الجمهورية العربية السورية
جامعة دمشق
كلية الهندسة الزراعية
قسم علوم التربة

دراسة التلوث ببعض المعادن الثقيلة (الرصاص، الكادميوم، الكوبالت، النيكل) في التربة والنبات /مدخل محافظة حمص الجنوبي/

Studying the soil and plant pollution by heavy metals (lead, cadmium, cobalt, nickel) at the southern entrance to Homs Governorate

دراسة أعدت لنيل درجة الماجستير في علوم التربة

إعداد الطالب

نور الدين ابراهيم الشيخ حسين

إشراف

أ.م.د. إياد سراي الدين

(مشرفا علميا)

2024م – 1446هـ

I

دراسة التلوث ببعض المعادن الثقيلة (الرصاص، الكادميوم، الكوبالت، النيكل) في التربة والنبات /مدخل محافظة حمص الجنوبي/

نوقشت هذه الرسالة وأجيزت بتاريخ 22 /10 /2024 م

أعضاء لجنة الحكم

أ. م. د. إياد سراي الدين

أستاذ مساعد في قسم علوم التربة ـ كلية الزراعة ـ جامعة دمشق.

د. حياة وطفة

مدرس في قسم علوم التربة ـ كلية الزراعة ـ جامعة دمشق

د. لؤي رفاعي

مدرس في قسم علوم التربة ـ كلية الزراعة ـ جامعة دمشق

شهادة

نشهد أن العمل الموصوف في هذه الرسالة:

دراسة التلوث ببعض المعادن الثقيلة (الرصاص، الكادميوم، الكوبالت، النيكل) في التربة والنبات /مدخل محافظة حمص الجنوبي/

هو نتيجة بحث علمي قام به المرشح **نور الدين إبراهيم الشيخ حسين** تحت إشراف الدكتور **إياد سراي الدين** - قسم علوم التربة - كلية الزراعة - جامعة دمشق، وإن أية مراجع أُخرى بُحثت في هذه الرسالة موثقة في النص.

المرشح	المشرف العلمي
م. نور الدين إبراهيم الشيخ حسين	د. إياد سراي الدين

Certificate

We hereby certify that the work described in this thesis:

Studying the soil and plant pollution by heavy metals (lead, cadmium, cobalt, nickel) at the southern entrance to Homs Governorate

Is the result of a scientific research performed by the researcher Nour ALdin Sheikh Hussein, under the supervision of associate professor Dr. Iyad Saray Aldin Department of Soil Sciences, Faculty of Agriculture, Damascus University. All reference books resorted to by the researcher have been checked by the text.

Candidate	Chairman
Nour ALdin Sheikh Hussein	Dr. Iyad Saray Aldin

تصريح

أصرح بأن البحث الموصوف في هذه الرسالة تحت عنوان: " **دراسة التلوث ببعض المعادن الثقيلة (الرصاص، الكادميوم، الكوبالت، النيكل) في التربة والنبات /مدخل محافظة حمص الجنوبي/**" لم يسبق أن قُدم للحصول على أي شهادة أُخرى، وهو غير مقدم حالياً لذلك.

المرشح: م. نور الدين إبراهيم الشيخ حسين

Declaration

To whom it my concern I declare that the present research entitled: " Studying the soil and plant pollution by heavy metals (lead, cadmium, cobalt, nickel) at the southern entrance to Homs Governorate" is new research that has never been studied by any other researches for any other degrees, and currently it is not submitted by any one for any degree.

Candidate

Nour ALdin Sheikh Hussein

شكر وتقدير

الحمد اللّه ربّ العالمين والصلاة والسلام على سيدنا محمد وآله وصحبه الأكرمين

باستمرار الحياة ينظر الإنسان وراءه كم قطع من طريق لتحقيق أهدافه، وكم حقق من حلمه المنشود وكم مر عليه من أسماء ساعدوه في كل خطوة.....

في نهاية المرحلة أتوجه بخالص شكري وإمتناني إلى الدكتور إياد سرّاي الدين لتفضله بالإشراف على هذه الرسالة ولم يبخل أبداً يجهوده الشخصية والعلمية ووقته الثمين وعلمه الوافر للوصول إلى الغاية المرجوة من هذا العمل، وكان لتوجيهاته وملاحظاته ودعمه الشأن العظيم لنصل بنهاية المطاف إلى الغاية المطلوبة من هذا العمل رغم ما مررنا به من صعوبات.

كما أتقدم بجزيل الشكر للسادة أعضاء لجنة الحكم: الدكتورة حياة وطفة والدكتور لؤي رفاعي.

كما أتوجه بجزيل الشكر للأساتذة في قسم علوم التربة على كل الدعم العلمي الذي قدموه لي خلال مدة تنفيذ البحث.

أهدي عملي ونجاحي إلى أغلى من في الوجود إلى من أحاطني بكل الدعم والتشجيع طيلة مسيرة حياتي إلى من كان خير عون وسند والدي الغالي إبراهيم الشيخ حسين أدامه الله لنا وأطال في عمره، وإلى رفيقة القلب والروح ومن بفضل دعائها وصلت إلى هذه المرحلة والدتي الحبيبة أطال الله في عمرها، وإلى رفاق دربي من عشت معهم الحياة بحلوها ومرها إخوتي وأخواتي الأعزاء.

الفهرس

1- الفصل الأول: التمهيد.....1

1-1- المقدمة.....2

1-2- التعريفات.....4

1-3- مشكلة البحث.....4

1-4- تساؤلات البحث.....4

1-5- فرضيات البحث.....5

1-6- مسلمات البحث.....5

1-7- أهداف البحث.....5

1-8- أهمية البحث.....5

1-9- محدوديات البحث.....6

1-10- مبررات البحث.....6

2- الفصل الثاني: الدراسة المرجعية.....7

2-1- مصادر التلوث بالمعادن الثقيلة.....9

2-1-1- مصادر طبيعية.....9

2-1-2- مصادر ناتجة عن النشاط البشري.....9

2-1-3- الترسبات الجوية.....10

2-2- المعادن الثقيلة المدروسة.....11

2-2-1- الرصاص.....11

2-2-2- الكادميوم.....12

2-2-3- الكوبالت.....14

2-2-4- النيكل.....15

2-3- تأثير انبعاثات عوادم السيارات في تلوث التربة والنبات.....16

3- الفصل الثالث: مواد وطرائق الدراسة.....19

3-1- منطقة الدراسة.....20

3-2- الظروف الطبيعية لمنطقة الدراسة.....20

3-3- التربة المدروسة.....22

3-4-تحديد بعض الخصائص الفيزيائية والكيميائية للتربة المدروسة.....26

3-5- التحليل الإحصائي.....27

4- الفصل الرابع: النتائج والمناقشة.....28

4-1- الاعتيان الأول.....29

4-1-1- بعض الخصائص الفيزيائية والكيميائية للترب المدروسة.....29

4-1-2- دراسة التوزع المكاني لخصائص التربة الفيزيائية.....32

4-1-2-1- تبعاً لامتداد الطريق العام دمشق-حمص.....32

4-1-2-2- تبعاً للبعد عن الطريق العام دمشق-حمص.....33

4-1-3- دراسة التوزع المكاني لمحتوى التربة من المعادن الثقيلة.....36

4-1-3-1- على لامتداد الطريق العام دمشق-حمص.....36

4-1-3-1-1- التوزع المكاني لمعدن الرصاص.....37

4-1-3-1-2- التوزع المكاني لمعدن النيكل.....39

4-1-3-1-3- التوزع المكاني لمعدن الكادميوم.....40

4-1-3-1-4- التوزع المكاني لمعدن الكوبالت.....41

4-1-3-2- تبعاً للبعد عن الطريق العام دمشق-حمص.....42

4-1-3-2-1- التوزع المكاني لمتوسطات تراكيز معدن الرصاص.....43

4-1-3-2-2- التوزع المكاني لمتوسطات تراكيز معدن النيكل.....44

4-1-3-2-3- التوزع المكاني لمتوسطات تراكيز عنصر الكادميوم.....45

4-1-3-2-4- التوزع المكاني لمتوسطات تراكيز عنصر الكوبالت.....46

4-2- الاعتيان الثاني.....47

4-2-1- بعض الخصائص الفيزيائية والكيميائية للترب المدروسة.....47

4-2-2- دراسة التوزع المكاني لخصائص التربة الفيزيائية.....51

4-2-2-1- تبعاً للبعد عن الطريق العام دمشق-حمص.....51

4-2-3- دراسة التوزع المكاني لمحتوى التربة من المعادن الثقيلة (الرصاص والنيكل) تبعاً للبعد عن الطريق العام.....54

4-2-3-1- معدن الرصاص.....55

4-2-3-2- معدن النيكل.....56

4-2-4- التوزع المكاني للمعادن الثقيلة المترسبة على النبات.....56

4-2-4-1- معدن الرصاص.....57

4-2-4-2- معدن النيكل.....58

4-2-5- تأثير الرياح في توزع كل من الطين والسلت والرمل في المنطقة المدروسة.....59

4-2-6- دراسة التوزع المكاني للعناصر الثقيلة احصائيا.....63

4-2-6-1- معدن الرصاص في التربة.....63

4-2-6-2- معدن الرصاص على النباتات.....64

4-2-6-3- معدن النيكل في التربة.....64

4-2-6-4- معدن النيكل على النباتات.....65

4-2-7- دراسة العلاقات بين خصائص التربة المدروسة.....66

5- الفصل الخامس: الاستنتاجات والتوصيات.....67

6- الفصل السادس: المراجع.....70

الملحق.....78

فهرس الجداول

رقم الجدول	العنوان	رقم الصفحة
1	فترة بقاء بعض المعادن الثقيلة في التربة مقدراً بالسنة	**18**
2	التراكيز الكلية المسموح بها من بعض المعادن الثقيلة في التربة الزراعية	**18**
3	بعض الخصائص الفيزيائية والكيميائية للتربة من الجهة الشرقية والغربية للطريق العام دمشق–حمص	**29**
4	تراكيز المعادن الثقيلة المتاحة في التربة من الجهة الشرقية والغربية للطريق العام دمشق–حمص	**30**
5	متوسطات قيم كل من الطين والسلت والرمل (كنسبة مئوية) ± الانحراف المعياري (SD) لعينات التربة الموجودة على كل خط اعتيان من الخطوط الأربعة	**32**
6	متوسطات القيم الأربعة لكل من الطين والسلت والرمل ± الانحراف المعياري (SD) للعينات الواقعة على خطوط الاعتيان والتي تبعد نفس المسافة عن الطريق العام	**34**
7	متوسطات تراكيز المعادن الثقيلة المدروسة ± (الانحراف المعياري SD)	**36**
8	متوسطات تراكيز المعادن الثقيلة المدروسة ± (الانحراف المعياري SD) تبعاً للبعد عن الطريق العام	**42**
9	بعض الخصائص الفيزيائية والكيميائية للترب المدروسة في الاعتيان الثاني	**47**
10	تراكيز المعادن الثقيلة في التربة من الجهة الشرقية والغربية للطريق العام دمشق–حمص	**50**

