IRAQI Academic Scientific Journals

Tikrit Journal of Engineering Sciences (2020) 27 (4): 87-97

College of Engineering

ISSN: 1813-162X (Print) ; 2312-7589 (Online)

Tikrit Journal of Engineering Sciences

available online at: http://www.tj-es.com

TJES Tikrit Journal of Engineering Sciences

Yasin HI, Al-Dabagh A. Effect of Intermittent Water Application from Trickle Source on The Water Movement and Moisture Distributionin Layered Soil. *Tikrit Journal of Engineering Sciences* 2020; **27**(4):87-97.

Effect of Intermittent Water Application from Trickle Source on The Water Movement and Moisture Distributionin Layered Soil

Haqqi Ismail Yasin *

Abdul Alsattar Al-Dabagh

Department of Dams and Water Resources, College of Engineering, University of Mosul, Iraq

***Keywords*:**

Trickle irrigation, wetting front, Moisture Distribution, Intermittent Water Application, Layered Soil.

A R T I C L E I N F O

Article history:

Received	16 Apr. 2019
Accepted	16 May. 2019
Available online	27 Apr. 2021

A B S T R A C T

The aim of this research is to study the effect of intermittent water application on the wetting pattern and soil moisture distribution for homogeneous and layered soils under trickle source. Thirty experiments were conducted to monitor the advance of the wetting front in the soil profiles. Measurements of soil moisture content were also made at selected locations to evaluate the moisture distribution in soil. Four types of soil profiles were built; the first was sandy loam soil, the second was silty clay loam soil, the third was (silty clay loam/ sandy loam) layered soil, and the fourth was (sandy loam/ silty clay loam) layered soil. Three water application rates were used for each soil profile. Three continuous or intermittent applications were used; continuous applications, equally intermittent applications, and different intermittent applications. In addition, several cylindrical infiltration tests were conducted to describe some characteristics of each soil.

Empirical relations to predict each of vertical (under trickle source) and horizontal (at soil surface) wetting front advance were found in this study. Empirical relations to predict the percentage of applied water volume in horizontal strips as a function of soil depth and in vertical strips as a function of horizontal distance from the trickle emitter were also found. The study showed that the wetted soil volume increases as either the water application rate increases, or the intermittent application ratio increases. Also, it showed that the ratio of horizontal advance to vertical advance of wetting front increases as either the water application rate increases, or the intermittent application ratio decreases. The study demonstrated that the accumulated ratio of water application volume at a certain soil depth from trickle source increases as the intermittent application ratio decreases. Also, it demonstrated that the accumulated ratio of water application volume at a certain horizontal distance from trickle source decreases as the intermittent application ratio decreases.

© 2021 TJES, College of Engineering, Tikrit University

DOI: http://doi.org/10.25130/tjes.27.4.09

Tikrit Journal of Engineering Sciences Tikrit Journal of Engineering Sciences Tikrit Journal of Engineering Sciences Tikrit Journal of Engineerin Sciences Tikrit Journal of Engineerin Sciences Tikrit Journal of Engineerin

تأثير الإضافة المتقطعة للماء من مصدر تنقيط على حركة الماء وتوزيع الرطوبة في تربة طباقية

حقي إسماعيل ياسين قسم هندسة السدود والموارد المائية/كلية الهندسة/جامعة الموصل
عبد الستار يونس الدباغ قسم هندسة السدود والموارد المائية/كلية الهندسة/جامعة الموصل

الخلاصة

انَ هدف البحث هو دراسة تأثير اضافة الماء المستمرة والمتقطعة على تقدم جبهة الابتلال وتوزيع الرطوبة في تربة متجانسة وطباقية المقد. تم اجراء ثلاثين فحصاً غايتها قياس تقدم جبهة الابتلال عند ازمنة مناسبة ومختارة اضافة الى قياس المحتوى الرطوبي بفواصل موقعية مناسبة لتمثيل توزيع الرطوبة. وباستخدام أربعة حالات لمقد التربة: تربة مزيجية رملية، تربة مزيجية طينية غرينية، تربة طباقية (مزيجية طينية غرينية/مزيجية رملية)، تربة طباقية (مزيجية رملية/مزيجية طينية غرينية)، وبثلاثة معدلات لاضافة الماء، وبثلاثة اساليب لاضافة الماء: اضافة مستمرة، اضافة متقطعة متساوية ، اضافة متقطعة متباينة. كذلك تم اجراء فحوصات عديدة للارتشاح الاسطواني لكلتا التربتين لتحديد خصائص كل منهما.

قدمت الدراسة علاقات تخمينية لحساب كل من التقدم العمودي تحت مصدر التنقيط والتقدم الافقي السطحي لجبهة الابتلال، وعلاقات لحساب كل من النسبة المئوية لحجم الماء المضاف في التربة في شرائح افقية كدالة للعمق وشرائح عمودية كدالة للمسافة الافقية عن المنقط. وأوضحت الدراسة أن حجم التربة المبتلة يزداد مع كل من زيادة نسبة الاضافة المتقطعة أو زيادة معدل اضافة الماء. كما أنَ نسبة التقدم الافقي الى التقدم العمودي لجبهة الابتلال تزداد مع كل من نقصان نسبة الاضافة المتقطعة أو زيادة معدل اضافة الماء. وان النسبة التراكمية لحجم الماء المضاف في التربة تزداد عند عمق محدد في التربة من المنقط وتقل عند مسافة افقية محددة عن المنقط وذلك مع نقصان نسبة الاضافة المتقطعة.

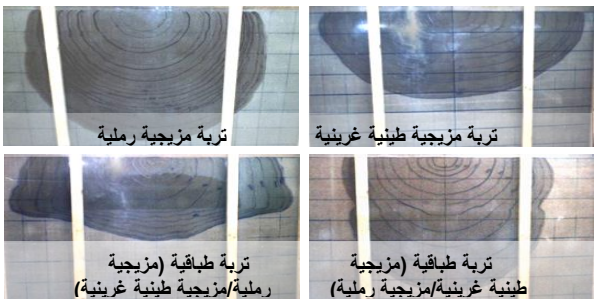
الكلمات الافتتاحية :الري بالتنقيط، جبهة الابتلال، توزيع الرطوبة، الاضافة المتقطعة، التربة الطباقية.

المقدمـــــة

ان لشكل وحجم التربة المبتلة من منقط منفرد أهمية في تحديد عدد المنقطات الكلي اللازم لترطيب الحجم الكافي من التربة وذلك لتأمين احتياج النبات. ويمثل حجم التربة المبتلة كمية ماء التربة المخزون في المنطقة الجذرية، فبعدها العمودي ينطبق مع عمق المنطقة ، بينما بعدها العرضي يحدد علاقات الفواصل بين المنقطات وخطوط التنقيط، أي ان تصميم منظومة ري بالتنقيط بشكل كفوء يعتمد كلياً على معرفة شكل وحجم التربة المبتلة [1]. ويتأثر شكل وحجم التربة المبتلة من منقط بالعديد من العوامل، منها معدل اضافة الماء، حجم الماء المضاف، نوعية مقد التربة، الرطوبة الابتدائية للتربة، اضافة الى اسلوب اضافة الماء (مستمر أو متقطع) [2،3]. ان حركة الماء في التربة تحدث استجابةً الى الانحدار الهيدروليكي وليس بالضرورة استجابة الى انحدار المحتوى الرطوبي [4]. في حالة التربة الطباقية فان حركة الماء تكون في الطبقة السطحية مشابهة لما هي عليه في الترب المتجانسة إلى حين وصول جبهة الابتلال إلى الحد الفاصل، ففي حالة الترب الناعمة فوق الخشنة عند ذلك سوف تزداد الحركة الافقية اعلى المنطقة الانتقالية حتى يقل الشد بشكل كافٍ ليسمح بتغلغل الابتلال إلى المواد الخشنة [5] و [6] ، اما في حالة الترب الخشنة فوق الناعمة فسوف تحدث نفس الظاهرة بالرغم من اختلاف السبب حيث الانتشار الافقي يحدث ابتدائياً بسبب انخفاض الايصالية المائية للتربة ذات القوام الانعم، وبالنتيجة يكون هناك انتشار أفقي في كلتا الحالتين اكثر من التغلغل العمودي في مقد التربة [5]. ان اغلب الدراسات تمت في ترب متجانسة، وعامةً الترب الحقلية هي ترب غير متجانسة وقد تكون ترب طباقية، حيث التربة المحروثة من الممكن ان تكون بخصائص طبقتين هما السطحية المثارة والطبقة التحتية غير المثارة [7]. كما يمكن ان تتكون قشرة سطحية على التربة الجرداء المحروثة ناتجاً من الارتطام المباشر لقطرات المطر فوق السطح، وهذا كذلك ينتج التأثير الطباقي [8]. لذلك فلاضافة المتقطعة اهمية، حيث من الممكن تجنب ضائعات الماء والعناصر الغذائية تحت المنطقة الجذرية وذلك باستخدام منقطات ذات معدلات اضافة عالية مع اتباع أسلوب الري المتقطع [9]. كما توفر كميات معتبرة من الماء وذلك بمنعه من التغلغل بعيداً عن الجزء الأكثر نشاطاً من النظام الجذري [10]، و تؤدي الإضافة المتقطة إلى زيادة كل من التهوية [11] والحركة نتيجة القوى الشعرية [9]، كما يفضل تجنب تشغيل المنقط بأستمرار لأن ذلك سيحتم في معظم الحالات ان يكون معدل اضافة الماء من المنقط قليلاً ومن ثم تعرضه إلى مشاكل الانسداد وزيادة تكاليف الصيانة [13،14،15]. مما تقدم تتوضح اهمية استخدام اسلوب الاضافة المتقطعة للماء في الري بالتنقيط. وحيث ان الدراسات السابقة لحركة الماء في التربة من مصدر تنقيط اغلبها منصبة على استخدام ترب متجانسة الا ما ندر مستخدماً الترب الحقلية غير المثارة، لذا فهناك اهمية الى دراسة تأثير هذه الاضافة المتقطعة على حركة الماء وتوزيع الرطوبة لتربة طباقية. وقد استهدفت الدراسة ايجاد علاقة تجريبية لتخمين التقدم الافقي السطحي والتقدم العمودي تحت مصدر التنقيط لجبهة الابتلال وايجاد علاقة تجريبية لتخمين النسبة المئوية لتوزيع الماء المضاف في مواقع مختلفة من جبهة الابتلال في ترب متجانسة وطباقية وباساليب اضافة الماء المستمرة والمتقطعة وبمعدلات اضافة مختلفة.

