

طريقة رياضية لحساب المساحة الورقية الفردية لنوعي أشجار القوغ (*Populus nigra* L.) و (*Populus euphratica* L.)

إقبال محمدغريب البرزنجي¹ شاهين عباس مصطفى² سرقول احمد خدر¹ ساكارسعدالله مولود¹
¹ فاكليتي العلوم والصحة / جامعة كوية ² كلية الزراعة/ جامعة كركوك

الخلاصة

لأهمية المساحة الورقية في استقبال الضوء وبالتالي النتح والتمثيل الضوئي واستخدام الماء و المغذيات، أجريت هذه الدراسة بهدف تطوير نموذج بسيط ورخيص ودقيق وغير متلف للأوراق لغرض تقدير المساحة الورقية الفردية لأوراق القوغ من خلال قياس أبعاد الورقة من طول وعرض والمتوافقات الناتجة من هذين المتغيرين. أخذت أوراق مختلفة الأبعاد لنوعين من القوغ هما *Populus nigra* و *Populus euphratica* النامية في مدينة طقطق التي تبعد 9 كم من مدينة كويسنجق التابعة لمحافظة أربيل. استخدم تحليل الانحدار البسيط والمتعدد والأسّي من خلال اعتماد الطول والعرض وبعض متوافقاتهما كمتغيرات مستقلة independent variables لتقدير أفضل وأدق النماذج (أعلى معامل تحديد R^2 وأقل متوسط مربعات للخطأ التجريبي MSE). وجد من هذه الدراسة أن النموذج الرياضي للانحدار الخطي $LA = 5.586 + 0.501 W^2$ المعتمد مربع عرض الورقة كعامل مستقل، والنموذج الرياضي للانحدار المتعدد $(LA = 6.538 + 0.079 L^2 + 0.376 W^2)$ المعتمد مربع الطول ومربع العرض كعاملين مستقلين، والنموذج الرياضي للانحدار الأسّي $(LA = 6.452e^{0.215(W)})$ المعتمد عرض الورقة كعامل مستقل، قد أعطت جميعاً تقديراً أكثر دقة للمساحة الورقية الفردية للقوغ قياساً بالنماذج الأخرى. لذلك فإن هذه النماذج الرياضية يمكن ان تقدر وبدقة أعداد كبيرة من المساحة الورقية لأوراق القوغ بدون إتلاف للأوراق وبدون الحاجة لاستخدام الأجهزة.

الكلمات المفتاحية: المساحة الورقية الفردية و اشجار القوغ

المقدمة

يعود جنس القوغ (*Populus sp. L.*) إلى العائلة الصفصافية Salicaceae والتي تضم 50 نوعاً منتشراً بصورة طبيعية في النصف الشمالي من الكرة الأرضية وتعتبر منطقة شرق ووسط آسيا الموطن الأصلي له، كما يعد القوغ واحداً من النباتات الاقتصادية التي تسهل زراعتها ويكثر انتشارها على ضفاف نهري دجلة والفرات وروافدهما وفي الوديان الموجودة في المناطق الجبلية وداخل الجزر المتكونة داخل الأنهار وان أفضل طريقة لاستغلال هذه الأشجار هو إكثارها خضرياً والاستفادة من نموها السريع (داوود، 1979).

