LJEEST
ISSN 2710-5237
www.srcest.org.ly/jou

المجلة الليبية لعلوم وتكنولوجيا البيئة

Libyan Journal of Ecological & Environmental Sciences and Technology(LJEEST)

DOI: https://doi.org/10.63359/65f5dh06

تقييم مؤشر تحمل تلوث الهواء لبعض الأشجار التي تنمو في منطقتين في براك الشاطئ ليبيا

فاضل محمد بن يحمد[1]*, إبراهيم محمد الشريف[2], حنان الصالحين تامر[1]

ARTICLE INFO

Vol.7 No.1 April 2025,

Pages (12 - 18)

Article history:
Revised form 02 Februry 2025
Accepted 11 March 2025

Authors affiliation
1 Environmental sciences department, Faculty of Environment and Natural Resources, Wadi Alshatti University.
2 Petroleum and Environmental Technology Department, Faculty of Environment and natural resources, Wadi Alshatti University
f.binyehmed@wau.edu.ly

Keywords:
مؤشر تحملية تلوث الهواء ، الأشجار براك الشاطئ ، الكلوروفيل الكلي

© 2025
Content on this article is an open access licensed under creative commons CC BY-NC 4.0.

الملخص

تعتبر مشكلة تلوث الهواء من المشاكل التي تواجه البيئة بصفة عامة، وتأثيره لا يشمل الانسان فحسب بل تصل آثاره إلى الاحياء الأخرى ومنها النباتات، إن ملوثات الهواء تؤثر على نشاطية ونمو النباتات عبر التأثير على عدد من الخصائص الكيميائية والفيزيائية للنبات مثل مؤشر التحمل. من هنا، هذه الدراسة هدفت إلى دراسة مؤشر تحملية تلوث الهواء Air pollution tolerance index (APTI) لعدد من الأشجار في موقعين في بلدية براك الشاطئ هما موقع الجامعة وموقع المشروع وهي النخل والاثل والزيتون والسرول، حيث تم تقدير أربعة خصائص هي الأس الهيدروجيني والمحتوى المائي النسبي وتركيز الكلوروفيل الكلي وتركيز حمض الاسكوربيك. النتائج أظهرت أن متوسط قيم pH لمستخلص أوراق الأشجار المدروسة قد بلغ 5.853±0.245، في حين بلغ متوسط المحتوى المائي النسبي في منطقة الدراسة كان 76.813±13.734%. النتائج أظهرت كذلك أن متوسط تركيز الكلوروفيل في الأشجار في منطقة الدراسة كان 0.422±0.0957 ملجم/لتر، أما متوسط تركيز حمض الاسكوربيك في منطقة الدراسة كان 39.915±20.962 ملجم/لتر. النتائج بينت أن أكثر الأشجار تحملا في كلا الموقعين هو نبات النخيل، حيث كانت قيمة مؤشر التحمل في موقع الجامعة 31.55 بينما ارتفع في موقع المشروع ليصل الى 64.12. وفي المقابل كان نبات السرول حساسا تجاه ملوثات الهواء بحيث كانت قيمة APTI في الموقع الأول 16.49 وفي الموقع الثاني كانت 15.84. وفي المقابل، أظهرت شجرة الزيتون تحملا متوسطا Immediately Tolerant تجاه ملوثات الهواء حيث كان في الموقع الأول 17.03 وفي الموقع الثاني بلغت 15.63.

Evaluation of Air Pollution Tolerance Index of certain Trees Growing in two areas in Brack Al-Shatti, Libya

Fadel Mohmed Binyehmed[1], Ibraheem Mohamed Alshareef[2], Hanan Alsalhin Tamr[1]*

Air pollution is considered one of the significant environmental issues, and its effects extend beyond humans to other living organisms, including plants. Air pollutants impact the activity and growth of plants by affecting several chemical and physical properties, such as the tolerance index. Therefore, this study aimed to investigate the Air Pollution Tolerance Index (APTI) of several tree species at two locations in the municipality of Brack Al-Shatii, namely the university site and the project site, which included palm, tamarisk, olive, and acacia trees . Four properties were assessed: pH, relative water content, total chlorophyll concentration, and ascorbic acid concentration. The results showed that the average pH value of the leaf extracts from the studied trees was 5.853±0.245, while the average relative water content in the study area was 76.813±13.734%. The results also indicated that the average chlorophyll concentration in the trees in the study area was 0.422±0.0957 mg/L, while the average ascorbic acid concentration in the study area was 39.915±20.962 mg/L. The findings revealed that the most tolerant tree species at both sites was the palm tree, with an APTI value of 31.55 at the university site, which increased to 64.12 at the project site. In contrast, the red river gum tree was sensitive to air pollutants, with an APTI value of 16.49 at the first site and 15.84 at the second site. Meanwhile, the olive tree exhibited moderate tolerance to air pollutants, with an APTI value of 17.03 at the first site and 15.63 at the second site.

