جمهورية العراق

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

جامعة ديالى

كلية التربية للعلوم الصرفة

قسم علوم الحياة

كفاءة نبات القصب البري (*Phragmite australis* L.) النامي في أنهار ومبازل بعض أقضية محافظة ديالى لسحب العناصر الثقيلة وتأثير ذلك على صفاته التشريحية والفسلجية

اطروحة مقدمة

الى مجلس كلية التربية للعلوم الصرفة / جامعة ديالى وهي جزء من متطلبات نيل درجة الدكتوراه فلسفة في علوم الحياة

تقدم بها

عبد الوهاب عبد الرزاق جبارة

بإشراف

أ. د. وسام مالك داود

أ. د. سعاد خيري عبد الوهاب

١٤٤٧ هـ

٢٠٢٥م

المستخلص Abstract

رَكَّزَتْ هذه الدراسة على تقييم كفاءة نبات القصب البري *Phragmites australis* النامي في بيئتين مختلفتين، مياه الأنهار ومياه المبازل الملوثة بالعناصر الثقيلة، على امتصاص هذه العناصر وتراكمها في أنسجته، نُفذت هذه الدراسة في خمسة مواقع مختلفة ضمن اقضية محافظة ديالى، وشملت تحليل تراكيز خمسة عناصر ثقيلة وهي الكادميوم والكوبلت والنحاس والرصاص والزنك في عينات التربة والمياه والأجزاء النباتية (الجذر، الساق، الورقة)، فضلاً عن الصفات التشريحية والتي تضمنت سمك الحزم الوعائية وقطر أوعية الخشب، إلى جانب الصفات الفسيولوجية مثل محتوى الجلوتاثيون وفيتامين A وفيتامين C وفيتامين E في أوراق النبات.

أظهرت نتائج الدراسة الحالية أن أعلى متوسط تركيز لعنصر الكادميوم Cd كان في موقع بعقوبة إذ بلغ٠,٠٣٠٣ ملغم.كغم$^{-1}$ ، بينما حصل موقع بلدروز على أقل متوسط تركيز والبالغ ٠,٠١٤٠ ملغم.كغم$^{-1}$ ، أما عنصر الكوبلت Co فقد سجل أعلى متوسط تركيز له في موقع بعقوبة وبلغ 0.0317 ملغم.كغم$^{-1}$، بينما كان أقل تركيز له في موقع المقدادية والبالغ ٠,٠١١٧ ملغم.كغم$^{-1}$.وسجّل عنصر النحاس Cu أعلى متوسط تركيز في موقع بعقوبة وبلغ ٠,٥٧١٣ ملغم.كغم$^{-1}$، في حين كان أقل تركيز له في موقع بلدروز وبلغ ٠,٢٥90 ملغم.كغم$^{-1}$ ، بينما أظهرت نتائج عنصر الرصاص Pb حصول موقع خانقين على أعلى متوسط تركيز له بلغ ٠,٤٣٨٧ ملغم.كغم$^{-1}$ ، مقابل أقل متوسط تركيز سجّل في موقع بعقوبة والبالغ ٠,٢٨٠٣ ملغم.كغم$^{-1}$، أما عنصر الزنك Znفقد سجل أعلى متوسط تركيز له في موقع بعقوبة إذ بلغ ٠,٥٧٨٠ ملغم.كغم$^{-1}$ ، في حين كان أقل متوسط تركيز في موقع بلدروز بلغ ٠,١٨٩٣ ملغم.كغم$^{-1}$.

يلاحظ من النتائج أن معامل التركيز الحيوي للعناصر المدروسة أظهر اختلافا واضحًا بين المواقع المختلفة تحت تأثير نوعية مياه الأنهار ومياه المبازل، إذ سجل أعلى متوسط لمعامل التركيز الحيوي لعنصر الرصاص والبالغ ١١,٩٩٤، ويليه عنصر النحاس Cu بمتوسط ١١,٤٥٥، ويلي ذلك عنصر الزنك Zn بمتوسط ٤,٠٠٩، والكوبلت Co بمتوسط ٢,٢٣٣، بينما كان الكادميوم الأقل بمتوسط ٠,١٥٦.