تعد المساحة الورقية للنبات مهمة لاستقبال الضوء وبالتالي النتح والتمثيل الضوئي ومعظم فعاليات النبات الفسلجية ونمو وحاصل النباتات وكفاءة استخدام الماء والمغذيات والأسمدة (Rosatia وآخرون، 2001 و Blanco و Folegatti، 2005). كما وان حاصل النباتات يعتمد أساساً على نمو الأوراق وان الحاصل في معظم المحاصيل الزراعية يرتبط ارتباطاً وثيقاً مع كفاءة التمثيل الضوئي في وحدة المساحة الورقية. يمكن قياس المساحة الورقية بطرق عديدة منها ما هو متلف للأوراق بقطع الورقة عن النبات و استخدام الأوراق البيانية في تقدير المساحة او استخدام اجهزة الماسح التقليدية planimeter، كما وتوجد طرق دقيقة باستخدام الصور photographing وتحليلها ببرامج كومبيوترية خاصة، يتعدى في الطرق السابقة إجراء قياس آخر لاحق كقياسات النمو على نفس الورقة النباتية، فضلاً عن تضرر ظلة النبات plant canopy والذي قد يؤثر في القياسات الفسلجية الأخرى للتجربة. للأسباب أعلاه تمكن الباحثين من تطوير طريقة سريعة ودقيقة وغير متلفة للأوراق باستخدام جهاز الماسح المحمول portable scanning planimeter (Daughtry، 1990) لكنها مناسبة فقط للنباتات ذات الأوراق الصغيرة وقليلة العدد (Nyakwende وآخرون، 1997)، لذا فإن الطريقة الرخيصة والسريعة والواقعية وغير المتلفة لقياس المساحة الورقية هي في دراسة العلاقة الرياضية بين المساحة الورقية وواحدة أو أكثر من أبعاد الورقة (الطول والعرض) بإيجاد أنسب وأدق العلاقات المختلفة الممثلة للمساحة الورقية للنوع المحدد باستخدام معادلات انحدار مختلفة.

تاريخ تسلم البحث 2014 / 1 / 21 وقبوله 2014 / 11 / 30

وجد كل من Cittadini و Peri (2005) أن المعادلة التي اعتمدت كل من طول وعرض الورقة قد أعطت أفضل تمثيل لتقدير المساحة الورقية للكرز الحلو *Prunus avium L.* (مقارنة باستخدام الطول $R^2 = 0.863$) والعرض $(R^2 = 0.787)$. كما وجد Ugese وآخرون، (2008) بأن النموذج $LA = 4.41 + 1.14LW$ هو أفضل نموذج لتقدير المساحة الورقية الفردية لشتلات أشجار الشيا *shea (Vitellaria paradoxa)* البالغة من العمر 13 شهراً. وجد الباحث Carlo وآخرون، (2008) بأن معادلة الخط المستقيم المعتمد على طول وعرض الورقة كعامل مستقل $LA = a + b(LW)$ قد أعطت أفضل تقدير دقيق للمساحة الورقية لكل من العليق الأوربي (*Rubus idaeus L.*) والكشمش الأحمر (*Ribes rubrum L.*) والعنبيبة (*Vaccinium corymbosum L.*) على التوالي، كما وجد Giancarlo وآخرون، (2013) ان النموذج $LA = 0.56 + 0.717LW$ هو النموذج المثالي لتقدير المساحة الورقية لأصناف الروز *Rosa hybrid* و *Rosa sempervirens L.* والتي أعطت أعلى قيمة ارتباط $(R^2 > 0.95)$. استخدم العديد من الباحثين أبعاد الورقة من طول وعرض في إيجاد معادلات لإيجاد المساحة الورقية كما في أشجار الأفوكادو *Persea Americana Mill.* (Uzun و Celik، 1999) وأشجار الكستناء *Castanea vulgaris* (Demirsoy و Serdar، 2006).

وقد وجد الباحثين Pandey و Singh، (2011) وجود علاقة ارتباط عالية المعنوية بين طريقتي تقدير المساحة الورقية باستخدام جهاز تقدير المساحة الورقية leaf area meter وطريقة استخدام millimeter graph paper method عند تقدير المساحة الورقية في 33 نوعاً نباتياً من الأشجار مثل الألبيزيا *Albizia lebbeck* وأشجار البومباكس *Bombax ceiba* وأشجار الكاسيا *Cassia fistula* و أشجار اليوكالبتوس *Eucalyptus globules* وأشجار القوغ *Populus alba*. كان الهدف من هذه الدراسة هو إيجاد عدة نماذج من العلاقات الخطية والأسية باعتماد طول وعرض الورقة لتحديد الأدق والأكثر تمثيلاً لتوقع المساحة الورقية الفردية لأشجار القوغ.