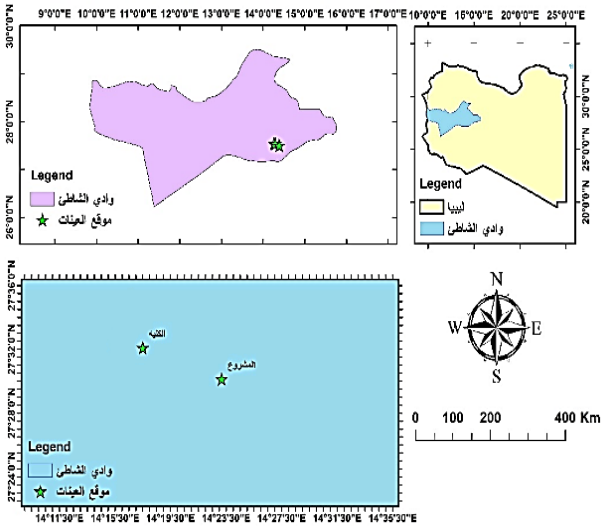
المقدمة

يعتبر الهواء موردًا حيويًا مهمًا لكوكبنا من أجل إستمرار الحياة عليه. ففي هذا المحيط الحيوي، تحتاج جميع الكائنات الحية إلى الهواء النظيف لنموها وتطورها وبقائها، وأن أي تغيرا يطرأ على تركيبه فسوف يكون له تأثيرًا كبيرًا على المكونات الحيوية للبيئة (Sadia et al., 2019; Timilsina et al., 2021)، ويقال أن الهواء أصبح ملوثًا عندما تتداخل معه ملوثات مختلفة تنتج بشكل أساسي بسبب الأنشطة البشرية مثل إلقاء النفايات والإحتراق غير الكامل للوقود الأحفوري وحرق الحطب والأنشطة الصناعية المختلفة التي تضر بالحياة الكائنات الحية (Lohe et AL., 2015).كما أن الزيادة المضطردة في النمو السكاني والصناعات ووسائل النقل المختلفة هي أيضا مسؤولة بشكل كبير عن إضافة الملوثات الضارة إلى البيئة (Amujiri et al., 2024). وقد أدى تلوث الهواء إلى آثار واضحة على صحة الإنسان والحوان والنبات نتيجة لتراكم هذه ملوثات في الجسم مع مرور الوقت (Kameswaran et al., 2019). تعتبر النباتات جزءًا لا يتجزأ من أي نظام بيئي، كما أنها الأكثر عُرضة للتأثر بالملوثات الذي يحمله الهواء، لذلك تعتبر النباتات كائنات حية ذات قدرة كبيرة على تلقي التأثيرات الضارة من تلوث الهواء المحيط (Zouari et al., 2018). وبما أن النباتات ثابتة وتتعرض بشكل مستمر للملوثات الكيميائية من الجو المحيط بها، فإن إصابة النباتات بتلوث الهواء تتناسب مع شدة التلوث. كما أن التأثيرات تظهر في أغلب الأحيان على الأوراق التي عادة ما تكون المستقبلات الأولية الأكثر وفرة والأكثر وضوحًا لعدد كبير من ملوثات الهواء (Sahu et al., 2020). من هنا ظهر مفهوم الرصد الحيوي للنباتات Biomonitoring وهي أداة مهمة لتقييم تأثير تلوث الهواء على النباتات (Sadia et al., 2019; Juswardi et al., 2024). ففي السنوات الأخيرة، أصبحت النباتات الحضرية ذات أهمية متزايدة ليس فقط لأسباب اجتماعية ولكن في الغالب للتأثير على جودة الهواء المحلية والإقليمية (Jabeen, 2019). إن حساسية واستجابة النباتات لملوثات الهواء ليست ثابتة ولكنها متغيرة، حيث تعمل الأنواع النباتية الأكثر حساسية كمؤشرات بيولوجية لتلوث الهواء (Nawaz et al., 2023). من هذا المنطلق، يمكن فهم استجابة النباتات لتلوث الهواء على المستويات الفسيولوجية والكيميائية الحيوية وذلك من خلال تحليل مؤشر تحمل تلوث الهواء Air pollution tolerance index (APTI) وهي سمة نباتية تعتمد على الأنواع وتعبر عن القدرة المتأصلة للنبات على مواجهة الإجهاد الناتج عن التلوث (Nawaz et al., 2023). يوفر تحديد مؤشر APTI طريقة موثوقة لفحص عدد كبير من النباتات فيما يتعلق بقابليتها لملوثات الهواء. يتم حساب APTI باستخدام أربعة معايير كيميائية حيوية: حمض الأسكوربيك، والكلوروفيل، ودرجة الحموضة في مستخلص الأوراق، والمحتوى المائي النسبي في عينات الأوراق. الأنواع التي لها قيمة APTI أعلى تكون أكثر تحملاً لتلوث الهواء من تلك التي لها قيمة APTI أقل. قد تكون الأنواع ذات قيمة APTI الأقل بمثابة مؤشرات حيوية للتلوث (Roy et al., 2020). إن مثل هذه الدراسة لم تحظى بالاهتمام في ليبيا وخاصة في الجنوب الليبي، لذلك يهدف هذه البحث الى دراسة مدى تحمل بعض الأشجار في مدينة براك وادي الشاطئ، ليبيا وذلك باستخدام مؤشر تحمل تلوث الهواء Air Pollution Tolerance Index (APTI) من خلاص قياس بعض الخصائص الكيموحيوية لهذه الأشجار.

المواد والطرق

منطقة الدراسة

أجريت هذه الدراسة في مدينة براك الشاطئ وهي مدينة تقع في منطقة وادي الشاطئ في الجنوب الغربي من دولة ليبيا، يسكنها زهاء 27984 نسمة حسب تقرير برنامج دعم الحكم المحلي والاستقرار في ليبيا الصادر سنة 2017 (CILG, 2017). تتميز منطقة الدراسة بمناخ المناطق الجافة الصحراوية حيث يتميز مناخها بالبارد شتاءا وجافا وحارا صيفا (أدنى معدل درجة حرارة صغرى كانت 4.74 م بينما كانت أعلى معدل درجة حرارة عظمى 40.4 م)، كما تتميز بقلة معدلات الامطار حيث لا يتجاوز معدل عدد الأيام الممطرة في السنة 5.3 يوم (CILG, 2017). أخذت عينات الأشجار من منطقتين؛ الأولى في حرم جامعة وادي الشاطئ بجانب كلية البيئة والموارد الطبيعية حيث يبعد هذه الموقع حوالي 50 متر عن الطريق العام، أما الموقع الثاني فيقع في مشروع براك – أشكدة وهي مزرعة تبعد حوالي 10 كم عن الطريق العام المؤدي الى مدينة سبها. الشكل 1 يوضح خريطة موقع الدراسة.



