Electronic Journal of University of Aden for Basic and Applied Sciences
EJUA-BA Vol. 6 No. 4 (2025)
https://doi.org/10.47372/ejua-ba.2025.4.473
ISSN: 2708-0684

مقالة بحثية

تقييم الصفات الكيميائية ومؤشر تحمل تلوث الهواء (APTI) كأداة لرصد التلوث الهوائي في بعض الأنواع النباتية النامية في الضالع

لقمان عبد الله عبدالكريم[1،*]، و شميم مصطفى محمود[1]

[1] قسم البساتين، كلية ناصر للعلوم الزراعية، جامعة لحج، لحج، اليمن

* الباحث الممثّل: لقمان عبد الله عبد الكريم؛ البريد الالكتروني: luqmanabdullah2021@gmail.com

استلم في: 01 اكتوبر 2025 / قبل في: 30 نوفمبر 2025 / نشر في 31 ديسمبر 2025

المُلخّص

لإختيار تأثير الملوثات الهوائية المنبعثة من المولدات الكهربائية، وعوادم السيارات، والمصانع على الصفات البيوكيميائية وتقدير مؤشر تحمل تلوث الهواء للنباتات (APTI) ونفذت هذه الدراسة في محافظة الضالع خلال العامين (2022-2024م) على سبعة أنواع نباتية نامية في موقعين: موقع ملوث وموقع خالي من الملوثات وأظهرت نتائج هذه الدراسة التالي: القرض Acacia nilotica والمريمرا Azedarach indica واللبخ Albizia lebbek والبونسيانا Delonix regia والديمن Inga dulcis والدفلة Nerium oleander والسدر Ziziphus spina-Christi. أن الأنواع النباتية تباينت بصورة معنوية في محتوى الأوراق من حمض الأسكوربيك، والمحتوى الكلي للكلوروفيل، ورقم حموضة الأوراق، والمحتوى الرطوبي للأوراق، في كلا الموسمين وأن أعلى القراءات كانت في الموقع الخالي من الملوثات، باستثناء نبات المريمرا الذي لوحظ زيادة في محتوى الأوراق من حمض الأسكوربيك وبنسبة بلغت (43.90%) في الموقع الملوث وتباين مؤشر تحمل تلوث الهواء بين الأنواع النباتية تحت الدراسة وتراوح ما بين (8.27-15.87)، وأن انخفاضا ملحوظاً كان في الموقع الملوث وبنسبة بلغت(3.02-19.36%) باستثناء نبات المريمرا الذي زاد مؤشر تحمل تلوث الهواء في الموقع الملوث وبنسبة زيادة بلغت (9.99-13.50%) وتدل النتائج أن الأنواع النباتية تحت الدراسة هي أنواع تصنف ما بين متوسطة المقاومة إلى حساسة للملوثات الهوائية.

الكلمات المفتاحية: أنواع نباتية؛ الصفات البيوكيميائية؛ مؤشر تحمل تلوث الهواء (APTI).

1-المقدمة:

يعد تلوث الهواء من أكثر المشاكل التي نعانيها في عصرنا الحالي؛ اذ أصبح من أهم القضايا التي تتناولها البحوث والدراسات وخاصة في المدن ذات التطور الصناعي والتضخم الكبير في عدد وسائل النقل [1] ويعرف التلوث الهوائي بأنه حدوث خلل في النظام الايكولوجي الهوائي نتيجة اطلاق كميات كبيرة من الغازات والجسيمات تفوق قدرة النظام على التنقية الذاتية مما يؤدي الى حدوث تغير كبير في حجم وخصائص عناصر الهواء فتتحول من عناصر صانعة للحياة كما قدر الله عزوجل الى عناصر ضارة تحدث ضررا وأخطار كبيرة [2] وتعد المساحات الخضراء بمثابة الرئة التي تتنفس من خلالها المدينة ولايصح النظر الى المساحات الخضراء كونها من الكماليات أو الرفاهية غير الضرورية [3] ويعد استخدام النباتات كدلائل حيوية على تلوث الهواء وذلك بالاعتماد على حساب دليل يسمى دليل التحمل لتلوث الهواء والذي يعتمد على مجموعة من المقاييس كمقدار الكلوروفيل الكلي للأوراق ومقدار الاس الهيدروجيني (PH) لمستخلص الأوراق والمحتوى الرطوبي النسبي للأوراق إضافة الى مقدار حامض الأسكوربيك في الأوراق كما ان الاعتماد على دليل التحمل للتلوث الهوائي (APTI) في اختيار الأنواع الملائمة لتشجير جوانب الطرق يكون جيدا [4] إن الأنواع النباتية تتباين فيما بينها في محتوى الأوراق من حمض الأسكوربيك وبين موقع الدراسة وأن أقل القيم في بعض الأنواع كانت في المواقع الخالية من التلوث ، ويدل مؤشر تحمل تلوث الهواء الى مدى حساسية أو مقاومة الأنواع للملوثات حيث تتباين الأنواع في مدى الاستجابة [5] إن النباتات النامية في مواقع متباينة في نسبة التلوث لوحظ أن محتوى الأوراق من حمض الأسكوربيك كان متبايناً بين الأنواع النباتية؛ حيث كان عالياً في بعض الأنواع وفي بعض الأنواع كان منخفضاً[6] وأن محتوى الأوراق من الكلوروفيل الكلي ورقم حموضة الأوراق والمحتوى الرطوبي للأوراق كان متبايناً بين الأنواع النباتية في الموقع الغير ملوث ، وأن الانخفاض والارتفاع للصفات البيوكيميائية كان في الموقع الملوث وفي دراسة عن تقدير مؤشر تحمل التلوث الهوائي لبعض النباتات النامية في مواقع متباينة في نسبة التلوث أن الأنواع النباتية تحت الدراسة تباينت في رقم الحموضة؛ حيث كان عالياً في بعض الأنواع وفي بعض الأنواع كان منخفضاً عند الزراعة في المواقع الملوثة [7] وأن محتوى الأوراق من الكلوروفيل الكلي قد انخفض في جميع الأنواع تحت الدراسة في المواقع العالية التلوث في بعض الاشجار فإن محتوى الاوراق من الكلوروفيل الكلي كان عالياً في الأنواع النامية في مناطق ملوثة وهذا يدل على تحمل الأنواع لتلوث الهواء[8] أن محتوى الاوراق من الكلوروفيل الكلي كان منخفضا في المواقع التي تتعرض لكثافة مرورية عالية في جميع الأنواع النباتية وبنسب مختلفة وفي دراسة عن تأثير التلوث الناتج عن عوادم السيارات على المحتوى البيوكيميائية لأوراق النباتات المستخدمة لتشجير الشوارع أن محتوى الاوراق الرطوبي كان منخفضاً في المواقع التي تتعرض لكثافة مرورية عالية في جميع الأنواع النباتية وبنسب مختلفة من نوع إلى آخر [9]أن درجة تحمل النباتات للتلوث الهوائي في الأنواع النباتية يتباين في مؤشر (APTI) ففي بعض الأنواع كان عالياً وفي بعض الأنواع كان منخفضاً ، ويدل الانخفاض في مؤشر (APTI) على شدة التلوث الهوائي في المنطقة الذي زرع فيها النبات[10] وأن مؤشر تحمل تلوث الهواء في بعض شجيرات الزينة ؛ إذ لوحظ أن أنواع الشجيرات تتباين في مؤشر تحمل تلوث الهواء، وأن الأنواع الذي تعطي مؤشر عالي يمكن زراعتها في المواقع الملوثة ، بينما الذي تعطي مؤشر منخفض يمكن استخدامها كنباتات دالة على تلوث الموقع[11] أن التغيرات البيوكيميائية في أوراق النباتات يمكن استخدامها كمؤشر لقياس درجة التلوث الهوائي، وتهدف