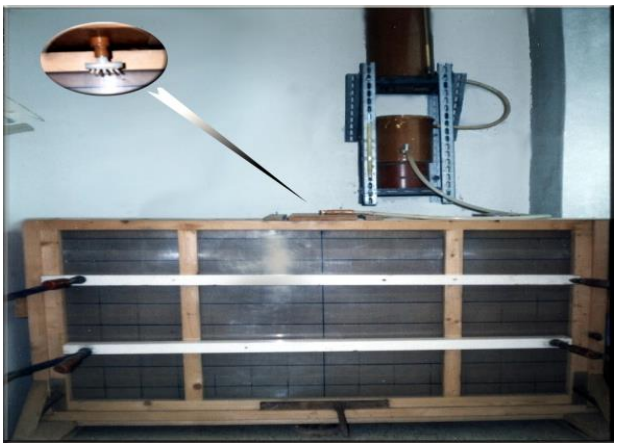
المواد وطرق البحث

لتأمين البيانات اللازمة لهدف الدراسة تم اجراء (30) فحصاً غايتها قياسات تقدم جبهة الابتلال عند ازمنة مناسبة ومختارة الى ان يصبح الزمن الكلي من بداية اضافة الماء ثلاثة ايام حيث يتم فتح حاوية التربة وأخذ عينات لقياس المحتوى الرطوبي بفواصل مناسبة لتمثيل توزيع رطوبة التربة. وقد شملت التجربة استخدام اربعة حالات لمقد التربة: أولاً: تربة مزيجية رملية. ثانياً: تربة مزيجية طينية غرينية. ثالثاً: تربة مزيجية طينية غرينية بسمك (25 سم) وتحتها تربة مزيجية رملية. رابعاً: تربة مزيجية



الشكل(1): نمط الابتلال للحالات المختلفة لمقد التربة

رملية سطحية بسمك (25 سم) وتحتها تربة مزيجية طينية غرينية، وبثلاثة معدلات لاضافة الماء (1.67، 2.50،3.33) سم مكعب/دقيقة/سم، وبثلاثة اساليب لاضافة الماء هي: أولاً: اضافة مستمرة. ثانياً: اضافة متقطعة متساوية (اضافة دورية تتضمن 120 دقيقة اضافة للماء، يليها 120 دقيقة



الشكل(2): حاوية التربة ومنظومة اضافة الماء

ايقاف اضافة الماء وهكذا). ثالثاً: اضافة متقطعة متباينة (اضافة دورية

تتضمن 120 دقيقة اضافة للماء، يليها 240 دقيقة ايقاف اضافة الماء وهكذا). اضافة الى ذلك، تم اجراء فحوصات عديدة للارتشاح الاسطواني لكلتا التربتين المستخدمتين لتحديد خصائص كل تربة والمتمثلة بشحنة الشد الشعري عند جبهة الابتلال المتقدمة داخل التربة والتوصيل الهيدروليكي المشبع وتفاصيل ذلك في [16]. ويبين الشكلان (1و2) نمط الابتلال للحالات الاربعة لمقد التربة ثم حاوية التربة ومنظومة اضافة الماء على التوالي.

التحليل البعدي لأيجاد التقدم الافقي والتقدم العمودي لجبهة الابتلال:

اعتماداً على بيانات تمثل التقدم العمودي تحت مصدر التنقيط (Y سم)،

$$k_e = \frac{Y}{\left[\frac{A}{k_1} + \frac{(Y-A)}{k_2}\right]} \quad \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots (1)$$

ومعدل التقدم الافقي السطحي لجبهة الابتلال(X سم)، زمن تقدم جبهة الابتلال (t دقيقة)، معدل اضافة الماء (q سم مكعب/دقيقة /سم)، نسبة الاضافة المتقطعة(R) التي تمثل نسبة زمن اضافة الماء الى زمن الدورة الكلي (اي زمن اضافة الماء + زمن قطع اضافة الماء)، شحنة الشد الشعري عند جبهة الابتلال المتقدمة داخل التربة (h_f سم)، التوصيل الهيدروليكي المشبع (k سم/دقيقة) وفي حالة التربة الطباقية يتم ايجاد التوصيل الهيدروليكي المشبع المكافيء. تم ايجاد التوصيل الهيدروليكي المشبع المكافئ في الحالات التي يكون فيها مقد التربة طباقياً وعندما يكون مقدار التقدم العمودي لجبهة الابتلال اكبر من عمق الطبقة السطحية (A سم) من العلاقة:

حيث أنَ: k_e =التوصيل الهيدروليكي المكافئ، k_1 =التوصيل الهيدروليكي للطبقة السطحية بعمق A سم، k_2 =التوصيل الهيدروليكي للطبقة التحتية بعمق (Y-A) سم. ان المتغيرات التابعة (X ، Y) والمتغيرات المستقلة (q، t، R،k،h_f) واعتماداً على نظرية Buckingham-theorem [17]. وبعد استبعاد المتغير اللابعدي R تم ايجاد الحدود اللابعدية π -terms لتصبح العلاقات بالصيغة الاتية:

$$\frac{X}{h_f} = f\left(\frac{q}{kh_f}, \frac{kt}{h_f}, R\right) \quad \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots (2)$$

$$\frac{Y}{h_f} = f\left(\frac{q}{kh_f}, \frac{kt}{h_f}, R\right) \quad \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots (3)$$

تم حساب الكميات اللابعدية ($\frac{q}{kh_f}$،$\frac{Y}{h_f}$،$\frac{k.t}{h_f}$،$\frac{X}{h_f}$) وبالاستعانة بها اضافة الى بيانات (R)، وبواقع 308 قيمة لكل من هذه المتغيرات، تم باستخدام طريقة الانحدار اللاخطي (Nonlinear regression) على البرنامج الاحصائي Special Program for Statistical System (SPSS) تم ايجاد كل من:

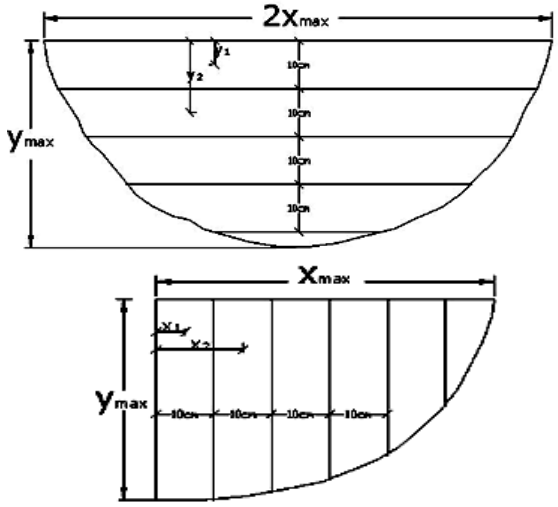
$$\left[\frac{X}{h_f}\right] = 0.926\left[\frac{q}{kh_f}\right]^{0.674}\left[\frac{kt}{h_f}\right]^{0.431}[R]^{0.257} \dots . (4)$$

$$\left[\frac{Y}{h_f}\right] = 1.874\left[\frac{q}{kh_f}\right]^{0.313}\left[\frac{kt}{h_f}\right]^{0.562}[R]^{0.465} \dots . (5)$$

$$V_x = 3.746\left[1-\left(\frac{x}{X_{max}}\right)^2\right]^{0.522}(\theta_i)^{-0.238}$$
$$(q)^{-0.089}(Y_{max})^{0.308}(R)^{0.022} \dots \dots . (7)$$

بمعامل تحديد (r^2) مقداره (0.96،0.97) للمعادلات (4 و5) على التوالي.

تخمين نسبة توزيع الماء المضاف في التربة المبتلة: لأيجاد توزيع حجم الماء المضاف في التربة تمت الاستعانة بالنمط النهائي لتقدم جبهة الابتلال، اي بعد ثلاثة ايام من بدء تجهيز الماء، حيث تم أولاً: تقسيم هذا النمط في الاتجاه العمودي الى شرائح افقية بسمك (10 سم) لكل شريحة، وكما في الشكل (3). ولكل



الشكل(3): تقسيم نمط الابتلال النهائي الى شرائح افقية وعمودية

شريحة تم ايجاد حجم التربة المبتلة، ثم بالاستعانة ببيانات قياس الرطوبة تم تخمين معدل رطوبة التربة للشريحة، ومن ثم ايجاد حجم الماء المضاف في الشريحة والناتج من حاصل ضرب حجم الشريحة(حجم التربة المبتلة) في الفرق بالرطوبة الحجمية (معدل رطوبة التربة للشريحة-الرطوبة الابتدائية). وهكذا الى ان يتم الانتهاء من جميع الشرائح الافقية. بعد ذلك تم حساب النسبة المئوية لحجم الماء المضاف في التربة (بقسمة حجم الماء المضاف لشريحة أفقية معينة على مجموع حجم الماء المضاف في كافة الشرائح الأفقية والذي يكون بحدود 6 لتر) كدالة للعمق (V_y). وتم ثانياً: تقسيم نصف النمط النهائي لجبهة الابتلال في الاتجاه الافقي الى شرائح عمودية بسمك (10 سم) لكل شريحة، وكما في الشكل (3). تم لكل شريحة وبنفس الاسلوب اعلاه ايجاد حجم الماء المضاف في الشريحة وحتى الانتهاء من جميع الشرائح العمودية، ثم تم حساب النسبة المئوية لحجم الماء المضاف في التربة (بقسمة حجم الماء المضاف لشريحة عمودية معينة على مجموع حجم الماء المضاف في كافة الشرائح العمودية لنصف النمط النهائي والذي يكون بحدود 3 لتر) كدالة للمسافة الافقية عن مصدر التنقيط (V_x). اعتماداً على النتائج التي تم حسابها للنسبة المئوية لحجم الماء المضاف في التربة كدالة للعمق (V_y) ودالة للمسافة الافقية عن مصدر التنقيط (Vx)، واضافةً الى بيانات تشمل اقصى تقدم عمودي تحت مصدر التنقيط (Y_{max} سم) واقصى تقدم افقي سطحي (X_{max}سم) للنمط النهائي لجبهة الابتلال، والبعد العمودي للشريحة الافقية عن السطح (y سم) والبعد الافقي للشريحة العمودية عن مصدر التنقيط (x سم)، والرطوبة الابتدائية الحجمية (θ_i كسر عشري)، والتوصيل الهيدروليكي المشبع (k سم/ دقيقة) الذي تم ايجاده في الفقرة 4.1، ونسبة الاضافة المتقطعة اوالدورية (R)، ومعدل اضافة الماء لمصدر التنقيط (q سم مكعب/دقيقة/سم)، والتي تمثل بحدود 180 قيمة لكل متغير تم باستخدام طريقة الانحدار اللاخطي على البرنامج الاحصائي (SPSS) تم ايجاد كل من:

