التغاير المكاني لرطوبة التربة تحت نظام الري الشريطي وعلاقته بنمو محصول الحنطة

عمر نزار عبد الغفار الناصري[1]* وعبد الوهاب عبد الرزاق القيسي
جامعة تكريت – كلية الزراعة – قسم علوم التربة والموارد المائية

الخلاصـة

نفذت تجربة حقلية في في أحد الحقول الزراعية لقرية كوران التابعة لقضاء قرة هنجير / محافظة كركوك للمدة من 5 / 4 / 2015 ولغاية 12 / 6 / 2015 لغرض تقدير التغاير المكاني لمحتوى التربة الرطوبي خلال مراحل النمو المختلفة لمحصول الحنطة. تم قياس محتوى التربة الرطوبي في محطات على مسار بلغ طوله 10م و المسافة بين محطة وأخرى 25سم. أخذت العينات بواسطة مثقاب صغير (Mini Auger) للأعماق 0–5سم و5–10سم و10–20سم على ثلاث مراحل من نمو محصول الحنطة هي ظهور السنابل و النضج والحصاد. قدر المحتوى الرطوبي للتربة بواسطة فرن الموجات القصيرة (Microwave Oven).تم تحليل النتائج طبقا لمفاهيم الإحصاء التقليدي ومفاهيم الإحصاء الجيولوجي التي شملت تقدير مخطط الارتباط الذاتي Autocorrelogram و مخطط التباينVariogram. أظهرت نتائج التحليل عدم توزيع قيم محتوى التربة ألرطوبي توزيعا طبيعياً حسب مفاهيم الإحصاء التقليدي. وأظهرت قيم مقاييس التمركز(الوسط الحسابي والوسيط والمنوال) تقاربا فيما بينها لجميع الأعماق والمراحل وأظهرت قيم مقاييس التشتت(المدى والتباين ومعامل الاختلاف وألإنحراف المعياري) ارتفاعا لمرحلة النضج مقارنة بمرحلتي ظهور السنابل والحصاد. أظهر مخطط الارتباط الذاتي (Autocorrelogram) وجود علاقة ارتباط مكاني ضعيفة لمحتوى التربة الرطوبي مع المسافة ولم تتجاوز مسافة التاثير (Range of influence) للأعماق المدروسة 175سم.و أظهر مخطط التباين (Variogram) لمحتوى التربة الرطوبي أن مدى التأثير تراوح بين 350سم–950سم وكانت درجة الاعتمادية المكانية متوسطة لجميع أعماق التربة ومراحل نمو نباتات الحنطة المدروسة.

الكلمات المفتاحية:
التغاير المكاني ، رطوبة التربة ، الري الشريطي ، نمو ، الحنطة .

للمراسلة :
عمر نزار عبدالغفار الناصري
البريد الالكتروني:
omarnazar56@yahoo.com

Spatial Variability of Soil Moisture Content Under Border Irrigation System and It's Relationship With Wheat Growth

Omar Nazar Abdulghaffar Al-Nasiri and A.W. Al-Kayssi
University of Tikrit - College of Agriculture- Soil Science and water Resources Department

ABSTRACT

Field experiment was carried out at Goran agricultural field in Kara Hanjeer distract / Kirkuk, cultivated with wheat, to evaluate the spatial variation of soil moisture content. Soil moisture content was measured on stations along 10 m transect where the distance between the stations 25cm. Soil samples were obtained by mini auger for 3 depths (0-5cm, 5-10cm and 10-20cm) during three periods of wheat growth (flowering , ripening and harvesting). Soil samples were dried by Microwave oven.Data sets were analyzed according to the traditional statistic tools as well as geostatistics concepts (autocorrelogram and variogram). Results showed that the soil moisture content did not distributed normally according to the traditional statistics concepts. The central measures values (mean, median and mode) were convergent. The dispersion measures values (range, variance, coefficient of variation and standard deviation) in the ripening stage were higher than the flowering and harvesting stages. Autocorrelogram indicates that there was a weak special distance dependence of soil moisture content. The range of influence was about 175cm for all soil depths. Spherical variogram model indicates the precence of a spatial variation of soil moisture content ranged between 350cm and 950cm with an moderate spatial dependence class for all studied soil depths and growth stages.

Key Words:
Spatial Variability, Soil Moisture , Border Irrigation System,Wheat Growth.

Correspondence:
Omar N.A. Al-Nasiri

E-mail:
omarnazar56@yahoo.com

[1]البحث مستل من رسالة ماجستير للباحث الاول

المقدمة:

تعد رطوبة التربة متغير أساسي في علم المياه وعامل مهم في دراسة النظم البيئية طبيعية كانت أم زراعية إذ ترتبط ارتباطا وثيقا بمجموعة من عمليات علم المياه والجغرافيا ووراثة الترب وتختلف اختلافا كبيرا وفقا للزمان والمكان، ويؤثر هذا الاختلاف في العمليات المذكورة أعلاه. لرطوبة التربة علاقة وثيقة بالعمليات الحاصلة في التربة مثل تيسير العناصر الغذائية التي يستفاد منها النبات و التهوية و يؤثر هذا بدوره في نمو النبات واستطالة الجذور وبالتالي يؤثر في كمية الحاصل. إن المعرفة بالتغاير المكاني لرطوبة التربة هي قضية مهمة للدراسات المناخية والهيدرولوجية (Brocca وآخرون،2007).

تعد التربة نظاما معقدا وصفاتها غير عشوائية التنظيم وينتج التغاير الموجود في صفات التربة من عوامل طبيعية وهي عوامل تكوين التربة نفسها ومن عوامل غير طبيعيه أيضا كأنشطة البشر وتعاملهم مع الأرض وتؤثر هذه التغايرات بدورها في الإنتاج الزراعي. إن لدراسة التغاير المكاني لصفات التربة أهمية كبيرة في ادارة الترب لمختلف التطبيقات الزراعية كما ان لتوزيع المحتوى ألرطوبي في التربة أهمية كبيرة في دراسات علم المياه والمناخ وإدارة عمليات الري (Mittelbach و Seneviratne، 2012). تتطلب إستراتيجية اخذ نماذج التربة لتقدير رطوبة التربة المعرفة الكاملة للتغاير المكاني لتوزيع الرطوبة من جهة وتحديد مجال ألتأثير من جهة أخرى. أوضح Pandey و Pandey (2010) أن التوزيع المكاني لرطوبة التربة يختلف افقيا وعموديا وفقا لعدة أسباب وهي التبخر والأمطار وتأثير الطوبوغرافية ونسجة التربة والغطاء النباتي. وجد Zhang وآخرون (2011) من خلال دراسة رطوبة التربة السطحية في موسمي الجفاف والأمطار أن التباين كان عاليا نسبيا في موسم الجفاف مع انخفاض في متوسط رطوبة التربة ولكن اقل تباينا في موسم الأمطار مع ارتفاع في متوسط رطوبة التربة بعد حدوث مطرة غزيرة ، وبعد تحليلات الإحصاء الجيولوجي كانت النتائج مقاربة مع انحرافات قليلة.

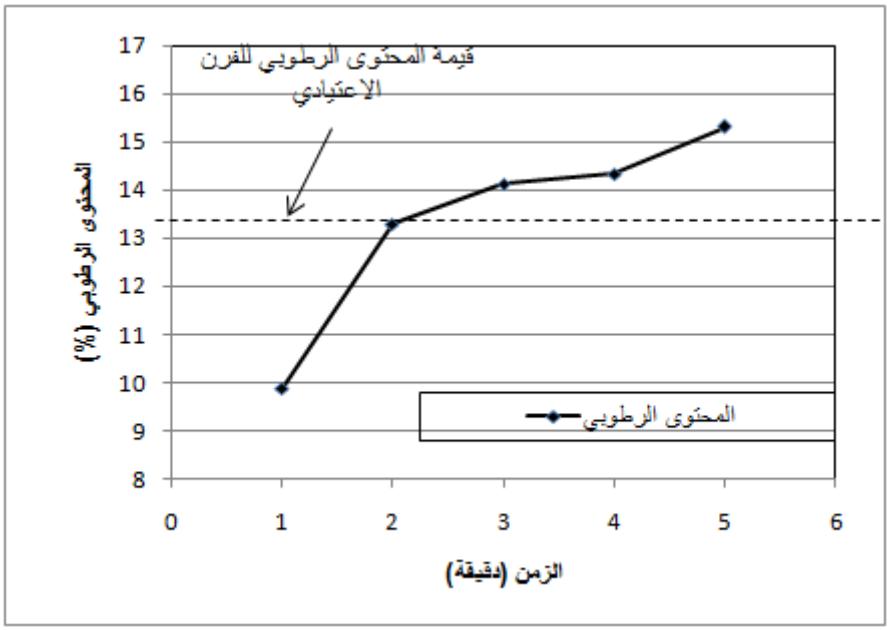
إن مفاهيم دراسات التغاير المكاني في علوم التربة والمستندة على أسس الإحصاء الجيولوجي (Geostatistics) أدخلت حديثا في دراسة خصائص التربة. بموجب هذه المفاهيم لاتتوزع خصائص التربة بشكل عشوائي كما هو الحال مع مفاهيم الإحصاء التقليدي، وإنما هناك ارتباط مكاني لهذه الخصائص. لذا فان دراسة كل خاصية من خصائص كل تربة يتطلب معرفة الارتباط المكاني ومجال تأثير كل خاصية.