مواد وطرائق البحث

لغرض التوصل إلى معادلات خاصة بتقدير المساحة الورقية المتوقعة فإنه يتوجب إيجاد المساحة الورقية الفعلية بأي طريقة أخرى، وقد تم اعتماد الطريقة المذكورة لاحقاً والمعتمدة عالمياً كإحدى طرق تقدير المساحة الورقية، وبالتالي فإنه سيتم إتلاف مجموعة من الأوراق النباتية ولمرة واحدة فقط، لغرض الحصول على هذه المعادلات والتي يمكن بعد ذلك تعويض قيم الطول والعرض في المعادلات المستخرجة مباشرة واستخراج مساحة الورقة دون إتلافها.

جمعت نماذج مختلفة لأوراق نوعين من أشجار القوغ هما *Populus nigra L.* و *Populus euphratica L.* أعمارها خمس سنوات ونامية في مدينة طحشق التي تبعد 9 كيلو متر من مركز مدينة كويسنجق التابعة لمحافظة أربيل، وأخذت نماذج الأوراق بتاريخ 2009/6/5 من مختلف جهات الشجرة. اختيرت عشرة أشجار من كل نوع وأخذت ثلاثة أفرع من كل شجرة وأخذت الأوراق الكاملة النمو الموجودة على وسط وقاعدة الفرع، وضعت الأوراق بعد قطعها مباشرة في أكياس بلاستيكية لضمان عدم ذوبلها لقياس الطول والعرض والمساحة الورقية. تم قياس طول الورقة من قمة النصل إلى منطقة اتصال النصل بسويق الورقة، بينما تم قياس عرض الورقة من (النهاية إلى النهاية) لأعرض منطقة في الورقة. تم قياس الطول والعرض بالسنتيمتر لأقرب مرتين عشريتين (وهي كافية بسبب أن أوراق القوغ هي أوراق ليست بالصغيرة) وتم قياس المساحة الورقية باستخدام الأوراق البيانية وذلك بفرش الأوراق النباتية على الأوراق البيانية ورسمت حدودها الخارجية. تم قص الأوراق البيانية المرسوم عليها الأوراق النباتية من الحدود الخارجية لكل ورقة ثم وزنت بواسطة ميزان حساس. تم استخراج 1 سم² من ذات الأوراق البيانية المستخدمة في نقل بصمة الأوراق النباتية وتم حساب وزنها أيضاً وتم استخراج المساحة السطحية للأوراق النباتية وكما ذكره كل من Pandey و Singh، (2011) في بحثيهما، وتم اختصار العمل في المعادلة الآتية:

وزن الورقة البيانية الممثلة للورقة النباتية (غم)

المساحة الورقية (سم²) =

وزن 1 سم² من الورقة البيانية المستخدمة (غم)

اعتبرت المساحة الورقية هي العامل التابع dependent variable، وتضمنت العوامل المستقلة independent variables بعدي الطول والعرض وبعض متوافقاتهما في تقدير معادلات الانحدار المختلفة وكما يأتي:

$LA=a+bL$ و $LA=a+bL^2$ و $LA=a+bW$ و $LA=a+bW^2$ و $LA=a+b(L+W)$ و $LA=a+b(LW)$ بالنسبة للانحدار الخطي البسيط، والمعادلات $LA=a+b_1L+b_2W$ و $LA=a+b_1L^2+b_2W^2$ و $LA=a+b_1L+b_2W^2$ و $LA=a+b_1L^2+b_2W$ و $LA=a+b_1L^2+b_2W^2$ بالنسبة للانحدار المتعدد، والمعادلات $LA=ae^{bL}$ و $LA=ae^{bL^2}$ و $LA=ae^{bW}$ و $LA=ae^{bW^2}$ و $LA=ae^{b(L+W)}$ و $LA=ae^{b(LW)}$ بالنسبة للانحدار الأسّي.