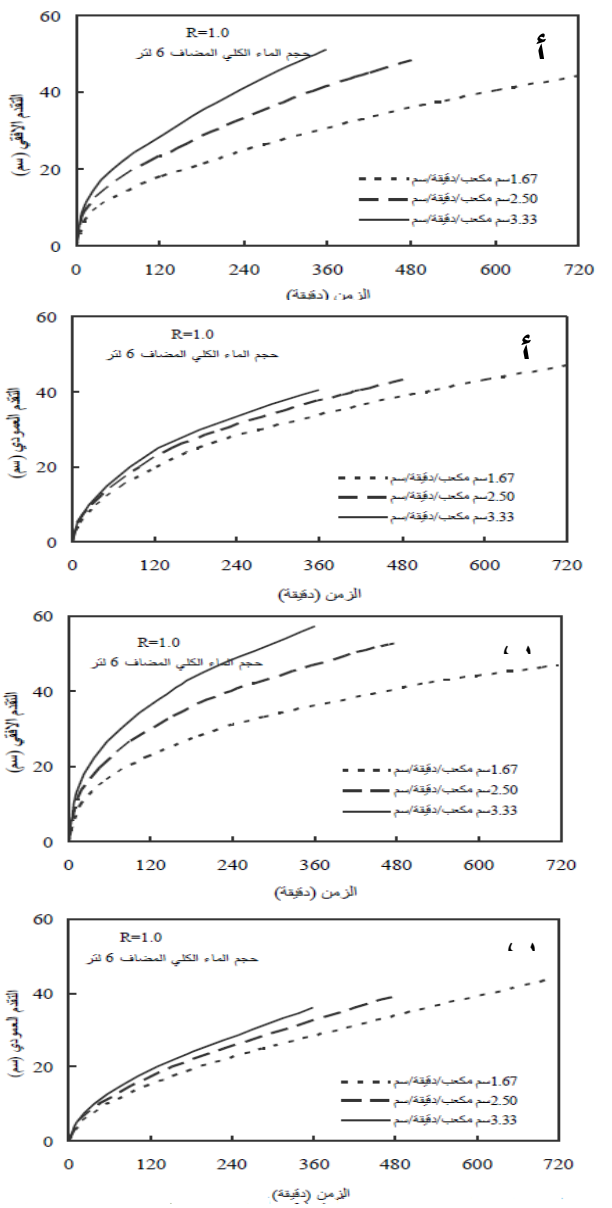
بمعامل تحديد (r^2) مقداره (0.90،0.95) للمعادلات (6، 7).

انَ معرفة نسبة توزيع الماء المضاف الى التربة في شرائح أفقية كدالة للعمق يمثل توزيع الماء المضاف على امتداد عمق المنطقة الجذرية باعتبار انَ عمق المنطقة الجذرية يكون مساوياً أو أقل من أقصى تقدم عمودي لجبهة الابتلال، وبذلك يمكن الموازنة بين توزيع الماء المضاف على امتداد عمق المنطقة الجذرية ونمط استنزاف الرطوبة من التربة بوساطة النبات لتحديد كمية الماء المضاف مع الاخذ بنظر الاعتبار ضائعات الغمر العميق. كما أنَّ معرفة نسبة توزيع الماء المضاف الى

التربة في شرائح عمودية كدالة للمسافة الافقية عن المنقط ذي أهمية كبيرة في تحديد التداخل المطلوب بين أنماط الابتلال للمنقطات المتجاورة، والذي يؤمن تناسقاً مقبولاً لتوزيع الماء وذلك عند اختيار الفواصل بين المنقطات أو بين أنابيب التنقيط.

النتائج والمناقشة

تأثير معدل اضافة الماء على تقدم جبهة الابتلال : يوضح الشكلان (4 و5) العلاقة بين كل من التقدم الافقي والتقدم العمودي لجبهة الابتلال مع الزمن ولمعدلات مختلفة لاضافة الماء المستمرة (1.67، 2.50، 3.33) سم مكعب/دقيقة/سم لتجهيز (6 لتر) ولمقاد الترب قيد الدراسة. ويتبين منهما ان التقدم العمودي اكبر من التقدم الافقي لجبهة الابتلال في التربة المزيجية الرملية، والعكس صحيح في التربة المزيجية الطينية الغرينية وذلك عند زمن معين. وان التقدم العمودي في التربة المزيجية الرملية أكبر مما هو عليه في التربة المزيجية الطينية الغرينية، والعكس صحيح في حالة



الشكل(4): العلاقة بين كل من التقدم الافقي والتقدم العمودي لجبهة الابتلال مع الزمن باضافة مستمرة وذلك بمعدلات مختلفة لاضافة الماء في أ: تربة مزيجية رملية و ب: تربة مزيجية طينية غرينية.

التقدم الافقي لجبهة الابتلال وهذا موضح في الشكل (4). انّ حركة الماء داخل التربة تتأثر بقوى رئيسة هما قوى الشد السعري المتأتية أصلا من قوى تلاصق جزيئات الماء باسطح حبيبات التربة، وقوة الجذب الارضي نحو الاسفل. ان التربة المزيجية الرملية تحوي مسامات ذات أقطار أكبر نسبياً وهذا يجعل من قوى الجاذبية ان تلعب دوراً مهماً في حركة الماء، بينما التربة المزيجية الطينية الغرينية تحوي مسامات ذات أقطار اصغر لذلك فان قوى الشد هي التي تلعب الدور المهم في حركة الماء. وان التربة ذات مسامات بأقطار صغيرة ستقل فيها حركة الماء نتيجة قوى الجاذبية مما يجعل حركة الماء في الاتجاه الافقي بمعدل اكبر وذلك مقارنةً بتربة ذات مسامات بأقطار اكبر حجماً. اما في الترب الطباقية الشكل (5) ، فأن تغير كل من التقدم الافقي أو التقدم العمودي يعتمد على نوع التربة وموقعها وسمك الطبقة السطحية، حيث يكون كل من التقدم الافقي أو التقدم العمودي عند زمن معين بين قيمهم لحالتين كل منهما تربة متجانسة تمثل أحد النوعين للتربة الطباقية. كما يوضح الشكلان (4 و 5) ان كلاً من التقدم العمودي والافقي لجبهة الابتلال عند زمن معين يزداد مع زيادة معدل اضافة الماء ، وتكون هذه الزيادة اكثر وضوحا في التقدم الافقي مما هو عليه في التقدم العمودي وذلك في جميع مقاد الترب. والسبب انه عند

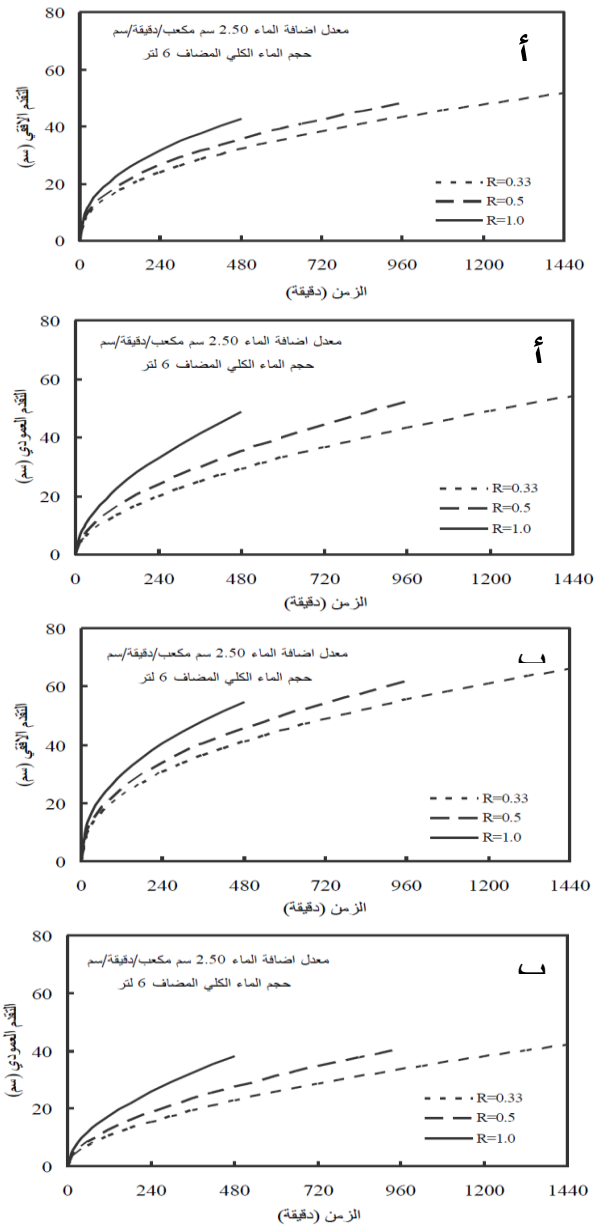
الشكل(5): العلاقة بين كل من التقدم الافقي والتقدم العمودي لجبهة الابتلال مع الزمن باضافة مستمرة وذلك بمعدلات مختلفة لاضافة الماء في أ: تربة طباقية (مزيجية طينية غرينية / مزيجية رملية) وب: تربة طباقية (مزيجية رملية / مزيجية طينية غرينية).