11	متوسطات النسب المئوية لكل من الطين والسلت والرمل لخمسة نقاط اعتيان تبعد مسافة متماثلة عن الطريق العام	**51**
12	متوسطات تراكيز الرصاص والنيكل في التربة تبعاً للبعد عن الطريق العام	**54**
13	متوسطات تراكيز الرصاص والنيكل المترسبين على النباتات تبعاً للبعد عن الطريق العام	**57**
14	متوسطات النسب المئوية لكل من الطين والسلت والرمل لنقاط الاعتيان الخمسة التي تقع على بعد واحد من الطريق العام	**60**
15	مصفوفة معاملات الارتباط بين خصائص التربة الفيزيائية والكيميائية	**66**

فهرس الأشكال

رقم الشكل	العنوان	رقم الصفحة
1	صورة فضائية لمنطقة المدروسة (جزء من الطريق العام دمشق_حمص)	**19**
2	مخطط يبين توزع خطوط الاعتيان الأول ومواقع أخذ عينات التربة	**23**
3	توزع خطوط الاعتيان الثاني ومواقع أخذ عينات التربة	**25**
4	تغيرات النسبة المئوية لكل من الطين والسلت والرمل للتربة المدروسة على امتداد الطريق العام وعلى كلا الجانبين (الجهة الشرقية والغربية).	**33**
5	تغير كمية الطين والسلت والرمل (كنسب مئوية) تبعاً للبعد عن الطريق العام دمشق–حمص	**35**
6	تغير تراكيز معدن الرصاص على جانبي الطريق العام تبعاً للمسافة بين خطوط الاعتيان	**37**
7	مقارنة بين تغير متوسط تركيز معدن الرصاص والنسبة (الطين/ كمية المادة العضوية) على جانبي وامتداد الطريق العام	**38**
8	تغير تراكيز معدن النيكل على جانبي الطريق العام تبعاً للمسافة بين خطوط الاعتيان	**39**
9	مقارنة بين تغير متوسط تركيز معدن النيكل والنسبة (الطين/ السلت+الرمل) على جانبي الطريق العام	**40**
10	تغير تركيز معدن الكادميوم على جانبي الطريق العام تبعاً للمسافة بين خطوط الاعتيان	**41**
11	تغير تركيز معدن الكوبالت على جانبي الطريق العام تبعاً للمسافة بين خطوط الاعتيان	**42**
12	توزع متوسطات تراكيز معدن الرصاص على جانبي الطريق العام تبعاً للبعد عنه	**43**

13	توزع متوسطات تراكيز معدن النيكل على جانبي الطريق العام تبعاً للبعد عنه	**44**
14	توزع متوسطات تراكيز معدن الكادميوم على جانبي الطريق العام تبعاً للبعد عنه	**45**
15	توزع متوسطات تراكيز عنصر الكوبالت على جانبي الطريق العام تبعاً للبعد عن الطريق العام	**46**
16	تغير كمية الطين والسلت والرمل تبعاً للبعد عن الطريق العام دمشق–حمص	**53**
17	توزع متوسط تركيز معدن الرصاص على جانبي الطريق العام تبعاً للبعد عنه	**55**
18	توزع متوسط تركيز معدن النيكل على جانبي الطريق العام تبعاً للبعد عنه	**56**
19	توزع متوسطات تراكيز معدن الرصاص المترسب على النباتات تبعاً للبعد عن الطريق العام وعلى كلا الجانبين	**57**
20	توزع متوسطات تراكيز معدن النيكل المترسب على النباتات تبعاً للبعد عن الطريق العام وعلى كلا الجانبين	**58**
21	انخفاض النسبة المئوية للرمل تبعاً للمسافة بين اول واخر نقاط الاعتيان	**61**
22	ازدياد النسبة المئوية للطين تبعاً للمسافة بين اول واخر نقاط الاعتيان	**62**
23	ازدياد مجموع النسبة المئوية للسلت والطين تبعاً للمسافة بين اول واخر نقاط الاعتيان	**62**
24	الفاريوغرام التجريبي لتوزع الرصاص في التربة على كلا جانبي الطريق (الجهة الشرقية)	**63**
25	الفاريوغرام التجريبي لتوزع الرصاص على النباتات على كلا جانبي الطريق (الجهة الشرقية والغربية)	**64**
26	الفاريوغرام التجريبي لتوزع النيكل في التربة على كلا جانبي الطريق (الجهة الشرقية والغربية)	**65**
27	الفاريوغرام التجريبي لتوزع النيكل على النباتات على كلا جانبي الطريق (الجهة الشرقية والغربية)	**65**

الملخص العربي

هدفت هذه الدراسة إلى تقييم حالة التلوث ببعض المعادن الثقيلة (الرصاص، النيكل، الكادميوم، الكوبالت) في مدخل مدينة حمص الجنوبي ودراسة بعض الخصائص الفيزيائية والكيميائية للتربة، بالإضافة إلى دراسة تأثير الرياح السائدة في المنطقة في توزع وانتشار هذه المعادن على جانبي الطريق العام دمشق – حمص.

تم استخدام نوع خاص من التحليل الاحصائي هو الفاريوغرام وهو من أنواع الإحصاء الوصفي الكمي لمجموعة من المتغيرات تقع ضمن فراغ ما، وهو يصف التباين المكاني لمجموعة من المتغيرات ضمن منطقة معينة.

بينت نتائج الدراسة وجود تراكيز مختلفة من المعادن الثقيلة في التربة وبشكل خاص معدني الرصاص والنيكل، وكانت هذه التراكيز ضمن الحدود الطبيعية. حيث لُوحظ زيادة واضحة في تركيز الرصاص (Pb) والنيكل (Ni) في الجهة الشرقية للطريق بالمقارنة مع الجهة الغربية منه. حيث بلغ تركيز الرصاص كمتوسط 10.1 مغ/كغ في الجانب الشرقي بينما انخفض إلى 5.22مغ/كغ في الجانب الغربي. كما وُجد أنّ تركيز الرصاص يزداد مع زيادة البعد عن الطريق العام في الجهة الشرقية، حيث ارتفع من 8.9 إلى 12.14 مغ/كغ على بعد 1800 متر عن الطريق العام. بينما في الجانب الغربي للطريق كان أعلى تركيز للرصاص عند أقرب نقطة للطريق العام حيث بلغ 6.5 مغ/كغ. وكذلك الأمر بالنسبة لمعدن النيكل حيث ازداد تركيز النيكل في الجانب الشرقي للطريق مع زيادة البعد عنه حيث ارتفع متوسط التركيز من 0.77 إلى 1.15 مغ/كغ عند أبعد نقطة مدروسة. بينما لم يُلاحظ اختلاف كبير في تركيز النيكل في الجانب الغربي للطريق. كما بينت النتائج ازدياد تركيز معدن الكادميوم (Cd) ومعدن الكوبالت (Co) مع زيادة البعد عن الطريق العام في الجهة الشرقية منه، فقد ارتفع تركيز هذين المعدنيين (Cd، Co) مع زيادة البعد عن الطريق من 0.02 إلى 0.16 مغ/كغ ومن 0.2 مغ/كغ إلى 0.43 مغ/كغ على التوالي.

بينما أظهرت النتائج أنّ كمية الرصاص المترسبة على النباتات في الجهة الغربية للطريق العام كانت أعلى بالمقارنة مع الجهة الشرقية منه حيث بلغت 0.78مغ/كغ كمتوسط لجميع القيم في الجانب الغربي، بينما انخفضت إلى 0.31 مغ/كغ كمتوسط في الجانب الشرقي. في حين كانت كمية النيكل المترسبة ضئيلة جداً في كلا الجانبين حيث لم تتجاوز 0.007 مغ/كغ. كما لُوحظ أنّ كمية الرصاص وكذلك النيكل المترسبتين على النباتات تزداد مع زيادة البعد عن الطريق العام.

إضافة إلى ذلك، أوضحت نتائج التحليل الإحصائي وجود علاقة ارتباط متوسطة القوة والمعنوية بين كل من كمية الرصاص وكمية الطين (r=0.54, p=0.01)، وكذلك بين كمية الرصاص ومجموع كمية الطين والسلت (r=0.56, p=0.0102)، وكذلك بين كمية الرصاص والنسبة (الطين/المادة العضوية) (,r=0.57

(p=0.008). كما وُجد علاقة ارتباط ايجابية متوسطة القوة بين كمية النيكل والنسبة (الطين/السلت+الرمل) (r=0.53,p=0.0162).

الكلمات المفتاحية: التلوث، المعادن الثقيلة، تربة، نبات، الرصاص، الكادميوم، الكوبالت، النيكل

الفصل الأول

التمهيد

Introduction

1-1مقدمة Introduction:

يشكل تلوث الهواء منذ فترة طويلة مسألة هامة في المدن، وكذلك الأمر في المناطق الريفية (Nali *et al.*, 2004)، وقد تغيرت خصائص الهواء تغيراً ملحوظاً خلال العقود الماضية، إذ لعبت الإنبعاثات الغازية الناتجة عن الحركة المرورية دوراً رئيسياً في انخفاض نوعية الهواء (Honour *et al.*, 2009).

يُعّد التلوث مشكلة العصر الحديث، حيث إن التلوث البيئي من الموضوعات التي يهتم بها معظم الباحثين، لما له من تأثير واضح على الإنسان والكائنات الحية الأخرى (كيميت، 1994). عندما نذكر التلوث فأننا عادة ما نشير الى وجود المواد السامة التي يساعد الإنسان على إنتشارها في الطبيعة. يمكن القول بأن التلوث هو عبارة عن تغيير في خصائص البيئة والذي ينتج بشكل أساسي عن النشاط البشري الذي يؤثر بشكل كبير في نوعية المياه والتربة والهواء ويخل بالتوازن البيئي (ديكس، 1988).

عرّف خبراء الصحة العالمية تلوث الهواء (بأنّه الحالة التي يكون فيها الجو خارج أماكن العمل أو السكن محتوياً على مواد بتراكيز تُعتبر مؤثرة على صحة الإنسان أو المكونات البيئية الأخرى)، لذلك تأتي خطورة تلوث الهواء لكونها من الصعب التحكم بها من حيث مدخلات الجو من ملوثات غازية كإنبعاثات المركبات أو وسائط النقل، بينما يستطيع الإنسان أن يتحكم بنوعية المياه التي يشربها والغذاء الذي يتناوله (محمود، 1988)، وتشمل ملوثات الهواء الملوثات البيولوجية والفيزيائية والكيميائية والتي تتمثل بالغازات المنبعثة من عوادم السيارات.