الدراسة إلى معرفة تأثير الملوثات الهوائية على الصفات البيوكيميائية لأوراق الأنواع النباتية، ولمعرفة الأنواع النباتية المقاومة والحساسة للتلوث الهوائي في منطقتي الدراسة واستخدامها لمقاومة الملوثات الهوائية أو كأدلة حيوية عن طريق قياس مؤشر تحمل تلوث الهواء[12]

2- مواد وطرائق البحث Materials and methods

أجريت هذه الدراسة خلال العامين 2023-2024م في محافظة الضالع.

وصف موقع الدراسة:

تقع محافظة الضالع جنوب صنعاء على بعد 245 كيلومتراً، والى الشمال من عدن على بعد 200كيلومتراً تقريباً، على خط عرض (42: 13˚) شمالاً، وخط طول (43: 44˚) شرقاً، ويحدها من الشمال محافظة البيضاء، ومن الشرق أجزاء من محافظة لحج، ومن الجنوب أجزاء من محافظتي لحج وتعز، ومن الغرب محافظة إب.

صورة (1): خريطة محافظة الضالع ومديرياتها موضحا بها مناطق الدراسة

ولتحقيق هذه الدراسة اشتملت التجربة على تقييم مؤشر تحمل تلوث الهواء لبعض نباتات الزينة النامية في محافظة الضالع واختيرت سبعة أنواع نباتية متجانسة العمر وتم اختيار النباتات تحت الدراسة بشكل عشوائي من موقعين (معرضة لمسببات التلوث الهوائي) وغير ملوثة (خالية من مسببات التلوث الهوائي) ،وبعدد ثلاثة أشجار كل شجرة أو شجيرة تمثل مكرر، وتم جمع عينات الأوراق طازجة مكتملة النمو لكل نوع نباتي عشوائيا بمعدل (20) ورقة ناضجة من المنطقة الوسطية في كل فرع وعلى ارتفاع (1.5-2 م) وتم أخذ العينات المطلوبة لتحليل الكيميائي الى المختبر مباشرة في اوعية عازلة للحرارة مبردة لإجراء التحاليل الكيميائية لدراسة الصفات البيوكيميائية للأنواع تحت الدراسة وتقدير مؤشر تحمل تلوث الهواء ومؤشر الأداء المتوقع وتم استخدام تحليل التباين واختبار LSD لمعرفة الفروق الإحصائية.

شملت الدراسة على عاملين هما:

العامل الأول

النوع النباتي

تم اختيار سبعة أنواع نباتية منتشرة في منطقتي الدراسة لغرض استعمالها في مراقبة الهواء واختبار كفاءتها في تخفيف بعض ملوثاته **تتضمن الأنواع التالية هي:**

القرض Acacia nilotica والمريمرا Azedarach indica واللبخ Albizia lebbek والبونسيانا Delonix regia والديمن Inga dulcis والدفلة Nerium oleander والسدر Ziziphus spina-Christi

العامل الثاني

موقع الدراسة

تضمن موقعين في محافظة الضالع هما:

الموقع الأول: عزلة الضبيات وتعتبر كمنطقة خالية من التلوث البيئي الهوائي حيث الكثافة المرورية لوسائل النقل ضعيفة (عوادم السيارات)

الموقع الثاني: شوارع وجزر المدينة ويعتبر كمنطقة ذات التلوث البيئي الهوائي حيث تزداد فيها الكثافة المرورية لوسائل النقل (عوادم السيارات)

الصفات البيوكيميائية:

لتقدير مؤشر مقاومة التلوث الهوائي يتطلب لاحتسابه اخذ أربع قراءات أساسية وهي:

أ- محتوى الأوراق من حمض الأسكوربيك (AA):

تم وزن واحد غرام من كل عينة نباتية ووضع في قارورة سعة 2.5مل ثم اضيف 10مل من حامض Oxalic acid (0.05M) وتركت في الظل لمدة ليلة كاملة ثم اخذ 2.5 مل من كل عينة واضيف اليها 2.5 مل من Oxalic acid (0.05M) و0.5 مل من meta-Phosphoric acid و1 مل من Sulfuric acid و 2 مل من Ammonium molybdate بعدها اكمل الحجم الى 25 مل بالماء المقطر ثم قرئت العينات بجهاز المطياف الضوئي على طول موجي 760nm وقورنت بالمنحنى القياسي لحامض الأسكوربيك الذي تم تحضيره مسبقا ورسمت العلاقة بين تركيز حامض الأسكوربيك وقيم الامتصاصية لكل تركيز ’لحساب قيم تركيز حامض الأسكوربيك في كل عينة تبعا لطريقة: [13]

ب- تقدير المحتوى الكلي للكلوروفيل (TCH):