زمن معين فان زيادة معدل اضافة الماء يؤدي الى زيادة مساحة الغمر السطحي وزيادة البعد الافقي للمنطقة المشبعة وهذا سوف

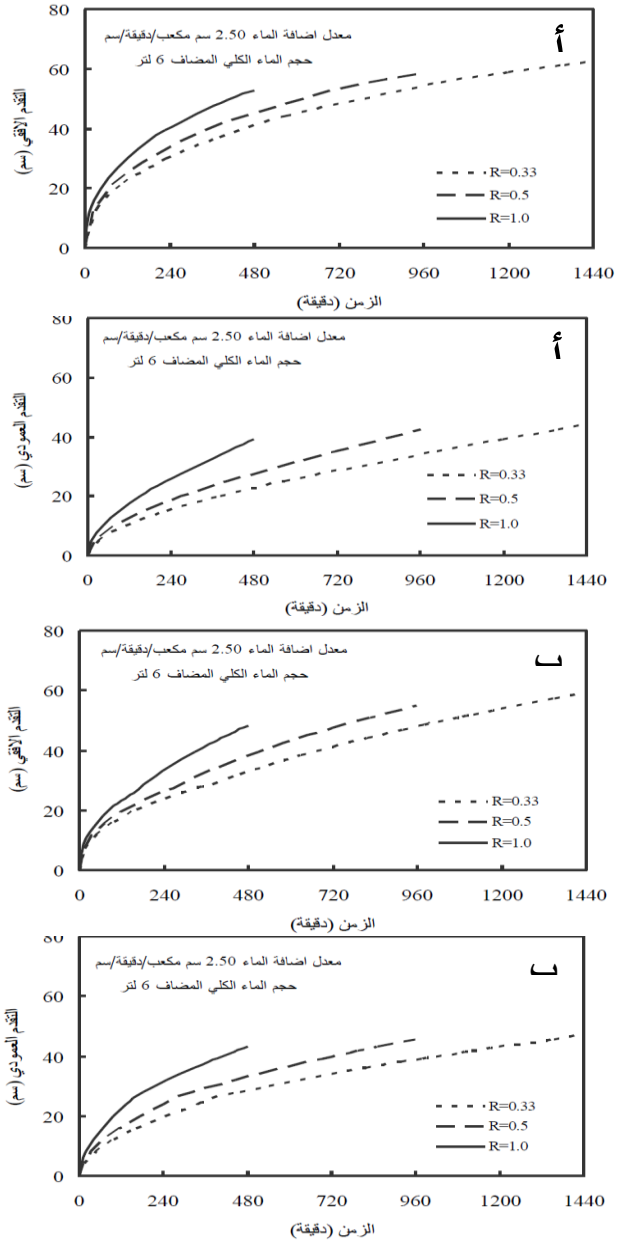
يؤدي الى امتداد انتشار الماء وبشـــــكل شعاعي[18] و [19] اضافة الى مايحدث نتيجة تأثير القوى الشـــعرية. وحينما تتم المقارنة عند تجهيز نفس الكمية من الماء، فالاشكال تبين أنَ زيادة معدل اضافة الماء يؤدي الى زيادة التقدم الافقي ونقصـــان التقدم العمودي وذلك لكافة مقاد الترب ، في حالة تجهيز نفس الكمية من الماء فان الزيادة في التقدم الافقي التي تحدث نتيجة زيادة مساحة الغمر السطحي ستنعكس في نقصان بالاتجاه العمودي.

تأثير نسبة الاضافة المتقطعة على تقدم جبهة الابتلال : يوضح **الشكلان (6 و7)** العلاقة بين كل من التقدم الافقي والتقدم العمودي لجبهة الابتلال مع الزمن وباستخدام اساليب اضافة مختلفة (اضافة مستمرة R=1 واضافة متقطعة متساوية R=0.5 واضافة متقطعة متباينة R=0.33) وبمعدل اضافة مقداره 2.50 سم مكعب/دقيقة/سم لتجهيز (6 لتر) من الماء وذلك لمقاد ترب مختلفة. تبين هذه الاشكال ان هنالك زيادة في كل من التقدم الافقي والتقدم العمودي لجبهة الابتلال عند نهاية تجهيز كميات ماء متساوية كلما قلت نسبة الاضافة المتقطعة (R)، وان هذه الزيادة تكون اكثر وضوحا في التقدم الافقي مما هوعليه في التقدم العمودي وذلك لجميع مقاد الترب المختلفة. فعند استخدام معدل اضافة ماء معين لتجهيز نفس الكمية من الماء ولكن باساليب اضافة مختلفة (مستمرة ومتقطعة) ودورة الاضافة المتقطعة تتضمن فترة تجهيز ماء (فترة ارتشاح وفترة اعادة توزيع الرطوبة)، فعندما تقل نسبة الاضافة المتقطعة R أي زيادة فترة ايقاف تجهيز الماء فأن الزمن الكلي لدورات الاضافة المتقطعة سوف يزداد، وهذا يعني زيادة كل من التقدم العمودي والافقي لجبهة الابتلال، وفي نفس الوقت ان تأثير الاضافة المتقطعة يؤدي الى التقليل من التقدم العمودي وزيادة التقدم الافقي، وبتداخل التأثيرين فان الزيادة في التقدم الافقي تصبح اكثر وضوحاً، في حين تحدد الزيادة في الاتجاه العمودي مع نقصان نسبة الاضافة المتقطعة.

تأثير سمك الطبقة السطحية في التربة الطباقية على تقدم جبهة الابتلال: يوضح **الشكل (8)** العلاقة بين كل من التقدم الافقي والتقدم العمودي لجبهة الابتلال مع الزمن بمعدل اضافة مستمرة مقدارها (1.67سم مكعب/دقيقة/سم) وفي تربتين طباقية: الاولى (مزيجية طينية غرينية/مزيجية رملية)، والثانية (مزيجية رملية/مزيجية طينية غرينية) ولحالات مختلفة لسمك الطبقة السطحية. يتبين من هذا الشكل ان التغيرات الناتجة في قيم التقدم



الشكل(6): العلاقة بين كل من التقدم الافقي والتقدم العمودي مع الزمن باضافة حجم ماء كلي مقداره 6 لتر وبمعدل اضافة 2.50 سم مكعب /دقيقة/سم وباساليب اضافة مختلفة وذلك في أ: تربة مزيجية رملية و ب: تربة مزيجية طينية غرينية).

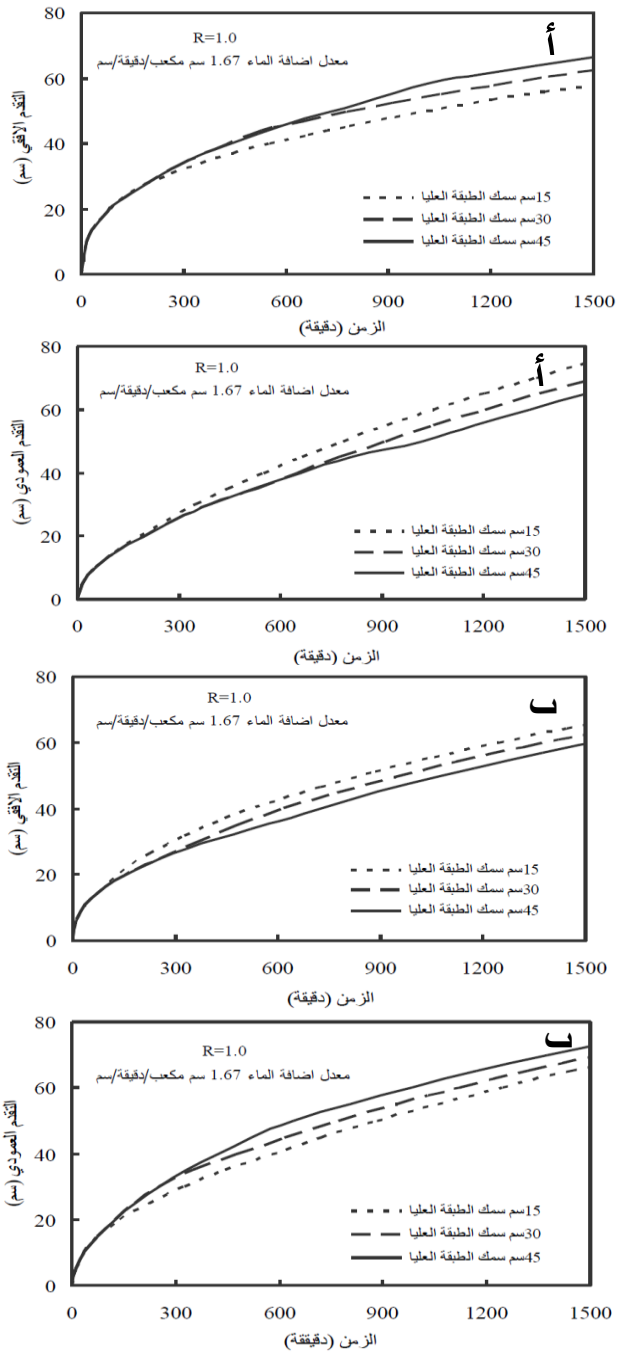


الشـــكل(7): العلاقة بين كل من التقدم الافقي والتقدم العمودي مع الزمن باضافة حجم ماء كلي مقداره 6 لتر وبمعدل اضافة 2.50 سم مكعب /دقيقة/سم وباساليب اضافة مختلفة وذلك في أ: تربـــة طباقية (مزيجية طينية غرينية / مزيجية رملية) وب: تربة طباقية (مزيجية رملية / مزيجية طينية غرينية).