ازداد في السنوات الأخيرة الاهتمام بتلوث التربة بالمعادن الثقيلة نظراً لما تمتلكه هذه المعادن من تأثير سام في التربة ووظائفها وكائناتها الحية في حال وصول تراكيزها الى مستويات سمية نتيجة الاستخدام المكثف والمتزايد والعشوائي لمصادر تلوث التربة بتلك المعادن، بالإضافة الى قابلية هذه المعادن للتراكم في الأنسجة الحية للنبات والحيوان والإنسان من جهة أخرى (Bes *et al.*, 2010). وتمثل المعادن الثقيلة التالية أهم المعادن في دراسات العلوم البيئية: الزئبق (Hg)، كروم (Cr)، كادميوم (Cd)، زنك (Zn)، رصاص (Pb)، نيكل (Ni)، والكوبالت (Co) (غنيمي، 2002).

توجد المعادن الثقيلة و النادرة في التربة بكميات مختلفة تتفاوت بين التراكيز الطبيعية إلى تراكيز عالية تزيد عن الحد المسموح به حسب طبيعة الموقع، إضافة إلى عوامل أخرى تساعد على زيادة تراكيز هذه المعادن

في التربة كالتجوية الجيولوجية للصخور الحاوية عليها واستخدام مركباتها في الصناعات المتعددة من دباغة وأسمدة كيميائية ومبيدات زراعية بالإضافة الى مخلفات المصانع وفضلات المنازل وما تحمله الأمطار من خلال ما يُسمى الترسبات الجوية (Fernandes *et al.*, 2000).

يكمن خطر المعادن الثقيلة في ثبوتيتها العالية وفترة بقائها في الوسط وانتقالها إلى مسافات بعيدة عن مناطق نشوئها، ويمكن أن تتضاعف تراكيزها خلال السلسلة الغذائية، إذ تصبح بعض الحيوانات والنباتات مصدراً للتلوث بها بسبب احتوائها على تراكيز عالية منها مما يؤثر بشكل كبير على الصحة (Shutzendubel and Polle, 2002)، كما أنّ هذه المعادن لا تخضع للتحلل الحيوي في التربة بواسطة البكتريا وعمليات التحلل الطبيعية (Hurst *et al.*, 1997).

تُعد الانبعاثات الغازية الناتجة عن عوادم السيارات مصدراً رئيساً من مصادر تلوث الهواء وبشكل خاص في المدن. حيث وجد صبيح في دراسة أجراها في عام 2016 إن زيادة عدد السيارات على اختلاف أنواعها وسعتها ترفع من معدل تلوث الهواء بفعل الغازات المنبعثة من عوادمها، كما أكدّ هذه النتيجة دراسة أخرى قام بها الصفار في العام نفسه (2016)، كما تُعتبر محطات توليد الطاقة الكهربائية وبشكل خاص تلك التي تستعمل الوقود الاحفوري وكذلك قطاعات الصناعات النفطية وصناعات المواد الأولية مصدراً أخراً لتلوث الهواء (دندش، 2005).

تُعد الرياح من العوامل الطبيعية الرئيسية التي تعمل على نقل ملوثات الهواء (الانبعاثات الغازية الناتجة عن عوادم السيارات أو المصانع والمعامل) من مناطق مصدرها إلى مناطق بعيدة.

إن سرعة وإتجاه الرياح من أهم الخصائص التي تلعب دوراً أساسياً في تحديد مناطق إنتقال ملوثات الهواء وانتشارها وبالتالي تحديد مناطق ترسبها وتراكيزها وهذا ما يُعرف بالتورزع المكاني spatial distribution أو الاختلاف المكاني spatial variation. ونتيجة لسيطرة الرياح السائدة في المناطق المجاورة لمصادر التلوث يمكن أن تتنقل الملوثات ضمن مسار ثابت مما يؤدي إلى تراكم هذه الملوثات في التربة بعد ترسبها، وقد يتغير هذا المسار مع تغير اتجاه الرياح الذي له أهمية كبيرة في نشر وتوزيع ملوثات الهواء حيث أن المناطق التي تقع في اتجاه الرياح تكون أكثر تأثراً بالملوثات (المرياني، 2016)، أي تكون المناطق الواقعة

في اتجاه الرياح أكثر تلوثاً من المناطق الواقعة في الجهة المقابلة. وكلما ازدادت سرعة الرياح ازدادت حركة الملوثات المحمولة بالهواء وزاد مدى انتشارها وبالتالي قل تركيزها.

1-2- التعريفات Definitions:

التلوث pollution: هو أي تغير كمي أو كيفي في مكونات البيئة الحية وغير الحية، الذي يحدث خللاً في اتزان الأنظمة البيئية.

ملوث التربة soil pollutant: هو أي مادة طبيعية أو مصّنعة أو ناشئة من النشاط البشري تتراكم في التربة، من شأنها إحداث تغيرات سلبية في نظام التربة الحيوي.

المعدن الثقيل Heavy metal: هو العنصر الذي يزيد وزنه النوعي عن 5 غ/سم^3 أو يزيد وزنه الذري عن 55، وله تأثير سام على النظام البيئي.

التلوث البيئي Environmental pollution: هو التغير في خصائص النظام البيئي مما قد يؤثر مباشرة بالكائنات الحية أو المحيطة الذي يعيش فيها الإنسان حياته الطبيعية.

1-3- مشكلة البحث Research Problem:

تُعتبر الغازات المنبعثة (المحمّلة بالمعادن الثقيلة) من عوادم السيارات ذات تأثير ضار على الأراضي الزراعية والنباتات المزروعة بالقرب من الطرق العامة خاصةً مع تزايد أعداد وسائل النقل واستخدامها لأنواع وقود ذات جودة منخفضة، مما يسبب تلوثاً واضحاً في تلك الترب المجاورة لهذه الطرق وقد تتراكم الملوثات في التربة مع مرور الزمن ليتجاوز تركيزها الحد المسموح به وهذا يقود إلى ضرر في النظام البيئي للتربة ومكوناتها.

1-4- تساؤلات البحث Research Questions:

هل يؤثر البعد عن الطرق العامة في اختلاف توزع التلوث بالمعادن الثقيلة؟

هل للرياح دور مؤثر في انتشار التلوث بالمعادن الثقيلة؟

ماهي طبيعة الإجراءات التي يمكن اتباعها للتقليل من خطورة التلوث بالمعادن على التربة والنبات؟

1-5- فرضيات البحث Research Hypotheses:

يُفترض أن الأراضي الزراعية القريبة من الطرق العامة أكثر عرضة للتلوث بالمعادن الثقيلة.

يفترض أنه كلما زاد بعد النبات المزروع عن الطرق العامة دمشق_حمص كلما كان بعيداً عن تأثير الملوثات.

يفترض أن المنطقة التي تقع في الجهة الشرقية من الطريق العام دمشق_حمص أكثر تلوثاً بالعناصر الثقيلة من الجهة الغربية نتيجة اتجاه الرياح السائدة (الرياح الغربية).

1-6- مسلمات البحث Research axioms:

- تشكّل الانبعاثات الغازية الناتجة عن عوادم السيارات مصدراً رئيسياً لتلوث الهواء والتربة والنبات لما تحتويه من معادن ثقيلة.
- قد تقود الانبعاثات الغازية السابقة إلى تلوث المناطق المجاورة أو القريبة من مصدر التلوث.

1-7- أهداف البحثResearch Objectives :

تسعى هذه الدراسة إلى تحقيق الاهداف التالية:

1) دراسة بعض الخصائص الفيزيائية والكيميائية لتربة مدخل محافظة حمص الجنوبي.
2) تقييم حالة تلوث التربة والنباتات ببعض المعادن الثقيلة (رصاص، كادميوم، كوبالت، نيكل) في منطقة الدراسة.
3) دراسة تأثير البعد عن مصدر التلوث (وسائط النقل على الطريق العام: دمشق_حمص) في توزع وانتشار بعض المعادن الثقيلة وتحديد طبيعة العلاقات بين توزع المعادن الثقيلة وبعض خصائص التربة.
4) دراسة تأثير الرياح السائدة في المنطقة في عملية التلوث (للتربة والنبات).

1-8- أهمية البحث Importance of Research:

- تحديد تأثير الانبعاثات الغازية الناتجة عن عوادم السيارات بما تحمله من معادن ثقيلة في تلوث التربة والنبات ببعض المعادن الثقيلة مثل الرصاص، الكادميوم، الكوبالت، والنيكل.

- تحديد تأثير الرياح السائدة في المنطقة في التوزع المكاني للملوثات (المعادن الثقيلة) في كل من التربة والنباتات في المنطقة المجاورة للطريق العام دمشق_حمص وعلى جانبي الطريق.
- دراسة بعض خصائص التربة الفيزيائية والكيميائية الموجودة في المنطقة الدراسة (مدخل محافظة حمص الجنوبي)، وتعد هذه الخصائص هامة لدراسات مستقبلية قادمة.

1-9- محدوديات البحث Research Limitations:

- صعوبة تحديد مصدر أساسي للتلوث في المنطقة المدروسة.
- صعوبة في أخذ عينات النبات من نوع وارتفاع واحد للنبات.

1-10- مبررات البحثResearch Justifications :

تشكل الغازات المنبعثة من وسائط النقل مصدراً هاماً لتلوث التربة بالمعادن الثقيلة وبشكل خاص في المنطقة التي تتميز بكثافات مرورية عالية كما هو الحال في مدخل محافظة حمص الجنوبي، بالإضافة إلى تقييم حالة التلوث وإبراز دور الرياح السائدة في مدى اختلاف التوزع المكاني للمعادن الثقيلة في التربة والنبات، مما يسبب ضرراً في النظام البيئي للتربة ومكوناتها في حال تجاوز التركيز الحد المسموح به.

الفصل الثاني

الدراسة المرجعية

Literature Review

الدراسة المرجعية

مقدمة Introduction:

يُعد التلوث من أخطر المشاكل البيئية التي يواجهها الإنسان في العصر الحديث، وهي بحاجة إلى تظافر الجهود كافة لمعالجتها والحد منها. وتزداد خطورة هذه المشكلة من خلال نشاطات الإنسان المختلفة التي أصبحت تهدد الحياة البشرية، فضلاً عن تأثيرها في الكائنات الحية الأخرى مما يحدث تغيراً في التوازن الطبيعي للبيئة ومكوناتها المختلفة الحية منها وغير الحية (جابر، 2011)، وقد أصبح تلوث الهواء في المناطق الحضرية مسألة بيئية خطيرة لا يمكن تجاهلها، وخاصة في المناطق الحضرية ذات الكثافة السكانية العالية والتي تشهد حركة مرور كثيفة (Meng *et al.*, 2021).