تم تقدير المحتوى الكلّي للكلوروفيل في الأوراق باستعمال الطريقة الموصوفة من قبل.[14] إذ وزن(0.2 جرام) من الأوراق النباتية وطحنت بهاون خزفي مع 20مل ماء مقطر و80 مل من الأسيتون وبتركيز (80 %) واخذت القراءة في جهاز المطياف الضوئي على الطول الموجي (645 و663 نانومتر) .وحسب المحتوى الكلي للكلوروفيل وفقا للمعادلة الآتية من قبل[15]

$$TOTAL\ Chlorophyll\ (mg/g) = \frac{20.2\ (A645)\ +\ 8.02(A663)\ \times\ V}{1000\ x\ W}$$

حيث:

A645 = الامتصاصية على الطول الموجي645

A663 = الامتصاصية على الطول الموجي663

V = الحجم النهائي ml

W = الوزن النهائي gm

ج- رقم حموضة مستخلص الأوراق (ph):

وزن 0.5 غرام من الأوراق النباتية وتمّ مجانستها في 50 مل من الماء المقطر وقدر الاس الهيدروجيني بعد معايرة الجهاز بمحاليل المعايرة [14]

د-المحتوى الرطوبي للأوراق (RWC):

استخراج محتوى الماء النسبي وفقا للمعادلة الآتية: من قبل [16]

$$RWC\% = \frac{FW - DW \times 100}{TW - DW}$$

حيث

FW = الوزن الطازج (يؤخذ مباشرة بعد إزالة الغبار من على الأوراق)

TW = وزن الامتلاء يؤخذ بعد ترك الأوراق لمدة ليلة كاملة في الماء المقطر

DW = الوزن الجاف تم الحصول عليه بعد تجفيف الأوراق في فرن عند 70درجة مئوية لمدة ليلة كاملة.

ح-تقدير مؤشر تحمل تلوث الهواء(APTI):

تم احتسابه حسب المعادلة التالية تبعا ل [14]

$$APTI = \frac{AA\ (TCH\ + PH)\ + RWC}{10}$$

ومن ناتج احتساب هذه المعادلة سيتم تصنيف الأنواع النباتية تبعا [17] الى:

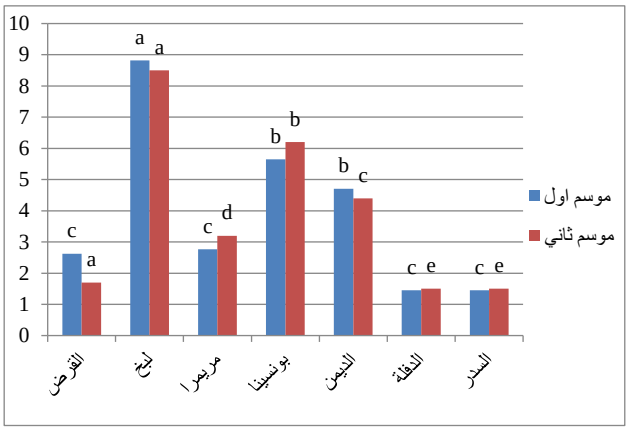
مقاومة	≤ 17
متوسطة المقاومة	12-16
حساسة	1-11

3-النتائج والمناقشة:

3-1 تقدير محتوى الارواق من حمض الأسكوربيك (AA):

تأثير النوع النباتي:

تشير النتائج في شكل (1) أن الأنواع النباتية تحت الدراسة قد أظهرت اختلافا معنويا في المحتوى الأوراق من حمض الأسكوربيك ؛حيث تتراوح ما بين (1.45 - 8.82ملجم/ جم)و(1.5-8.5ملجم/جم) في الموسم الاول والثاني على التوالي وتفوق نبات اللبخ تفوق معنوياً على بقية الأنواع حيث بلغ (8.82-8.5ملجم/جم) بينما اقل محتوى كان في نبات الدفلة والسدر وبلغ (1.5-1.45 ملجم/جم) و(1.5-1.45 ملجم/جم)في كلا الموسمين، وتتفق النتائج مع [6] إن النباتات النامية في مواقع متباينة في نسبة التلوث لوحظ أن محتوى الأوراق من حمض الأسكوربيك كان متبايناً بين الأنواع النباتية؛ حيث كان عالياً في بعض الأنواع وفي بعض الأنواع كان منخفضاً ، ويفسر المحتوى العالي في أوراق اللبخ بميكانيكية تطوير وسائل الدفاع عن الملوثات في النبات.



شكل (1): تأثير النوع النباتي على محتوى الاوراق من حمض الأسكوربيك (ملم/ جم) خلال الموسمين.

تأثير الموقع:

تدل النتائج في شكل(2) أن محتوى الأوراق من حمض الأسكوربيك كان الأعلى في الموقع الغير ملوث ؛حيث بلغ(4.1-4.16 ملجم/جم) مقارنة بالموقع الملوث وان لم تصل الفروق في الموسم الاول حد المعنوية ، ولا تتفق النتائج مع [5] الذي أشار أن الأنواع النباتية تتباين فيما بينها في محتوى الأوراق من حمض الأسكوربيك وبين موقع الدراسة وأن أقل القيم في بعض الأنواع كانت في المواقع الخالية من التلوث ، ويدل مؤشر تحمل تلوث الهواء الى مدى حساسية أو مقاومة الأنواع للملوثات حيث تتباين الأنواع في مدى الاستجابة، وقد يرجع انخفاض محتوى الأسكوربيك في بعض الأنواع في المناطق الملوثة الى الإنتاج المنخفض للنبات من الاوكسجين النشط (ROS) وأيضا الملوثات مثل: .O2.OH.So3.HSO4

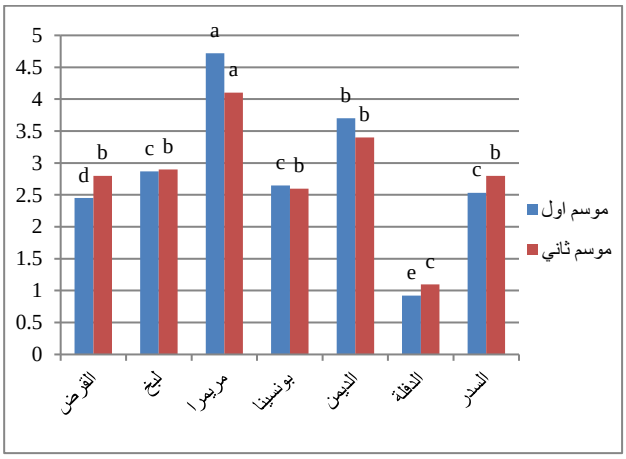
تأثير التداخل بين النوع النباتي والموقع:

توضح النتائج في جدول (1) أن التداخل بين النوع النباتي والموقع الذي نمت فيه النباتات كان معنويا وأن انخفاض ملحوظا كان في جميع الأنواع تحت الدراسة في الموقع الملوث باستثناء المريمرا وتراوحت نسبه الانخفاض بين الانواع ما بين (1.37-67.0%) في الموسم الأول والثاني على التوالي وأن أقل معدل انخفاض في الموقع الملوث كان في نبات اللبخ والدفلة حيث بلغ (9.17 - 1.37 %)في الموسم الأول، وتتفق النتائج مع [5] الذي لاحظه أن الأنواع النباتية تتباين فيما بينها في محتوى الأوراق من حمض الأسكوربيك وبين موقع الدراسة وأن أقل القيم في بعض الأنواع كانت في المواقع الخالية من التلوث ، ويدل مؤشر تحمل تلوث الهواء الى مدى حساسية أو مقاومة الأنواع للملوثات حيث تتباين الأنواع في مدى الاستجابة.