تم استخراج علاقات الانحدار بواسطة برنامج SPSS، وتم تقدير القاطع Intercept (a) ومعامل الانحدار Regression Coefficient (b) بالنسبة للانحدار الخطي البسيط والانحدار الأسّي ومعامل الانحدار الجزئي Partial Regression Coefficients (b1 و b2) بالنسبة للانحدار المتعدد، كما تم استخراج كل من معامل التحديد Coefficient of Determination (R^2) ومعامل الارتباط (R) و متوسط مربعات الخطأ التجريبي (MSE) Mean Square Error، وتم اختيار أفضل نموذج على أساس أعلى معامل للتحديد وأقل MSE.

النتائج والمناقشة

بينت النتائج الموضحة في الجدول رقم (1) التي تبين تطبيق معادلات الانحدار الخطي المستقيم ($p<0.0001$) أن أعلى قيمة لمعامل التحديد (0.876) وأقل متوسط مربعات الخطأ التجريبي (33.76) للنوع *P. nigra* كانت عند إيجاد المساحة الورقية باعتماد حاصل ضرب الطول في العرض كعامل مستقل، في حين أدى اعتماد حاصل جمع طول الأوراق مع عرضها كعامل مستقل إلى إيجاد أفضل وأدق معادلة لتقدير المساحة الورقية للنوع *P. euphratica* بإعطائه أعلى معامل تحديد (0.505) وأقل متوسط مربعات الخطأ التجريبي (36.20)، وعند مزج أوراق النوعين *P. nigra* و *P. euphratica* فإن أعلى قيمة لمعامل التحديد (0.799) وأقل متوسط مربعات الخطأ التجريبي (42.51) كانت عند إيجاد المساحة الورقية باعتماد مربع عرض الورقة كعامل مستقل، وقد انسجمت هذه النتيجة مع ما وجدته Kumar و Sharma (2010) بان النموذج الرياضي الخطي البسيط المعتمد حاصل ضرب طول الورقة في عرضها كعامل مستقل قد أعطى أدق تقدير للمساحة الورقية لأوراق نبات السيج *Salvia sclarea* L. وقد تماشت هذه النتائج أيضا مع Roupheal وآخرون، (2007 و 2006) و Cristofori وآخرون، (2007) و Mendoza-de Gyves وآخرون، (2007) و Peksen، (2007) و Rivera وآخرون، (2007) في تطوير موديلات بسيطة وغير متلفة لأوراق النبات لتحديد المساحة الورقية المتوقعة باستخدام قياسات الانحدار الخطي البسيط. وأظهرت نتائج التحليل الموضحة في الجدول (1) وجود علاقات ارتباط عالية المعنوية بين العوامل المستقلة المستخدمة في التجربة مع المساحة الورقية المأخوذة كعامل معتمد.

وفي حالة تطبيق معادلات الانحدار الخطي المتعدد ($p<0.0001$) بدلا من الخطي البسيط أو المستقيم باستخدام الطول والعرض وبعض متوافقاتهما كعوامل مستقلة وكما هو موضح في الجدول (2)، يلاحظ بشكل عام ان التقدير أصبح أكثر دقة من خلال ارتفاع قيم معاملات التحديد وانخفاض متوسطات مربعات الخطأ التجريبي، حيث أن أعلى قيمة لمعامل التحديد (0.890) وأقل متوسط مربعات الخطأ التجريبي (30.494) للنوع *P. nigra* كانت عند إيجاد المساحة الورقية باعتماد مربع طول الأوراق مع مربع عرض الأوراق كعاملين مستقلين، في حين أعطت المعادلة التي اعتمدت مربع طول الأوراق مع عرض الأوراق كعاملين مستقلين أفضل معادلة لتقدير المساحة الورقية للنوع *P. euphratica* بإعطائه أعلى معامل تحديد (0.527) وأقل متوسط مربعات الخطأ التجريبي (35.36)، وعند مزج أوراق النوعين *P. nigra* و *P. euphratica* فإن أعلى قيمة لمعامل التحديد (0.814) وأقل متوسط مربعات الخطأ التجريبي (39.77) كانت عند إيجاد المساحة الورقية باعتماد مربع طول الأوراق مع مربع عرض الأوراق كعاملين مستقلين أيضا.