تعتمد بحوث علوم التربة في الوقت الحاضر بشكل كبير على الإحصاء الجيولوجي جنبا إلى جنب مع الإحصاء التقليدي واللذان بدورهما يشكلان أداة هامة لعلوم الزراعة (Jonior وآخرون 2005). اجري هذا البحث لتقدير التغاير المكاني لرطوبة التربة تحت نظام الري الشريطي ولمراحل مختلفة من نمو نباتات محصول الحنطة وفق معايير الإحصاء التقليدي ومعايير الإحصاء الجيولوجي.

المواد وطرائق البحث:

اجريت دراسة حقلية في أحد الحقول الزراعية لقرية كوران التابعة لقضاء قرة هنجير في شمال شرق محافظة كركوك الذي يقع على خط عرض "12.36 '34 °35 شمالاً و خط طول "16.56 '36 °44 شرقاً. تزرع المنطقة بمحاصيل الحبوب ديماً و يتراوح معدل الهطول المطري في المنطقة إلى 400-300 ملم سنويا. تتميز المنطقة بطوبوغرافية متموجة تقع في وادي منبسط محاط بالتلال.تم اختيار مسار(transect) بطول 10 متر في وسط حقل مزروع بمحصول الحنطة بأتجاه الانحدار (انحدار طفيف -1% 0.5). حددت 40 محطة لأخذ عينات لتقدير رطوبة التربة وبلغت المسافة بين محطة وأخرى 25سم. اخذت عينات التربة بواسطة المثقاب الصغير (mini-auger) بقطر داخلي بلغ 13 مم وبطول 80 سم. اخذت العينات من كل محطة لثلاث اعماق 0–5 و5–10 و10–20 سم خلال ثلاث مراحل لنمو محصول الحنطة وهي مرحلة ظهور السنابل(flowering)، مرحلة النضج (ripening)، مرحلة الحصاد (harvesting). تم تقدير المحتوى الرطوبي للتربة بأستعمال الطريقة الوزنية Gravimetric (Method)، إذ قدر المحتوى الرطوبي في نماذج التربة بعد تجفيفها في فرن الموجات القصيرة (المايكرويف) لمده دقيقتين بعد أن

تم تعيير درجة الحرارة ومدة التجفيف بفرن الموجات القصيرة مع الفرن الاعتيادي (شكل 1). وتم تقدير بعض الصفات الفيزيائية والكيميائية لتربة منطقة الدراسة حسب(Blake،1965)و(Richards،1954) (جدول 1).



شكل 1. علاقة المحتوى الرطوبي الوزني (%) للتربة مع زمن التجفيف في فرن المايكروويف بالدقائق ومعايرته بالفرن الاعتيادي.

جدول 1: بعض الخصائص الفيزيائية والكيميائية لتربة موقع الدراسة

الخاصية	القيمة
النسجة	Silty clay
الرمل (%)	7.55
الغرين (%)	51.97
الطين (%)	40.48
الكثافة الظاهرية (ميكاغرام/م^3)	1.24
التوصيل الكهربائي (ديسيسيمنز/م)	0.3
الأس الهيدروجيني(pH)	7.85
كربونات الكالسيوم (%)	27.5
المادة العضوية (%)	1.79
الأيونات الذائبة (ملي مكافئ. لتر$^{-1}$)	
الكالسيوم	2
المغنيسيوم	2
الصوديوم	0.3
البوتاسيوم	0.2
الكاربونات	0
البيكاربونات	1.9
الكلور	0.8

أستخدمت طرائق الاحصاء التقليدي الواردة في الراوي (1984) والاحصاء الجيولوجي لتقدير التغاير المكاني (spatial variation) الواردة في Warrickوآخرون (1986) إذ تم تقدير المعايير الآتية :-

1: الوسط الحسابي (Mean) :

تم حساب معدل المحتوى الرطوبي ($\bar{x}$) للمحطات ولكل مرحلة على حدة من مراحل نمو محصول الحنطة وأعماق التربة المدروسة بموجب العلاقة الاتية:

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (1)$$

إذ أن:-

x = المحتوى الرطوبي الوزني عند كل مجطة.

n = عدد المحطات.

2: الانحراف المعياري (Standard deviation) :

تم حساب دالة الانحراف المعياري (σ) للمحطات لكل مرحلة من مراحل نمو نباتات محصول الحنطة وأعماق التربة المدروسة بموجب العلاقة الاتية :

$$\sigma = \left[\frac{\sum(x_i - \bar{x})^2}{n-1}\right]^{1/2} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (2)$$

إذ أن:-

$\bar{x}$ = معدل المحتوى الرطوبي الوزني للمحطات. x_i = قراءات المحطات. n = عدد المحطات.

3:المنوال (Mode) :

وهي القيمة التي تكرر اكثر من غيرها في قيم المحتوى الرطوبي.

4:الوسيط (Median) :

وهي القيمة التي تتوسط قيم المحتوى الرطوبي الوزني عند ترتيبها تصاعدياً أو تنازلياً.

5:اختبار طبيعة التوزيع (Skew) :

تم حساب دالة طبيعة التوزيع (Skew) لقيم المحتوى الرطوبي الوزني لكل مرحلة من مراحل نمو نباتات محصول الحنطة ولأعماق التربة المدروسة بموجب العلاقة الاتية:

$$Skew = \frac{3(\bar{x} - median)}{\sigma} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (3)$$

فإذا كانت قيمة دالة الالتواء تساوي صفراً فيدل ذلك على ان توزيع القيم لكل صفة هو توزيع طبيعي. واذا كانت قيمة دالة الالتواء سالبة فان هذا يعني ان توزيع القيم لكل صفة غير طبيعي وتوزيعها منحرف نحو اليسار. واذا كانت قيمة دالة الالتواء موجبة فان ذلك يعني ان توزيع القيم لكل صفة غير طبيعي ايضا وتوزيعها منحرف نحو اليمين.

6: التغاير (Sample variance) :

هو مقياس لمقدار انحراف القيم عن القيمة الوسطى (المعدل) ويحسب من العلاقة الاتية:

$$s = \left[\frac{\sum(x_i - \bar{x})^2}{n}\right] \quad (4)$$

7: المدى (Range) :

وهو مدى التغير ويعيني الفرق بين أعلى واقل قيمةلمجموعة من القيم.

8: معامل الإختلاف (Coefficient of Variation):

ويرمز له بالرمز C.V. (%) ، وهو عبارة عن الانحراف المعياري معبرا عنه كنسبة مئوية من الوسط الحسابي. اي أن :

$$C.V. = \frac{S}{\bar{x}} .100 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (5)$$

9: مخطط الارتباط الذاتي (Autocorrelogram):

تم حساب دالة الارتباط الذاتي (Autocorrelationfunction) ρ(h) ومخطط الارتباط (correlogram) بموجب العلاقة الاتية:

$$\rho(h) = \left[\frac{1}{n(h)-1}\right]\sum_{n=1}^{n(h)}(z(x) - \bar{z})(z(x+h) - \bar{z})/\sigma^2 \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (6)$$

إذ أن:-

σ^2= معامل الانحراف. z = قيم المتغير المكانية. x = رقم المحطة. n = عدد المحطات المكانية. $\bar{z}$ = معدل قيم المتغير.

تم حساب مخطط الارتباط الذاتي للأعماق 0–5 و5–10 و10–20 سم ولمراحل نمو نباتات محصول الحنطة ظهور السنابل و النضج والحصاد.

10: مخطط التباين (Variogram):

تم حساب مخطط التباين Variogram$\gamma(h)$ لتوزيع المحتوى الرطوبي للتربة لكل مرحلة من مراحل نمو محصول الحنطة واعماق التربة المدروسة بموجب العلاقة الاتية:

$$\rho(h) = \left[\frac{1}{2n(h)}\right]\sum_{n=1}^{n(h)}(z(x_i + h) - z(x_i))^2 \ldots (7)$$

إذ:-

z = قيم المتغير المكانية. x = رقم المحطة. n = عدد المحطات المكانية.

تم حساب مخطط التباين لكل مرحلة من مراحل نمو نباتات الحنطة و لأعماق التربة المدروسة.

استخدام برنامج MathCAD V.14 Microsoft version لحساب مخططات الارتباط الذاتي ومخططات التباين ومخططات التباين المتداخلة.

النتائج والمناقشة:

1-مقاييس التمركز والتشتت لتوزيع محتوى ألتربة ألرطوبي:

تم حساب قيم معايير الإحصاء التقليدي المتمثلة بمقاييس التمركز والتي هي الوسط الحسابي (mean) والوسيط (median) والمنوال (mode) ومقاييس التشتت والتي شملت معامل الإختلاف (Coefficient of Variation) والانحراف المعياري (Standard Deviation) و المدى (Range) و التباين (Sample Variance) والموضحة في جدول 2.