يُعتبر تراكم المعادن الثقيلة في التربة أحد أهم المشكلات البيئية في العقود الأخيرة، خاصة في البلدان النامية التي تشهد مرحلة تطور متسارعة، وقد جذبت مسألة التلوث بالمعادن الثقيلة اهتمامًا ملحوظًا من الباحثين في جميع أنحاء العالم (Yang *et al.*, 2020) نظراً لسميتها العالية وتراكمها في السلسلة الغذائية، فقد أثر التلوث بالمعادن الثقيلة بشدة على وظائف النظام البيئي والأمن الغذائي وصحة الانسان (Zheng *et al.*, 2002).

لا تخضع المعادن الثقيلة للتحلل الميكروبي مثل الملوثات العضوية (Kirpichtchikova *et al.*, 2006) وتتراكم في التربة محافظةً على تراكيزها العالية لفترة زمنية طويلة (Adriano, 2003). من ناحية اخرى، يؤدي تلوث التربة بالمعادن الثقيلة إلى التدهور البيولوجي والكيميائي للتربة (Masindi and Muedi, 2018) كما لها تأثيراً سلبياً على التجمعات الميكروبية ونشاط إنزيمات التربة المختلفة. لا تؤثر المعادن الثقيلة في التنوع الميكروبي للتربة فحسب، بل تؤثر أيضًا في العمليات الكيميائية الحيوية (Kavamura and Esposito, 2010).

إنّ تراكم المعادن الثقيلة في جسم الإنسان قد يكون مسؤولاً عن أمراض مختلفة، على سبيل المثال يؤثر معدن الرصاص في أنزيمات الدم والجهاز العصبي المركزي (Zheng *et al.*, 2002)، لذلك من الضروري

تقييم التلوث بالمعادن الثقيلة في التربة، وتقييم آثار التلوث بالمعادن الثقيلة على البيئة وصحة الإنسان وتحديد مستوى التلوث كميًا.

2-1- مصادر التلوث بالمعادن الثقيلة:

تصل هذه المعادن إلى الترب الزراعية عبر مصادر مختلفة، منها المصادر الطبيعية والمصادر الناتجة عن النشاطات البشرية.

2-1-1- مصادر طبيعية:

توجد المعادن الثقيلة بكثرة في الطبيعة حيث تتحرر من خلال الدورات الجيوكيميائية إلى البيئة، فهي توجد ضمن القشرة الأرضية بتراكيز متفاوتة، وتؤدي عمليات التجوية الفيزيائية والكيميائية والحيوية لصخور القشرة الأرضية إلى تحرر بعض هذه المكونات من الصخور المكونة لها، ونادراً ما تكون نسبة هذه المعادن سامة (Kabata and pendias, 2001).

2-1-2- مصادر ناتجة عن النشاط البشري، ومنها:

إضافة الأسمدة الكيميائية والعضوية:

تحتوي العديد من الأسمدة الكيميائية على نسب مختلفة من المعادن الثقيلة على شكل شوائب، مع استمرار إضافة كميات كبيرة من الأسمدة إلى التربة ومع تكرار الإضافة يحدث تراكم للمعادن الثقيلة في التربة. تمتص هذه المعادن بواسطة النبات لتصل إلى الإنسان عبر السلسلة الغذائية، حيث تؤدي إضافة بعض الأسمدة الفوسفاتية إلى وصول الكادميوم إلى التربة دون قصد. يؤدي استمرار هذه الإضافات إلى تلوث التربة بالكادميوم (Raven *et al.,* 1998)، كما تؤدي إضافة السماد البلدي مثل روث الماشية الى تراكم المعادن الثقيلة مثل الزرنيخ والكادميوم والكروم والنحاس والرصاص والنيكل والزنك والزئبق (Basta *et al.,* 2005). كذلك تحتوي حمأة الصرف الصحي التي يتم استخدامها كسماد يضاف للتربة الزراعية على نسبة عالية من المعادن الثقيلة (Environmenta Protection Agency United States, 1996).

استخدام المبيدات الحشرية:

تُستخدم المبيدات الحشرية على نطاق واسع في الزراعة على الرغم من احتواء معظمها على تراكيز عالية من المعادن الثقيلة، فقد تم استخدام المبيدات التي تحتوي على الزرنيخ والرصاص لسنوات عديدة لمكافحة بعض الحشرات الطفيلية في بساتين الفاكهة، كما استخدمت المركبات المحتوية على الزرنيخ لمكافحة قراد الماشية وللسيطرة على آفات الموز في نيوزيلندا وأستراليا.

استخدام مياه الصرف الصحي:

تُضاف مياه الصرف الصحي بنوعيها الصناعية والمنزلية إلى التربة كمصدر من مصادر الري، ويعود تاريخ استخدام هذا المصدر الى 400 سنة سابقة، ويعتبر هذا الاستخدام ممارسة شائعة حتى الآن في أجزاء كثيرة من العالم (Reed, 1995)، وتشير الدراسات إلى أن الزراعة القائمة على مياه الصرف الصحي تشكل 50% من مصادر الري في العديد من المدن الآسيوية والافريقية (Bjuhr, 2007). وعلى الرغم من أن تراكيز المعادن الثقيلة عادة ما تكون منخفضة نسبياً في مياه الصرف، إلّا أنّ الاستخدام المستمر على المدى الطويل يمكن أن يؤدي في نهاية المطاف إلى تراكم المعادن الثقيلة في التربة.

الصناعات التعدينية:

تستخدم العديد من المعادن الثقيلة في صناعة السبائك والصلب والتي ينتج عنها مخلفات تؤدي إلى تلوث التربة، وإن معالجة المعادن وتصنيعها النهائي ينتج كميات كبيرة من النفايات الصناعية التي تحتوي على أنواع عديدة من المعادن الضارة مثل الكروم والزئبق والرصاص والنيكل والكاديوم، تُصرف هذه النفايات في المسطحات المائية المكشوفة مثل الأنهار والبحيرات أو أنظمة التصريف، وفي العديد من الحالات تتسرب هذه الملوثات إلى باطن التربة ومن ثم إلى الأحواض المائية (Devolder *et al.,* 2003).

2-1-3- الترسبات الجوية:

تنتشر الكثير من الملوثات المعدنية عبر الدخان الناتج عن الحرائق ومن الانبعاثات الأخرى من مداخن المصانع، وتتحول هذه المعادن الى أكاسيد وتتكثف كجسيمات دقيقة على النبات والتربة (Smith *et al.,* 1995)، ويعتبر احتراق البنزين المحتوي على الرصاص رباعي الميثيل من أهم مصادر تلوث التربة

بالرصاص وخاصة تلك الترب التي تكون مجاورة للشوارع الرئيسية، هذا بالإضافة إلى انتشار الزنك والكادميوم في الترب التي تتعرض لمصادر تلوث مثل زيوت التشحيم (Environmenta Protection Agency United States, 1996).

2-2- المعادن الثقيلة المدروسة Heavy Metels:

المعدن	الكثافة غ/سم^3	الوزن الذري
Pb	11,34	207,2
Co	8,9	58,9
Cd	8,65	122,4
Ni	8,9	58,6

2-2-1- الرصاص Lead (Pb):

يُعّد الرصاص من المعادن قليلة القدرة على الحركة في التربة، ويوجد بشكل رئيسي على صورة معدن ثنائي التكافؤ pb^2 كما يوجد على صورة رباعي التكافؤ، وهو معدن طبيعي رمادي مزرق عادة ما يتم العثور عليه كمعدن مرتبط مع عناصر أخرى مثل الكبريت ($PbSO_4$) أو الاكسجين (PbO_2)، وتعتبر أكاسيد الرصاص وهيدروكسيدات الرصاص من أكثر أشكال تواجده في التربة (Gwrtac, 1997)، ويتراوح تركيزه في القشرة الأرضية ما بين 10 الى 30 مغ/كغ ويشكل الرصاص العديد من المركبات غير قابلة للذوبان منها فوسفات الرصاص وكربونات الرصاص وأكاسيد الرصاص (Raskin and Ensley, 2000).

يستخدم الرصاص في صناعة البطاريات وينتج عن احتراق الوقود وانبعاثات عوادم السيارات (Manahan, 2003)، ويُعّد الرصاص من أكثر المعادن الثقيلة المسببة لحالات التسمم، ويتركز التسمم بالرصاص في العظام والدم والكلى والدماغ والغدة الدرقية ويسبب قصوراً في عملها ويؤدي إلى التخلف العقلي عند الأطفال، وإذا كانت الجرعات التي تم التعرض لها كبيرة فإنه يؤدي إلى إصابة خطيرة في الدماغ والجهاز العصبي وخلايا الدم الحمراء (Baldwin and Marshall, 1999).

وبشكل عام لا تمتص النباتات الرصاص بكميات كبيرة من التربة، وأظهرت الدراسات أن الرصاص لا يتراكم بسهولة في الأجزاء المثمرة من محاصيل الخضراوات والفواكه (مثل الذرة والفاصولياء والقرع والطماطم والفريز والتفاح)، ومن المرجح بأن تركيزاته تكون أعلى في الخضار الورقية (مثل الخس) والمحاصيل الجذرية مثل الجزر (Rosen, 2002). يكون الرصاص في الترب الملوثة غير العضوية متاح أكثر من تلك المروية بمياه الصرف الصحي (Alloway and Morgan, 1986)، وتشير الدراسات إلى أن انتقال الرصاص من التربة وتراكمه في النبات يتعلق بتركيز الرصاص في النبات من جهة وبتركيزه في التربة من جهة أخرى (Maff, 1993). وضح Adriano (1986) أن الرصاص يوجد عادة ضمن مواد التربة بكميات محدودة ويكون متوسط تركيز المعدن في التربة غير الملوثة أقل من 50 مغ/كغ.

التركيز المسموح به للرصاص الكلي في الترب الزراعية حسب منظمة الصحة العالمية WHO (World Health Organization) (1986) هو 200 مغ/كغ وحسب المواصفات القياسية السورية (2003) هو 100مغ/كغ.

يعد الرصاص من أكثر المعادن ميلاً للارتباط بالمادة العضوية، حيث يحتل المرتبة الثانية بعد النحاس بهذه الخاصية، وتعمل المادة العضوية على ربط الرصاص في معقدات ثابتة وبالتالي عدم إتاحته أو إمكانية انغساله، ولكن خطورته تكمن في حال تغير بعض خصائص التربة والتي تؤدي الى تحرير هذا المعدن من المواد العضوية (Alloway،1990). ويتميز معدن الرصاص بذوبانية وبحركية منخفضة في التربة ويرتبط ذوبانه وانحلاله في التربة بشكل أساسي بدرجة تفاعل التربة وبمقدار كميته الكلية فيها كذلك بمصدر هذا المعدن وغيرها من العوامل (Alloway, 1995).