أوضحت نتائج معامل الانتقال في نبات القصب البري أن عنصر الزنك Zn سجل أعلى قدرة على الانتقال من المجموع الجذري إلى الأجزاء الهوائية بمتوسط بلغ 3.564، تلاه عنصر الرصاص Pb بمتوسط 3.344، ثم النحاس Cu بمتوسط ١,١٢١، بينما سجل عنصر الكوبلت Co والكادميوم Cd أدنى متوسطات بلغت 7.19و0.433.

أظهرت نتائج التراكم الحيوي للعناصر الثقيلة التي تم دراستها تفاوتًا واضحًا في قدرة النبات على امتصاص العناصر من التربة. إذ سجّل عنصر النحاس Cu أعلى متوسط لمعامل التراكم الحيوي بلغ ٨,٩٥٣، تلاه الزنك Zn بمتوسط ٥,٣٤٢، ثم الرصاص Pb بمتوسط بلغ ٢,٨٣٨، يليه الكوبلت Co بمتوسط ٠,٥٠٢، وأخيرًا الكادميوم Cd الذي سجّل أقل متوسط بلغ ٠,٢١٤.

بيّنت النتائج وجود تأثير واضح لنوعية المياه على الصفات التشريحية لنبات القصب البري، إذ سُجّل انخفاض في سمك الحزم الوعائية وقطر الأوعية الخشبية في النباتات النامية ضمن مواقع مياه المبازل مقارنة بالمواقع في مياه الانهار. وقد بلغ أعلى متوسط لسمك الحزم الوعائية في الورقة ١٠٥,٤٢ مايكرومتر، تلتها الساق بمتوسط ٩٠,٧٨ مايكرومتر، ثم الجذر بمتوسط ٨٥,٦٦ مايكرومتر. أما بالنسبة لقطر وعاء الخشب، فقد سجلت الأوراق أعلى متوسط بلغ ٣,٧٤ مايكرومتر، تلتها الساق بمتوسط ٣,٤٤ مايكرومتر، بينما سُجل أقل متوسط في الجذر وبلغ ٣,١٦ مايكرومتر.

أشارت النتائج تباينًا واضحًا في تراكيز الصفات الفسيولوجية في أوراق نبات القصب البري تبعًا لاختلاف نوعية المياه. فقد سجّل محتوى الجلوتاثيون أعلى متوسط له في موقع بلدروز وبلغ ٦٦,٨١٧ جزء بالمليون، وأقل متوسط كان في موقع بعقوبة وبلغ٥٣,٥٩٢ جزء بالمليون، بينما بلغ المتوسط العام في مياه المبازل ٤٠,٦٤٠، مقابل ٨٠,٥٦٧ جزء بالمليون في مياه الأنهار. أما فيتامينA ، فقد بلغ أعلى متوسط تركيز له ١٣,٥٦٠٠ جزء بالمليون في موقع بلدروز، بينما أقل متوسط كان في موقع بعقوبة والبالغ ٨,٩٣٢ جزء بالمليون، في حين انخفض متوسطه العام إلى ٧,٥٤٢٠ جزء بالمليون في مياه المبازل مقارنة ١٥,٠٨٤ جزء بالمليون في مياه الأنهار. وبالنسبة لفيتامين E ، فقد كان أعلى تركيز في بلدروز أيضًا وبلغ ٨,٨١٠ جزء بالمليون ،وأقل متوسط كان في موقع بعقوبة والبالغ ٤,٩٩٢ جزء بالمليون، بينما كان المتوسط العام ٤,٣٥٦ جزء بالمليون في مياه المبازل، مقابل ٩,٤٩٧ جزء بالمليون في مياه الأنهار. كذلك بلغ أعلى تركيز لفيتامين C في بلدروز أيضًا بمعدل ٢٩,٤٠٢ جزء بالمليون ، بينما كان المتوسط العام في مياه المبازل ١١,٤١٢ جزء بالمليون، مقارنة ٣٤,٧١٨ جزء بالمليون في مياه الانهار. تعكس هذه النتائج الانخفاض الملحوظ في مستويات المركبات الفسيولوجية لدى النباتات النامية في بيئات ملوثة، نتيجة استهلاكها العالي لمواجهة الإجهاد التأكسدي الناتج عن تراكم العناصر الثقيلة.