تظهر النتائج الموضحة في الجدول رقم (3) أن استخدام معادلات الانحدار الأسّي ($p<0.0001$) باعتماد حاصل ضرب الطول مع العرض كعامل مستقل قد أعطت أفضل النتائج في تقدير المساحة الورقية للنوع *P. nigra* في حين أدى استخدام معادلات الانحدار الأسّي باعتماد عرض الورقة كعامل مستقل قد

أعطت أفضل النتائج في تقدير المساحة الورقية لكل من النوع *P. euphratica* وعند مزج أوراق النوعين معاً. وانسجمت هذه النتيجة مع نتائج Kumar، (2009) الذي وجد بأن اعتماد النموذج الرياضي للانحدار الأسّي المعتمد على الطول كعامل مستقل أعطى تقديراً أكثر دقة للمساحة الورقية لنبات الزعفران قياساً بالنماذج الأخرى. وتماشت مع نتائج Lin و Zhang، (2010) الذين وجدوا بأن اعتماد النموذج الرياضي للانحدار الأسّي المعتمد على العرض كعامل مستقل ($LA = 1.44W^{1.90}$) أعطى تقديراً أكثر دقة للمساحة الورقية لنبات أذان الفيل *Bergenia purpurascens* قياساً بالنماذج الأخرى المستخدمة.

إن القياس البسيط لأبعاد الورقة كالطول والعرض ومتوافقاتهما قد استخدمت كطريقة غير متلفة لتقدير المساحة الورقية، وتعتمد دقة التقدير على التباين في شكل الورقة الناجم عن اختلاف التركيب الوراثي (Cristofori وآخرون، 2007) والعوامل البيئية (Hirokazu، 2005). وإن تقدير المساحة الورقية بطريقة الأوراق البيانية يمكن استخدامها بنجاح لعدد من الأنواع النباتية، ومن العوامل المهمة المؤثرة في نجاح اعتماد هذه الطريقة هو عدم الدقة في افتراض الورقة النباتية بشكل كامل على الورقة البيانية أو عدم الدقة في رسم الحدود الخارجية للورقة النباتية أو عدم الدقة في قص الحدود الخارجية لبصمة الورقة النباتية المرسومة على الأوراق البيانية، فضلاً عن عدم الدقة في إجراء عملية الوزن (Singh و Pandey، 2011).

يمكن أن نستنتج من هذه الدراسة أنه يمكن قياس المساحة الورقية الفردية لأشجار القوغ من خلال المعادلات المعتمدة على طول وعرض الأوراق الفردية وتزويدنا بتقدير دقيق وسريع للمساحة الورقية، ويمكن استخدامها على الأوراق دون فصلها من النبات من خلال أخذ طول الورقة وعرضها) وفي أي مكان من الغابة أو المزرعة، وذلك باستعمال احد المعادلات التالية: معادلة رقم 12 ($LA = 5.586 +$) أو المعادلة رقم 24 ($LA = 6.538 + 0.079 L^2 + 0.376 W^2$) أو المعادلة رقم 39 ($LA = 6.452e^{0.215W}$). إن هذه الطريقة تمكن الباحثين من قياس المساحة الورقية دون إتلاف الأوراق وكذلك تمكينهم من إعادة القياسات على نفس الأوراق، كذلك الاستغناء عن الأجهزة غالية الثمن كأجهزة قياس المساحة الورقية.

جدول (1): القاطع (a) ومعامل الانحدار (b) لمعادلات انحدار الخط المستقيم linear regression المستخدمة لتقدير المساحة الورقية الفردية (LA) لنوعين من القوغ من طول الورقة (L) وعرضها (W) وبعض متوافقاتهما.