شكل 1. موقع الدراسة

جمع العينات

جمعت العينات من خمسة أنواع من الأشجار والتي تتميز بإخضرارها طوال العام وبعضها يستخدم كمصدات للرياح. تم اختيار هذه الأشجار من كلا الموقع، حيث تقع الأشجار في موقع الجامعة بالقرب من الطريق العام وهي أشجار رزعت لغرض البستنة مثل السرول والدودونيا والاثل وإنتاج الثمار مثل النخل والزيتون أما الأشجار في موقع المشروع فبعضها يستخدم كمصدات للرياح مثل السرول والدودونيا والاثل والبعض ذا فائدة اقتصادية مثل النخل والزيتون. الجدول 1 يوضح الأشجار في منطقة الدراسة.

جدول 1. عينات الأشجار المدروسة

ر.م	النبات	الاسم العلمي
1	النخل	*Phoenix dactylifera*
2	الزيتون	*Olea europaea*
3	دودونيا	*Dodonaea viscosa*
4	الاثل	*Casuarina equisetifolia*
5	السرول	*Eucalyptus camaldulensis*

تم إحضار عينات أوراق الأشجار قيد الدراسة إلى المختبر لغرض تحليلها وتقدير مؤشر تحمل تلوث الهواء، غسلت كل عينة بالماء المقطر لإزالة الغبار والشوائب. تم تحليل درجة الحموضة pH لمستخلص الأوراق وفقًا للطريقة التي وصفها Tak & Kakde, (2020)، باستخدام مقياس الرقم الهيدروجيني الرقمي من نوع LaMotte pH tester 10 وتم تقدير المحتوى المائي النسبي Relative Water Content (RWC) والكلوروفيل الكلي Total

Chlorophyll (TCH) وذلك تبعًا للطريقة والصيغة المتبعة من قبل Sahu et al., (2020). أما حمض الأسكوربيك Ascorbic Acid (AA) فتم حساب تركيزه كما ذكرها Banerjee et al., (2021)، وقد أخذ في الاعتبار أخذ المكررات لجميع القياسات. إلى جانب ذلك أجرى التحليل الاحصائي باستخدام برنامج SPSS شمل دراسة تحليل التباين والارتباط.

تقدير مؤشر تحمل تلوث الهواء APTI

تم حساب APTI وفقًا للصيغة التي ذكرها Zahid et al., 2023 كما هو موضح في المعادلة (1) على النحو التالي:

$$APTI = \frac{AA(TCH + pH) + RWC}{10} \qquad (1)$$

حيث أن:

AA = حمض الاسكوربيك مجم/جم
TCH = الكلوروفيل الكلي
pH الاس الهيدروجيني لمستخلص الاوراق
RWC = المحتوى المائي النسبي

ومن ثم يمكن تقدير مؤشر APTI لكل نوع من الأشجار من خلال الجدول 2 الذي يوضح استجابة ومستوى تحمل النباتات لتلوث الهواء.

جدول 2. استجابة النباتات لتلوث الهواء

قيم APTI	الاستجابة/الدرجة أو مستوى التحمل
100-30	متحمل Tolerant
29-17	متوسط التحمل Immediately Tolerant
16-1	حساس Sensitive
>1	حساس جدا Highly Sensitive

النتائج والمناقشة

أجريت هذه الدراسة من أجل تقييم مدى تحمل عدد من الأشجار لملوثات الهواء وذلك باستخدام مؤشر تحمل ملوثات الهواء APTI Air Pollution Tolerance Index لعدد خمسة أنواع من الأشجار في موقعين في مدينة براك الشاطئ. الجدول 3 يبين النتائج المتحصل عليها من معلمات parameters الخاصة بقياس مؤشر APTI في الموقع الأول (موقع جامعة وادي الشاطئ) والموقع الثاني (موقع مشروع براك – أشكدة).

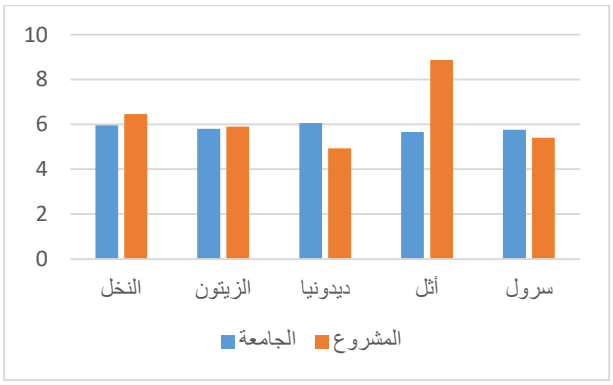
الأس الهيدروجين لمستخلص الأوراق

الجدول 3 يوضح نتائج الأس الهيدروجيني لمستخلص أوراق الأشجار تحت الدراسة في موقع جامعة وادي الشاطئ القريب من الطريق العام. من الجدول نلاحظ أن متوسط قيم pH لمستخلص أوراق الأشجار المدروسة قد بلغ 0.245±5.853 حيث كانت أقل قيمة للأس الهيدروجيني لنبات الأثل (5.5) حيث بلغ متوسط pH لهذا النبات 5.667، وأعلى قيم بلغت 6.5 لنبات دودونيا بمتوسط بلغ 6.067. من الملاحظ من خلال هذه النتائج أن قيم pH كانت بين الحامضي الضعيف والمعتدل. الجدول 3 أيضا يوضح نتائج الاس الهيدروجيني لمستخلص أوراق الأشجار في منطقة موقع مشروع براك–أشكدة البعيد من الطريق العام. من الجدول نلاحظ أن متوسط قيم pH لمستخلص أوراق الأشجار المدروسة قد بلغ 1.434±6.313 حيث كانت أقل قيمة للأس الهيدروجيني لنبات دودونيا (4.5) حيث بلغ متوسط الاس الهيدروجيني لهذا النبات 4.933 ، وأعلى قيم بلغت 9.0 لنبات الأثل بمتوسط بلغ 8.867. من الملاحظ من خلال هذه النتائج أن قيم pH كانت بين الحامضي والقاعدي.