يتضح من الجدول ان قيم الوسط الحسابي والوسيط والمنوال كانت متقاربة لمرحلة ظهور السنابل للعمق 0–5سم حيث بلغت 11.459 و 11.45 و11.05 على الترتيب .وعند العمق 5–10سم بلغت 12.95 و12.62 للوسط الحسابي والوسيط على الترتيب ولم يكن هنالك منوال لهذا العمق وبلغت قيم الانحراف المعياري والتباين 0.92 و0.858 على الترتيب وهي قيم منخفضة أيضا . أما للعمق 10–20سم فبلغت قيم الوسط الحسابي والوسيط والمنوال 13.63 و13.89 و13.75 على الترتيب مع ارتفاع في قيم الإنحراف المعياري والتباين لتصل إلى 1.045 و1.092 على الترتيب وتبين هذه القيم ازدياد التشتت مع العمق لهذه المرحلة.

أما عند مرحلة النضج بلغت قيم المتوسط الحسابي والوسيط والمنوال للعمق 0–5سم 15.61 و15.04 و12.87 على الترتيب إذ اختلفت قيمة المنوال بنسبة 16% تقريبا. وبلغت قيم للوسط الحسابي والوسيط للعمق 5–10سم 14.45 و14.61 على الترتيب ولم يكن هنالك منوال، وهذا يختلف عن مرحلة ظهور السنابل التي ارتفعت معدلات محتوى التربة الرطوبي فيها مع العمق نتيجة لأرتفاع درجات الحرارة العظمى وسرعة الرياح.

أظهرت قيم مقاييس التمركز لمرحلة الحصاد تقاربا فيما بينها إذ بلغت قيم الوسط الحسابي والوسيط والمنوال للعمق 0–5سم 2.61 و2.74 و2.75 على الترتيب وبلغت قيم الوسط الحسابي والوسيط والمنوال للعمق 5–10سم 3.77 و3.59 و3.47 على الترتيب بينما بلغت قيم الوسط الحسابي والوسيط والمنوال للعمق 10–20سم 5.11 و4.93 و4.51 على الترتيب.

جدول 2: مقاييس التمركز والتشتت لمحتوى التربة ألرطوبي خلال مراحل نمو محصول الحنطة

المرحلة	العمق (سم)	مقاييس التمركز			مقاييس التشتت			
		المتوسط الحسابي	الوسيط	المنوال	معامل الاختلاف	الانحراف المعياري	التباين	المدى
مرحلة ظهور السنابل	5-0	11.459	11.45	11.05	7.854	0.9	0.811	4.07
	10-5	12.59	12.62	N/A	7.307	0.92	0.858	3.74
	20-10	13.63	13.89	13.75	7.666	1.045	1.092	5.43
مرحلة النضج	5-0	15.61	15.04	12.87	16.623	2.595	6.737	10.36
	10-5	14.45	14.61	N/A	14.532	2.1	4.413	9.69
	20-10	13.16	12.96	12.21	15.889	2.091	4.373	12.37
مرحلة الحصاد	5-0	2.61	2.74	2.75	27.471	0.717	0.514	3.5
	10-5	3.77	3.59	3.47	27.931	1.053	1.11	4.17
	20-10	5.11	4.93	4.51	20.234	1.034	1.069	5.25

يتضح مما تقدم أن زيادة تقارب قيم الوسط الحسابي والوسيط والمنوال لتوزيع المحتوى الرطوبي للتربة لكل عمق من الأعماق المدروسة في كل مرحلة من مراحل نمو محصول الحنطة يدل على زيادة تجانس توزيع رطوبة التربة ومحدودية التباين لمحتوى التربة الرطوبي على طول المسار المدروس. وكلما زادت الاختلافات بين هذه المعايير كان هنالك تشتت وعدم تجانس في توزيع القيم المرتبط بقيمة معدل محتوى التربة الرطوبي المرتبطة أصلا بكمية الامطار الساقطة وهذا يتفق مع ما اشار إليه Tekeste وآخرون (2008) الذي بين أن من اهم اسباب التشتت في قيم محتوى التربة الرطوبي للأعماق العليا من التربة (0-20سم) هي كمية الامطار الساقطة.

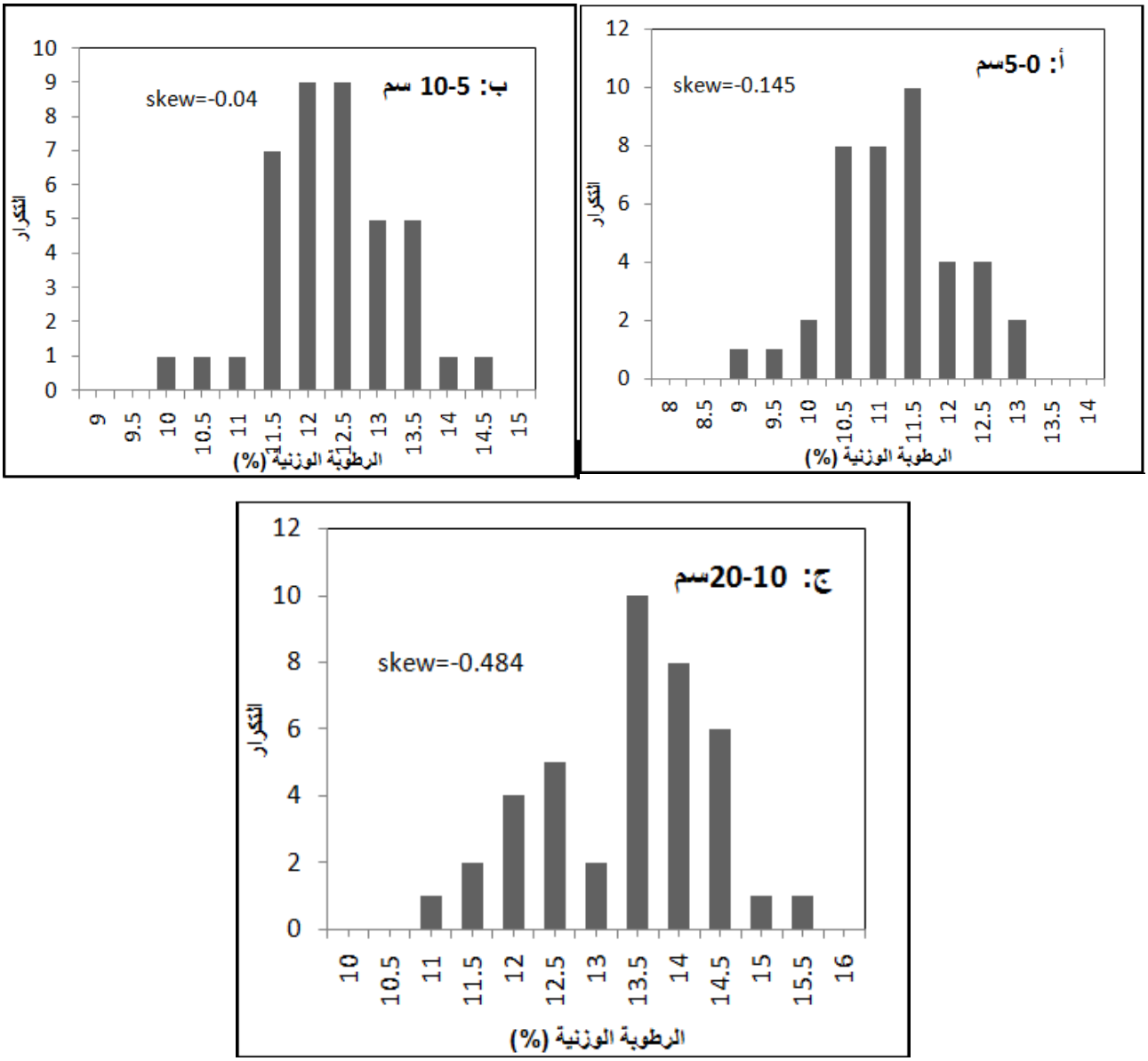
وعند دراسة معايير التشتت يتضح من جدول 2 أن قيم معامل ألاختلاف كانت منخفضةلمرحلة ظهور السنابل والتي بلغت7.854 و7.307 و7.666 % للأعماق 0-5سم و5-10سم و10-20سم على الترتيب. وارتفعت لمرحلة النضج لتبلغ16.623 و14.53 و15.889 % ولمرحلة الحصاد 27.471 و27.931 و20.234% للأعماق0-5سم و5-10سم و10-20سم على الترتيب،أي أنها ارتفعت مع تقدم مراحل نمو محصول الحنطة. أن القيم العالية لمعامل الاختلاف تدل على زيادة التشتت والقيم القليلة تدل على وجود تجانس أكثر (الراوي ، 1984). أظهرت قيم ألانحراف المعياري تقارب بين قيمهاعند مرحلة مرحلة ظهور السنابل إذ بلغت 0.9 و0.92 و1.045 للأعماق 0-5سم و5-10سم و10-20سم على الترتيب، واختلفت قيم الانحراف المعياري لمرحلة النضج للعمق 0-5سم والتي كانت أعلى بنسبة 10% تقريبا عن الأعماق 5-10سم و10-20سم، إذ بلغت 2.595 و2.1 و2.091 للأعماق 0-5سم و5-10سم و10-20سم على الترتيب. أي أنها ارتفعت لهذه المرحلة، وكانت نسبة الاختلاف 23% للعمق 0-5سم لمرحلة الحصاد عن الاعماق 5-10سم و10-20سم إذ بلغت 0.717 و1.053 و1.034 للأعماق0-5سم و5-10سم و10-20سم على الترتيب وتعزى هذه الاختلافات للعمق 0-5سم مقارنة بالعمقين 5-10سم و10-20سم إلى التأثر المباشر لهذا العمق بالظروف الخارجية كالطقس والغطاء النباتي . وبلغت قيم التباين لمرحلة ظهور السنابل 0.811 و0.858 و1.092 للأعماق 0-5سم و5-10سم و10-20سم على الترتيب، إذ كان التباين للعمق 10-20سم أعلى مقارنة مع العمقين 0-5سم و5-10سم وأرتفعت قيم التباين لمرحلة النضج لتبلغ 6.737 و4.413 و4.373 للأعماق 5-0سم و5-10سم و10-20سم على الترتيب أي أن العمق 0-5سم أعطى تباينا أعلى بنسبة 35 % تقريبا عن العمقين 5-10سم و10-20سم لهذه المرحلة. وعند مرحلة الحصاد انخفضت قيم التباين لتبلغ 0.514 و1.11 و1.069 للأعماق 0-5سم و5-10سم و10-20سم على الترتيب أي أن التباين للعمق 0-5سم كان اقل بنسبة 53% تقريبا من تباين العمقين 5-10سم و10-20سم