متوسط مربعات الخطأ التجريبي MSE	معامل الارتباط R	معامل التحديد R ²	معامل الانحدار Coefficient (b)	القاطع Intercept (a)	نوع المعادلة	رقم المعادلة	النوع النباتي
77.73	0.845	0.714	6.353	24.562	LA=a+bL	1	<i>Populus nigra</i>
43.64	0.635	0.404	4.100	0.295		2	<i>Populus euphratica</i>
68.43	0.822	0.676	4.828	-6.688		3	Total
69.09	0.864	0.746	0.315	5.992	LA=a+bL ²	4	<i>Populus nigra</i>
42.70	0.645	0.417	0.289	14.364		5	<i>Populus euphratica</i>
61.09	0.843	0.711	0.261	14.012		6	Total
52.81	0.898	0.806	9.196	-36.617	LA=a+bW	7	<i>Populus nigra</i>
38.34	0.690	0.476	6.733	-15.248		8	<i>Populus euphratica</i>
48.73	0.877	0.769	7.916	-24.379		9	Total
39.97	0.924	0.853	0.566	-0.805	LA=a+bW ²	10	<i>Populus nigra</i>
39.62	0.677	0.459	0.494	7.307		11	<i>Populus euphratica</i>
42.51	0.894	0.799	0.501	5.586		12	Total
48.55	0.906	0.822	4.106	-36.192	LA=a+b(L+W)	13	<i>Populus nigra</i>
36.20	0.711	0.505	2.987	-11.691		14	<i>Populus euphratica</i>
51.27	0.870	0.755	3.139	-16.600		15	Total
33.76	0.936	0.876	0.463	-0.889	LA=a+b(LW)	16	<i>Populus nigra</i>
36.24	0.711	0.505	0.430	8.772		17	<i>Populus euphratica</i>
42.94	0.893	0.797	0.381	9.004		18	Total
	**	**	**	**			المعنوية (P<0.0001)

جدول (2): القاطع (a) ومعامل الانحدار (b) لمعادلات الانحدار الخطي المتعدد **Multiple linear regression with two independent variables** المستخدمة لتقدير المساحة الورقية الفردية (LA) لنوعين من القوغ من طول الورقة (L) وعرضها (W) وبعض متوافقاتهما.

متوسط مربعات الخطأ التجريبي MSE	معامل الارتباط R	معامل التحديد R ²	معامل الانحدار Coefficient (b ₂)	معامل الانحدار Coefficient (b ₁)	القاطع Intercept (a)	نوع المعادلة	رقم المعادلة	النوع النباتي
44.72	0.916	0.839	6.445	2.439	-38.713	LA = a + b ₁ L + b ₂ W	19	<i>Populus nigra</i>
35.68	0.723	0.523	4.690	1.940	-15.552		20	<i>Populus euphratica</i>
46.50	0.884	0.782	6.072	1.372	-22.453		21	Total
30.49	0.944	0.890	0.400	0.121	-2.185	LA = a + b ₁ L ² + b ₂ W ²	22	<i>Populus nigra</i>
36.35	0.717	0.514	0.322	0.147	7.168		23	<i>Populus euphratica</i>
39.77	0.902	0.814	0.376	0.079	6.538		24	Total
39.05	0.927	0.859	5.903	0.144	-25.051	LA = a + b ₁ L ² + b ₂ W	25	<i>Populus nigra</i>
35..36	0.726	0.527	4.559	0.142	-8.292		26	<i>Populus euphratica</i>
43.68	0.892	0.795	5.338	0.102	-13.290		27	Total
33.56	0.938	0.879	0.427	2.087	-12.266	LA = a + b ₁ L + b ₂ W ²	28	<i>Populus nigra</i>
36.61	0.714	0.510	0.333	2.048	0.076		29	<i>Populus euphratica</i>
41.17	0.898	0.807	0.411	1.087	1.438		30	Total
	**	**	**	**	**			المعنوية (P<0.0001)

جدول (3): القاطع (a) ومعامل الانحدار (b) لمعادلات الإنحدار الأسّي Exponential regression المستخدمة لتقدير المساحة الورقية الفردية (LA) لنوعين من القوغ من طول الورقة (L) وعرضها (W) وبعض متوافقاتهما.