جدول 3. متوسط نتائج القياسات الكيموحيوية لأوراق بعض الأشجار في منطقة الدراسة

المعلمات	الموقع	النباتات				
		النخل	الزيتون	دودونيا	أثل	السرول
pH	المشروع	6.467	5.9	4.933	8.867	5.4
	الجامعة	5.967	5.8	6.067	5.667	5.767
RWC	المشروع	84.577	73.237	43.487	80.27	72.127
	الجامعة	92.53	69.36	81.967	78.077	92.503
T. Ch	المشروع	0.458	0.498	0.502	0.509	0.461
	الجامعة	0.383	0.285	0.242	0.415	0.47
Ascorbic Acid	المشروع	92.58	24.43	38.845	18.85	27.034
	الجامعة	44.797	27.981	44.146	24.039	26.457

نتائج هذه الدراسة لم تظهر ما أكدته الدراسات السابقة من أن النباتات في المناطق الملوثة تظهر نتائج حامضية، وما نلاحظ من قيم الأس في الجدول 3 بينت أن النتائج تباينت بشكل واضح بين الموقعين والذي ربما يرجع الى تأثير الملوثات على هذه النباتات انظر (الشكل 2). وقد بين Sadia et al., (2019) أن انخفاض الرقم الهيدروجيني يرجع إلى وجود أكاسيد الكبريت وأكاسيد النيتروجين في الهواء المحيط. إن ملوث مثل ثاني أكسيد الكبريت سوف ينتشر من خلال الثغور ويذوب في الماء لتكوين الكبريتات وثنائي الكبريتات bisulphate والأنواع الأيونية الأخرى التي لها قدرة على توليد البروتونات، والنتيجة تأثير كبير على الرقم الهيدروجيني الخلوي للنبات. وهذا ما أكده Singh & Verma (2007) من أن التغير في الأس الهيدروجيني نحو النطاق الحمضي في النباتات يرجع إلى دخول ثاني أكسيد الكبريت إلى نسيج الميزوفيل للأوراق.

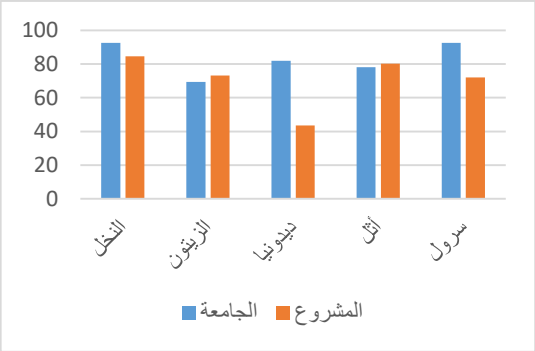


شكل 2. نتائج الاس الهيدروجيني للعينات المدروسة في موقعي الجامعة والمشروع

المحتوى المائي النسبي

أظهرت النتائج أن متوسط قيم المحتوى المائي للنباتات المدروسة في موقع الدراسة كان 13.734±76.813% . النتائج في الجدول 3 توضح قيم المحتوى المائي النسبي لعينات أوراق الأشجار في موقع الجامعة، حيث بلغ المتوسط 9.387±82.887% حيث أظهر نبات الزيتون أقل نسبة (68.14%) وفي المقابل أظهر النبات السرول أعلى نسبة (96.04%). أما متوسط قيم المحتوى النسبي للنباتات في موقع المشروع فقد بلغ 14.957±70.739% (جدول

3)، حيث كانت أقل نتيجة ظهرت في نبات دودونيا (43.39%) وأعلى قيمة وجدت في نبات النخيل (84.70%). كما أظهرت نتيجة الارتباط مع المسافة عن الطريق العام أن هناك علاقة ارتباط سالبة بلغت (-0.450) بحيث كلما ابتعدنا عن الطريق العام قلت قيمة المحتوى المائي النسبي. الشكل 3 يبين أن المحتوى المائي للنباتات المدروسة في المناطق غير الملوثة تظهر نسبة عالية للمحتوى المائي مقارنة بالمناطق الملوثة وهو ما أكده Chandawat et al., (2011)، غير أن نتائج هذه الدراسة أظهرت ان بعض النباتات بها محتوي مائي عالي على الرغم من وجودها في منطقة بها كثافة مرورية عالية مثل النخل والدودونيا والسرول بينما كان المحتوى عاليا في كل من الزيتون والأثل، ويمكن تعليل ذلك الى أن كل المناطق ربما تكون ملوثة بطريقة أو بأخرى خاصة وأن اغلب الأماكن باتت تستخدم مولدات الكهرباء في ظل الانقطاع المتكرر للكهرباء ويكثر انتاج الفحم بالطرق التقليدية. وقد ذكر Sadia et al., 2019 من أن النباتات ذات RWC العالية تتحمل البيئات الملوثة. إن معدل النتح يقل مع انخفاض محتوى الماء تحت ظروف الإجهاد، وتزيد ملوثات الهواء من نفاذية الخلايا وتسبب فقدان الماء والمواد المغذية الذائبة من أنسجة النبات. الشيخوخة المبكرة للأوراق يحدث بسبب زيادة التلوث.

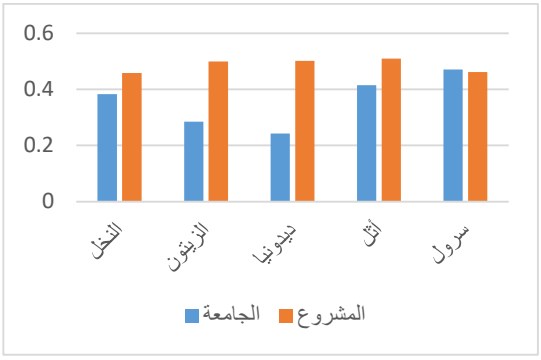


شكل 3. نتائج محتوى الماء النسبي RWC في العينات المدروسة في موقعي الجامعة والمشروع