وتعزى قيم التباين العالية لمرحلة النضج إلى معدلات الرطوبة العالية لهذه المرحلة مقارنة بمرحلتي ظهور السنابل والحصاد وخصوصا للعمق 0–5سم وهذا يثبت أن هنالك علاقة طردية بين قيم التباين العالية ومعدلات محتوى التربة الرطوبي العالية .

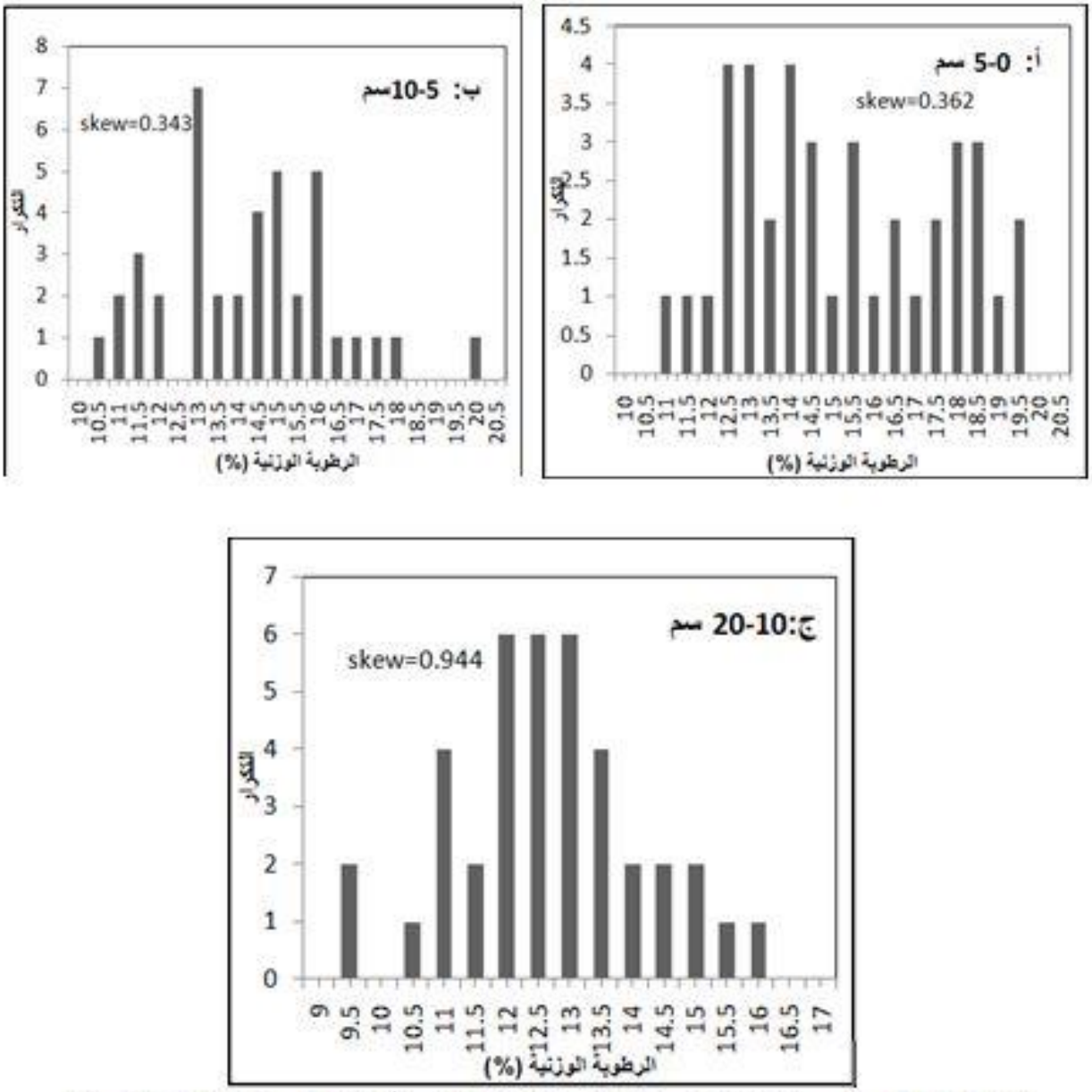
أظهرت قيم المدى اختلافات فيما بينها للمراحل الثلاث إذ بلغت قيم المدى لمرحلة ظهور السنابل 4.07 و3.74 و5.43 ولمرحلة النضج 10.36 و9.69 و12.37 ولمرحلة الحصاد 3.5 و4.17 و5.25 وذلك للأعماق0–5سم و5–10سم و10–20سم على الترتيب. أي أن اعلى قيم مدى بين نتائج محتوى التربة الرطوبي كانت لمرحلة النضج أي أن المدى بين أعلى واقل قيمة لمحتوى التربة الرطوبي كان الأعلى أثناء مرحلة النضج. ويعزى ذلك إلى ارتفاع قيم معدلات محتوى التربة الرطوبي لهذه المرحلة مقارنة بمرحلتي ظهور السنابل والحصاد إذ أن ارتفاع قيم محتوى التربة الرطوبي يزيد من تشتت قيمها وذلك يتفق مع ما توصل إليه Brocca وآخرون (2007) إذ أن دراسته تركزت على التربة السطحية بمواعيد مختلفة.

نستنتج من ذلك أن أعلى قيم لمقاييس التشتت كانت أثناء مرحلة النضج مقارنة بمرحلتي ظهور السنابل والحصاد ويمكن ان يعزى ذلك إلى ارتفاع معدلات محتوى التربة الرطوبي لهذه المرحلة، ولم ينطبق ذلك على مقياس معامل الاختلاف الذي أعطى أعلى قيم في مرحلة الحصاد إذ استمرت قيمه بالارتفاع مع تقدم مراحل نمو نباتات الحنطة لذلك يعى ارتفاع قيم معامل الاختلاف التدريجية إلى نمو نباتات الحنطة.