3-2 تقدير المحتوى الكلي الكلوروفيل (CHT):

تأثير النوع النباتي:

تبين النتائج في شكل (3) أن محتوى الأوراق من الكلوروفيل الكلي كان متباينا بين الأنواع وبشكل معنوي وتتراوح في الموسم الاول بين (4.72-0.92ملجم/جم)وفي الموسم الثاني ما بين (1.1-4.10ملجم/جم) ومن بين الأنواع تحت الدراسة تفوق نبات المريمرا أظهرت تفوق معنويا وبلغ محتوى الأوراق من الكلوروفيل الكلي(4.27 -4.10ملجم/جم) ؛بينما أقل محتوى كان في الدفلة وبلغ (0.92-1.10ملجم/جم) في كلا الموسمين، وتتفق النتائج مع [7] الذي ذكر أن محتوى الأوراق من الكلوروفيل الكلي كان متبايناً بين الأنواع النباتية،ويعود التباين في محتوى الأوراق من الكلوروفيل الكلي إلى سرعة أو بطئ عملية التمثيل الضوئي نتيجة اختلاف الصفات الوراثية في النبات أو نسبة الملوثات الهوائية في النبات.



شكل (3): تأثير النوع النباتي على محتوى الكلوروفيل الكلي في الأوراق (ملم/ جم) خلال الموسمين

تأثير الموقع:

تبين النتائج في شكل (2) أن محتوى الكلوروفيل الكلي في أوراق النباتات كان عاليا في الموقع الغير ملوث وبلغ(3.0-3.11) ملجم/جم) وبفروق معنوية مقارنة بالموقع الغير ملوث وبلغت نسبة نقص(17.68 - 13.33 ٪)في الموسم الاول والثاني على التوالي، وتتفق النتائج مع[9] الذي لاحظ أن محتوى الاوراق من الكلوروفيل الكلي كان منخفضا في المواقع التي تتعرض لكثافة مرورية عالية في جميع الانواع النباتية وبنسب مختلفة ويعود ذلك إلى بطئ عملية التمثيل الضوئي في الأوراق نتيجة تراكم الملوثات الهوائية في سطح الأوراق مما يؤدي إلى انسداد الثغور وبالتالي ضعف عملية التمثيل الضوئي في النبات .

تأثير التداخل بين النوع النباتي والموقع:

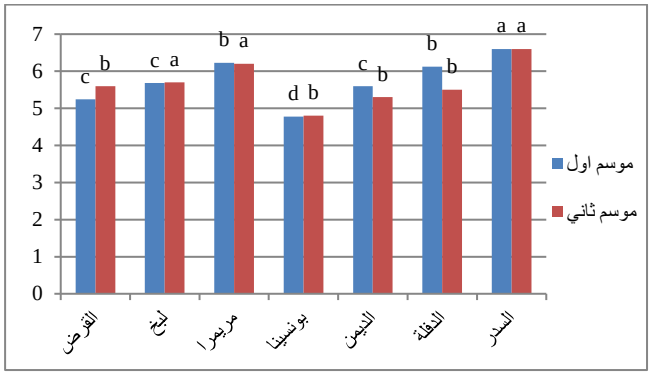
توضح النتائج في جدول(1) أن التداخل بين النوع النباتي وموقع الدراسة كان معنويا في كلا الموسمين أن انخفاضاً ملحوظا في محتوى الاوراق من

الكلوروفيل الكلي كان في الموقع الملوث وتراوحت نسبة الانخفاض ما بين (6.69 - 38.05%) في الموسم الاول وما بين (14.28 -39.21%)في الموسم الثاني باستثناء نباتي القرض والسدر الذي لوحظ أن هناك زيادة في محتوى الاوراق من الكلوروفيل الكلي في الموقع الملوث بلغت (21.87 - 19.35%)على التوالي، وتتفق النتائج مع [8] الذي لاحظه أن محتوى الأوراق من الكلوروفيل الكلي قد انخفض في جميع الانواع تحت الدراسة في المواقع العالية التلوث في بعض الاشجار فإن محتوى الاوراق من الكلوروفيل الكلي كان عالياً في الانواع النامية في مناطق ملوثة، ويرجع ذلك الى اختلاف الأنواع فيما بينها وكذلك على قدرة النبات على تحمل الملوثات الهواء.

3-3 رقم حموضة مستخلص الأوراق (ph):

تأثير النوع النباتي:

تشير النتائج في شكل (4) أن الأنواع النباتية اظهرت تبايناً معنوياً في رقم حموضة مستخلص الأوراق وتراوح رقم الحموضة ما بين (4.78 - 6.60)و (4.8و6.6) في الموسم الاول والثاني على التوالي ، كما يشير نفس الشكل أن نبات السدر حقق أكبر رقم حموضه بلغ (6.60-6.60) وبدون فروق معنوية في الموسم الثاني مع كل من اللبخ والمريمرا والديمن؛ بينما أقل رقم حموضة كان في نبات البونسيانا وبلغ (4.78-4.80) في كلا الموسمين، وتتفق النتائج مع [6] في دراسة عن تقدير مؤشر تحمل التلوث الهوائي لبعض النباتات النامية في مواقع متباينة في نسبة التلوث أن الأنواع النباتية تحت الدراسة تباينت في رقم الحموضة؛ حيث كان عالياً في بعض الأنواع وفي بعض الأنواع كان منخفضاً، وقد يفسر التباين في رقم حموضة مستخلص الأوراق بين الأنواع قيد الدراسة إلى اختلاف الصفات الوراثية للنبات.