يؤثر انخفاض محتوى الماء النسبي النباتات بسبب تأثير ملوثات الهواء على معدل النتح في الأوراق وفي الوقت نفسه تظهر النباتات نسبة عالية من محتوى المياه النسبي تحت الظروف الملوثة وبذلك يمكن أن تكون متحملة للتلوث (Rathore et al., 2018). يساعد المحتوى المائي العالي النسبي في النباتات على ذلك الحفاظ على توازنه الفسيولوجي تحت الاجهاد ويعمل كمقاوم للجفاف للنباتات. ويؤدي تلوث الهواء إلى انخفاض في النتح يحدث معدل وضرر للمحرك الورقي وهو المسؤولة عن سحب الماء من الجذور بسبب أن النباتات لا تجلب المعادن ولا يرد الورقة. انخفاض المياه النسبية المحتوى يرجع إلى تأثير الملوثات على معدل نتح الأوراق (Kuddus et al., 2011; Lohe et al. 2015)

الكلوروفيل الكلي

أظهرت الدراسة الحالية أن محتوى الكلوروفيل في جميع النباتات يختلف بإختلاف حالة التلوث في منطقة الدراسة أي أن إرتفاع مستوى التلوث يخفض محتوى الكلوروفيل. النتائج أظهرت أن متوسط تركيز الكلوروفيل في الأشجار في منطقة الدراسة كان 0.422±0.0957 ملجم/لتر. والجدول 3 يوضح أيضا متوسط تركيز الكلوروفيل الكلي في الأشجار التي درست في موقع الجامعة القريب من الطريق العام، حيث كان المتوسط 0.359±0.094 ملجم/لتر، في حين كان أقل تركيز وجد في نبات دودونيا حيث بلغ 0.2021 ملجم/لتر وأعلى تركيز كان في نبات السرول حيث كان 0.4775 ملجم/لتر. ويظهر الجدول 3 نتائج الكلوروفيل الكلي لموقع مشروع براك-أشكدة حيث بلغ متوسط الكلوروفيل الكلي 0.486±0.0386 ملجم/لتر. ويبين كذلك أن أقل قيمة كانت 0.4152 ملجم/لتر لنبات السرول، في حين سجلت أعلى قيمة لنبات الزيتون حيث بلغت 0.5194 ملجم/لتر. وعند دراسة علاقة الارتباط بين الكلوروفيل الكلي والمسافة عن الطريق العام أظهرت النتيجة أن هناك علاقة ارتباط موجبة بلغت 0.674 وهذا يدل على أنه كلما ابتعدنا عن الطريق العام زاد تركيز الكلوروفيل في أوراق النباتات وهو ما يؤكده نتائج المتوسط العام بين الموقعين، انظر الشكل 4. وهو ما أكدته الدراسات السابقة من أن زيادة معدلات تلوث الهواء تسهم بشكل واضح في خفض محتوى الكلوروفيل الكلي في أوراق عدد من الأشجار (Chandawat et al., 2011).

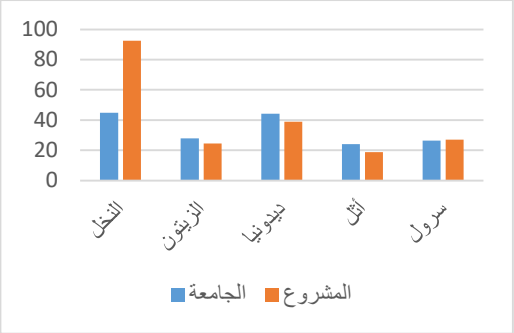


شكل 4. نتائج الكلوروفيل الكلي في العينات المدروسة في موقعي الجامعة والمشروع

يعتبر محتوى الكلوروفيل ضروري جدًا للنباتات وانخفاضه يدل على تلوث الهواء. إن انخفاض في محتوى الكلوروفيل الكلي يحدث بشكل رئيسي يحدث بسبب ترسب الدقائق على سطح الورقة وخسارة محتوى الكلوروفيل في الأوراق يدعم هذه الحقيقة وهي أن البلاستيدات الخضراء هي الموقع الرئيسي لهجوم ملوثات الهواء في النباتات (Tripathi and Gautam, 2007) يستخدم الكلوروفيل الكلي بشكل شائع لتقييم تأثير ملوثات الهواء على معدل التمثيل الضوئي في أوراق النبات (Sharma et al., 2019) فالكلوروفيل الكلي هو مؤشر للنمو ونشاط التمثيل الضوئي وإنتاج الكتلة الحيوية. يرى Kameswaran et al. (2019) أن النبات يتحمل من عوامل المركبات قد تكون مسؤولة عن انخفاض تخليق الكلوروفيل أو تدهوره، وأشار كذلك إلى أن النباتات ذات المحتوى العالي من الكلوروفيل بعد تعرضها لتلوث عادة ما تكون متحملة. كما أظهرت النتائج التي توصل اليها Iqbal et al., (2015) بشكل عام أن مستويات الكلوروفيل قد انخفضت بشكل عام في الأشجار المزروعة الواقعة في المناطق المتأثرة بالتلوث في مدينتي ماليز هالت وقياد آباد في باكستان مقارنة بالمناطق الضابطة control sites، مما يبرز الآثار الضارة لملوثات الهواء خاصة انبعاثات السيارات على الغطاء النباتي في المناطق الحضرية.

حمض الاسكوربيك Ascorbic Acid

النتائج أظهرت أن متوسط حمض الاسكوربيك في منطقة الدراسة كان 39.915±20.962 ملجم/لتر. وتظهر النتائج في الجدول 3 نتائج حمض الاسكوربيك في موقع الجامعة حيث كان متوسط الحمض 33.484±10.205 ملجم/لتر، حيث كان أقل تركيز وجد في نبات الأثل (22.92 ملجم/لتر) بينما أعلى تركيز ظهر في نبات دودونيا (51.88 ملجم/لتر). الجدول 3 فيظهر أيضا نتائج حمض الاسكوربيك في موقع المشروع حيث كان متوسط تركيز هذه الحمض 40.348±27.943 ملجم/لتر وأن أقل تركيز كان في نبات الأثل حيث بلغ تركيزه 16.95 ملجم/لتر، في حين كان أعلى تركيز وجد في نبات النخيل حيث كان التركيز 94.35 ملجم/لتر.