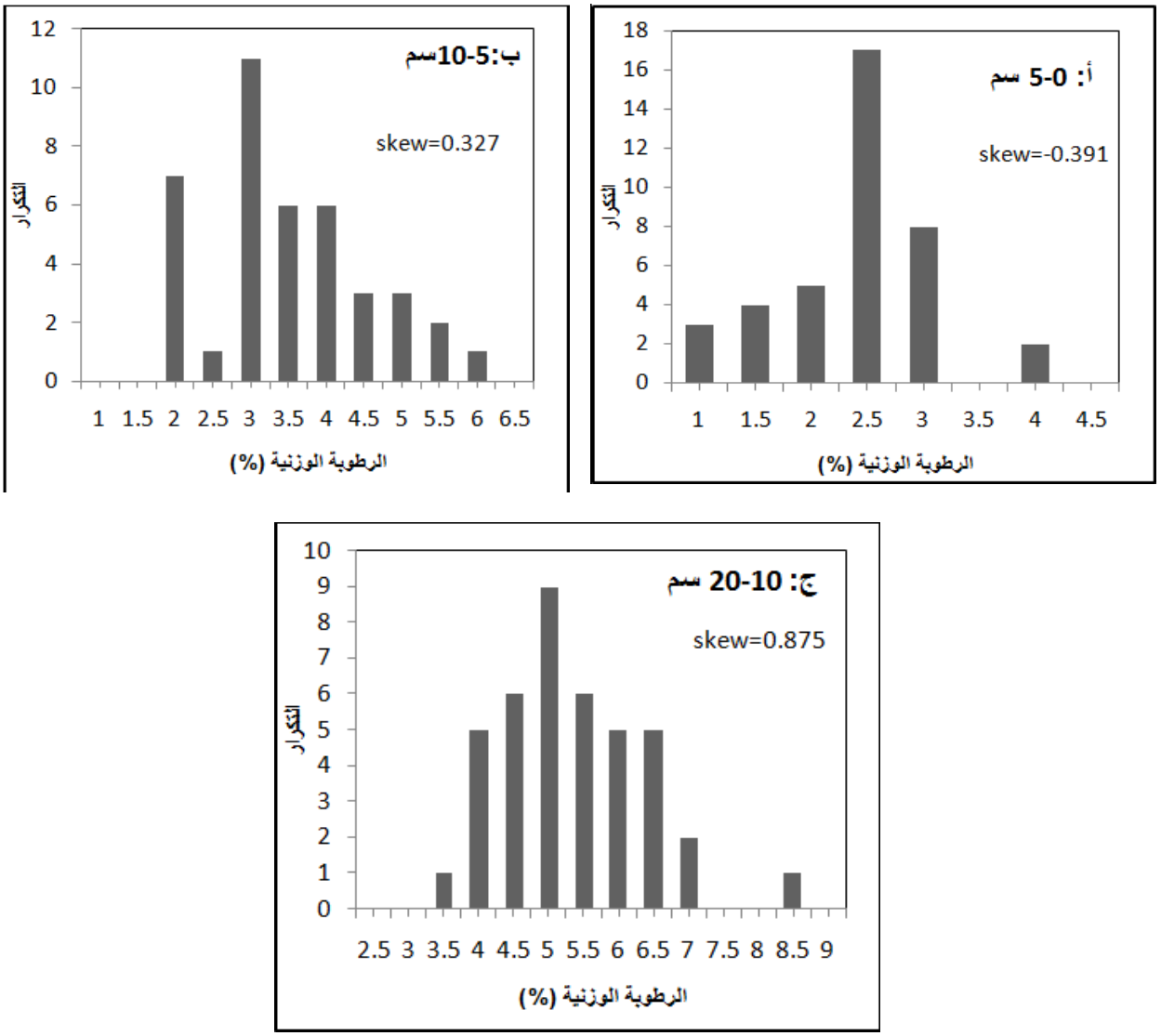
يوضح شكل 2 المدرج التكراري لتوزيع المحتوى الرطوبي للتربة على طول المسار لمرحلة ظهور السنابل للأعماق 0–5سم و5–10سم و10–20سم ، إذ بلغت قيم ألانحراف للعمقين 0–5سم و5–10سم 0.145– و 0.04– على الترتيب، وارتفعت للعمق 10–20سم لتصل إلى 0.484-. إذ كانت قيمة الانحراف أعلى للعمق 10–20سمأعلى بنسبة 71% مقارنة بالعمق 0–5سم و90%مقارنة بالعمق 5–10سم ويعزى ذلك إلى كمية الأمطار العالية لهذه المرحلة والتي رفعت معدل محتوى التربة الرطوبي للعمق 10–20سم. لم يكن توزيع المحتوى الرطوبي للتربة طبيعيا لهذه المرحلة وإنما منحرف نحو اليسار. بينما يلاحظ تغير قيم انحراف المدرج التكراري لمحتوى التربة الرطوبي عند مرحلة النضج إلى القيم الموجبة (شكل 3)، اذ كانت متقاربة للعمقين 0–5سم و5–10سم أيضا وارتفعت للعمق 10–20سم بنسبة 60% عن العمقين 0–5سم و5–10سم إذ بلغت القيم 0.362 و 0.343 و 0.944 للأعماق 0–5سم و5–10سم و10–20سم على الترتيب إذ كان معدل محتوى التربة الرطوبي للعمق 10–20سم منخفضا بسبب انخفاض كمية الأمطار الساقطة لهذه المرحلة مقارنة بمرحلة ظهور السنابل، لم يكن توزيع الرطوبة طبيعيا لهذه المرحلة ومنحرف نحو اليمين. وعند مرحلة الحصاد يلاحظ تغير توزيع الرطوبة للمدرج إذ بلغت قيم الانحراف 0.391– و 0.327 و 0.875 للأعماق 0–5سم و5–10سم و10–20سم على الترتيب (شكل 4)،وكان توزيع محتوى التربة الرطوبي منحرفا نحو اليسار للعمق 0–5سم بينما بقي نحو اليمين للعمقين 5–10سم و10–20سم ولم يكن توزيع المحتوى الرطوبي للتربة طبيعيا أيضا. يتضح مما تقدم أن العمق 10–20سم أظهر أعلى قيم انحراف إذا ما قورن بالعمقين 0–5سم و5–10سم لجميع المراحل ويمكن أن يعزى ذلك لمحدودية تأثر هذا العمق بالعوامل الخارجية مقارنة مع العمقين 0–5سم و5–10سم.



شكل2: توزيع محتوى رطوبة التربة لمرحلة ظهور السنابل للأعماق0–5سم (أ) و5–10سم (ب) و10–20سم (ج)



شكل 3: توزيع محتوى رطوبة التربة لمرحلة النضج للأعماق 0-5سم (أ) و5-10سم (ب) و10-20سم (ج)



شكل 4: توزيع محتوى رطوبة التربة لمرحلة الحصاد للأعماق0–5سم (أ) و5–10سم (ب) و10–20سم (ج)

2–التغاير المكاني لتوزيع محتوى لتربة الرطوبي:

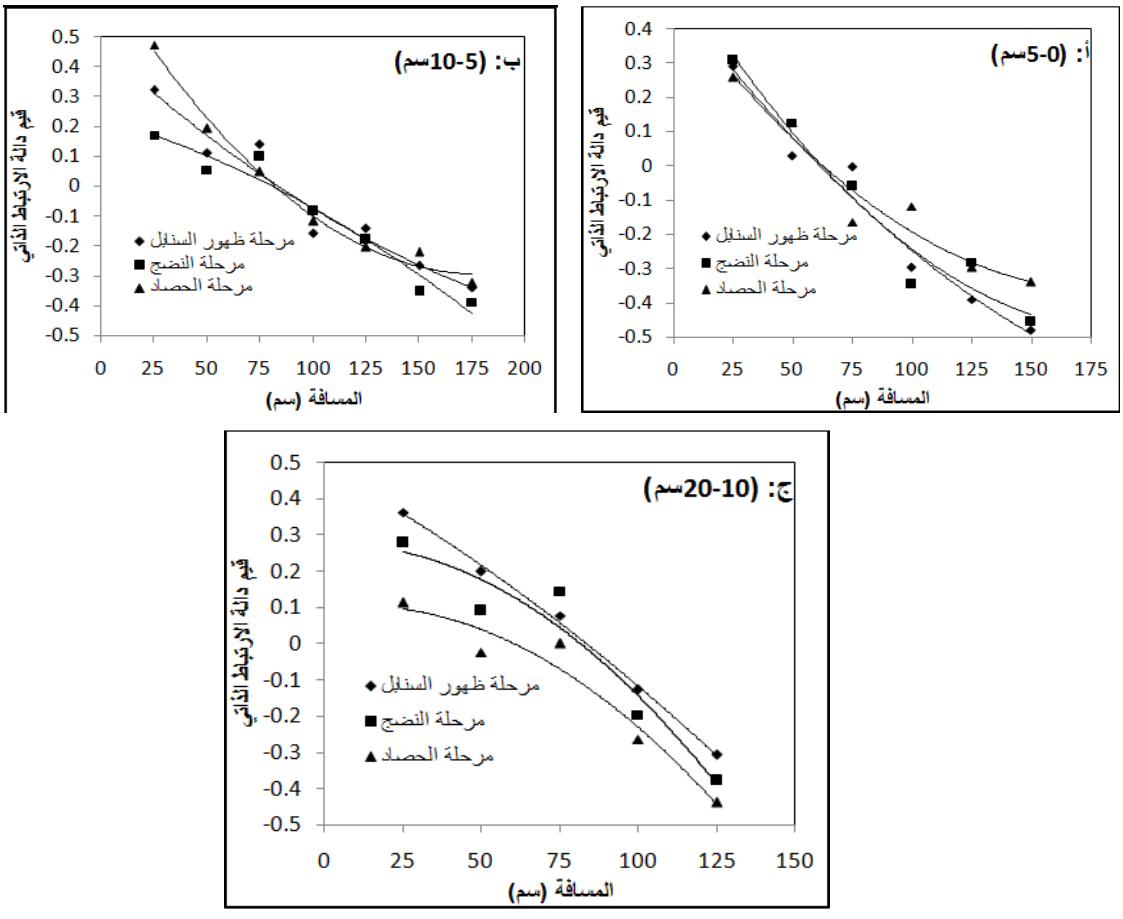
2–1 مخطط الارتباط الذاتي (Correlogram) :

يبّين شكل 5 مخططات الارتباط الذاتي لتوزيع محتوى التربة الرطوبي للأعماق 0–5سم (شكل 5–أ) و5–10سم (شكل 5–ب) و10–20سم (شكل 5–ج) على طول المسار وتحديد مدى التأثير (Range of Influence) المتمثل بالارتباط الذاتي لكل عمق من أعماق التربة المدروسة ولكل مرحلة من مراحل نمو محصول الحنطة، وتمثل المسافة التي يصل فيها ألإرتباط الذاتي إلى إوطأ قيمة له هي مسافة التأثير أو مدى الارتباط الذاتي. تم اختيار الإنموذج الرياضي المتعدد العوامل (polynomial) الذي كان الأمثل في وصف نتائج مخطط الارتباط الذاتي.