العمودي والتقدم الافقي من تأثير الطباقية يكون محصورا بين قيم التقدم العمودي و التقدم الافقي لكل من التربة السطحية والتربة التحتية عند استخدامهم بشكل متجانس دون طباقية. ان تأثير التغير في قيم التقدم العمودي والتقدم الافقي عند الحد الفاصل بين الطبقتين يكون مبكرا اكثر كلما كانت التربة السطحية اخف او اكثر نفاذية من التي تحتها، أوكلما كانت التربة السطحية اقل سمكا. ويظهر واضحا التغير العكسي الموجود بين شكلي التقدم العمودي والتقدم الافقي (أ من الشكل 8) للتربة الطباقية (مزيجية طينية غرينية/مزيجية رملية) وشكلي التقدم العمودي والتقدم الافقي (ب من الشكل 8) للتربة الطباقية (مزيجية رملية/مزيجية طينية غرينية) لتعاكس المواقع السطحية والتحتية لنفس الترب.

الجدول(1): تغير نسبة التقدم الافقي الى التقدم العمودي (X/Y) عند قيم محددة من الارتشاح التراكمي وذلك لمعدلات مختلفة لاضافة الماء وفي مقاد ترب مختلفة.

مقد التربة	معدل الاضافة سم^3 /دقيقة/سم	الارتشاح التراكمي (لتر)					
		1	2	3	4	5	6
مزيجية رملية (متجانس)	0.83	0.64	0.59	0.56	0.54	0.52	0.51
	1.67	0.91	0.83	0.79	0.76	0.74	0.72
	2.50	1.11	1.01	0.96	0.92	0.90	0.88
مزيجية طينية غرينية (متجانس)	0.83	1.06	0.97	0.92	0.88	0.86	0.84
	1.67	1.49	1.36	1.29	1.24	1.21	1.18
	2.50	1.82	1.66	1.57	1.52	1.47	1.44
مزيجية طينية غرينية / مزيجية رملية (طباقي)	0.83	1.06	1.02	0.89	0.81	0.76	0.72
	1.67	1.49	1.36	1.34	1.21	1.13	1.07
	2.50	1.82	1.66	1.67	1.54	1.42	1.34
مزيجية رملية / مزيجية طينية غرينية (طباقي)	0.83	0.64	0.67	0.69	0.70	0.70	0.70
	1.67	0.91	0.87	0.91	0.93	0.94	0.94
	2.50	1.11	1.00	1.07	1.10	1.11	1.12



الشكل(8): العلاقة بين كل من التقدم الافقي والتقدم العمودي مع الزمن وبمعدل اضافة مستمرة مقدارها 1.67 سم مكعب /دقيقة/سم وذلك في أ: تربة طباقية (مزيجية طينية غرينية / مزيجية رملية) وب: تربة طباقية (مزيجية رملية / مزيجية طينية غرينية).

الارتشاح التراكمي وتقدم جبهة الابتلال: ان العلاقة بين تغير نسبة التقدم الافقي الى التقدم العمودي (X/Y) عند قيم محددة من الارتشاح التراكمي (1،2،3،4،5،6 لتر) ولمقاد ترب مختلفة تم توضيحها من خلال الجدول (1) بمعدلات اضافة الماء المستمرة (0.83، 1.67، 2.50 سم مكعب/دقيقة/سم) والجدول (2) باساليب اضافة مختلفة R=0.33، R=0.5، R=1 عند معدل اضافة الماء 1.67 سم مكعب/دقيقة/سم. عامة يتوضح من الجدول (1) ان نسبة التقدم الافقي الى التقدم العمودي (X/Y) هي أقل من (1) في الترب المزيجية الرملية وبالآخص عند معدلات اضافة معدل الماء القليلة، كما أنَ هذه النسبة تكون عامةً أكبر من (1) في الترب المزيجية الطينية الغرينية وبالآخص عند معدلات اضافة الماء الكبيرة،

الجدول(2): تغير نسبة التقدم الافقي الى التقدم العمودي (X/Y) عند قيم محددة من الارتشاح التراكمي وذلك لاساليب اضافة مختلفة وفي مقاد ترب مختلفة.

مقد التربة	نسبة الاضافة المتقطعة (R)	الارتشاح التراكمي (لتر)					
		1	2	3	4	5	6
مزيجية رملية (متجانس)	1	0.91	0.83	0.79	0.76	0.74	0.72
	0.5	0.96	0.87	0.83	0.80	0.78	0.76
	0.33	0.99	0.90	0.86	0.83	0.8	0.78
مزيجية طينية غرينية (متجانس)	1	1.49	1.36	1.29	1.24	1.21	1.18
	0.5	1.57	1.43	1.36	1.31	1.27	1.24
	0.33	1.62	1.48	1.41	1.36	1.32	1.29
مزيجية طينية غرينية / مزيجية رملية (طباقي)	1	1.49	1.36	1.34	1.21	1.13	1.07
	0.5	1.57	1.42	1.38	1.25	1.16	1.10
	0.33	1.64	1.48	1.40	1.28	1.19	1.13
مزيجية رملية / مزيجية طينية غرينية (طباقي)	1	0.91	0.87	0.91	0.93	0.94	0.94
	0.5	0.96	0.94	0.99	1.00	1.01	1.01
	0.33	0.99	0.99	1.03	1.05	1.06	1.05

وتكون هذه النسبة متغيرة أكبر واصغر من (1) في الترب الطباقية وحسب مواقع الترب السطحية او التحتية، ويعني ذلك زيادة التقدم الافقي نسبةً الى التقدم العمودي في التربة المزيجية الطينية الغرينية وبالعكس في التربة المزيجية الرملية، وقد تم توضيح سبب ذلك والناتج من اختلاف أقطار المسامات لكلا التربتين وتأثير ذلك على حركة الماء نتيجة القوى الشعرية ونتيجة قوى الجاذبية. كما يتبين ان بازدياد الارتشاح التراكمي تقل نسبة التقدم الافقي الى التقدم العمودي (X/Y) ولأي من معدلات الاضافة ولمقاد الترب المتجانس (المزيجية الرملية) والمتجانس (المزيجية الطينية الغرينية) والطباقي (مزيجية طينية غرينية /مزيجية رملية)، أما في مقد التربة الطباقي(مزيجية رملية / مزيجية طينية غرينية) فانّ هذه النسبة متغيره بين زيادة ونقصان وعموماً هنالك زيادة بازدياد الارتشاح التراكمي. ان الزيادة التي تحصل في التقدم الافقي تقل نسبةً الى الزيادة التي تحصل في التقدم العمودي مع زيادة زمن الارتشاح وذلك لأنه مع مرور الزمن في عملية الارتشاح وزيادة عمق ومساحة الترطيب يقل تأثير وتحكم قوى الشد الشعري. كما ان هذه النسبة (X/Y) تزداد مع زيادة معدل اضافة الماء وذلك عند مقدار محدد من الارتشاح التراكمي، ان الزيادة في التقدم الافقي تحدث نتيجة زيادة مساحة الغمر السطحي بزيادة معدل اضافة الماء ولنفس الحجم من الماء سيؤدي الى نقصان في التقدم العمودي . كما يتبين ايضا من **الجدول(2)** ان نسبة التقدم الافقي الى التقدم العمودي تقل عند زيادة الارتشاح التراكمي ولأي من نسب الاضافة المتقطعة ولكافة مقاد الترب. كما يتبين ان النسبة (X/Y) تزداد بنقصان نسبة الاضافة المتقطعة والسبب هو تأثير التداخل بزيادة الزمن الكلي لدورات الاضافة المتقطعة و ذلك بنقصان نسبة الاضافة المتقطعة.

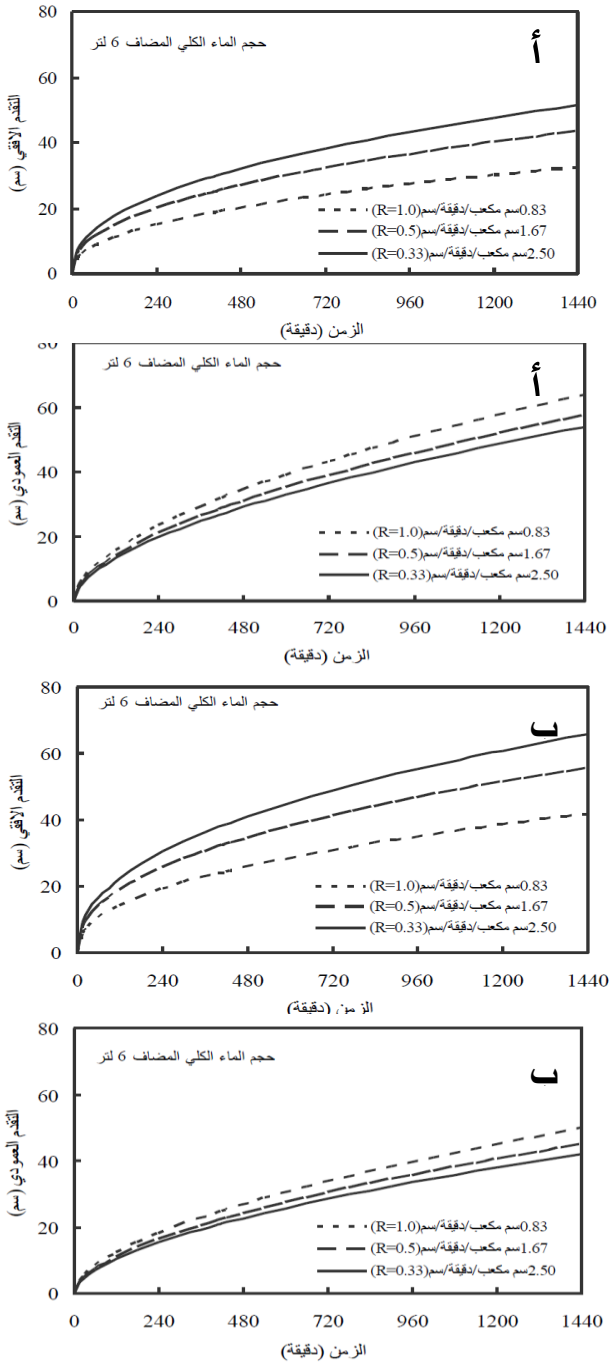
جبهة الابتلال بعد ثلاثة ايام من بداية اضافة الماء : يعرض **الجدول (3)** كلاً من التقدم العمودي الاقصى و معدل التقدم الافقي الاقصى لجبهة الابتلال بعد مرور ثلاثة ايام على بداية اضافة الماء ولحالات مختلفة من معدل واسلوب اضافة الماء ولمقاد الترب المختلفة، يوضح الجدول وبشكل عام انّ اسلوب الاضافة المتقطعة في استخدام منقطات بمعدلات اضافة

الجدول(3):التقدم العمودي الاقصى المقاس والتقدم الافقي السطحي المقاس الاقصى ولحالات مختلفة من معدل واسلوب اضافة الماء ولمقاد الترب المختلفة.

