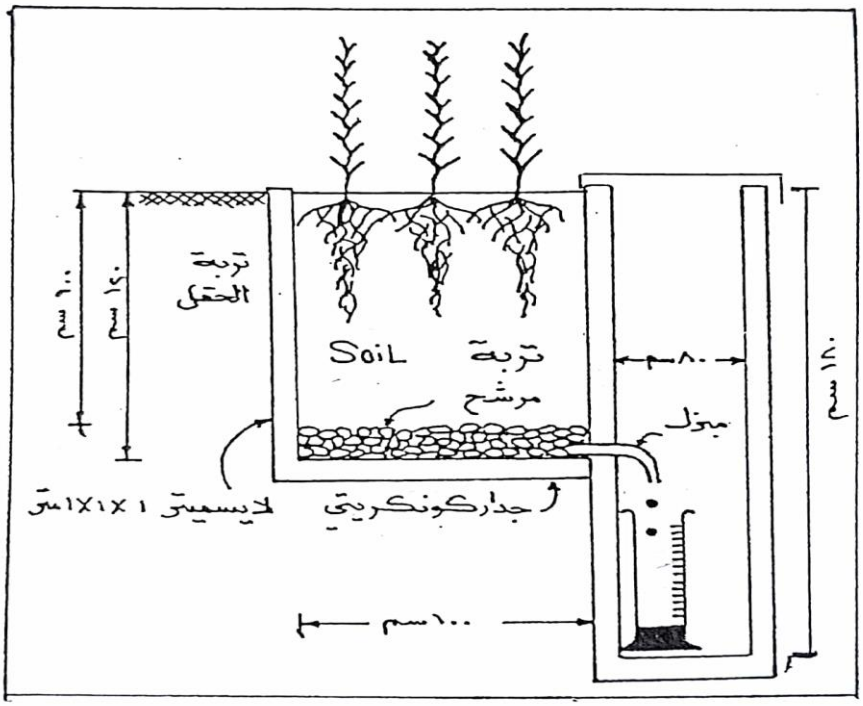
$$CU = D_i - (D_d + D_s)$$

ب ـــــ اللايسيميترات الوزنية weighing Lysimeters :

وتعتبر اكثر دقة من سابقتها وهي عبارة عن اوعية كبيرة مركبة على موازين ضخمة ذات حساسية عالية، ولتقدير الاستهلاك المائي بهذا النوع من اللايسيميترات يحتسب الوزن الكلي للايسيميتر (وزن الوعاء+ وزن التربة الجافة + وزن الماء) ثم يحتسب الفقدان بالتبخر والنتح، ويجمع مقدار الفقد بالوزن للفترات المقاسة وبذلك نحصل على الاستهلاك المائي الفعلي للنبات خلال الموسم الزراعي.

جـ ـــــ اللايسيميتر الطواف Floating Lysimeter :

هذا النوع من اللايسيميترات يوضع عادة في سائل وعند حصول فقد بالتبخر ستتغير كمية الماء بفعل التغير في الوزن، ان التغير في كمية السائل تسجل على مقياس مدرج وتعزى الى التبخر والنتح. والشكل التالي مخطط لاحد اللايسيميترات الحقلية



2- **دراسات رطوبة التربة** Soil moisture studies :

في هذه الطريقة يحدد الاستهلاك المائي للمحاصيل المختلفة وذلك باجراء دراسات مفصلة لرطوبة التربة وهي طريقة تعطي نتائج واقعية حينما تكون التربة متجانسة مع العمق وعندما تكون المياه الارضية عميقة بحيث لاتسهم في امداد التربة في المنطقة الجذرية باي جزء من الرطوبة، تقدر رطوبة التربة في المنطقة الجذرية قبل وبعد كل رية ومن خلال هذه القياسات تحتسب اعماق الماء المستهلك يومياً ومنها يمكن احتساب الاستهلاك المائي الشهري او السنوي، تتحدد الاعماق التي تقدر فيها رطوبة التربة بنوع المحصول وعادة يضاف الى

الفرق المقاس في المحتوى الرطوبي بين كل قياسين كمية المطر الفعال الذي سقط خلا هذه الفترة.