متوسط مربعات الخطأ التجريبي MSE	معامل الارتباط R	معامل التحديد R ²	معامل الانحدار Coefficient (b)	القاطع Intercept (a)	نوع المعادلة	رقم المعادلة	النوع النباتي
0.04	0.857	0.734	0.157	7.486	LA=ae ^{bL}	31	<i>Populus nigra</i>
0.08	0.574	0.330	0.149	9.630		32	<i>Populus euphratica</i>
0.07	0.778	0.606	0.129	10.691		33	Total
0.44	0.853	0.728	0.008	16.338	LA=ae ^{bL²}	34	<i>Populus nigra</i>
0.08	0.577	0.333	0.010	16.175		35	<i>Populus euphratica</i>
0.07	0.776	0.602	0.007	18.855		36	Total
0.02	0.922	0.850	0.231	5.411	LA=ae ^{bW}	37	<i>Populus nigra</i>
0.07	0.677	0.458	0.268	4.709		38	<i>Populus euphratica</i>
0.05	0.848	0.719	0.215	6.452		39	Total
0.26	0.915	0.838	0.137	13.819	LA=ae ^{bW²}	40	<i>Populus nigra</i>
0.07	0.656	0.430	0.019	11.693		41	<i>Populus euphratica</i>
0.05	0.834	0.695	0.013	14.998		42	Total
0.24	0.924	0.854	0.102	5.549	LA=ae ^{b(L+W)}	43	<i>Populus nigra</i>
0.07	0.664	0.441	0.113	5.870		44	<i>Populus euphratica</i>
0.05	0.831	0.690	0.086	8.112		45	Total
0.02	0.927	0.859	0.011	13.802	LA=ae ^{b(LW)}	46	<i>Populus nigra</i>
0.07	0.656	0.430	0.016	12.861		47	<i>Populus euphratica</i>
0.05	0.827	0.684	0.010	16.486		48	Total
	**	**	**	**			المعنوية (P<0.00001)

المصادر

- 1- داوود، داوود محمود (1979). تصنيف أشجار الغابات. دار الكتب للطباعة والنشر. جامعة الموصل. 429 صفحة.
- 2- Blanco, F. F. and M. V. Folegatti (2005). Estimation of leaf area for greenhouse cucumber by linear measurements under salinity and grafting," *Agricultural Science*. 62(4): 305–309.
- 3- Carlo, F.; C. Valerio; M. Emilio; M. R. Carlos; R. Roberto; F. Semone; B. Cristina; S. Youssef and R. Youssef. (2008). Leaf area estimation model for small fruits from linear measurement. *HortScience*. 43(7): 2263-2267.
- 4- Cittadini, E. D. and P.L. Peri (2005). Estimation of leaf area in sweet cherry using a non-destructive method. *Revista de Investigaciones Agropecuarias*. 35 (1): 143-150.
- 5- Cristofori, V.; Y. Rouphael; E. Mendoza-De Gyves, and C. Bigniami (2007). A simple model for estimating leaf area of hazelnut from linear measurements. *Sci. Hort*. 113:221–225.
- 6- Daughtry, C. (1990). Direct measurements of canopy structure. *Remote Sensing Reviews*. 5(1): 45–60.
- 7- Giancarlo F.; S. Darwich and Y. Rouphael (2013). Validation of a leaf area prediction model proposed for rose. *Chilean J. of Agricultural research*. 73 (1) : 73-76.
- 8- Hirokazou, T. (2005). Leaf shape: genetic controls and environmental factors. *Int. J. Dev. Biol*. 49:547-555.
- 9- Kumar R. (2009). Calibration and validation of regression model for non-destructive leaf area estimation of saffron (*Crocus sativus* L.). *Scientia Horticulturae*. 122(1) : 142-145.
- 10- Kumar, R. and S. Sharma (2010). Allometric model for nondestructive leaf area estimation in clary sage (*Salvia sclarea* L.) . *Photosynthetica*. 48 (2): 313-316.
- 11- Mendoza-de Gyves, E.; Y. Rouphael, V. Cristofori; and F. Rosana Mira (2007). A non-destructive, simple and accurate model for estimating the individual leaf area of kiwi (*Actinidia deliciosa*). *Fruits* 62:171–176.
- 12- Nyakwende, E. ; C. J. Paull, and J. G. Atherton (1997). Nondestructive determination of leaf area in tomato plants using image processing. *Journal of Horticultural Science*. 72 (2): 255–262.
- 13- Pandey, S. K. and H. Singh (2011). A Simple, cost-effective method for leaf area estimation. *Journal of Botany*. Article ID 658240: 1-6.
- 14- Peksen, E. (2007). Non-destructive leaf area estimation model for faba bean (*Vicia faba* L.). *Sci. Hort*. 113:322–328.
- 15- Rivera, C.M.; Y. Rouphael, M. Cardarelli, and G. Colla (2007). A simple and accurate equation for estimating individual leaf area of eggplant from