مقد التربة	نسبة الاضافة المتقطعة R	معدل اضافة الماء 1.67 (سم^3/دقيقة/سم)		معدل اضافة الماء 2.50 (سم^3/دقيقة/سم)		معدل اضافة الماء 3.33 (سم^3/دقيقة/سم)	
		X_{max} (سم)	Y_{max} (سم)	X_{max} (سم)	Y_{max} (سم)	X_{max} (سم)	Y_{max} (سم)
مزيجية رملية	1.00	45.5	66.8	47.3	65.0	48.0	63.1
	0.50	45.1	65.0	47.2	64.2	47.7	63.0
	0.33	45.7	64.1	47.9	63.8	47.6	61.0
مزيجية طينية غرينية	1.00	58.1	44.6	61.8	41.3	69.2	34.7
	0.50	-	-	-	-	-	-
	0.33	59.4	42.5	63.6	39.3	72.2	33.0
مزيجية رملية / مزيجية طينية غرينية	1.00	54.0	40.6	56.4	39.7	58.4	39.3
	0.50	-	-	-	-	-	-
	0.33	56.5	39.8	58.3	38.7	61.3	36.8
		معدل اضافة الماء 0.83 (سم^3/دقيقة/سم)		معدل اضافة الماء 1.67 (سم^3/دقيقة/سم)		معدل اضافة الماء 2.50 (سم^3/دقيقة/سم)	
مزيجية طينية غرينية / مزيجية رملية	1.00	61.5	60.1	55.1	61.5	60.1	55.1
	0.50	57.0	61.3	51.5	57.0	61.3	51.5
	0.33	55.5	62.7	50.4	62.7	62.7	50.4

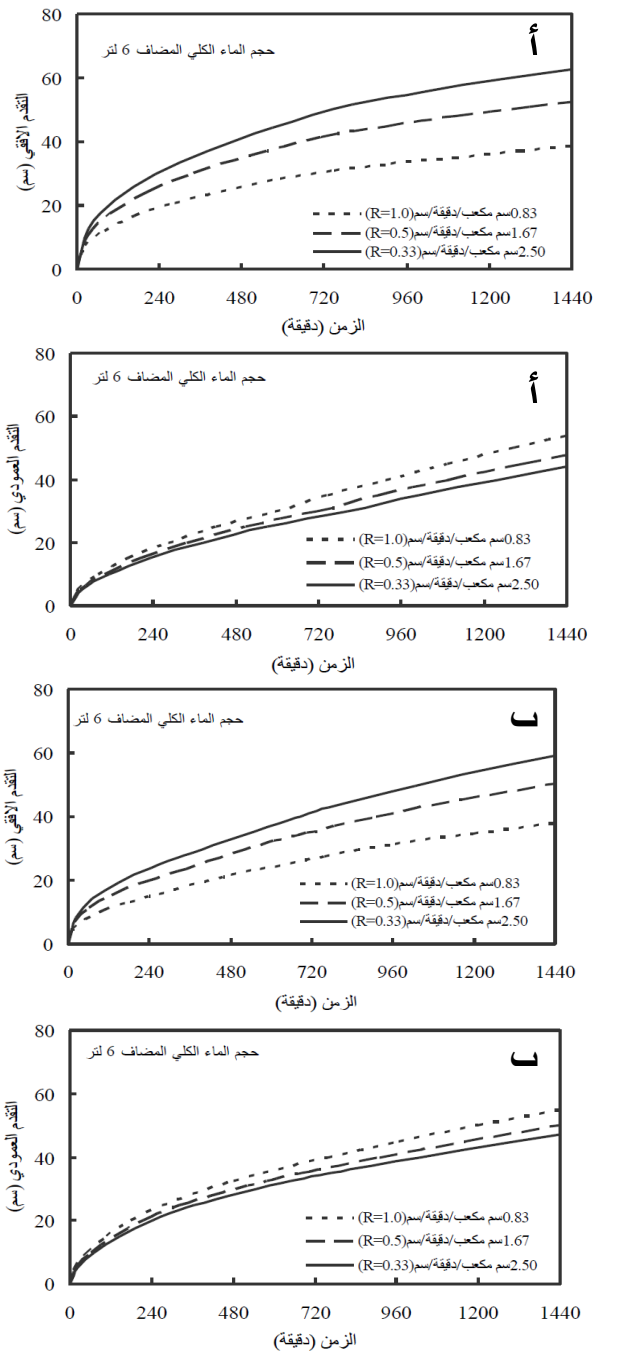
اكبر: هنالك مفهوم يتم استخدامه للاستفادة من اسلوب الاضافة المتقطعة او الدورية والغاية منه امكانية الاستعاضة عن منقط ذي معدل اضافة (مستمرة او متقطعة) صغير بمنقط اخر بمعدل اضافة اكبر ولكن باضافة متقطعة او بنسبة اضافة متقطعة (R) اصغر بحيث يكون المعدل الكلي لكمية الماء المضاف على امتداد الزمن النهائي لأيقاف تجهيز الماء متساوياً على ان يتوافق ذلك مع ظروف سعة منظومة الارواء وجدولة الارواء ونوعية

التربة.اعتماداً على هذا الاسلوب يعرض **الشكلان (9 و 10)** العلاقة بين كل من التقدم الافقي والتقدم العمودي لجبهة الابتلال مع الزمن وبمعدل كلي



الشكل(9): العلاقة بين كل من التقدم الافقي والتقدم العمودي مع الزمن بمعدلات واساليب اضافة مختلفة وبمعدل اضافة كلي متساوٍ على امتداد دورات الاضافة وذلك في أ: تربة مزيجية رملية و ب: تربة مزيجية طينية غرينية).

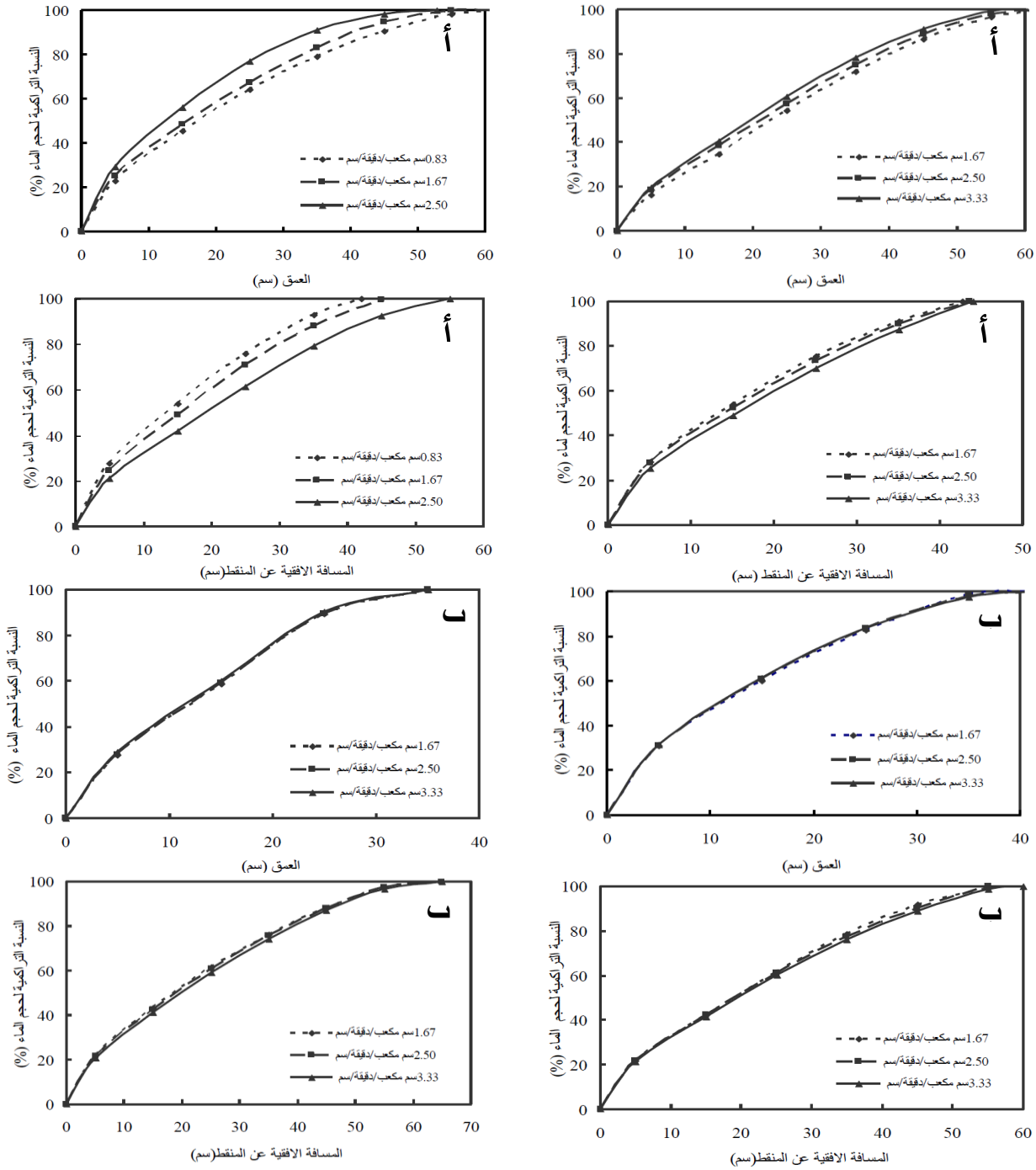
مقداره (0.83 سم مكعب/ دقيقة/سم) وذلك باستخدام ثلاث منقطات مختلفة في معدل اضافتها (0.83، 1.67، 2.50) سم مكعب/دقيقة/سم مع اساليب اضافة متقطعة مناسبة (نسبة الاضافة المتقطعة R: 1، $\frac{1}{2}$، $\frac{1}{3}$) على التوالي لتجهيز (6 لتر) ولمقاد الترب الاربعة. واضح من هذه الاشكال امكانية الاستفادة من هذا الاسلوب في الزيادة الواضحة للتقدم الافقي نتيجة تغير معدل الاضافة وبالتالي يمكن توظيف ذلك بزيادة الفواصل بين المنقطات او بين انابيب التنقيط، اضافة الى الحد البسيط من ضائعات الغمر العميق نتيجة النقصان في التقدم العمودي لنفس التغير في معدل الاضافة. ان تأثير الاضافة المتقطعة عامةً يؤدي الى التقليل من حركة الماء بالاتجاه العمودي، حيث تتعرض التربة بالاضافة المتقطعة الى نوبات من التبلل والجفاف النسبي مما