2-2-2- الكادميوم Cadmium (Cd):

يعتبر الكادميوم المعدن الأكثر سمية من بين المعادن الثقيلة، حيث يعد تلوث التربة به من أخطر أشكال التلوث بالمعادن الثقيلة ويترافق وجوده مع الزنك، ويتفوق على الزنك في ميوله نحو الكبريت وفي قدرته على الحركة في الأوساط الحامضية وقد لوحظ حدوث ادمصاص أكثر للكادميوم في الترب الحامضية مقارنة بادمصاصه في الترب منخفضة الحموضة (Eriksson, 1989)، كما أدت الأمطار الحامضية الى زيادة في الحركة الجيوكيميائية للكادميوم (Campbell, 2006)، تحدث عملية ادمصاص الكادميوم بسرعة كبيرة

حيث وجد أن حوالي 95% منه يدمص خلال العشر دقائق الأولى من بدء عملية الادمصاص. كما أوضح كل من Mullar وGanje (1980) أن الاستخدام الطويل الأمد للأسمدة الفوسفاتية هو سبب احتواء الترب الزراعية على الكادميوم، وأكد Hanackova (1998) ذلك في دراسة أخرى حيث اعتبر أن سماد السوبر فوسفات هو المسبب الأول في تلوث التربة بالكادميوم حيث يحتوي كل 1كغ سماد فوسفاتي على كمية تتراوح بين 1.25 مغ الى 6.25 مغ من معدن الكادميوم.

أشار كل منJanaaon وSillanpaa (1992) إلى أن خصائص التربة مثل محتواها من الطين والمادة العضوية وكربونات الكالسيوم ودرجتي الملوحة والحموضة لها دور أساسي في مدى توفر معدن الكادميوم في النبات والتربة.

وجد Shebiny وآخرون (1997) أن نسبة الكلس بالإضافة إلى ارتفاع درجة الحرارة تساعدان على زيادة ادمصاص معدن الكادميوم في الترب الكلسية (الجيرية) وأن الكمية المدمصة من الكادميوم في الترب الطينية كانت أكثر منها في الترب الرملية. كذلك بين Khan وآخرون (1999) أيضا إن غسل الكادميوم من التربة كان أقل في حال احتوائها على الفوسفات مقارنة بحالة إحتوائها على الكبريتات والنترات والكلوريد وكان الفرق واضحاً في الأراضي الطينية اللومية. يدخل الكادميوم في العديد من الصناعات منها صناعة الألواح الكهربائية والبطاريات وصناعة الأصباغ والأنابيب البلاستيكية والمطاطية (Smith *et al.,* 1995) ويعتبر الكادميوم من المعادن السامة جداً للإنسان فإن استنشاق 0.04 غ منه يؤدي إلى حدوث اعراض ألم في الرأس والسعال وألم في الصدر قد يؤدي للموت.

يصل الكادميوم إلى الهواء الجوي كناتج سلبي لعمليات حرق الفحم في محطات توليد الطاقة، إذ ينتقل مع الغبار الناتج عن نقل الفحم إلى المناطق المحيطة ويستقر في أجسام الكائنات الحية أو التربة أو المصادر المائية، يدخل إلى الجسم بشكل أساسي عن طريق استنشاق الغبار المتطاير ويؤثر في عمل الكلى كما قد يسبب السرطان، في حال استنشاقه بتراكيز عالية فإنه يؤدي إلى ألام شديدة في الرئتين واضطراب في القلب كما يؤدي إلى رفع ضغط الدم وإلى أمراض الكبد وفقر الدم (Baselt and Cravey, 1995). يختلف تراكم الكادميوم باختلاف الأنواع النباتية حيث يكون تركيزه في الخضار الورقية أعلى من تركيزه في المحاصيل الجذرية ومحاصيل الحبوب (Morel, 1997).

لوحظ في دراسة التحولات وحركية الكادميوم في نظام تربة–نبات أن هذا المعدن ينتقل بسرعة من الشكل المتاح إلى الشكل السمي وخاصة في ترب المناطق الجافة وذلك خلال فصل الأمطار أو بعد فترة وجيزة من الري (Han and Banin , 1995)، وهذه التحولات تتأثر بمجموعة من العوامل منها درجة حموضة الترب.

2-2-3- الكوبالت Cobalt (Co):

ينتج الكوبالت من عدة صناعات مثل صناعة السبائك أثناء معالجة المعادن الصلبة وصناعة الفخار والزجاج الأزرق (Ukaogo *et al.,* 2020)، أو من التلوث الطبيعي (الانفجارات البركانية، التعرية، حرائق الغابات) أو التلوث الناتج عن النشاط البشري من النفايات المحروقة والوقود وعوادم المحركات ودخان السجائر والمواد الغذائية الملوثة (Wahlqvist *et al.,* 2020).

يعد الكوبالت أحد المعادن الثقيلة التي يمكن العثور عليها في بعض أنواع التربة بكميات مرتفعة والتي تشكل خطراً محتملاً على نمو النباتات (Chatterjee and Chatterjee, 2000)، وبالإضافة إلى محتواه العالي بشكل طبيعي والذي يمكن العثور عليه في التربة فإن تراكمه الكبير يتأثر بشكل كبير بالأنشطة التي تنطوي على التعدين والمعالجة واستخدام هذا المعدن في مجموعة متنوعة من الحلول التكنولوجية (ATSDR, 2004).

يتم الحصول على الغالبية العظمى من الكوبالت كمنتج ثانوي في تعدين النحاس والنيكل (van den Brink *et al.*, 2020)، ولذلك فإن الأماكن مثل المناطق المجاورة للطرق أو محطات توزيع الطاقة والصناعات هي الأكثر عرضة للتلوث بالكوبالت (ATSDR, 2004). يمكن أن يؤدي تراكم الكوبالت بشكل كبير في التربة إلى خفض قيمة الرقم الهيدروجيني، مما يؤدي إلى امتصاص النباتات بشكل أكثر كثافة (Gál *et al.*, 2008; Kosiorek and Wyszkowski 2016)، كما أن له تأثيرًا سلبيًا على النشاط الميكروبيولوجي والكيميائي الحيوي للتربة (Zaborowska *et al.*, 2016). إن وجود كميات زائدة من المعادن الثقيلة في النبات، والتي تشمل الكوبالت أيضاً، قد يكون له تأثير على حدوث التفاعلات بين العناصر الأخرى المتراكمة (Ronan, 2007). ترتبط سمية الكوبالت للنباتات بتثبيط عملية التمثيل الضوئي ونقص الحديد بالإضافة إلى الإجهاد التأكسدي، يسبب الكوبالت سقوطاً مبكراً للأوراق، فهو يمنع

نمو وتطور جهاز الاستيعاب ويعزز داء الإخضرار في الأوراق (Chatterjee and Chatterjee, 2000).

2-2-4- النيكل Nickel (Ni):

النيكل هو معدن كيميائي يرمز له بالرمز Ni، والنيكل هو معدن أبيض فضي صلب ومرن، موصل للحرارة والكهرباء بشكل جيد. النيكل هو معدن طبيعي موجود في الماء والهواء والتربة (Baksh *et al.*, 2023). عادةً ما يحتوي النيكل على إلكترونين تكافؤ، ولكن قد توجد أيضًا حالات الأكسدة +1 أو +3 أو +4 . العديد من أملاح النيكل، مثل الأسيتات والكلوريد والكبريتات والنترات قابلة للذوبان في الماء، في حين أن الهيدروكسيدات والكربونات أقل قابلية للذوبان.

يتراوح متوسط محتوى النيكل في التربة السطحية بين 4–50 مغ/كغ، توجد التراكيز الأقل في التربة الرملية الخفيفة وتكون في المتوسط 15 مغ/كغ، وتحدث التركيزات الأكبر (حوالي 30 مغ/كغ) في التربة الطينية. والنيكل معدن غذائي أساسي للحيوانات ومعدن مفيد للنباتات، ويُعتقد أنه يلعب دورًا مهمًا في عمليات التمثيل الغذائي كمحفز أنزيمي لليورياز والهيدروجيناز في النباتات، على الرغم من أن التركيزات المرتفعة للنيكل في النباتات يمكن أن تقلل من عملية التمثيل الضوئي وتتسبب في الإصابة بالخضرة في النباتات عند حدوث السمية النباتية (Phipps *et al.*, 2003). تشمل المصادر الطبيعية للنيكل الغبار الناتج من الإنبعاثات البركانية وتجوية الصخور والتربة (Jönsson, 2020)، والمصادر الرئيسية للنيكل في التربة الزراعية هي الترسبات الجوية، واستخدام روث الماشية والأسمدة الفوسفاتية في العمليات الزراعية، ويتم إطلاق كميات كبيرة من النيكل إلى الغلاف الجوي عن طريق الأنشطة البشرية، وخاصة من حرق الوقود الأحفوري والزيوت المتبقية، ويليها تعدين النيكل وصهره (Ma and Hooda, 2010).

إن العامل الأكثر أهمية الذي يؤثر على سلوك النيكل في التربة هو الرقم الهيدروجيني، في حين أن خصائص أخرى مثل محتوى الطين وأكاسيد الحديد والمنغنيز في التربة لها أهمية ثانوية. على سبيل المثال، تزداد حركة النيكل في التربة مع إنخفاض درجة الحموضة والقدرة على تبادل الكاتيونات (Ma and Hooda, 2010).

لوحظ في السنوات الأخيرة في جميع أنحاء العالم الإرتفاع الكبير في تلوث التربة بالمعادن الثقيلة، بما في ذلك النيكل، ويرجع ذلك إلى الأنشطة البشرية المختلفة، مثل التعدين والصهر والصناعة وإستخدام الأسمدة الزراعية والمبيدات الحشرية والنفايات البلدية وعوادم حركة المرور والنفايات الصناعية السائلة والمواد الكيميائية (Chibuike and Obiora, 2014).

النيكل ضروري للنباتات ولكن تركيزه في غالبية الأنواع النباتية منخفض جدًا (0.05–10 مغ/كغ وزن جاف) (Nieminen *et al.*, 2007)، وتؤثر زيادة تركيزه في التربة على نمو الجذور والتفرع (Seregin *et al.*, 2003)، وإمتصاص العناصر الغذائية (Ahmad and Ashraf, 2011)، فهو يضر بجهاز التمثيل الضوئي (Shafeeq *et al.*, 2012)، ويسبب الإجهاد التأكسدي (Ali *et al.*, 2003).

إن النباتات التي تنمو في تربة غنية بالنيكل القابل للتبادل تحتوي على نسبة عالية من النيكل في أنسجتها، وتؤدي إضافة أملاح النيكل البسيطة إلى التربة إلى زيادة محتوى النيكل القابل للتبادل في التربة وبالتالي تسريع إمتصاصه، ووجد بأن قيم الرقم الهيدروجيني للتربة أقل من 5.6 تفضل إمتصاص النيكل، في حين أن القيم الأعلى من 5.6 لا تفعل ذلك. يرجع ذلك إلى حد كبير إلى حقيقة أن محتوى التربة من النيكل القابل للتبادل يزداد مع زيادة حموضة التربة (Mizuno, 1967).