شكل (4): تأثير النوع النباتي على رقم حموضة الأوراق خلال الموسمين

تأثير الموقع:

كما تظهر في شكل (2) أن رقم الحموضة لم يتأثر معنويا بموقع الدراسة حيث كان الأعلى في الموسم الاول في الموقع الغير ملوث وبلغ (5.94) بينما كان الأعلى في الموسم الثاني في الموقع الملوث وبلغ (5.8) ، وتتفق النتائج مع[6] الذي وجده في دراسة عن تقدير مؤشر تحمل التلوث الهوائي لبعض النباتات النامية في مواقع متباينة في نسبة التلوث ان الانواع النباتية تحت الدراسة تباينت في رقم الحموضة ، حيث كان عاليا في بعض الانواع وفي بعض الانواع كان منخفضا عند الزراعة في المواقع الملوثة ،وقد يعود ذلك على طبيعة الملوثات التي لها خاصية حمضية.

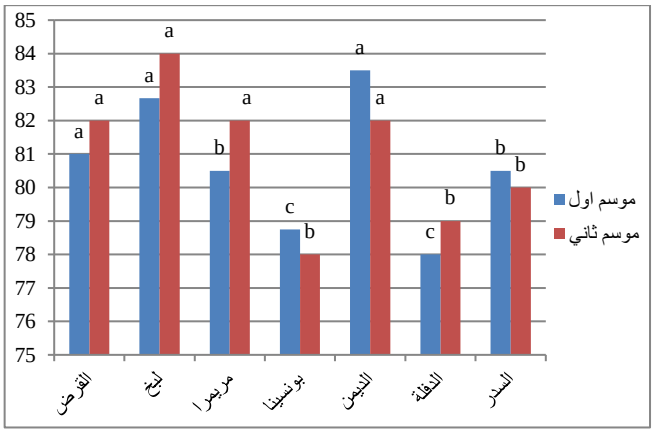
تأثير التداخل بين النوع النباتي والموقع:

أثر التداخل بين النوع النباتي والموقع النامية فيه الأنواع تحت الدراسة بشكل معنوي على رقم حموضه مستخلص الاوراق في الموسمين جدول (1)أن مستخلص رقم حموضة الاوراق انخفض في بعض الأنواع النامية في الموقع الملوث وهي نبات القرض وبنسبه (19.62و27.69%) لنبات اللبخ وبنسبة(12.68و14.51%) ونبات البونسيانا وبنسبة (13.95و17.30%)مقارنة بالموقع الغير ملوث بينما أنواع زاد بها رقم حموضة مستخلص الاوراق في الموقع الملوث مقارنة بالموقع الخالي من التلوث وبنسبة زيادة بلغت في نبات الديمن (4.54 – 7.27%) ونسبه زياده في نبات الدفلة بلغت (0.49 - 28.12)في الموسم الاول والثاني على التوالي،وتتفق النتائج مع **[7]**الذي لاحظه أن رقم حموضة الأوراق كان متبايناً بين الأنواع النباتية وأن انخفاضا أو ارتفاعا للصفات البيوكيميائية كان في الموقع الملوث،ان رقم الحموضة يلعب دورا هاما في العمليات الفسيولوجية داخل النبات ويشير انخفاض رقم الحموضة الى العلاقة المتداخلة او القريبة لنوع تلوث الهواء وان نباتات ذات محتوى منخفض من Ph بدل على انخفاض في نشاط التمثيل الضوئي ويدل على العلاقة الموجبة مع حساسية تلوث الهواء وعلى العكس ارتفاع محتوىPH الأوراق فيزيد من معدل تحول السكر السداسي (hexose) الى حمض الأسكوربيك اسيد وأيضا مدى تحمل النبات للملوثات.

4-3 المحتوى الرطوبي للأوراق (RWC%):

تأثير النوع النباتي:

تظهر النتائج في شكل (5) أن المحتوى الرطوبي للأوراق تباين بشكل معنوي بين الانواع في كلا الموسمين واظهرت كلاً من القرض واللبخ والمريمرا والديمن تفوقا وبدون فروق معنوية؛ بينهما تفوق نبات الديمن في محتوى الرطوبي للأوراق وبلغ (83.50 %)في الموسم الاول ونبات اللبخ في الموسم الثاني، وبلغ (84-0 %)في الموسم الثاني بينما أظهرت النتائج أن أقل محتوى رطوبي للأوراق كان في نباتي البونسيانا والدفلة وبلغ (78.0 و79.0%)في الموسم الأول والثاني على التوالي، وتتفق النتائج مع [7] الذين ذكروا أن محتوى الرطوبي للأوراق كان متبايناً بين الأنواع النباتية ، ويعود الإختلاف في محتوى الأوراق من الرطوبة إلى الصفات الوراثية للأنواع، والصفات التشريحية للأوراق، ومدى قدرتها على الاحتفاظ بالماء، أما زيادة المحتوى الرطوبي للأوراق في بعض الأنواع قد يعود ذلك قدرة الأنواع للمقاومة للإجهاد الذي يتعرض له وهذا يدل على مدى مقاومتها للملوثات الهوائية، كما يدل على العمليات الذي تحدث داخل أنسجة النبات وهناك تفسير أن تحت(ظروف الإجهاد التلوث الهوائي قد يقلل النتح في بعض الأنواع وهذا يفسر ارتفاع المحتوى الرطوبي للأوراق.



شكل (5): تأثير النوع النباتي على المحتوى الرطوبي للأوراق (%) خلال الموسمين

تأثير الموقع:

بين في شكل (2) أن محتوى الرطوبي للأوراق كان متباينا وبشكل معنوي لتأثير الموقع حيث لوحظ ارتفاع في المحتوى الرطوبي للأوراق بلغ (83.0 - 82.20%)في الموقع الخالي من التلوث ، بينما قل المحتوى الرطوبي للأوراق في الموقع الملوث وبلغت نسبة النقص (-3.65%) 4.82في الموسم الاول والثاني على التوالي ، وتتفق النتائج مع [9] الذي أشار في دراسة عن تأثير التلوث الناتج عن عوادم السيارات على المحتوى البيوكيمائي لأوراق النباتات المستخدمة لتشجير الشوارع أن محتوى الاوراق الرطوبي كان منخفضا في المواقع التي تتعرض لكثافة مرورية

عالية في جميع الانواع النباتية وبنسب مختلفة من نوع إلى آخر، وقد يعود انخفاض المحتوى الرطوبي في الموقع الملوث بسبب الملوثات الهوائية ، التي تؤدي إلى زيادة معدل النتح في أوراق النباتات.