شكل 5. نتائج حمض الاسكوربيك في العينات المدروسة في موقعي الجامعة والمشروع

حمض الأسكوربيك هو عامل اختزال قوي وينشط العديد من الآليات الفسيولوجية والدفاعية في الجسم النباتات. وتتناسب قدرتها الاختزالية بشكل مباشر مع تركيزها. ومع ذلك، فإن انخفاض النشاط يعتمد على الرقم الهيدروجيني، حيث يكون أكثر عند مستويات الرقم الهيدروجيني الأعلى بسبب ارتفاع الرقم الهيدروجيني قد يزيد من كفاءة تحويل سكر الهكسوز إلى حمض الأسكوربيك ويرتبط بتحمل التلوث (Mahecha et al., 2013). كما بين Shrestha et al., (2021) أنه مع زيادة التلوث يزداد محتوى حمض الاسكوربيك في النبات أيضا يزيد لمكافحة حالة الاجهاد. إن هذا الحمض يعمل كعامل اختزال قوي ومانح إلكترون، يقوم بالمسح جذور الأكسجين الحرة، يسهل من إختزال الكبريتيت إلى كبريتيد الهيدروجين ويقلل من سمية ثاني أكسيد الكبريت. النباتات التي تحتوي على نسبة عالية من حمض الاسكوربيك تمتلك مقاومة إلى ثاني أكسيد الكبريت. لذلك نستنتج من هذه الدراسة ان النباتات التي لها تركيز عالي من حمض الاسكوربيك سوف يكون لها قدرة جيدة على مقاومة تلوث الهواء لأن هذا الحمض يساعد في بناء آلية دفاع ويجعل النبات أكثر تحملا، وقد أكد ذلك أيضا Rai & Panda, (2014).

في دراسة أجراها Alhesnawi et al., (2018) على كل من الدودونيا والسرول في العراق حيث كانت النتائج المتحصل عليها في هذه الدراسة متقاربة مع الدراسة الحالية خاصة في قيم الاس الهيدروجيني، ولكنها لم تتوافق مع بقية النتائج مثل المحتوى المائي والكلوروفيل الكلي وحمض الاسكوربيك، وربما يعزي سبب هذا الاختلاف إلى أن الدراسة التي أجريت في العراق كانت العينات مأخوذة من مناطق حضرية مكتظة بالسكان في مدينة كربلاء وكذلك من مناطق صناعية والتي ربما تكون ملوثة بشكل كبير.

نتائج تحمل تلوث الهواء

الجدول 3 يوضح النتائج المتحصل عليها من مؤشر التحمل المتحصل عليها من قياس المعلمات الكيموحيوية للأشجار في منطقة الدراسة. النتائج تبين أن أكثر الأشجار تحملا في كلا الموقعين هو نبات النخيل، حيث كانت قيمة مؤشر التحمل في موقع الجامعة 31.55 بينما ارتفع في موقع المشروع ليصل الى 64.12 . وفي المقابل كان نبات السرول حساس تجاه ملوثات الهواء بحيث كانت قيمة APTI في الموقع الأول 16.49 وفي الموقع الثاني كانت 15.84. إضافة الى ذلك، أظهرت شجرة الزيتون تحملا متوسطا Immediately Tolerant تجاه ملوثات الهواء حيث كان في الموقع الأول 17.03 وفي الموقع الثاني بلغت 15.63. هذه النتيجة تتوافق مع النتائج التي توصل إليها Zouari et al., (2018) حيث درس تحمل عدد من النباتات من بينها الزيتون في مدينة صفاقس، تونس، حيث وجد أن قيمة APTI لنبات الزيتون في موقع غير ملوث كان 20.09 وفي موقع ملوث كان 16.02. وفي نفس المدى ظهر أن نبات دودونيا أظهر أيضا تحملا متوسطا تجاه ملوثات الهواء حيث كان في الموقع الأول 27.91 وفي الموقع الثاني كان 21.06 . وفي المقابل كانت تحملية حساسة في موقع الجامعة ويقابلها تحملية متوسطة في موقع المشروع لنفس النبات والذي يمكن إرجاعه إلى التلوث في موقع الجامعة. النتائج أظهرت كذلك أن نبات السرول كان حساسا تجاه ملوثات الهواء حيث كانت قيمة APTI في موقع الجامعة 16.49 وفي الموقع الثاني (المشروع) كان 15.84

جدول 4. يوضح النتائج المتحصل عليها من مؤشر التحمل المتحصل عليها من قياس المعلمات الكيموحيوية للأشجار

النبات	قيمة APTI موقع الجامعة	مستوى التحمل	قيمة APTI موقع المشروع	مستوى التحمل
النخل	31.5507	Tolerant	64.11937	Tolerant
الزيتون	17.02788	Immediately Tolerant	15.62595	Sensitive
دودونيا	27.91326	Immediately Tolerant	21.05963	Immediately Tolerant
أثل	14.60268	Sensitive	17.67641	Immediately Tolerant
السرول	16.48964	Sensitive	15.84041	Sensitive

دراسة علاقة الارتباط

تم دراسة علاقة الارتباط بين قيمة APTI مع المعلمات parameters الكيموحيوية للأشجار تحت الدراسة. النتائج بينت أن هناك علاقة ارتباط موجبة مع المسافة والاس الهيدروجيني وحمض الاسكوربيك والمحتوى المائي النسبي. إن المسافة عن الطريق العام أظهر ارتباط موجب ضعيف (r= +0.183) وهذا يستنتج منه أنه كلما بعد الموقع عن الطريق زادت قيمة APTI. أما الأس الهيدروجيني فقد كانت له ارتباط إيجابي ضعيف بلغ (r= +0.108) وكذلك كانت العلاقة موجبة مع المحتوى المائي النسبي حيث بلغت (r= +0.269). أما العلاقة مع حمض الاسكوربيك فقد كانت العلاقة موجبة قوية جدا مع قيم APTI حيث بلغت (e= 0.979 +). وفي المقابل ظهرت علاقة ارتباط سالبة ضعيفة مع الكلوروفيل الكلي بحيث يكون التغير طفيفًا جدا (r= −0.019). كما بينت النتائج وجود علاقة ارتباط موجبة مع كل من pH و المحتوى المائي والكلوروفيل الكلي وحمض الاسكوربيك وهذه النتائج متوافقة مع النتائج التي أظهرتها دراسة Alhesnawi et al., (2018).