2-3- تأثير انبعاثات عوادم السيارات في تلوث التربة والنبات:

تُعّد وسائل النقل مصدراً مهماً لتلوث الهواء وبشكلٍ خاص في المدن، حيث لاحظ Yilmaz وآخرون من خلال دراسة قاموا بها في عام (2006) وجود ارتباطاً كبيراً بين كثافة حركة المرور وتراكيز الرصاص والكادميوم والنحاس والزنك في التربة والنباتات المجاورة والمحيطة بطرق النقل، كما أشارت دراسة اخرى قام بها Harrison و Laxen في عام (1984) أنّ وسائط النقل تسبب تلوث التربة والماء والنبات بالرصاص حيث أظهرت نتائج التحليل لعينات متنوعة زيادة تركيز بعض المعادن مثل الرصاص والكادميوم والنحاس كلما ابتعدنا عن طرق المواصلات.

بينت دراسة قام بها Badawy في عام 1992 أن درجة التلوث بالرصاص الكلي والمتاح تنخفض بدرجة كبيرة كلما ابتعدنا عن مصدر التلوث. يعتمد تراكم الرصاص الناتج عن مرور المركبات في التربة على محتوى البنزين من الرصاص وحجم الكثافة المرورية والظروف الجوية السائدة للمنطقة. من ناحية اخرى،

عندما تكون كفاءة احتراق البنزين لمحركات المركبات القديمة منخفضة يؤدي ذلك إلى ارتفاع حجم الانبعاثات الغازية من العوادم في المنطقة وزيادة التلوث (Ejaz *et al.*, 2007)، كما درس Kartal وآخرون (1993) تلوث التربة بكل من الرصاص والنيكل والكادميوم والزنك ووجدوا إرتباطا قوياً بين أعداد السيارات ومحتوى التربة من المعادن الثقيلة، وكذلك وجد Okunola وآخرون في عام 2011 خلال دراستهم حول تقييم حالة تلوث جانبي الطرق في مدينة كانو في نيجيريا مستويات عالية من كل من الكادميوم والرصاص والنحاس في عينات التربة على جوانب الطرق وتراكيز هذه المعادن وصل إلى مستويات سامة.

كما أشارت دراسات عدة أن مدى التلوث بالمعادن الثقيلة في المناطق الحضرية يتفاوت حسب زمن التعرض للتلوث (Pfeiffer *et al.*, 1991)، ومكان الدراسة (Albasel and Cottonie, 1985)، وذلك لأن زيادة مستويات المعادن الثقيلة في ترب المنطق الحضرية مرتبطة بكثافة الأنشطة البشرية وحجم الكثافة المرورية (Zheng *et al.*, 2002).

أشارت دراسة أخرى (Madrid *et al.*, 2002) حول تقييم المعادن الثقيلة في ترب الحدائق والمناطق الخضراء في إشبيلية في اسبانيا، إلى أن تراكيز الرصاص والزنك والنحاس في التربة في كثير من الأحيان تجاوزت الحدود المقبولة للمواقع السكنية والترفيهية. وأكدت هذه الدراسة ودراسة أخرى (Chen *et al.*, 2004) أنّ الإختلافات بين المدن من حيث ذلك الكثافة السكانية والأنشطة الصناعية يمكن أن تؤثر بشكل كبير في مستوى التلوث.

كما أظهرت نتائج تحاليل عينات تربة سطحية على طول الطرق الرئيسة في مدينة حائل في السعودية إلى تراكم المعادن الثقيلة في الطبقة السطحية للتربة، وبينت أن ارتفاع تراكيز كل من الكادميوم والرصاص والزنك والكروم والنحاس في التربة يعود مصدرها إلى انبعاثات عوادم السيارات (Odat and Al shammari, 2011)، كما درس Khan وآخرون (2008) تراكم المعادن الثقيلة في نبات *Euphorbia helicscopia L.* مجاورة لطرق النقل ولاحظ إرتفاع تركيز الرصاص والكادميوم في نباتات تقع بجوار مصادر التلوث.

من جهة أخرى، تبقى الملوثات المعدنية مثل المعادن الثقيلة فترة طويلة من الزمن قبل أن تتخلص التربة منها، حيث إن التخلص منها كيميائياً أو فيزيائياً مكلف جداً، لذلك يجب النظر لظاهرة تلوث الموارد الطبيعية بالمعادن الثقيلة كمعضلة وهي ليست سهلة الحل وتتطلب فترات معالجة طويلة.

الجدول الآتي (1) يبين فترة بقاء بعض المعادن الثقيلة في التربة (أكساد، 2007).

الجدول (1) فترة بقاء بعض المعادن الثقيلة في التربة مقدراً بالسنة

المعدن	فترة بقاء (سنة)
Cd	70-1000
Zn	70-3000
Hg	500-1000
As	1000-3000
Pb	700-6000

أكساد (2007).

تعتمد فترة بقاء هذه المعادن الثقيلة في التربة على عدة عوامل أهمها pH التربة، نسبة المادة العضوية، عمليتي الأكسدة والارجاع، ونوع الأكاسيد السائدة في التربة كما أن نوع المزروعات والنباتات دورا هاماً في ذلك، حيث أن بعض النباتات لها قدرة عالية على إمتصاص بعض المعادن الثقيلة وبذلك إستعمالها للتخلص من بعض الملوثات (المركز العربي لدراسات المناطق الجافة والأراضي القاحلة أكساد، 2007). ويشير الجدول (2) إلى التراكيز الكلية المسموح بها في التربة الزراعية (مغ/كغ) حسب هيئة المواصفات والمقايس السورية 2752\2003.

الجدول (2) التراكيز الكلية المسموح بها من بعض المعادن الثقيلة في التربة الزراعية

المعدن	التركيز المسموح به في الترب الزراعية (مغ/كغ)
الكادميوم	1
النيكل	60
الرصاص	100
الكوبالت	50

هيئة المواصفات والمقايس السورية 2752\2003.

الفصل الثالث

مواد وطرائق الدراسة

Materials and Method

3-1- منطقة الدراسة:

تمّ إجراء الدراسة على التربة والنباتات القريبين من الطريق العام الواصل بين محافظتي دمشق وحمص (مدخل محافظة حمص الجنوبي)، كما تبين صورة الأقمار الصناعية (مأخوذة من Google Earth) في الشكل (1).

الشكل (1) صورة فضائية لمنطقة المدروسة (جزء من الطريق العام دمشق_حمص)

3-2-الظروف الطبيعية لمنطقة الدراسة:

3-2-1- الظروف الجغرافية:

تقع مدينة حمص في وسط سورية تحديداً في الجزء الغربي منها على الطريق الواصل بين مدينتي دمشق وحلب، ويمر بها نهر العاصي وهي قريبة جداً من سواحل البحر الأبيض المتوسط، وترتفع عن مستوى

سطح البحر 509 متر، كما تعد محافظة حمص المنفذ الوحيد بين البحر والمناطق الداخلية، وهي صلة وصل بين جميع محافظات سورية.

3-2-2- الظروف المناخية:

تتمتع مدينة حمص بمناخ دافئ، صيف حار وشتاء ماطر، ويبلغ متوسط درجة الحرارة السنوي للمدينة 16,4 درجة مئوية، بينما يبلغ معدل الهطل المطري السنوي 422 ملم، ويعد شهر آب أكثر الأشهر حرارة خلال العام، حيث يبلغ متوسط درجة الحرارة فيها 25,5 درجة مئوية، ويعد شهر تموز أكثر جفافا، بينما يعد شهر يناير أكثر الشهور برودة خلال العام، حيث يصل متوسط درجة الحرارة إلى 6,6 درجة مئوية، ويشهد شهر كانون الثاني أكبر معدل تساقط مطري خلال العام والذي يصل الى 95 ملم.
بالنسبة إلى الرياح، يسيطر غالباً على محافظة حمص الرياح الغربية طوال السنة وهي رياح متناوبة الشدة والقوة، وفي الشتاء تتقلب الرياح بين الغربية والشمالية والشرقية الشديدة البرودة وتحدث عواصف محملة بالغبار وذرات الرمال.

يسيطر على المنطقة نوعان رئيسيان من الرياح مختلفان في الشدة: تسيطر الرياح التي تتراوح سرعتها بين 20 و 30 كم/ساعة خلال الفترة الممتدة بين شهر نيسان حتى أيلول من السنة، وتُعد هذه الرياح قادرة على إثارة الغبار والتربة أي العمل على تعرية الطبقة السطحية من التربة من خلال نزع حبيبات التربة ونقلها إلى أماكن أخرى، وخلال هذه الفترة (من شهر نيسان حتى أيلول) يمكن أن تصل سرعة الرياح 40 كم/ساعة ، مما يزيد من خطر فقد الطبقة السطحية من التربة وخاصةً أن خلال هذه القترة تكون التربة جافة ومفككة مما يسهل من عملية تفكيك التجمعات الحبيبية ونزع حبيبات التربة الناعمة من رتبة 0.01 مم وأقل من ذلك.

بينما تسود الرياح التي تتراوح سرعتها بين 10 و 20 كم/ساعة خلال الأشهر الباقية من السنة وتستطيع هذه الرياح تحريك أوراق الأشجار. في بعض الأحيان وبشكل خاص في أواخر الخريف وبداية الشتاء تتجاوز سرعة الرياح 30 كم/ساعة (المنظمة العالمية للأرصاد الجوية).

3 -2-3- الغطاء النباتي واستعمالات الأراضي:

تنتشر في منطقة الدراسة مجموعة مختلفة من النباتات وهي محاصيل صيفية (البطاطا، الكوسا) وشتوية (الملفوف، الزهرة)، بالإضافة للأشجار المثمرة (زيتون، كرمة، وبعض الأشجار الحراجية).