3- **طريقة الالواح التجريبية (التجارب الحقلية)** Field experimental plots :

هذه الطريقة معتمدة اكثر من طريقة اللايسيميترات، وفي هذه الطريقة تضاف مياه الري لالواح تجريبية محددة الابعاد وعلى مدار موسم النمو ومن ثم ترسم العلاقة بين انتاج المحصول لحقول مختلفة مع الكمية الكلية المستعملة من الماء، ويلاحظ من هذه العلاقات بان الانتاج يتزايد مع زيادة كمية الماء المستعملة حتى يصل الى نقطة الذروة التي يحصل بعدها انكسار لمنحنى الانتاج مع استمرار زيادة اضافة مياه الري، ان كمية الماء المستهلكة منذ بداية مرحلة النمو وحتى نقطة الذروة يمثل الاستهلاك المائي للمحصول، وقد تكون النتائج المتحصل عليها بهذه الطريقة عالية نسبياً بسبب اهمال الضائعات المائية بالتخلل العميق deep percolation.

4- **طريقة التكامل** Integration method :

تستعمل هذه الطريقة للمساحات الكبيرة وهي تمثل مجموع وحدات الاستهلاك المائي للمساحات المعينة، اذ تستخرج بواسطة حاصل ضرب الاستهلاك المائي لكل محصول × مساحته زائدً الاستهلاك المائي للنباتات الطبيعية × مساحتها زائداً التبخر من السطوح المائية × مساحاتها زائداً التبخر من الاراضي البور× مساحتها. ان نجاح هذه الطريقة مرتبط بدقة تقدير وحدات الاستهلاك المائي للمساحات المختلفة.

5- **طريقة التوازن المائي** Water balance method (inflow – outflow) :

تستعمل هذه الطريقة ايضاً للمساحات الكبيرة كوديان الانهار ويحتسب الاستهلاك المائي(CU) لمساحة معينة حسب المعادلة التالية:

$$Cu = (I + P) + (G_S - G_e) - R$$

حيث ان:

Cu : الاستهلاك المائي لمساحة معينة. I : كمية الماء الداخلة لتلك المساحة في السنة.

P : كمية السقيط في السنة. G_S : كمية المياه المخزونة في التربة عند بداية السنة.

G_e : كمية المياه المخزونة في التربة عند نهاية السنة. R : كمية المياه الخارجة في السنة.

الطرق غير المباشرة او التقليدية:

1- تقدير التبخر- نتح من بيانات التبخر (احواض التبخر)

يلاحظ ان هنالك علاقة بين معدل الاستهلاك المائي للمحاصيل ومعدل التبخر من احواض التبخر ويمكن حساب التبخر بهذه الطريقة متأثراً بمقدار الاشعاع والرياح ودرجة الحرارة من سطح مائي متمثل بحوض التبخر، ويعتبر حوض التبخر صنف A المستعمل من قبل مكتب الانواء الجوية في الولايات المتحدة الامريكية هو الاكثر شيوعاً ويتكون من وعاء من الحديد المغلون مستدير الشكل قطره 120 سم وعمقه 25 سم يوضع على مشبك للسماح للهواء بالحركة ويملأ الى عمق 20 سم ويقاس مستوى الماء فيه بواسطة مقياس موضوع في بئر تهدئة (بئر المراقبة) مرتبط به ويحسب التبخر من فرق المناسيب بعد اخذ كمية الامطار الساقطة بنظر الاعتبار، ان القراءة الناتجة لتبخر الماء من الحوض لاتمثل القيمة الحقيقية لمقدار قدرة التبخر والنتح وعليه

يجب وضع معاملات تحويل مقدار التبخر المقاس من الحوض وعلاقته مع التبخر الحاصل من النبات.

$$ETP = K_P \times E_{Pan}$$
$$Cu = ETP \times K_c$$

حيث ان:

E_{pan} : التبخر من الحوض، ملم يوم$^{-1}$

K_p : معامل خاص بحوض التبخر ويختلف تبعاً لنوع الحوض والغطاء النباتي المحيط بالحوض وطبيعة سطح التربة.