بلغت قيم دالة الارتباط الذاتي للعمق 0–5 سم0.478– و0.453– و0.339– لمراحل ظهور السنابل والنضج والحصاد على الترتيب، وبمدى تأثير بلغ 150سم. يلاحظ من الشكل 5–أ انخفاض قيمة دالة الارتباط الذاتي لمرحلة ظهور السنابل لتتجاوز الصفر عند المحطة الرابعة (75سم) واستمرت بالانخفاض التدريجي لتصل إلى أوطأ قيمة لها و انخفضت قيمة دالة الارتباط الذاتي لمرحلة النضج لتتجاوز الصفر عند المحطة الرابعة (75سم) أيضا لكن الانخفاض لم يكن تدريجيا بل متذبذبا وكذلك الحال بالنسبة لمرحلة الحصاد التي انخفضت قيم دالة الارتباط الذاتي وتجاوزت الصفر عند المسافة 75سم أيضا ثم استمرت بالانخفاض

المتذبذب لتصل إلى أوطأ قيمة لها. وتعزى هذه الانسيابية في تدرج قيم دالة الارتباط الذاتي لهذا العمق مقارنة بالعمقين 5–10سم و10–20سم إلى التأثر المباشر لهذا العمق بالظروف الخارجية المتعلقة بالطقس والغطاء النباتي. بينما بلغت قيم دالة الارتباط الذاتي 0.338– و0.387– و0.322– على الترتيب وبمدى تأثير 175 سم (شكل 5–ب) عند العمق 5–10سم لمراحل نمو محصول الحنطة الثلاث إذ انخفضت قيم دالة الارتباط الذاتي لتتجاوز الصفر عند المحطة الخامسة (100سم) لجميع المراحل وكان الانخفاض تدريجيا لمرحلة ظهور السنابل والنضج بينما كان الانخفاض غير مستقر ومتذبذب لمرحلة الحصاد ويمكن ملاحظة ذلك بوضوح لمنحنى العمق 5–10سم ويعزى ذلك إلى الانخفاض الكبير لمحتوى التربة الرطوبي لهذه المرحلة. بلغت قيم دالة الارتباط الذاتي للعمق 10–20سم 0.305– و0.378– و0.438– على الترتيب وبمدى تأثير125 سم(شكل 5–ج) لمراحل نمو محصول الحنطة الثلاث إذ انخفضت قيم دالة الارتباط الذاتي لتتجاوز الصفر عند المحطة الخامسة (100سم) لمرحلتي ظهور السنابل والنضج وبانخفاض تدريجي لتصل إلى أوطأ قيمة لها أما عند مرحلة الحصاد فتجاوزت الصفر عند المحطة الثالثة (50سم) إذ كان الانخفاض متذبذب وغير مستقر لمرحلتي النضج والحصاد بينما كان مستقرا لمرحلة ظهور السنابل. ويعزى ذلك إلى ارتفاع كمية الامطار لهذه المرحلة والتي جعلت معدل محتوى التربة الرطوبي للعمق 10–20سم عاليا، ويمكن ان يعزى انخفاض مدى التأثير لهذا العمق مقارنة بالعمقين 0–5سم و5–10سم إلى عدم التأثر الكبير لهذا العمق بالظروف الخارجية .

يتضح مما تقدم أن الارتباط الذاتي لمحتوى التربة الرطوبي للأعماق المدروسة أظهرت ارتباطا ذاتيا ضعيفا لم يتجاوز 175سم من المسار المدروس لجميع مراحل نمو محصول الحنطة وهذا يتفق مع ما توصل إليه Brocca وآخرون (2007) للصفة نفسها إذ أعطى مخطط ارتباط ذاتي غير مستقر مع مدى تأثير قصير لم يتجاوز 10 م من طول المسار البالغ 45م لتسع مواعيد مختلفة خلال عام 2002.



شكل 5: مخططات الارتباط الذاتي لرطوبة التربة للأعماق0–5سم (أ) و5–10سم (ب) و10–20سم (ج)

2-مخطط التباين (Variogram):

تبين الأشكال 6 و7 و8 مخططات التباين لمحتوى التربة الرطوبي لمراحل نمو محصول الحنطة الثلاث (مرحلة ظهور السنابل ومرحلة النضج ومرحلة الحصاد) للأعماق 0-5سم و5-10سم و10-20سم على الترتيب.و كان الانموذج الكروي هو الافضل لوصف النتائج (Warrickوآخرون ، 1986):

$$\gamma(h) = C_0 + (C_1 - C_0)[3/2(h/a) - 1/2(h/a)^3] \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (8)$$

عندما $h \leq a$ and $= C_1$ عندما $h > a$

إذ ان:

C_0: nugget التباين الذاتي عند المسافة صفر

C_1: sill النهائية المستقرة لمخطط التباين

a : range of influence مدى التأثير

تمثل قيم الـ (nugget) التباين الذاتي عند المسافة صفر ووجودها يشير إما إلى مقياس الخطأ المنطقي أو الارتباط المكاني. وتمثل قيم الـ (sill) القيمة النهائية المستقرة لمخطط التباين. أما قيم مدى التأثير (range of influence) فهي المسافة التي تصل فيها الـ sill إلى أعلى قيمة والتي تمثل القيمة النهائية المستقرة لمخطط التباين.

يبين جدول 3 قيم الـ (nugget) والـ (sill) ومدى التأثير (range of influence) ودرجة الاعتمادية المكانية لمخططات التباين لمحتوى التربة الرطوبي. و بلغت قيم الـnugget لمرحلة ظهور السنابل9.542 و10.761 و11.842 وقيم الـ sill 11.888 و12.427 و13.888 للأعماق 0-5سم و5-10سم و10-20سم على الترتيب، وبلغ مدى التأثير550سم و575سم و600 سم للأعماق0-5سم و5-10سم و10-20سم على الترتيب وكان التباين الذاتي للعمق 10-20سم اكبر مدى تأثير مقارنة بالعمقين 0-5سم و5-10سم لهذه المرحلة.

بلغت قيم ألـ nugget عند مرحلة النضج 12.561 و11.262 و11.468 و الـ sill 16.85 و15.526 و13.981 ومدى التأثير 475 و525 و500 سم للأعماق0-5سم و5-10سم و10-20سم على الترتيب، وكان مدى التأثير للعمق 5-10سم هو الأكبر مقارنة بالعمقين 0-5سم و10-20 سم لهذه المرحلة ويعزى الإنخفاض في مدى التأثير لهذه المرحلة مقارنة بمرحلة ظهور السنابل إلى نمو نباتات محصول الحنطة ، إذ تؤثر النباتات بشكل رئيسي في رطوبة التربة (Stark، 1994).

وعند مرحلة الحصاد بلغت قيم الـ nugget 2.089 و3.661 و4.92 وقيم الـ sill 2.899 و3.957 و5.205 و مدى التأثير بلغ 450سم و350سم و950سم للأعماق0-5سم و5-10سم و10-20سم على الترتيب.إذ أن العمقين 0-5سم و5-10 أعطيا اقل ارتباط مكاني وهذا يتفق مع Fitzjohn وآخرون (1998).

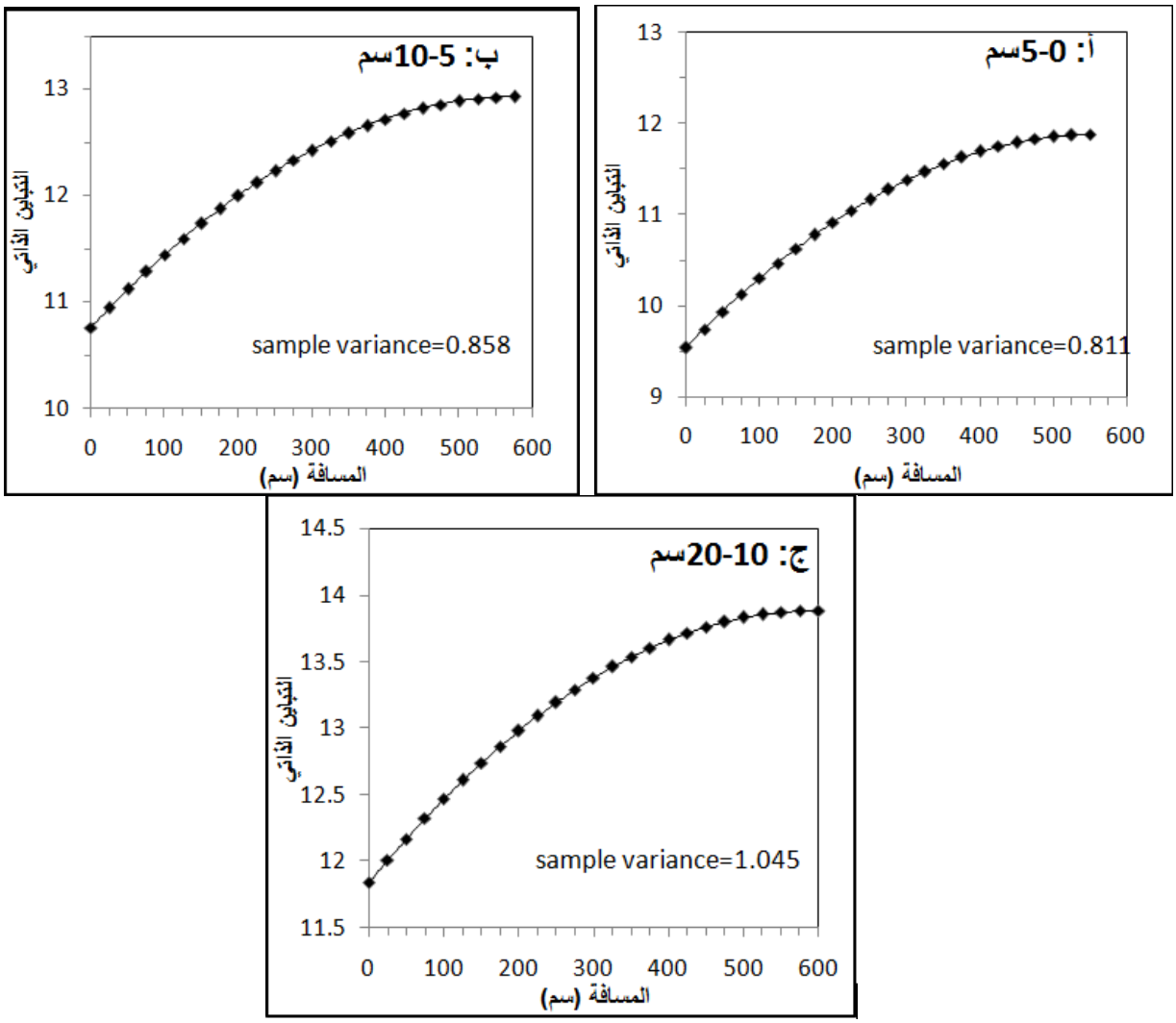
يبين جدول 3 درجة الاعتمادية المكانية والتي يمكن ان تحدد من خلال إيجاد النسبة بين قيمة تغاير Nugget (C_0) إلى قيمة تغاير Sill (C_0+C_1) بموجب الطريقة المقترحة من قبل Robinson و Mettermicht (2006) ، ويطلق عليه قيمة الخطأ في نموذج التباين الذاتي (Variogram Model Error) فإذا كانت نسبة الخطأ أقل من 0.25 يكون تغاير الارتباط المكاني عاليا بين المواقع ألمقاسة أما إذا كانت قيمته بين 0.25 و0.75 فأن درجة الاعتمادية المكانية تكون متوسطة وفي حال كون هذه النسبة أكبر من 0.75 فأن درجة الاعتمادية المكانية بين المواقع تكون ضعيفة.