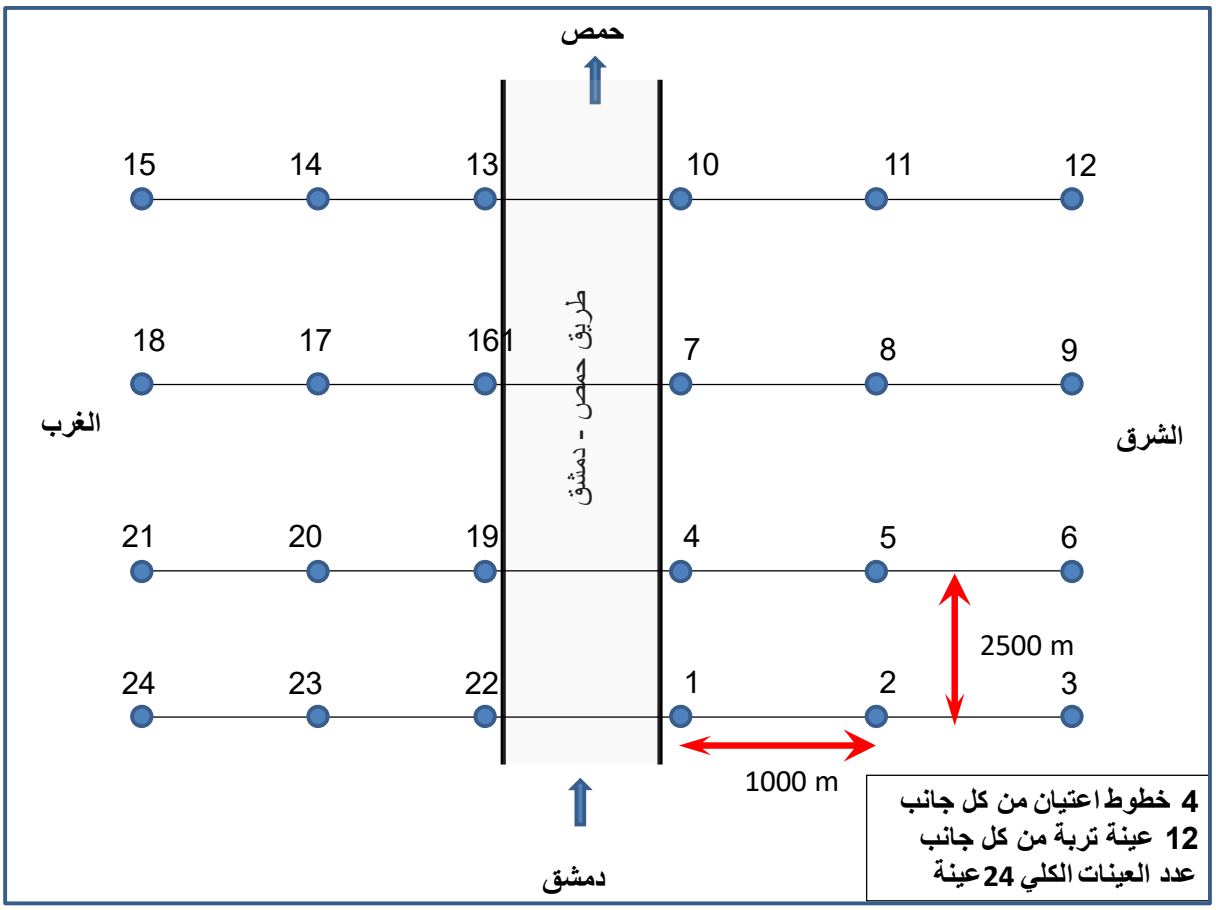
3-3- التربة المدروسة:

عينات التربة المدروسة:

تمّ في هذه الدراسة تنفيذ اعتيانين اثنين للتربة واعتيان واحد فقط للنباتات وهما:

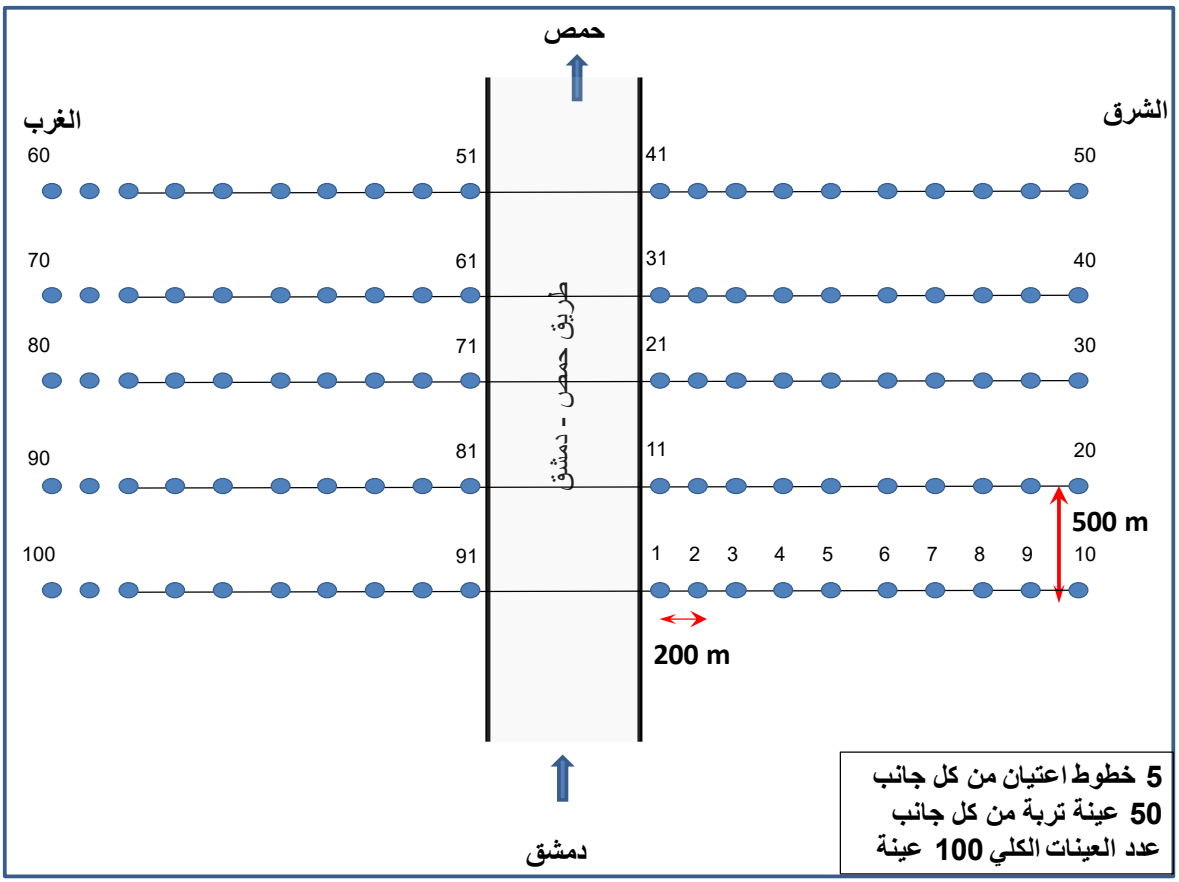
الاعتيان الأول: ونُفذ في صيف عام 2022، وتمّ فيه أخذ 12 عينة تربة من الطبقة السطحية (15-0 سم) من كل جهة (الجهة الشرقية والجهة الغربية) من الطريق العام دمشق_حمص. حيث توزعت مواقع الاعتيان (نقاط الاعتيان) على أربعة خطوط من كل جانب، يبعد كل خط عن الأخر مسافة 2500 متر. ويضم كل خط ثلاث نقاط اعتيان تبعد كل نقطة عن الأخرى مسافة 1000 متر، كما يوضح الشكل (2). ليصل عدد عينات التربة الكلية في هذه الاعتيان إلى 24 عينة. وفي هذا الاعتيان تمّ فقط أخذ عينات للتربة ولم يؤخذ عينات نباتية.

مشجع خضر
مسجد طي ابو أبي طالب
قصر



الشكل (2) مخطط يبين توزع خطوط الاعتيان الأول ومواقع أخذ عينات التربة

الاعتيان الثاني: تم تنفيذه في صيف عام 2023، وتم فيه أخذ 50 عينة تربة سطحية (15–0 سم) من كل جهة من الطريق العام (دمشق–حمص)، حيث توزعت نقاط الاعتيان على خمسة خطوط من كل جانب، يبعد كل خط اعتيان عن الأخر مسافة 500 متر، ويضم كل خط خمس نقاط اعتيان تبعد كل نقطة عن الأخرى مسافة 200 متر، كما يوضح الشكل (3). يصل عدد عينات التربة الكلية في هذا الاعتيان إلى 100 عينة. كما تمّ اعتيان نفس العدد من العينات النباتية من نفس مواقع أخذ عينات التربة. تم تنفيذ الاعتيان الثاني في نفس المنطقة المدروسة ولكن ضمن نقاط اعتيان جديدة.



الشكل (3) مخطط يبين توزع خطوط الاعتيان الثاني ومواقع أخذ عينات التربة

تمت عملية الاعتيان تحديداً في منطقة جندر التي تعتبر مدخل محافظة حمص الجنوبي. تم الحصول على حوالي 1كغ من كل عينة تربة. نقلت عينات التربة إلى المخبر في كلية الهندسة الزراعية قسم علوم التربة ثم جففت هوائياً ونخلت باستخدام منخل أقطاره 2مم للحصول على عينات متجانسة ثم حُفظت لإجراء التحاليل المطلوبة.

أمّا بالنسبة للعينات النباتية فقد تمّ جمع هذه العينات من نفس نقاط اعتيان التربة. وتمثل العينة النباتية عدد من أوراق الأشجار (مثمرة، حراجية) بالإضافة للنباتات العشبية والمحاصيل الصيفية الموجودة في المنطقة المدروسة، ثم وضعت هذه العينات في أكياس مغلقة بإحكام وتم تسجيل المعلومات الموافقة للموقع ثم نقلت إلى المختبر.

3- 4- تحديد بعض الخصائص الفيزيائية والكيميائية للتربة المدروسة:

تم إتباع الطرائق التالية في دراسة بعض الخواص الفيزيائية والكيميائية:

- **التركيب الميكانيكي للتربة:** تمّ إجراء التحليل الميكانيكي للتربة باستخدام طريقة الهيدرومتر وبوجود مادة مفرقة هي هيكسا ميتا فوسفات الصوديوم، أما قوام التربة فتم تحديده باستخدام مثلث قوام التربة الأمريكي حسب تصنيف USDA (Gupta, 2000).
- **الناقلية الكهربائية لمحلول التربة:** تم قياس الناقلية الكهربائية لمحلول التربة باستخدام جهاز الناقلية الكهربائية وعلى مستخلص مائي 5:1 تربة/ماء مقطر (Rhoades, 1996).
- **حموضة التربة (pH)التربة:** تم قياس حموضة التربة عن طريق جهاز ال pH وعلى معلق التربة 5:1 2 تربة/ماء مقطر (Conyer and Davey, 1988).
- **المادة العضوية (OM):** قدرت المادة العضوية عن طريق أكسدة الكربون العضوي في وسط حامضي وباستخدام ديكرومات البوتاسيوم، وتمت عملية المعايرة باستخدام ملح مور وبوجود مشعر الفروئين (Walkley وBlack، 1934).
- **قياس محتوى التربة من العناصر الثقيلة (رصاص، كادميوم، كوبالت، نيكل) المتاحة:** تم تقدير الشكل المتاح من العناصر الثقيلة المدروسة عن طريق إستخلاصها بمركب الـ DTPA (ثنائي إتيلين ثلاثي أمين خماسي حمض الخل) نظاميته 0,005، ثم تمّ قياس تركيز العناصر الثقيلة باستخدام جهاز الإمتصاص الذري (AAS) (Jones, 2001)
- **قياس كمية العناصر الثقيلة المترسبة على العينات النباتية:** بعد الحصول على العينات النباتية تمّ غسل العينة النباتية (الأوراق) باستخدام الماء المقطر خفيف الحموضة (حيث تمّ إضافة 1-2 مل من حمض الآزوت المركز إلى ليتر من الماء المقطر لأنّ حمض الآزوت يعمل على إذابة الرواسب الموجودة على سطوح الاوراق) (Sterckeman et al, 2009).