الشكل(10): العلاقة بين كل من التقدم الافقي والتقدم العمودي مع الزمن بمعدلات واساليب اضافة مختلفة وبمعدل اضافة كلي متساوٍ على امتداد دورات الاضافة وذلك في أ: تربة طباقية (مزيجية طينية غرينية / مزيجية رملية) وب: تربة طباقية (مزيجية رملية / مزيجية طينية غرينية).

يؤدي الى حدوث بعض الرص الحجمي في الطبقة السطحية من التربة [20] ، وينعكس هذا التقليل على زيادة في حركة الماء في الاتجاه الافقي وذلك لنفس كمية الماء المجهزة.

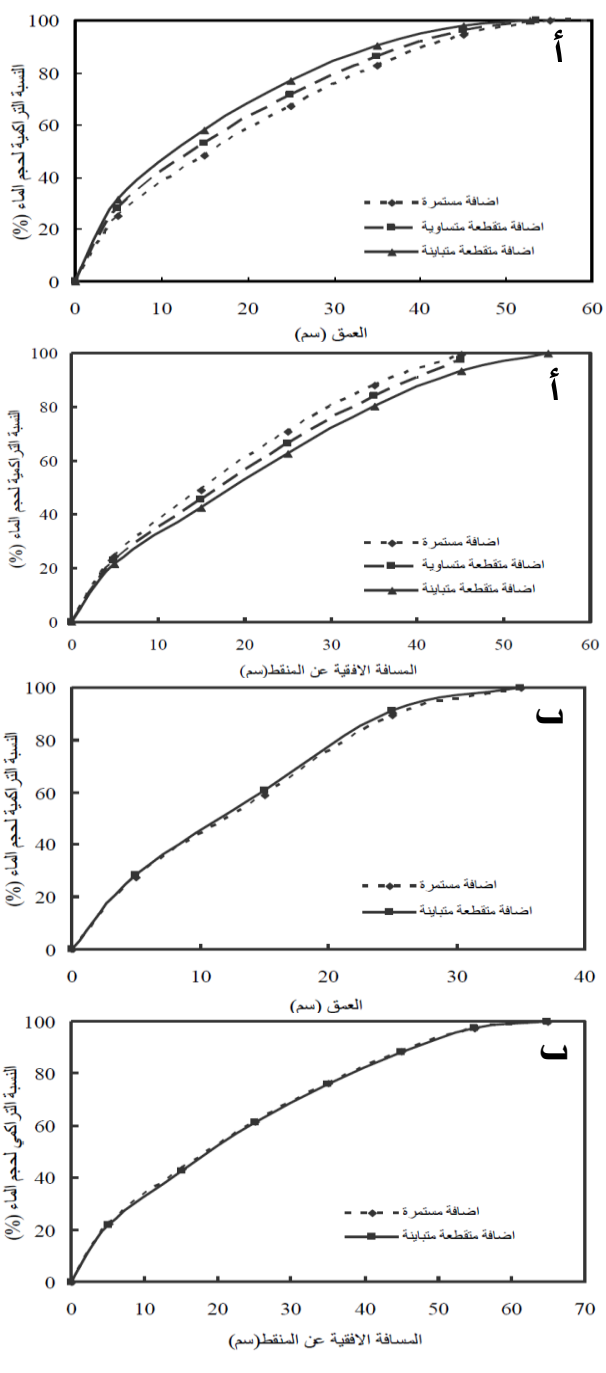
النسبة التراكمية لتوزيع الماء المضاف في التربة: يوضح **الشكلان (11 و12)** العلاقة بين النسبة التراكمية لحجم الماء المضاف في التربة مع كل من العمق والمسافة الافقية عن المنقط وبمعدلات اضافة الماء (1.67، 2.50، 3.33) سم مكعب/دقيقة/سم وذلك لمقاد الترب الاربعة. وتبين هذه الاشكال وعند عمق محدد من التربة ان النسبة التراكمية لحجم



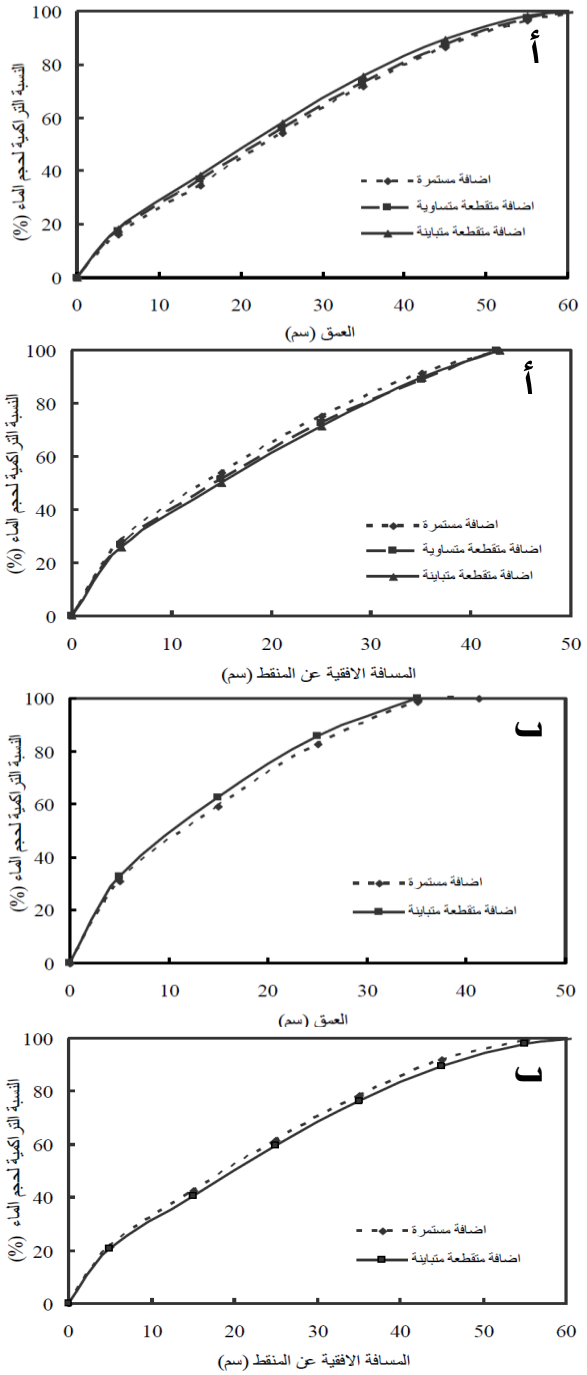
الشكل (11): تتغير النسبة التراكمية لحجم الماء مع كل من العمق عن المنقط و المسافة الافقية عن المنقط لمعدلات مختلفة لاضافة الماء المستمرة في أ:تربة مزيجية رملية.ب: تربة مزيجية طينية غرينية.

الشكل(12): تتغير النسبة التراكمية لحجم الماء مع كل من العمق عن المنقط و المسافة الافقية عن المنقط لمعدلات مختلفة لاضافة الماء المستمرة في أ: تربة طباقية (مزيجية طينية غرينية / مزيجية رملية) وب: تربة طباقية (مزيجية رملية / مزيجية طينية غرينية).

الماء المضاف في التربة تزداد مع زيادة معدل اضافة الماء وان عند مسافة افقية محددة عن المنقط فان النسبة التراكمية لحجم الماء المضاف في التربة تزداد مع نقصان معدل اضافة الماء. وبتعبير اخر عند نسبة تراكمية معينة لحجم الماء، في حالة ازدياد معدل اضافة الماء فان الخزن يكون في منطقة اقل عمقا واكثر بعدا افقيا عن المنقط. كما يوضح **الشكلان (13 و14)** العلاقة بين النسبة التراكمية لحجم الماء المضاف في التربة مع كل من العمق والمسافة الافقية عن المنقط، وعند معدل اضافة الماء مقداره 1.67سم مكعب/دقيقة/سم وباساليب اضافة مختلفة(اضافة مستمرة $R=1$ ، اضافة متقطعة متساوية $R=0.5$ ، اضافة متقطعة متباينة $R=0.33$) وذلك لمقاد الترب الاربعة. تبين هذه الاشكال انه عند عمق محدد من التربة عن المنقط فان النسبة التراكمية لحجم الماء المضاف في التربة تزداد مع نقصان نسبة الاضافة المتقطعة (R) وينطبق ذلك مع نتائج [9] ، وان عند مسافة افقية محددة عن المنقط فان النسبة التراكمية لحجم الماء المضاف في التربة تزداد مع زيادة نسبة الاضافة المتقطعة. وبتعبير اخر،عند نسبة تراكمية معينة لحجم الماء، في حالة نقصان نسبة الاضافة المتقطعة فان الخزن يكون في منطقة اقل عمقا واكثر بعدا افقيا عن المنقط. ان الزيادة في النسبة التراكمية لحجم الماء نتيجة تأثير تغير معدل اضافة الماء أو نسبة الاضافة المتقطعة تكون واضحة في كل من التربة المزيجية الرملية والتربة الطباقية (مزيجية طينية غرينية / مزيجية رملية) وتكاد تكون معدومة في الترب المزيجية الطينية الغرينية والترب الطباقية (مزيجية رملية/مزيجية طينية غرينية)، . ان زيادة معدل اضافة الماء أو نقصان نسبة الاضافة المتقطعة وكما ذكر أعلاه يؤديان الى نقصان في التقدم



الشكل(14): تتغير النسبة التراكمية لحجم الماء مع كل من العمق عن المنقط و المسافة الافقية عن المنقط باساليب مختلفة للاضافة وعند معدل اضافة مقداره (1.67سم مكعب/دقيقة/ سم) في أ: تربة طباقية (مزيجية طينية غرينية / مزيجية رملية) وب: تربة طباقية (مزيجية رملية / مزيجية طينية غرينية).