K_c : معامل النبات (المحصول) الذي تعتمد قيمته على طبيعة النمو الخضري وخصائصه ومرحلة النمو وبيئة النبات والموقع. Cu : الاستهلاك المائي.

ان من محاسن استعمال احواض التبخر هو سهولة استعمالها وصيانتها ورخص ثمنها.

2- تقدير التبخر – نتح من البيانات المناخية

أ- معادلة بليني ـــــــ كريدل Blany – Criddle formula :

لقد اشتقت هذه المعادلة في ظروف المناطق الجافة للولايات المتحدة الأمريكية مما شجع على انتشارها في انحاء كثيرة من العالم خاصة الجافة وشبه الجافة منها، وتكتب معادلة بليني – كريدل بالوحدات المترية كما في الصيغة التالية:

$$ETP = P(0.46T_c + 8.13)$$

حيث ان:

ETP : قدرة التبخر والنتح، ملم.

T_c : معدل درجة الحرارة الشهري، درجة مئوية.

P : النسبة المئوية لعد ساعات النهار في الشهر نسبةً الى عددها في السنة.

وتعطي نتائج جيدة بحدود معدل درجات حرارة 15 °م ، ولكن عند انخفاض درجات الحرارة عن هذا الرقم فان معادلة بليني – كريدل تعطي قيماً منخفضة لقدرة التبخر والنتح (ETP) ويحصل العكس عند درجات الحرارة العالية، لذلك اقترح مكتب الاستصلاح الامريكي (U.S.B.R) معاملاً للتصحيح(Ḱ) لمعالجة هذا الخلل فاصبحت صيغت المعادلة كما يلي:

$$ETP = Ḱp(0.46T_c + 8.13)$$
$$ETP = P(0.0311T_c + 0.24)(0.46T_c + 8.13)$$

حيث ان:

$$Ḱ = (0.0311T_c + 0.24)$$

وتفادياً لاستعمال معامل التصحيح في معادلة بليني- كريدل وتبسيطاً للشكل المتري للمعادلة فقد قام (خروفة، نجيب 1985) بأجراء ترابط بين درجات الحرارة بالمقياس وطول النهار من جهة ومقدار قدرة التبخر والنتح المتوقع، وبافتراض تغاير خطي لطول النهار (P) وتغاير غير خطي لدرجة الحرارة فقد توصل الى المعادلة التالية:

$$ETP = CPT_c^{1.30}$$

C: معامل محلي يحسب لكل موقع من معدلات البيانات المناخية المتوفرة للاشهر حزيران وتموز واب ويساوي 0.34 لموقع وسط العراق (بغداد وما يقاربها).

ويحسب الاستهلاك المائي بدلالة معامل النبات وكالاتي:

$$Cu = k_c \times ETP$$

ب – معادلة جانسن ـــــ هيس Jensen – Haise formula :
وتعتمد على مبدأ توازن الطاقة ويعبر عنها رياضياً كالاتي:

$$ETP = R_s(0.025T_c + 0.08)$$
$$ETP = R_s(0.014T_f + 0.37)$$

حيث ان:
ETP : قدرة التبخر والنتح بوحدات R_S .
T_f, T_c : معدل درجة الحرارة السائدة للهواء في المنطقة بالمئوي والفهرنهايت على التوالي.
R_S : الاشعة الشمسية الساقطة، سعرة حرارية سم$^{-2}$ يوم$^{-1}$.