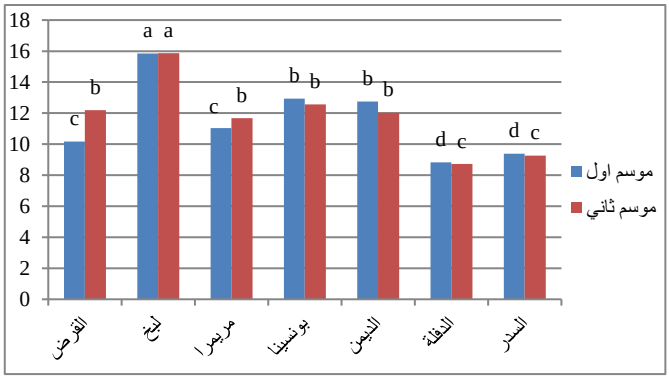
تأثير التداخل بين النوع النباتي والموقع:

تظهر النتائج في جدول (1) أن هناك تأثير معنوي للتداخل بين النوع النباتي وبين موقع الدراسة أن المحتوى الرطوبي للأوراق في الأنواع تحت الدراسة انخفض وبشكل معنوي وأن نسبة الانخفاض تراوحت ما بين (0.42-10.54%) ، (21- 5.81%)في الموسم الاول والثاني عن التوالي كما بين الجدول أن نسبة الانخفاض كانت الأعلى في نبات اللبخ بينما أقل نسبه الانخفاض أقل كان في نبات المريمرا والسدر في كلا الموسمين وقد يفسر هذا التباين في نسبه الانخفاض الى اختلاف الانواع في نسبه الفقد لمحتوى الرطوبي الى وجود او غياب طبقه الكيوكتيل الشمعية او يعتمد على الصفات التشريحية او على الصفات المورفولوجية للنبات حيث أن الصفات التشريحية تساعد على حفظ الماء ومنع او تقلل التبخير بينما الصفات المورفولوجية مثل حجم الاوراق الاكبر يكون معدل البخر أعلى ، وتتفق النتائج مع**[9]** الذي أشار في دراسة عن تأثير التلوث الناتج عن عوادم السيارات على المحتوى البيوكيمائي لأوراق النباتات المستخدمة لتشجير الشوارع أن محتوى الاوراق الرطوبي كان منخفضا في المواقع التي تتعرض لكثافة مرورية عالية في جميع الانواع النباتية وبنسب مختلفة من نوع إلى آخر.

3- 5 تقدير مؤشر تحمل تلوث الهواء (APTI):

تأثير النوع النباتي:

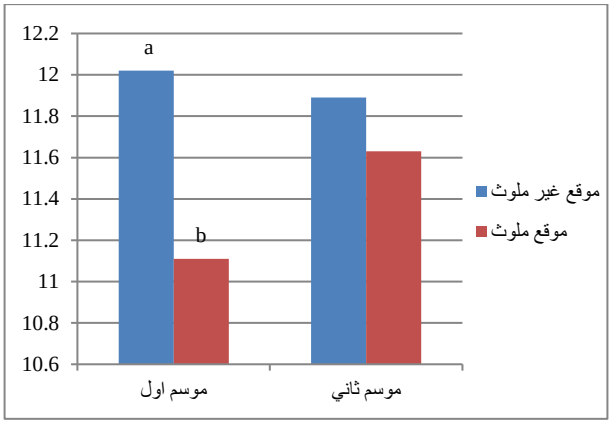
تبين النتائج في شكل (6) أن الأنواع تحت الدراسة تباينت وبشكل معنوي في مؤشر تحمل تلوث الهواء حيث تراوح مؤشر التلوث ما بين 8.82- (15.85في الموسم الأول وما بين (8.27-15.87) في الموسم الثاني مما يدل أن الأنواع تحت الدراسة هي أنواع تصنف ما بين متوسطة المقاومة وحساسة للملوثات الهوائية وبين الشكل أن نبات اللبخ كان متفوق معنوياً على بقية الأنواع حيث أعطى أكبر مؤشر تحمل تلوث الهواء بلغ (15.85 15.87)بينما أقل مؤشر تحمل تلوث الهواء كان في نبات الدفلة وبلغ (8.82 و 8.27)في الموسم الأول والثاني على التوالي، وتتفق النتائج مع[6] الذي أشار أن درجة تحمل النباتات للتلوث الهوائي في الأنواع النباتية يتباين في مؤشر (APTI) ففي بعض الأنواع حيث كان عالياً وفي بعض الأنواع كان منخفضاً، ويمكن تفسير مؤشر العالي في بعض الأنواع إلى ارتفاع محتوى الاوراق من حمض الأسكوربيك ومحتوى الرطوبي للأوراق، ويمكن لهذين العاملين أن يعطيا النبات المقاومة؛ لتحمل الملوثات الهوائية.



شكل (6): تأثير النوع النباتي على مؤشر تحمل تلوث الهواء (*APTI*) خلال الموسمين

تأثير الموقع:

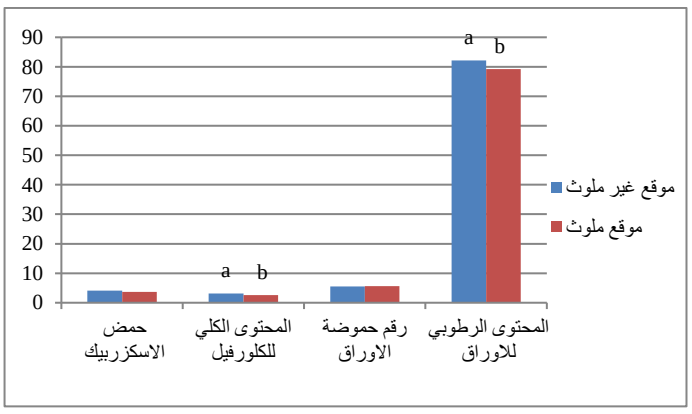
تظهر النتائج في شكل(7) أن مؤشر تحمل تلوث الهواء تأثر وبشكل معنوي بموقع الدراسة وكان في الموسم الاول ولم تظهر النتائج فروق معنويه في الموسم الثاني وان لوحظ ان مؤشر تحمل تلوث الهواء كان عاليا في الموقع الغير ملوث وبلغ (12.02 و11.89) في الموسم الاول والثاني على التوالي وتتفق النتائج مع **[6]** الذي أشار أن درجة تحمل النباتات للتلوث الهوائي في الأنواع النباتية يتباين في مؤشر (APTI) ففي بعض الانواع كان عاليا وفي بعض الانواع كان منخفضا ، ويدل الانخفاض في مؤشر (APTI)على شدة التلوث الهوائي في المنطقة الذي زرع فيها النبات.