- linear measurements. *European Journal of Horticultural Science*. 72 (5) : 228–230.
- 16- Rosatia A.; F. W. Badeck and T. M. Dejong (2001). Estimating canopy light interception and absorption using leaf mass per unit leaf area in *Solanum melongena*. *Annals of Botany*. 88: 101-109.
- 17- Roupheal, Y.; C. M. Rivera, M. Cardarelli, S. Fanasca, and G. Colla (2006). Leaf area estimation from linear measurements in zucchini plants of different ages. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*. 81(2) : 238–241.
- 18- Roupheal, Y.; G. Colla ; S. Fanasca, and F. Karam (2007). Leaf area estimation of sunflower leaves from simple linear measurements. *Photosynthetica* 45: 306–308.
- 19- Serdar, U. and H. Demirsoy (2006). Non-destructive leaf area estimation in chestnut. *Scientia Horticulturae*. 108(2):227-230.
- 20- Ugehe, F.D.; K.P. Baiyeri; and B.N. Mbah (2008). Leaf area determination of shea butter tree (*Vitellaria paradoxa* C.F. Gaertn.). *Int. Agrophysics*. 22: 167-177.
- 21- Uzun, S. and H. Celik (1999). Leaf area prediction models for different horticultural plants. *Tropical Journal and Agricultural Forest*. 23(6):645-650.
- 22- Zhang, L. and X. Lin (2010). Non-destructive leaf-area estimation for *Bergenia purpurascens* across timberline ecotone, southern Tibet. *Ann. Bot. Fennici*. 47:346-352.

A mathematical Method for Estimation Leaf area of Two Poplar Species (*Populus nigra* L.) and (*Populus euphratica* L.)

Ikbal M. AL- Barzinji¹ Shahin M. Abbas² Sargul A. Khudr¹ Sakar S. Mawlood¹

¹ Faculty of Science & Health – Koya University.

² College of Agriculture / Kirkuk University.

Abstract

Because of the importance of leaf area in light reception, transpiration, photosynthesis and water and nutrient uptake, this study conducted to determine individual leaf area of poplar by easy, inexpensive, accurate, and nondestructive method through measuring leaf length and width and some combinations of both parameters. Different leaves from *Populus nigra* and *Populus euphratica* species grown in TaqTaq city (9 Km from Koya city) at 2009. Simple, multiple and exponential regression analyses were used from length and width and its combinations as independent variables with leaf area as dependent variable for determine more accurate models (high coefficient of determination and less MSE). The results showed that best models that more accurate estimation of poplar leaf area compare to other models was : Linear regression ($LA = 5.586 + 0.501 W^2$)

that depend on square leaf width as independent variable, the multiple linear model ($LA = 6.538 + 0.079 L^2 + 0.376 W^2$) that depend on leaf L^2 with W^2 as independent variables and exponential regression model ($LA=6.452e^{0.215(W)}$) that depend on leaf width as independent variable. These models enables the researcher to estimate accurately poplar leaf area without leaf destruction or using tools.