جـ ـــــ معادلة ثورن وايت Thornthwaite formula :
لم تعطي هذه المعادلة نتائج مقبولة في العراق لانها مشتقة تحت ظروف رطبة.
د- معادلة بنمان Penmen's formula :
اقترح بنمان 1948 معادلة لتقدير التبخر من سطح مائي مفتوح وتعتمد على مبدأ توازن الطاقة، اذ ان المصدر الرئيسي للطاقة الحرارية على سطح الارض هي الطاقة الشمسية التي يتحدد بموجبها مقدار التبخر من أي سطح مائي مفتوح، لقد استثمر بنمان وهو فيزيائي انكليزي هذا المبدأ واضعاً تحليلاً متكاملاً لحساب قدرة التبخر والنتح (ETP) بالمعادلة التالية:

$$E = \frac{\Delta H + YE_a}{\Delta + Y}$$

حيث ان :
E : التبخر من سطح مائي مفتوح، ملم يوم$^{-1}$.
Δ : انحدار المنحنى الذي يربط العلاقة بين ضغط البخار عند التشبع ودرجة حرارة الهواء ووحداته ملم زئبق م$^{-1}$.
H : صافي الطاقة الحرارية (طاقة الاشعاع) الموجودة عند السطح، ملم ماء يوم$^{-1}$.
Y : ثابت يساوي 0.27 لدرجة الحرارة بالفهرنهايت وضغط البخار بالملم زئبق ويساوي 0.49 لدرجة الحرارة بالمئوي وضغط البخار بالملم زئبق.
E_a : التبخر او معامل الديناميكيا الهوائية، ملم ماء يوم$^{-1}$.
وقد تم تعديل هذه المعادلة (معادلة بنمان الاصلية) لتشمل طرفين ونعني طرف الطاقة (الاشعاع) وطرف دينمية الهواء aerodynamic (الرياح والرطوبة النسبية للهواء). ان الاهمية النسبية لهذين الطرفين يختلفان حسب الظروف المناخية، ففي ظروف الطقس الهادئ يكون طرف دينمية الهواء اصغر بكثير من طرف الطاقة.

$$ET = \underbrace{W.R_n}_{\text{طرف الاشعاع}} + \underbrace{(1-w).\ f(u).(E-e)}_{\text{طرف دينمية الهواء}}$$

حيث ان:

ET : القيمة الاساس للاستهلاك المائي ملم يوم$^{-1}$.
W : عامل يعتمد على درجة الحرارة والارتفاع عن سطح البحر.
R_n : صافي الاشعاع يحسب بالتبخر المكافئ ملم يوم$^{-1}$.
f(u) : عامل يعتمد على الريح.
E-e : الفرق بين الضغط البخاري المشبع (E) عند درجة حرارة الهواء المتوسط ومتوسط الضغط البخاري الحقيقي للهواء(مقاس) (e) (ملليبار).

ان مايؤخذ على معادلة بنمان انها تحتاج الى قياسات عوامل مناخية متعددة قد لاتتوفر في كثير من محطات الانواء الجوية وعليه فان هنالك تحديات تطبيقية لاستعمال هذه المعادلة، كما ان هذه المعادلة استنبطت في ظروف المناطق الرطبة المحاطة بالنباتات النامية وعليه فان العوامل الثابتة في المعادلة تصلح فقط لظروف المناطق الرطبة اكثر من المناطق الجافة وخاصة تلك التي تكون محاطة بنطاقات واسعة من الصحاري والتي تتوفر فيها كمية اكبر من الطاقة الشمسية، ان النتيجة المتحصل عليها بتطبيق معادلة بنمان والتي تمثل (ETP) يجب ان تضرب بمعامل النبات(K_c) لاحتساب الاستهلاك المائي الفعلي.