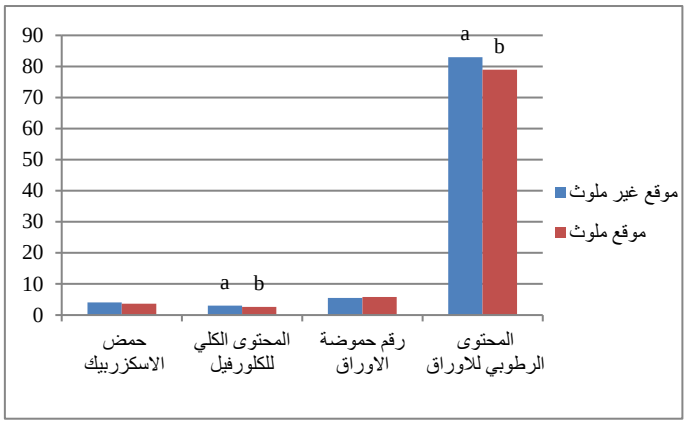
شكل (7): تأثير الموقع على مؤشر تحمل تلوث الهواء (*APTI*) خلال الموسمين.

تأثير التداخل بين النوع النباتي والموقع:

تبين النتائج في جدول (1) أن التداخل بين النوع النباتي والموقع تباين وبشكل معنوي في الموسم الاول والثاني وأن انخفاضاً ملحوظ في مؤشر تحمل التلوث الهواء كان في جميع الانواع الذي نمت في موقع ملوث باستثناء نبات المريمرا وتراوح مؤشر تحمل تلوث الهواء في الموسم الاول والثاني ما بين (3.02 - 19.36), (3.13-14.18)على التوالي بينما لوحظ في نبات المريمرا أن مؤشر تحمل تلوث الهواء زاد في الموقع الملوث مقارنة في الموقع الخالي من التلوث وبلغت نسبة الزيادة (-13.50 9.49) ، وبينت النتائج أيضا ان نباتي الدفلة والسدر هم الأكثر تحسساً للملوثات الهوائية عن بقية الأنواع وتتفق النتائج مع **[10]** ما وجده أن درجة تحمل النباتات للتلوث الهوائي في الأنواع النباتية يتباين في مؤشر (APTI) ففي بعض الانواع كان عاليا وفي بعض الانواع كان منخفضا، وتدل نسبة الانخفاض أو الزيادة في مؤشر تحمل تلوث الهواء على حساسيه النباتات للملوثات الهوائية.



شكل (2): تأثير الموقع على الصفات الكيمائية للأوراق للموسم الأول



شكل (2): تأثير الموقع على الصفات الكيمائية للأوراق للموسم الثاني

جدول (1): تأثير التداخل بين النوع النباتي والموقع بالتداخل على الصفات الكيمائية للأوراق خلال الموسمين الأول والثاني 2023-2024م

الصفات / المعاملات / الموقع		حمض الأسكوربيك ملم/جم	الكلوروفيل ملم/جم	مستخلص الأوراق	المحتوى الرطوبي %	ATPI
الموسم الأول						
القرض	غيرملوث	3.94	2.54	5.81	80.33	11.26
	ملوث	1.30	2.37	4.67	81.67	9.08
اللبخ	غيرملوث	9.17	3.20	6.07	87.27	17.22
	ملوث	8.47	2.53	5.30	78.07	14.47
المريمرا	غيرملوث	2.13	5.13	6.23	80.67	10.49
	ملوث	3.40	4.30	6.23	80.33	11.59
الديمن	غيرملوث	5.13	4.10	5.47	84.33	13.40
	ملوث	4.27	3.30	5.73	82.67	12.12
الدفلة	غيرملوث	1.46	1.13	6.10	79	8.95
	ملوث	1.44	0.70	6.13	77	8.68
البونسيانا	غيرملوث	5.83	3.17	5.23	81.83	13.26
	ملوث	5.47	2.13	4.50	75.76	12.61
السدر	غيرملوث	1.47	2.47	6.70	82	9.54
	ملوث	1.43	2.60	6.50	79	9.21
اقل فرق معنوي عند مستوى 5%		2.07	0.53	0.48	3.82	1.27
الموسم الثاني						
القرض	غيرملوث	1.6	2.5	4.7	82	12.62
	ملوث	1.8	3.2	6.5	82	11.79
اللبخ	غيرملوث	8.8	3.4	6.0	86	16.81
	ملوث	8.3	2.4	5.3	81	14.94
المريمرا	غيرملوث	2.3	5.1	6.2	83	10.83
	ملوث	4.1	3.1	6.2	81	12.52
الديمن	غيرملوث	4.3	3.4	5.1	82	11.88
	ملوث	4.5	3.4	5.5	82	12.18
الدفلة	غيرملوث	1.7	1.3	4.6	81	9.38
	ملوث	1.4	0.8	6.4	77	8.05
البونسيانا	غيرملوث	5.6	2.8	5.2	83	12.77
	ملوث	6.8	2.4	4.3	73	12.37
السدر	غيرملوث	1.4	2.5	6.4	81	8.94
	ملوث	1.6	3.1	6.7	80	9.58
أقل فرق معنوي عند مستوى 5%			1.18	0.94	1.31	3.4

المراجع:

[1] ن. العلي، "دراسة تأثير تلوث الهواء الناتج عن عوادم السيارات في العناصر التشخيصية والصفات المورفولوجية لبنى الأوراق لنبات الدفلة"، مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية – سلسلة العلوم البيولوجية، مجلد 36، العدد 6، ص. 53–62، 2014.

[2] ق. جمال، "التلوث الهوائي: مفاهيم وآثار"، مجلة آفاق علمية، مجلد 11، العدد 1، ص. 298–308، 2019.

[3] ش. م. محمود، و أ. م. محرن، "استراتيجية المساحات الخضراء للحد من تقلبات المناخ وتلوث الهواء في محافظة عدن"، في وقائع المؤتمر العلمي الأول لطب المجتمع والصحة العامة، كلية الطب والعلوم الصحية، جامعة عدن، عدن، اليمن، للفترة من 25–26 يناير، 2023.