الشكل(13): تتغير النسبة التراكمية لحجم الماء مع كل من العمق عن المنقط و المسافة الافقية عن المنقط باساليب مختلفة للاضافة وعند معدل اضافة مقداره (1.67سم مكعب/دقيقة/ سم) في أ:تربة مزيجية رملية.ب: تربة مزيجية طينية غرينية.

العمودي الاقصى وزيادة في التقدم الافقي الاقصى لجبهة الابتلال، وبذلك تكون مساحة الشرائط الافقية للابتلال أكبر، ومساحة الشرائط العمودية للابتلال أصغر. وبما أنَ كمية الماء الكلية ثابتة فان زيادة مساحة الشرائط الافقية للابتلال عند عمق معين تعني زيادة النسبة التراكمية لحجم الماء، ونقصان مساحة الشرائط العمودية للابتلال عند مسافة افقية معينة يعني نقصان النسبة التراكمية.

حجم التربة المبتلة: يعرض **الجدول (4)** حجم التربة المبتلة بالسنتيمترات المكعبة بعد ثلاثة ايام من بداية اضافة الماء ولعدة معدلات اضافة الماء (3.33,2.50,1.67) سم مكعب/دقيقة/سم ولعدة اساليب لاضافة الماء(المستمرة، متقطعة متساوية، متقطعة متباينة)، بتجهيز(6 لتر) ماء في مقاد الترب الاربعة. بعامة يبين الجدول ان حجم التربة المبتلة يزداد مع زيادة معدل اضافة الماء كما يزداد حجم التربة المبتلة مع الزيادة في نسبة الاضافة المتقطعة (R). كما يتوضح من الجدول ان حجم التربة المبتلة يتناقص من مقد التربة المزيجية الرملية ثم التربة الطباقية (مزيجية طينية غرينية/مزيجية رملية) ثم التربة المزيجية الطينية الغرينية ثم التربة الطباقية (مزيجية رملية/مزيجية طينية غرينية). ان قابلية التربة المزيجية الطينية الغرينية على خزن الماء والاحتفاظ به أكبر من التربة المزيجية الرملية، لذلك فعند استخدام حجم ثابت للماء فان حجم التربة المبتلة المزيجية الرملية ستكون أكبر من حجم التربة المبتلة المزيجية الطينية الغرينية، وهذا سبب اختلاف حجم التربة المبتلة في المقاد الثلاثة الاولى في أعلاه. اما التربة

الطباقية (مزيجية رملية /مزيجية طينية غرينية) فان الماء سوف يتجمع فوق الحد الفاصل بين الطبقة السطحية والطبقة التحتية وربما يحصل ضغط هيدروليكي موجب.

الاستنتاجات

من خلال التحليل والمناقشة لنتائج التجارب، تم التوصل الى الاستنتاجات الاتية تحت الفرضيات والمحددات التي اعتمدتها الدراسة:

- قدمت الدراسة علاقات لحساب التقدم العمودي تحت مصدر التنقيط و التقدم الافقي السطحي لجبهة الابتلال.

الجدول(4):حجم التربة المبتلة لمعدلات واساليب اضافة مختلفة ولمقاد الترب لاربعة.

مقد التربة	معدل الاضافة ($سم^3$/دقيقة/سم)	حجم التربة المبتلة (سم مكعب)		
		اضافة مستمرة	اضافة متقطعة متساوية	اضافة متقطعة متباينة
(متجانس) مزيجية رملية	1.67	26430	26370	26135
	2.50	26680	26540	26265
	3.33	26780	26660	26385
(متجانس) مزيجية طينية غرينية	1.67	21105		20955
	2.50	21420		21025
	3.33	21800		21400
(طباقي) مزيجية طينية غرينية / مزيجية رملية	0.83	24995	24845	24455
	1.67	25270	24925	24525
	2.50	25400	24950	24705
(طباقي) مزيجية رملية / مزيجية طينية غرينية	1.67	20750		20370
	2.50	21045		20535
	3.33	21625		21000

- قدمت الدراسة علاقات لحساب كل من النسبة المئوية لحجم الماء المضاف في التربة في شرائح افقية كدالة للعمق وشرائح عمودية كدالة للمسافة الافقية عن المنقط.
- ان نسبة التقدم الافقي الى التقدم العمودي تقل بازدياد الارتشاح التراكمي، وتزداد هذه النسبة مع زيادة معدل اضافة الماء أو مع نقصان نسبة الاضافة المتقطعة وذلك عند مقدار محدد من الارتشاح التراكمي.
- ان أقصى تقدم أفقي يزداد، وأقصى تقدم عمودي يقل مع زيادة معدل اضافة الماء أو مع نقصان نسبة الاضافة المتقطعة.
- حجم التربة المبتلة يزداد مع زيادة معدل اضافة الماء أو زيادة نسبة الاضافة المتقطعة، وذلك لحجم ثابت من الماء.
- ان النسبة التراكمية لحجم الماء المضاف في التربة تزداد مع نقصان نسبة الاضافة المتقطعة عند عمق محدد في التربة من المنقط، و ان النسبة التراكمية لحجم الماء المضاف في التربة تزداد مع زيادة نسبة الاضافة المتقطعة عند مسافة افقية محددة عن المنقط.

المصادر

[1]. Júnior, José Alves, Wije Mallikaara Bandaranayake, and James Syvertsen. "Drip irrigation wetting patterns in a mid Florida sandy soil." ***IRRIGA*** 1.01 (2016): 1-1.

[2]. Reddy, Mallikarjun, M. S. Ayyanagowdar, and M. Nemichandrappa. "Characterize the moisture distribution pattern in drip irrigation under sandy loam soil." ***International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*** 7.4 (2018): 2915-2923.

[3]. Rafie, R. M., and F. M. El-Boraie. "Effect of Drip Irrigation System on Moisture and Salt Distribution Patterns under North Sinai Conditions." **Egypt. J. Soil Sci** 57.3 (2017): 247-260

[4]. Hanks, R.J. and G.L. Ashcroft "Physical properties of soils" Department of Soil Science and Biometeorology, Logan, Utah, 1976.

[5]. Jensen, Marvin E., ed. Design and operation of farm irrigation systems. No. 631.587/J51. American Society of agricultural engineers, 1980.

[6]. Picking D, "Soils" .MCA Version 1 Massachusetts Arborist Association, Inc.(www.umass.edu/larp/pdf/chapter_2_soils_final.),2005.

[7]. Moore ID, Eigel JD. Infiltration into two-layered soil profiles. ***Transactions of the ASAE***. 1981;24(6):1496-503.

[8]. Leconte R, Brissette FP. Soil moisture profile model for two-layered soil based on sharp wetting front approach. ***Journal of Hydrologic Engineering***. 2001 Apr;6(2):141-9.

[9]. Levin I, Van Rooyen PC, Van Rooyen FC. The Effect of Discharge Rate and Intermittent Water Application by Point-source Irrigation on the Soil Moisture Distribution Pattern 1. ***Soil Science Society of America Journal***. 1979;43(1):8-16.

[10]. Adato I, Levinson B. Influence of daily intermittent drip irrigation on avocado (cv. Fuerte) fruit yield and trunk growth. ***Journal of Horticultural Science***. 1988 Jan

[11]. Phene CJ, Howell TA. Soil sensor control of high-frequency irrigation systems. ***Transactions of the ASAE***. 1984;27(2):392-0396.

[12]. Burt, C.M. (1998) "Selection of methods for agriculture: drip /micro irrigation" .Proceeding of the Water Resources Div., ASAE, Annual Conference. Memphis, Tenn.

[13]. Hachum A.Y and H.I.Yasin, "On-farm Irrigation Systems Engineering", Dar Al Kuttb for Printing and Publishing, Mosul University, Mosul,Iraq, 1992.

[14]. Alnafousi,A.A., Effect of water sality and Operating Program on irrigation performance M.Sc. Thesis, Mosul University, Mosul, Iraq, 1987.

[15]. Ismail, S. M., et al. "Modeling the soil wetting pattern under pulse and continuous drip irrigation." ***American-Eurasian Journal Agricultural & Environment Science*** 14.9 (2014): 913-922.

[16]. Yasin,H.I., Effect of Intermittent Water Application from Trickle Source on Water Movement and Moisture Distri-bution in Layered Soil, Ph.D. Thesis, Mosul University, Mosul,Iraq,2006.

[17]. Amara,N.A., Fluid Mechanics, Cent-er of Arabization and Publishing, Techn-ology University, Baghdad, Iraq, 1983.

[18]. Youngs EG, Leeds-Harrison PB, Alghusni A. Surface ponding of coarse-textured soils under irrigation with a line of surface emitters. ***Journal of agricultural engineering research.*** 1999,1;73(1):95-100.

[19]. Lafolie, F., R.Guennelon, and M.Th. van Genuchten , "Analysis of water flow under trickle irrigation:I. Theory and numerical solution". ***Soil Sci. Soc. Am. J.*** (53): 1310-1318, 1989.

[20]. Al-Hadythy, I. M, Water Infiltration in Soil under Intermittent Ponding, MSc Thesis, Mosul University, Mosul,Iraq,1988.