الجزء العملي

تمرين1:

احسب الاستهلاك المائي للحنطة من واقع البيانات التالية:

Month	T_C	% P	K_C
January	16.3	9.7	0.7 5
February	17.5	9.8	0.80
March	17.2	9.8	0.80
April	20	9.7	0.80

Solution: $ETP = P(0.46T_C + 8.13)$

$ETP = 9.7(0.46 \times 16.3 + 8.13) \rightarrow ETP = 151.59 \text{ mm/ month}$

$ET = 151.59 \times 0.75 \rightarrow ET = 113.70$ mm/ month
$ETP = 9.8(0.46 \times 17.5 + 8.13) \rightarrow ETP = 158.56$ mm/ month
$ET = 158.56 \times 0.80 \rightarrow ET = 126.85$ mm/ month
$ETP = 9.8(0.46 \times 17.2 + 8.13) \rightarrow ETP = 157.21$ mm/ month
$ET = 157.21 \times 0.80 \rightarrow ET = 125.77$ mm/ month
$ETP = 9.7(0.46 \times 20 + 8.13) \rightarrow ETP = 168.10$ mm/ month
$ET = 168.10 \times 0.80 \rightarrow ET = 134.48$ mm/ month
$ET = 113.7 + 126.85 + 125.77 + 134.48$
$ET = 497.80 \cong 500$ mm/season $\rightarrow ET = 50$cm/ season

تمرين2:
احسب الاستهلاك المائي لمحصول الذرة الصفراء من البيانات التالية لظروف العراق:

Month	T_C	% P	K_C
July	33.7	9.88	0.65
August	31.7	9.33	1.10
September	30.0	8.36	0.60

الحـــل:
$ETP = CPT_C^{1.30}$
$ETP = 0.34 \times 9.88 \times 33.7^{1.30} \rightarrow ETP = 325.20$ mm/ month
$ET = ETP \times K_C \rightarrow 325.20 \times 0.65 \rightarrow ET = 211.38$mm/month
$ETP = 0.34 \times 9.33 \times 31.7^{1.30} \rightarrow ETP = 283.62$ mm/ month
$ET = ETP \times K_C \rightarrow 283.62 \times 1.10 \rightarrow ET = 312.00$mm/month
$ETP = 0.34 \times 8.36 \times 30.0^{1.30} \rightarrow ETP = 236.56$ mm/ month
$ET = ETP \times K_C \rightarrow 236.56 \times 0.60 \rightarrow ET = 141.94$mm/month
$ET_{total} = 211.38 + 312.00 + 141.94 = 641.66 \cong 642$mm/season

تمرين3:
توفرت لدي البيانات التالية لمحصول البطاطا المزروع تحت نظام الري بالتنقيط:

Stage	E_{pan}mm/day	K_P	K_C	K_r	stag interval day
Vegetative	7.0	0.8	0.75	0.50	15
Tuber Iniation	9.0	0.8	1.00	0.51	20
Tuber Bulking	12.0	0.8	1.15	0.53	45
Maturity	6	0.8	0.75	0.50	10

احسب الاستهلاك المائي لمحصول البطاطا وفق المعطيات اعلاه.
الحـــل: For vegetative stage
$ETP = K_P \times E_{pan} \rightarrow ETP = 0.8 \times 7.0 = 5.60$ mm/day
$ET = K_C \times ETP \rightarrow ET = 5.60 \times 0.75 = 4.20$ mm/day
$ET_{Crop\ Localized} = ET \times K_r = 4.20 \times 0.5 = 2.10$ mm/day
$= 2.10 \times 15 = 31.5$ mm/15day
For tuber iniation stage :

$$ETP = K_P \times E_{pan} \rightarrow ETP = 0.8 \times 9.0 = 7.2 \text{ mm/day}$$
$$ET = K_C \times ETP \rightarrow ET = 7.2 \times 1.0 = 7.2 \text{ mm/day}$$
$$ET_{\text{Crop Localized}} = ET \times K_r = 7.2 \times 0.51 = 3.67 \text{ mm/day}$$
$$= 3.67 \times 20 = 73.4 \text{ mm/20day}$$

وبنفس الطريقة يتم حساب الاستهلاك المائي لبقية المراحل والحصول على الاستهلاك المائي الكلي:

$$ET_{total} = 31.5 + 73.40 + 263.30 + 18.00$$

$$ET_{total} = 386.20 \cong 390.00 \text{ mm/season} = 39\text{cm/season}$$

د. سعد عناد الدليمي