جدول 3: قيم معايير دالة التباين الذاتي و درجة الاعتمادية المكانية لمخططات التباين لمحتوى التربة الرطوبي.

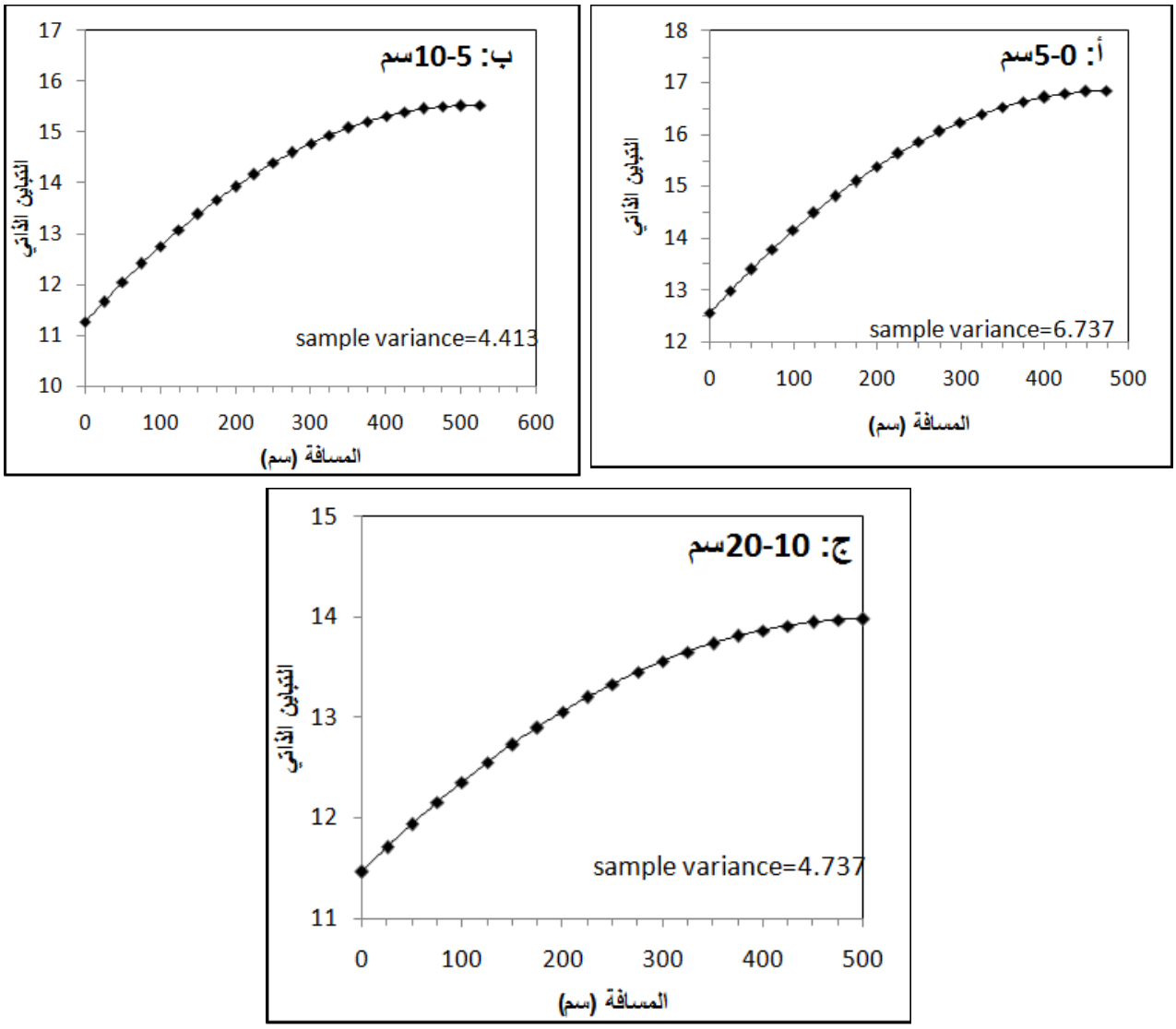
المرحلة	العمق	قيمة Nugget(C_0)	قيمة Sill(C_1)	مدى التأثير (a)	قيمة $\frac{C_0}{C_0+C_1}$	درجة الإعتمادية المكانية
ظهور السنابل	0–5سم	9.542	11.888	550سم	0.445	متوسطة
	5–10سم	10.761	12.927	575سم	0.454	متوسطة
	10–20سم	11.842	14.888	600سم	0.46	متوسطة
النضج	0–5سم	12.561	16.85	475سم	0.427	متوسطة
	5–10سم	11.262	15.526	525سم	0.42	متوسطة
	10–20سم	11.468	13.981	500سم	0.45	متوسطة
الحصاد	0–5سم	2.089	2.899	450سم	0.418	متوسطة
	5–10سم	3.661	3.957	350سم	0.48	متوسطة
	10–20سم	4.92	5.205	950سم	0.485	متوسطة

أظهرت نتائج هذه الدالة لصفة رطوبة التربة المدروسة لجميع اعماق التربة المدروسة و جميع مراحل نمو محصول الحنطة قيما تراوحت بين 0.418 و 0.485 أي أن درجة الاعتمادية المكانية لجميع هذه الأعماق والمراحل كانت متوسطة وتتفق هذه النتيجة مع ما توصل إليه صادق والحسيني (2014) للصفة محتوى التربة الرطوبي للعمق 0–15سم. يبّين شكل 6 مخطط التباين لمحتوى التربة الرطوبي لمرحلة ظهور السنابل للأعماق 0–5سم (أ) و5–10سم (ب) و10–20سم (ج) على الترتيب. بلغت قيمة التباين 0.811 وقيمة الـ Sill 11.888 للعمق 0–5سم وبلغت قيمة التباين 0.858 و الـ Sill 12.927 للعمق 5–10سم وبلغت قيمة التباين 1.092 و الـ Sill 13.888 للعمق 10–20سم. يبين شكل 7 مخطط التباين لمحتوى التربة ألرطوبي لمرحلة النضج للأعماق0–5سم (أ) و5–10سم (ب) و10–20سم (ج) على الترتيب. بلغت قيمة التباين 6.737 و الـ Sill 16.85 للعمق 0–5سم وبلغت قيمة التباين 4.413 والـ Sill 15.526 للعمق 5–10سم وبلغت قيمة التباين للعمق 10–20سم 4.373 و قيمة الـ (Sill) 13.981. يبّين شكل 8 مخطط التباين لمحتوى التربة الرطوبي لمرحلة الحصاد للأعماق0–5سم (أ) و5–10سم (ب) و10–20سم (ج) على الترتيب وبلغت قيمة التباين 0.514 و الـ Sill 2.899 للعمق 0–5سم، وبلغت قيمة التباين للعمق 5–10سم 1.11 وبلغت قيمة الـ Sill 3.957 وبلغت قيمة التباين 1.069 والـ Sill 5.205 للعمق 10–20سم وتتفق هذه النتائج مع ما توصل إليه Oliveira وآخرون (2014) للظروف الجافة أيضا ولكن باستخدام الري بالتنقيط .