الفصل الاول

المقدمة

١- المقدمة Introduction

تعد مشكلة تلوث المياه بالعناصر الثقيلة من أهم التحديات البيئية التي تواجه العالم في العصر الحديث. فقد شهدت العقود الأخيرة زيادة ملحوظة في مستويات هذا التلوث، مما يشكل تهديداً كبيراً للأنظمة البيئية وصحة الإنسان (Ali وآخرون، ٢٠١٩). وتتفاقم هذه المشكلة في ظل التوسع العمراني والصناعي المتزايد خاصة في البلدان النامية ومنها العراق، كذلك تسهم العديد من العوامل في أتساع مشكلة تلوث المياه منها ما يتعلق بسوء إدارة الموارد المائية ومنها ما يرتبط بالأنشطة البشرية التي ينتج عنها نفايات صناعية وزراعية وحضرية (Duruibe وآخرون، ٢٠٢٠). تشير الدراسات إلى أن نسبة تلوث المياه العذبة في العالم قد ارتفعت بنسبة ٢٠٪ خلال العقدين الماضيين، مما يجعل معالجة هذا التلوث أولوية قصوى (WHO، 2023) .

تتميز العناصر الثقيلة بكثافتها العالية بحوالي خمسة أضعاف كثافة الماء، عددها الذري الذي يتجاوز العشرين، ومنها الزرنيخ As والكادميوم Cd والكروم Cr والنحاس Cu والرصاص Pb والزئبق Hg والنيكل Ni والزنك Zn (Al-Asadi وAl-Kafari، 2022)، وتُشكّل هذه العناصر خطراً كبيراً على البيئة وصحة الإنسان، وذلك لسميتها العالية وقدرتها على التراكم في خلايا وأنسجة الكائنات الحية، إذ تتراكم في الأنهار والمبازل المختلفة والأنظمة المائية (Al-Kafari،2022). ويرجع الضرر الناتج عن تلوث البيئة بالعناصر الثقيلة إلى كونها غير قابلة للتحلل في الوسط البيئي ولتأثيرها الضار على الصحة وما تسببه من إجهاد على الكائنات الحية، وتتواجد هذه العناصر بتركيزات مرتفعة في التربة والمجاري المائية ومناطق الازدحام المروري، مما يؤدي إلى تلوث بيئي واسع النطاق (Tchounwou وآخرون، ٢٠٢٣) .

تتباين تأثيرات العناصر الثقيلة على النباتات بين عناصر ضرورية ومفيدة للنمو ضمن تراكيز محددة ومنخفضة، وعناصر سامة حتى بتراكيز منخفضة مثل الرصاص والكادميوم ، ويتمثل تأثيرها على النباتات عندما تتجاوز حدودها الحرجة في الوسط البيئي، إذ تؤثر على النباتات نتيجة استخدام المياه الجوفية الملوثة في سقي المحاصيل الزراعية (Iqbal وآخرون، ٢٠٢٠).

إن امتصاص العناصر الثقيلة من قبل النباتات يؤثر بشكل كبير على الصفات التشريحية والفسيولوجية للنباتات. ان تراكم هذه العناصر في الأنسجة النباتية المختلفة يؤدي إلى تغييرات في هيكل الخلايا، مثل الأنسجة الوعائية للجذور والسيقان، مما يؤثر على امتصاص ونقل الماء والمغذيات داخل النبات، وأن هذه التغييرات تعيق النمو وتؤدي إلى اضطرابات فسيولوجية مثل التغيرات في عملية التمثيل الضوئي وتوازن الماء والإجهاد التأكسدي (Jeddi وآخرون، 2021).