تحليل التباين

من نتائج تحليل التباين ANOVA بالنسبة للأس الهيدروجيني أظهرت النتائج وجود فروق معنوية بين المعاملات (P<0.05) وكذلك الحال بالنسبة لمحتوى الرطوبة النسبي وقيم APTI وتركيز حمض الاسكوربيك. وفي المقابل اختلف الحال بالنسبة للكلوروفيل حيث لم تظهر فروق معنوية بين المعاملات (P>0.05)

الخلاصة

أجريت هذه الدراسة لغرض تقييم تحمل عدد من الأشجار تجاه ملوثات الهواء بناءا على عدد من المتغيرات مثل الاس الهيدروجيني والمحتوى المائي النسبي وتركيز الكلوروفيل الكلي وتركيز حمض الاسكوربيك وقد كانت النتائج على النحو التالي:

1. نتائج الأس الهيدروجيني لمستخلص أوراق بعض الأشجار في موقع جامعة وادي الشاطئ

القريب من الطريق العام قد بلغ 5.853±0.245 أما في موقع المشروع فقد بلغ 6.313±1.434 . في منطقة موقع الجامعة كان متوسط قيم pH لمستخلص أوراق الأشجار المدروسة قد بلغ 5.853±0.245 حيث كانت أقل قيمة للأس الهيدروجيني لنبات الأثل (5.5)، وأعلى قيم بلغت 6.5 لنبات دودونيا. أم في موقع المشروع فقد كان متوسط قيم pH قد بلغ 6.313±1.434 حيث كانت أقل قيمة للأس الهيدروجيني لنبات دودونيا (4.5)، وأعلى قيم بلغت 9.0 لنبات الأثل.

2. أظهرت النتائج أن متوسط قيم المحتوى المائي النسبي لنباتات المدروسة في موقع الدراسة كان 76.813±13.734%. النتائج بينت أن متوسط قيم المحتوى المائي النسبي لعينات أوراق الأشجار في موقع الجامعة بلغ 82.887±9.387% حيث أظهر نبات الزيتون أقل نسبة (68.14%) وفي المقابل أظهر النبات السرول أعلى نسبة (96.04%). أما متوسط قيم المحتوى النسبي للنباتات في موقع المشروع فقد بلغ 70.739±14.957%، حيث كانت اقل نتيجة ظهرت في نبات دودونيا (43.39%) وأعلى قيمة وجدت في نبات النخيل (84.70%).

3. متوسط تركيز الكلوروفيل الكلي في الأشجار التي درست في موقع الجامعة القريب من الطريق العام، حيث كان المتوسط 0.359±0.094 ملجم/لتر، في حين كان أقل تركيز وجد في نبات دودونيا حيث بلغ 0.2021 ملجم/لتر وأعلى تركيز كان في نبات السرول حيث كان 0.4775 ملجم/لتر. بينت نتائج الكلوروفيل الكلي لموقع مشروع براك-أشكدة أن متوسط الكلوروفيل الكلي بلغ 0.486±0.0386 ملجم/لتر. ويبين كذلك أن أقل قيمة كانت 0.4152 ملجم/لتر لنبات، في حين سجلت أعلى قيمة لنبات الزيتون حيث بلغت 0.5194 ملجم/لتر

4. النتائج أظهرت ان متوسط حمض الاسكوربيك في منطقة الدراسة كان 39.915±20.962 ملجم/لتر، حيث كان متوسط الحمض 33.484±10.205 ملجم/لتر في موقع الجامعة، حيث كان أقل تركيز وجد في نبات الأثل (22.92 ملجم/لتر) بينما أعلى تركيز ظهر في نبات دودونيا (51.88 ملجم/لتر). أما في موقع المشروع فقد كان متوسط تركيز هذه الحمض 40.348±27.943 ملجم/لتر وأن اقل تركيز كان في نبات الأثل حيث بلغ تركيزه 16.95 ملجم/لتر، في حين كان أعلى تركيز وجد في نبات النخيل حيث كان التركيز 94.35 ملجم/لتر.

5. . النتائج أظهرت أن أكثر الأشجار تحملا في كلا الموقعين هو نبات النخيل، حيث كانت قيمة مؤشر التحمل في موقع الجامعة 31.55 بينما ارتفع في موقع المشروع ليصل الى 64.12 . وفي المقابل كان نبات السرول حساس تجاه ملوثات الهواء بحيث كانت قيمة APTI في الموقع الأول 16.49 وفي الموقع الثاني كانت 15.84. إضافة الى ذلك، أظهرت شجرة الزيتون تحملا متوسطا Immediately Tolerant تجاه ملوثات الهواء حيث كان في الموقع الأول 17.03 وفي الموقع الثاني بلغت 15.63.

الشكر وتقدير

الشكر موصول لكل من قدم لنا يد العون حتى تحقق ما نصبوا إليه وتم إنجاز هذا البحث، والله ولي التوفيق.

المراجع:

Alhesnawi, A. S. M.; Alsalman, I. M.; Najem, A. N. 2018. Evaluation of air pollution tolerance index of some plants species in Kerbala city, Iraq. J. Pharm. Sci. & Res. 10(6), 1386-1390.

Amujiri, A. N.; Nweze, A. E.; Ogboji, L. O.; Ikegbunam, C. N.; Umejiaku, C. M.; Umejiaku, C. M.; Okwagbe, O. E.; Ojua, E. O.; Osayi, E. E. 2024. Assessment of Air Pollution Tolerance Index (APTI) and Expected Performance Index (EPI) of Plants along Nsukka, Enugu Road, Nigeria. *Asian Journal of Biology*. 20(12), 113-129.