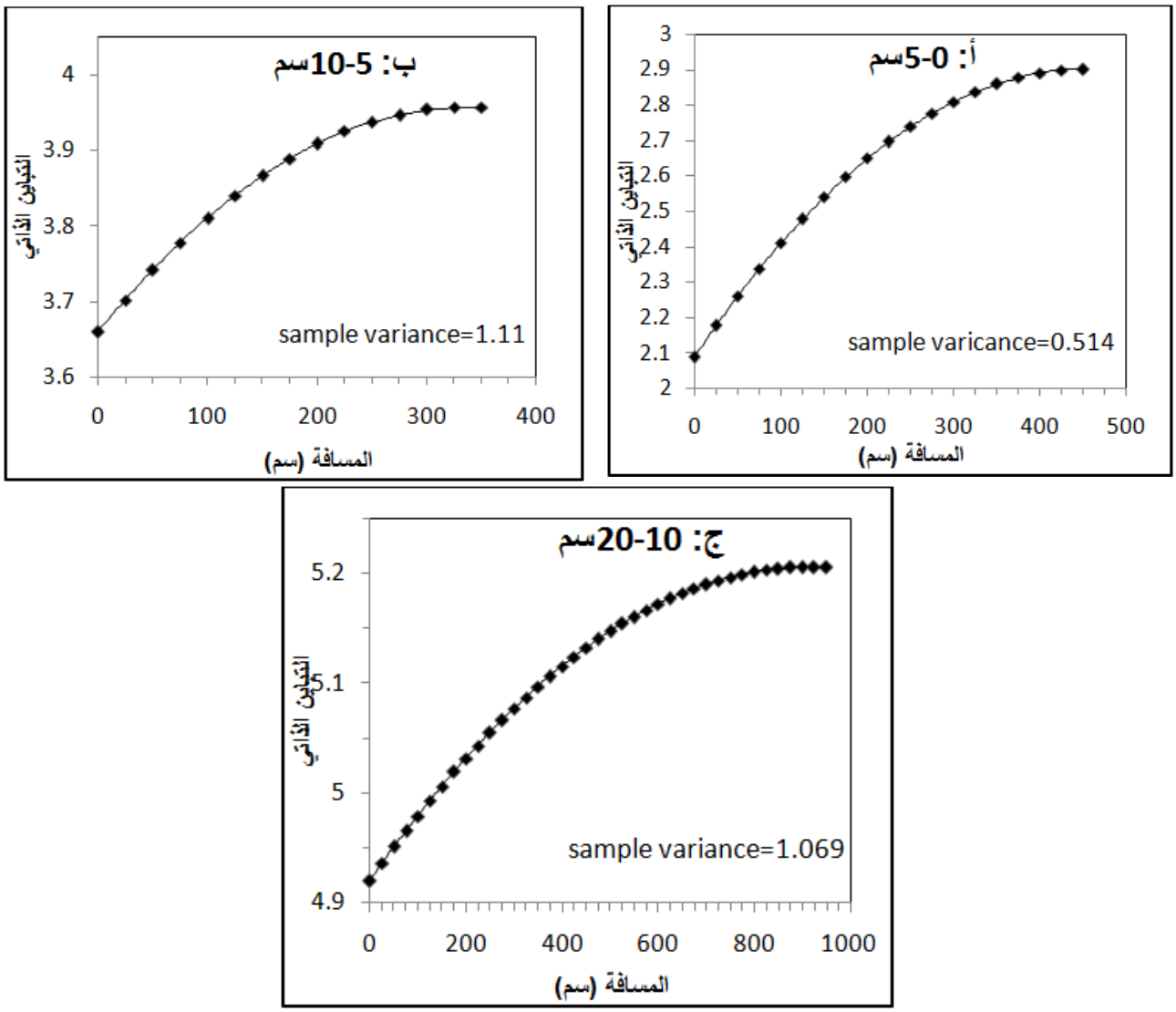
يتضح من ألأشكال 6 ،7 ،8 أن التباين الذاتي لقيم محتوى التربة الرطوبي تراوح بين 550 و600 سم لمرحلة ظهور السنابل و بين 475 و525 سم لمرحلة النضج و بين 350 و950 سم لمرحلة الحصاد في مخطط التباين والذي يشير إلى وجود تغاير مكاني لمدى تأثير كل مرحلة مدروسة ولكل عمق من الأعماق المدروسة وصلت لغاية 950 سم في العمق 10–20سم عند مرحلة الحصاد (الظروف الجافة) وهذا يتفق مع ما توصل إليه Noguchi وآخرون (2014)، يمكن أن نلاحظ من نتائج مخططات الارتباط النصفي أيضا أن اقصر مدى تأثير كان في العمق 0–5سم لمرحلتي ظهور السنابل والنضج وارتفع مدى التأثير مع العمق ونستنتج من ذلك أن التغاير المكاني لرطوبة التربة يزداد مع العمق أثناء هاتين المرحلتين بينما ظهر اختلاف لمرحلة الحصاد إذ كان العمق 5–10سم هو أقصر مدى تأثير ويعزى ذلك إلى دراجات الحرارة المرتفعة وظروف التربة الجافة في هذه المرحلة وهذا يشر إلى أن التغاير المكاني لرطوبة التربة السطحية يتبع كمية الأمطار الساقطة وهذا يتفق مع نتائج Oldak واخرون (2001).



شكل 6: مخططات التباين الذاتي لرطوبة التربة عند مرحلة ظهور السنابل للأعماق0–5سم (أ) و5–10سم (ب) و10–20سم (ج)



شكل 7: مخططات التباين الذاتي لرطوبة التربة عند مرحلة النضج للأعماق0–5سم (أ) و5–10سم (ب) و10–20سم (ج)



شكل8: مخططات التباين الذاتي لرطوبة التربة عند مرحلة الحصاد للأعماق0–5سم (أ) و5–10سم (ب) و10–20سم (ج)

المصادر:

الراوي، خاشع محمود. 1984. المدخل الى الاحصاء. كلية الزراعة والغابات– جامعة الموصل.

صادق، منير هاشم و كرار رزاق جواد الحسيني2014.. رسم خرائط ثلاثية الابعاد لتغاير بعض صفات التربة الفيزيائية بأستخدام الإحصاء المكاني. مجلة الفرات للعلوم الزراعية 6(2):294-277.

Black C.A. 1965. Methods of Soil Analysis, Part 1. Amr. Soc. Of Agron. Inc. U.S.A.

Brocca, L. ; Morbidelli, R.; Melone F. and Moramarco, T. 2007. soil moisture spatial variability in experimental areas of central Italy, Jour. Hydro. 333: 356– 373.

Fitzjohn, C.; Ternan, J. L. and Williams, A. G. 1998. Soil moisture variability in a semi-arid gully catchment: implications for runoff and erosion control. Catena 32: 55–70.

Jonior, V. V.; Carvalho, M.P.; Dafote Freddi, O. S.; Vazquez, E. V. and Ingaramo, O. E. 2005. Spatial variability of soil water content and mechanical resistance of Brazilian ferrasols. Soil Till. Res. 88: 166-177.

Mittelbach, H. and Seneviratne, S. I. 2012. A new perspective on the spatio-temporal variability of soil moisture: temporal dynamics versus time-invariant contributions. Hydrol. Earth Syst. Sci., 16, 2169–2179.

Noguchi, S. ; Yoshio, T. ; Roy, C. S. ; Tayoko, K. 2014. spatial distribution of surface soil moisture in a small forested catchment Jour. W. Re. Pro. , 6: 1220-1229.

Oliveira, R. C. ; Cunha, F. N. ; Silva, N. F. ; Lori, P. ; Teieira, M. B. and Coelho, R. D. 2014. Spatial variation in soil moisture with subsurface drip irrigation in cane sugar. Afr. Jo. Agri. Res. 44: 3291-3299.

Oldak, A. ; Thomas, J. Jackson and Yakov, P. 2001. Soil moisture mapping with passive microwave imagery and geostatistical analysis. Rem. Sen. Hydo. 267, 2001.

Pandey, V. and Pandey P. K. 2010. Spatial and Temporal Variability of Soil Moisture. Inter. Jour. Geosci. , 1: 87-98.

Richards, L. A. 1954. Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soil. Agricultural Handbook, No.60.

Robinson, T.P and Matternicht, G. 2006. Testing the performance of spatial interpolation techniques for mapping soil properties. Comput. Electron. Agric. 50:97-108

Stark, J. M. 1994. Causes of soil nutrient heterogeneity at different scales. In: Caldwell MM, Pearcy RW (eds) Exploitation of environmental heterogeneity by plants. Academic Press, New York.

Tekeste, M. Z. ; Raper, R. L. and Schwab, E. B. 2008. A soil drying effects on soil strength and depth of hardpan layers as determined from con index data. Agri. Eng. Intl.

Warrick, A. W. ; Myers, D. E. and Nielsen, D. R. 1986. Geostatistical methods applied to soil science: In Methods of Soil Snalysis, part 1. No. 9, 53-82.

Zhang, J. ; Chen, H. ; Yirong, S. ; Shi, Y.; Zhang, W. and Xiangli, K. 2011. Spatial Variability of Surface Soil Moisture in a Depression Area of Karst Region. Clean – Soil, Air, Water , 39 (7), 619–625.