[4] ن. ر. الجبال، و إ. أ. إبراهيم، "تقييم مستويات تحمل التلوث الهوائي لبعض أنواع الأشجار والشجيرات النامية على جوانب الطرق في غرب مدينة الموصل"، مجلة التعليم والعلوم، مجلد 31، العدد 2، ص. 10–28، 2022.

[5] A. Gupta, K. A. C. Mukesh, K. Atul, and T. Anamika, "Assessment of air pollution tolerance index and evaluation of air pollution anticipated performance index of various plants and their application in planning of Morad Abad city, India," Poll Res, vol. 39, no. 4, pp. 1273–1285, 2020.

[6] S. Tiwari and M. Tiwari, "Air pollution tolerance indices of few plants growing near Raigarh (India)," Journal of Environmental Research and Development, vol. 1, no. 2, pp. 129–135, 2006.

[7] R. N. Lohe, B. Tyagi, V. Singh, P. Tyagi, D. R. Khanna, and R. Bhutiani, "A comparative study for air pollution tolerance index of some terrestrial plant species," Global J. Environ's, Manage, vol. 1, no. 4, pp. 315–324, 2015.

[8] A. Miria and B. K. Anisa, "Air pollution tolerance index and carbon storage of select urban trees: A comparative study," International Journal of Applied Research and Studies, vol. 2, no. 5, pp. 1–7, 2013.

[9] S. Jha, "Effects of vehicular air exhaust on biochemical constituents of leaves of roadside vegetation," Int. J. Pharma Bio. Sci.; vol. 8, no. 3, pp. 43–48, 2017.

[10] S. N. M. Seyyed and K. Haniyeh, "Some morphological and biochemical responses due to industrial air pollution in Prosopis juliflora (Swartz) DC plant," African Journal of Agricultural Research, vol. 8, no. 18, pp. 1968–1974, 2013.

[11] I. C. Enete and C. E. Ogbonna, "Evaluation of air pollution tolerance index (APTI) of some selected ornamental shrubs in Enugu City, Nigeria," IOSR Journal of Environmental Science, Toxicology and Food Technology, vol. 1, no. 2, pp. 22–25, 2012.

[12] V. M. Krishna, "Biochemical changes in plants indicating air pollution," Int. J. Pharm. Sci., vol. 3, pp. 585–586, 2013.

[13] H. Iqbal, "UV spectrophotometric analysis profile of ascorbic acid in medicinal plants of Pakistan," World Applied Sciences Journal, IDOSI Publications, vol. 9, no. 7, pp. 800–803, 2010.

[14] S. K. Singh and D. N. Rao, "Evaluation of plants for their tolerance to air pollution," in Proceedings of the Symposium on Air Pollution Control at IIT Delhi, India, pp. 218–224, 1983.

[15] D. I. Arnon, "Copper enzymes in isolated chloroplasts: Polyphenol oxidase in Beta vulgaris," Plant Physiology, vol. 24, no. 1, pp. 1–15, 1949.

[16] S. Sivakumaran and M. A. Hall, "Effects of age and water stress on endogenous levels of plant growth regulators in Euphorbia lathyrus L.," *Journal of Experimental Botany*, Oxford University Press, vol. 29, no. 1, pp. 195–205, 1978.

[17] S. K. Bharti, A. Trivedi, and N. Kumar, "Air pollution tolerance index of plants growing near an industrial site," Urban Clim., vol. 24, pp. 820–829, 2017.

RESEARCH ARTICLE

EVALUATION OF BIOCHEMICAL PARAMETERS AND AIR POLLUTION TOLERANCE INDEX (APTI) AS A TOOL TO MONITOR AIR POLLUTION IN SELECTED PLANT SPECIES GROWING IN AL-DHALE GOVERNORATE

Luqman Abdullah AbdulKareem[1,*], and Shamim Mustafa Mahmood[1]

[1] *Dept. of Horticulture, Nasser's Faculty of Agricultural Science, University of Lahej, Lahej, Yemen*

***Corresponding author: Luqman Abdullah AbdulKareem; E-mail: luqmanabdullah2021@gmail.com**

Received: 01 October 2025 / Accepted: 30 November 2025 / Published online: 31 December 2025

Abstract

To examine the effect of air pollutants emitted from electric generators, vehicle exhausts, and factories on biochemical characteristics and to estimate the air pollution tolerance index of plants ***(APTI)*** There for present study was conducted in Al Dhale' Governorate during the years (2023-2024) on seven plants species vis: ***Acacia nilotica Azedarach indica Albizia lebbek Delonix regia Inga dulcis Nerium oleander Ziziphus spina-Christi***, growing in polluted site and non-polluted site. The results or this study showed that: Plant species varied significantly in leaf ascorbic acid content, total chlorophyll content, leaf pH, and leaf moisture content in both seasons. The highest readings were in the non-pollutant-free site, with the exception of the ***Azedarach indica*** *where* an increase in leaf ascorbic acid content was observed by (43.90%) in the polluted site. The air pollution tolerance index **(*APTI*)** varied among the plant species under study, ranging from (8.27 to 15.87). A significant decrease occurred in the polluted site which, ranging from (3.02 to 19.36%) with and the exception of ***Azedarach indica whose*** **(*APTI*)** increased in the polluted site, ranging from (9.99 to 13.50%) The results indicate that the species under study are moderately to highly resistant to air pollutants.

Keywords: Plant species; Biochemical characteristics; Air Pollution Tolerance Index (APTI).

كيفية الاقتباس من هذا البحث:

ل. ع. عبدالكريم، و ش. م. محمود، "تقييم الصفات الكيميائية ومؤشر تحمل تلوث الهواء (APTI) كأداة لرصد التلوث الهوائي في بعض الأنواع النباتية النامية في الضالع"، *مجلّة جامعة عدن للإلكترونيّة للعلوم الأساسيّة والتّطبيقيّة*، المجلد 6، العدد 4، ص 217-224، ديسمبر 2025.
DOI: https://doi.org/10.47372/ejua-ba.2025.4.473

حقوق النشر © 2025 من قبل المؤلفين. المرخص لها EJUA، عدن، اليمن. هذه المقالة عبارة عن مقال مفتوح الوصول يتم توزيعه بموجب شروط وأحكام ترخيص Creative Commons Attribution (CC BY-NC 4.0)