Banerjee, S.; Banerjee, A.; Palit, D. 2022. Morphological and biochemical study of plant species- a quick tool for assessing the impact of air pollution. Journal of Cleaner Production. 339(10), 130647.

Chandawat, D. K.; Verma, P. U; Solaknki, H. A. 2011. Air Pollution Tolerance Index (Apti) of Tree Species at Cross Roads of Ahmedabad City. Life sciences Leaflets. 20. 935-945.

CILG-VNG International. 2017. Libya Local Governance and Stabilization Programme. https://www.cilg-international.org/wp-content/uploads/2022/02/Rapport-Brack-SDV.pdf

Iqbal, M. Z.; Shafig, M.; Zaidi, S. Q.; Athar, M. 2015. Effect of automobile pollution on chlorophyll content of roadside urban trees. Global J. Environ. Sci. Manage. 1(4), 283-296.

Jabeen, Ruqaya. 2019. Air Pollution Tolerance Index (APTI) of Some Plants Growing on the Roads of Abha, Saudi Arabia. Biosci. Biotech. Res. Comm. 12(3): 631-636

Juswardi, M.; Sa'idah, N., Aminasih, N., Wardana, S. T. 2024. Air Pollution Tolerance of Several Species of Trees in the Petrochemical Industry Area Using Air Pollution Tolerance Index (APTI) Method. *International Journal of Life Science and Agriculture Research*. 3(4), 295-302.

Kameswaran, S., Gunavathi, Y., & Krishna, P. G. (2019). Dust pollution and its influence on vegetation–a critical analysis. Life Science Informatics Publications. 5(1). 341-372

Kuddus, M.; Rashme,K.; and Ramteke P. W. 2011. Studies on air pollution tolerance of selected plants in Allahabad city, India. Journal of Environmental Research and Management. 2(3). 042-046.

Lohe, R.N; Tyagi, B.; Singh, V.; Tyagi, B.; K.; Khanna, D.R.; Bhutiani, R. 2015. A comparative study for air pollution tolerance index of some terrestrial plant species. Global J. Environ. Sci. Manage. 1(4). 315-324

Mahecha, G.S.; Bamniya, B.R.; Nair, N.; Saini, D. 2013. Air Pollution Tolerance Index of Certain Plant Species-A Study of Madri Industrial Area, Udaipur (Raj.), India. International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology. 2(12), 7927-2929

Nawaz, R.; Aslam, M.; Nasim, I.; Irshad, M.A.; Ahmad, S.; Latif, M.; Hussain, F. 2023. Air Pollution Tolerance Index and Heavy Metals Accumulation of Tree

Nepal. Sustain. Environ. Res. 31(3), 1-9.

Singh, S. N. and A. Verma. 2007. Phytoremediation of Air Pollutants. In: S. N. Singh and R. D. Tripathi (eds.). A review in Environmental Bioremediation Technology. Springer, Berlin Heidelberg. 1: 293-314.

Tak, A. A., Kakde, U. B. (2020). Evaluation of air pollution tolerance and performance index of plants growing in industrial areas. International Journal of Ecology and Environmental Sciences. 2(2). 01-09

Timilsina, S.; Shakya, S.; Chaudhary, S.; Thapa Magar, G.; Narayan Munankarmi, N. 2021. Evaluation of air pollution tolerance index (APTI) of plants growing alongside inner ring road of Kathmandu, Nepal. Int. J. Environ. Stud., 1–16

Tripathi, A.K. and Gautam, M. 2007. Biochemical parameter of plants as indicator of air pollution, J. Environ. Bio., 28: 127-132

Zahid A.; Ali, S.; Anwar, W.; Ammara, F.; Muhammad, B. C.; Ayub, A.; Ahmad, Raza; Kashif, A.; Maroof, S. 2023. Assessing the air pollution tolerance index (APTI) of trees in residential and roadside sites of Lahore, Pakistan

Zouari, M.; Elloumi, N.; Mezghani, I.; Labrousse, P.; Ben Rouina, B.; Ben Abdallah, F.; Ben Ahmed, C. 2018. A Comparative Study of Air Pollution Tolerance Index (APTI) of Some Fruit Plant Species Growing in the Industrial Area of Sfax, Tunisia. Pollution, 4(3): 439-446

Species for Sustainable Environmental Management in Megacity of Lahore. Air. 1, 55–68.

Rai, P. K. and Panda, L. L. 2014. Dust capturing potential and air pollution tolerance index (APTI) of some road side tree vegetation in Aizawl, Mizoram, India: an Indo-Burma hot spot region. Air Quality, Atmosphere, and Health, 7(1), 93-101.

Rathore, D. S.; Kain, T.; Gothalkar, P. 2018. A Study of Air Pollution Status by Estimation of APTI of Certain Plant Species Around Pratapnagar Circle in Udaipur City. International Journal of Agriculture, Environment and Biotechnology. 11(1). 33-38

Roy, A.; Bhattacharya, T.; Kumari, M. 2020. Air pollution tolerance, metal accumulation and dust capturing capacity of common tropical trees in commercial and industrial sites. Sci. Total Environ. 722, 137622.

Sadia, H. E., F. Jeba, A. T. M. M. Kamal and A. Salam. 2019. Air Pollution Tolerance Index of Mangifera Indica Plant Species Growing in the Greater Dhaka Region, Bangladesh. J. biodivers. conserv. bioresour. manag. 5(1), 1-12.

Sharma, M. L., Pandey, A. C., & Goswami, N. (2019). Chemical Estimation of Air Pollutants and its impact on the Total Chlorophyll contents a and b of Adhatoda vasica and Aloe vera Plants. Asian Journal of Research in Chemistry, 12(2), 75- 78

Shrestha, S.; Baral, B.; Dhital, N.B.; Yang, H.H. 2021. Assessing air pollution tolerance of plant species in vegetation traffic barriers in Kathmandu Valley,