أما من الناحية المظهرية ، فيمكن ملاحظة تأثير التلوث بالعناصر الثقيلة على النباتات من خلال النخر والسقوط المبكر للأوراق والأزهار، إذ يتسبب التلوث في إعاقة نمو النباتات بشكل

ملحوظ مما ينعكس سلباً على عملية نضج الثمار ويؤدي إلى انخفاض في انتاجية وجودة المحصول ، ووفقاً لدراسات التأثير البيئي فإن المراحل السلبية للتلوث على النبات تظهر في ثلاث مراحل متتالية وهي بداية من ظهور تضرر الأنسجة الورقية ثم ظهور اضطرابات في عمليات النتح واصفرار الأوراق أو تغير ألوانها وأخيراً حدوث خلل واضح في معدل النمو وسقوط الأزهار قبل موعدها الطبيعي (نامق، ٢٠٢١).

في ظل هذه التحديات تبرز أهمية البحث عن حلول مستدامة وفعالة لمعالجة تلوث المياه بالعناصر الثقيلة، ومن بين هذه الحلول المعالجة النباتية Phytoremediation، وهي تقنية صديقة للبيئة تعتمد على استعمال النباتات لإزالة الملوثات من التربة والمياه والهواء (Farid وآخرون، ٢٠٢٢)، ومن بين النباتات التي أظهرت كفاءة عالية في هذا المجال، يبرز القصب البري *Phragmites australis* L.، وهو نبات مائي تابع لعائلة النجيليات Poaceae يتميز هذا النبات بقدرته الكبيرة على التكيف مع الظروف البيئية المختلفة، ويمتلك سيقانًا طويلة قوية قد يصل ارتفاعها إلى أكثر من أربعة أمتار، وأوراقًا تتحمل الملوحة والجفاف، وقد أظهرت الدراسات أن هذا النبات قادر على امتصاص وتراكم المعادن الثقيلة من البيئات المائية، مما يجعله خيارًا مثاليًا لمعالجة المياه الملوثة في البيئات الطبيعية (Packer وآخرون، ٢٠١٧). ووفقًا لنتائج الأبحاث الحديثة، فإن استخدام القصب البري في نظم المعالجة النباتية يسهم بشكل فعال في تحسين جودة المياه والحد من تلوث البيئة (Fletcher وآخرون، ٢٠٢٠).

قد أثبتت الدراسات أن القصب البري يمكنه امتصاص ما يصل إلى ٨٠٪ من بعض العناصر الثقيلة في المياه الملوثة ، مما يجعله خياراً فعالاً في عمليات المعالجة البيئية (Rezania وآخرون، ٢٠٢٣).

نظراً لأهمية مشكلة تلوث المياه، هدفت الدراسة الى تقييم كفاءة نبات القصب البري في الحد من التلوث الحاصل في الأنهار والمبازل نتيجة تراكم العناصر الثقيلة، من خلال الاهداف التالية:

١- تقييم كفاءة نبات القصب البري المتواجد في مياه أنهار ومبازل محافظة ديالى في المعالجة النباتية للتلوث بالعناصر الثقيلة.

٢- تحديد مستويات العناصر الثقيلة في مياه الأنهار والمبازل والتربة والأجزاء النباتية لنبات القصب البري في محافظة ديالى وتحليل التباين بينها وفق اختلاف المواقع ونوعية المياه.

٣- دراسة التغايرات التشريحية التي تحدث لنبات القصب البري نتيجة التعرض للعناصر الثقيلة.

٤- تقييم التأثيرات الفسيولوجية نتيجة امتصاص وتراكم العناصر الثقيلة في أوراق نبات القصب البري ، من خلال قياس محتوى الجلوتاثيون وبعض الفيتامينات.