3-5- التحليل الإحصائي:

أولاً: تحديد التباين بين خصائص التربة المدروسة:

من أجل تحديد التباين في خصائص التربة المدروسة ضمن مساحة المنطقة المحددة في هذه الدراسة تمّ استخدام نوع خاص من التحليل الإحصائي هو الفاريوغرام variogram (Dagnelie, 1975).

الفاريوغرام هو نوع من أنواع الإحصاء الوصفي الكمي لمجموعة من المتغيرات تقع ضمن فراغ ما، وهو خاص بدراسة درجة الاختلافات والتغيرات المكانية لخاصة ما محددة بنقاط تبعاً لبعد هذه النقاط عن بعضها البعض.

وهو يصف التباين المكاني لمجموعة من المتغيرات variables ضمن منطقة معينة، وإلى أي مدى يمكن الإنتشار المكاني أن يُفسّر من خلال العلاقة بين النقاط التي تبعد عن بعضها مسافة معينة وثابتة. أي يصف مدى الاستمرار المكاني لتباين مجموعة من المعطيات ويمكن تمثيله بيانياً بطريقة تسمح بوصف الاستمرارية المكانية لمجموعة من المعطيات. وهو مبني على متغيرات عشوائية مناطقية تمثل مواقع فراغية مفصولة عن بعضها البعض بمسافات محددة.

ويتم تحديد الفاريوغرام من خلال حساب قيمة γ(h) (التي تعبّر عن التباين في قيم المتغير تبعاً للمسافة h) من خلال العلاقة التالية:

$$\gamma(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum [Z(X_{i+h}) - Z(X_i)]$$

حيث N هو عدد النقاط التي تبعد عن بعضها مسافة ثابتة، Zهو قيمة المتغير عند الموقعين X_{i+h} وXi

تمّ حساب وتحديد الفاريوغرام باستخدام برنامج SURFER الخاص بالإحصاء الفراغي.

ثانياً: دراسة العلاقات بين خصائص التربة المدروسة

يُنظر إلى طبيعة العلاقة بين خصائص التربة المدروسة التي تمثل عدة متغيرات مستقلة كإرتباط. من أجل تحديد إمكانية وجود علاقات إرتباط بين هذه الخصائص مع بعضها البعض تمّ إجراء إختبار الإستقلالية وحساب قيم معاملات الارتباط ومصفوفة الإرتباطات باستخدام برنامج Excel. وتم إختبار معنوية الإرتباط من خلال حساب قيم t- student والاحتمالية (P) عند مستوى دلالة 5%.

الفصل الرابع

النتائج والمناقشة

النتائج والمناقشة

في هذا الفصل من النتائج والمناقشة سوف يتم عرض نتائج كل اعتيان على حدا.

4-1- الاعتيان الأول:

4-1-1- بعض الخصائص الفيزيائية والكيميائية للترب المدروسة:

يبين الجدول (3) بعض الخصائص الفيزيائية والكيميائية لتربة الدراسة من الجهة الشرقية والغربية للطريق العام دمشق_حمص.

الجدول (3): بعض الخصائص الفيزيائية والكيميائية للتربة من الجهة الشرقية والغربية للطريق العام دمشق_حمص.

رقم العينة	التركيب الميكانيكي%			قوام التربة	الخصائص الكيميائية		
	رمل %	سلت %	طين %		OM %	EC(1:5) dS/m	pH(1:2.5)
الجهة الشرقية							
1	28.6	26,1	45.3	clay	2.07	0.21	8.08
2	26.4	18.3	55.3	clay	1.72	0.18	7.89
3	24.1	17.1	58.8	clay	3.45	0.25	8
4	21.5	14,6	63.9	clay	2.07	0.2	7.66
5	18.2	20,7	61.1	clay	3.1	0.39	7.57
6	24.4	22.5	53.1	clay	3.1	0.24	8.12
7	21.3	16.5	62.2	clay	2.41	0.17	8.19
8	25.9	18.1	56	clay	2.76	0.18	7.71
9	24.5	20.9	54.6	clay	2.41	0.23	8.16
10	16.4	22.3	61.3	clay	2.07	0.19	7.92
11	21.7	22.4	55.9	clay	2.76	0.21	8.03
12	19.1	17.2	63.7	clay	2.41	0.22	7.75
الجهة الغربية							
13	24.1	14.5	61.4	clay	2.41	0.56	7.57
14	32.2	14.7	53.1	clay	2.41	0.24	8.06
15	39.3	7.9	52.8	clay	2.41	0.25	7.95
16	35.6	7.7	56.7	clay	2.76	0.18	7.81
17	21.5	17.3	61.2	clay	2.45	0.26	7.67
18	31,4	21	47.6	clay	2.41	0.18	7.33
19	19.1	27.7	53.2	clay	2.07	0.15	8.16
20	26.9	9.5	63.6	clay	2.76	0.19	8.17
21	18.9	17	64.1	clay	1.72	0.18	7.75
22	27	19.9	53.1	clay	2.41	0.19	8.06
23	21.4	22.7	55.9	clay	2.41	0.19	7.31
24	16	22.8	61.2	clay	2.41	0.18	7.56

يُلاحظ من الجدول السابق إنّ قوام التربة هو طيني لكل عينات التربة المدروسة وفق مثلث القوام الأمريكي (USDA, 1993)، لُوحظ وجود اختلاف واضح في محتوى التربة من الطين والسلت والرمل، حيث تراوحت نسبة الطين بين 45.3 و64.1 %، أمّا نسبة السلت فقد تراوحت بين 7.7 و27.7 %، ونسبة الرمل تراوحت بين 16 و39.3 %. اتصفت الترب المدروسة بمحتوى معتدل من المادة العضوية في أغلب العينات حيث تراوحت بين 1.45 إلى 2.5 %، بينما إرتفعت في عينات أخرى لتصل إلى 3.4% كما في العينة رقم 3. يعود سبب إرتفاع محتوى التربة من المادة العضوية في بعض عينات التربة إلى أن هذه العينات أخذت من حقول زراعية تخضع لعمليات تسميد عضوي.

وتراحت قيم pH التربة بين 7.31 و8.19 وتعد الترب ذات pH قاعدي وذلك وفقاً لـ Marx (1999). ويعود إرتفاع pH الترب المدروسة إلى إحتوائها على كميات من كربونات الكالسيوم.

ومن ناحية أخرى، يبين الجدول (4) تراكيز المعادن الثقيلة المتاحة في التربة المدروسة من الجهة الشرقية والغربية للطريق العام دمشق_حمص.

الجدول (4): تراكيز المعادن الثقيلة المتاحة في التربة من الجهة الشرقية والغربية للطريق العام دمشق_حمص.

تراكيز المعادن الثقيلة المتاحة في التربة مغ/كغ				
الجهة الشرقية				
رقم العينة	**Co**	**Cd**	**Ni**	**Pb**
1	0.43	0.00	0.81	6.22
2	0.46	0.06	0.00	4.39
3	0.00	0.06	0.54	6.15
4	0.36	0.00	0.00	4.23
5	0.46	0.00	1.00	1.59
6	0.00	0.29	1.14	6.64
7	0.00	0.06	1.01	7.76
8	0.50	0.13	1.24	6.57
9	0.71	0.06	1.24	5.10
10	0.00	0.00	1.24	4.25
11	0.28	0.00	0.94	7.83
12	0.00	0.25	1.70	6.92
الجهة الغربية				
رقم العينة	**Co**	**Cd**	**Ni**	**Pb**
13	0.00	0.12	1.20	5.80
14	0.40	0.16	1.81	2.43
15	0.00	0.46	1.51	6.15
16	0.00	0.16	1.09	7.06

6.92	0.94	0.07	0.00	17
6.78	1.18	0.00	1,19	18
8.60	0.70	0.09	0.46	19
4.89	0.94	0.30	0.00	20
5.59	1.07	0.19	0.80	21
8.18	1.09	0.00	0.93	22
7.10	0.71	0.41	0.00	23
7.48	0.66	0.00	0.00	24

يُلاحظ من الجدول (4) وجود اختلاف واضح في تراكيز المعادن الثقيلة المدروسة. بالنسبة لمعدن الرصاص، تراوح التركيز بين 1.59 و8.6 مغ/كغ. ويشير ذلك إلى أنّ الترب لا تعتبر ملوثة بالرصاص حيث يقل هذا التركيز عند الحد المسموح به في الترب الزراعية وهو 100 مغ/كغ حسب هيئة المواصفات والمقاييس السورية. بالمقارنة بين الجانب الشرقي للطريق والجانب الغربي يُلاحظ أن متوسط تركيز الرصاص في الجانب الشرقي للطريق يبلغ 5.64مغ/كغ وهو أقل مما هو عليه في الجانب الغربي حيث يبلغ متوسط تركيز الرصاص 6.41 مغ/كغ.

وبالنسبة لمعدن النيكل، فقد تراوح التركيز بين 0 مغ/كغ (كما في العينات رقم 2 و4) و1.81 مغ/كغ كما في العينة رقم 14. وتشير المقارنة بين الجانب الشرقي والغربي للطريق إلى أنّ متوسط تركيز النيكل في الجانب الشرقي للطريق بلغ 0,9 مغ/كغ وهو أقل مما هو عليه في الجانب الغربي حيث بلغ متوسط تركيز النيكل 1.07 مغ/كغ. ويقل هذا التركيز بشكل كبير عند الحد المسموح به في الترب الزراعية وهو 60 مغ/كغ حسب هيئة المواصفات والمقاييس السورية.

بينما بالنسبة لمعدني الكادميوم والكوبالت، فقد أشارت نتائج التحليل إلى أن التربة تحتوي على تراكيز منخفضة جداً من هذين المعدنيين حيث بلغ 0 مغ/كغ في عينات التربة المجاورة تماماً للطريق العام مثل العينات رقم 1، 4، 10 بالنسبة للكادميوم والعينات رقم 7، 10، 13 بالنسبة لمعدن الكوبالت. بشكل عام كان متوسط محتوى التربة من هذين المعدنيين في الجانب الشرقي للطريق العام أقل من الجانب الغربي منه، حيث بلغ (0.08 و0.16 مغ/كغ) و(0.27 و0.32 مغ/كغ) لكل من الكادميوم والكوبالت على التوالي.

4-1-2- دراسة التوزع المكاني لخصائص التربة الفيزيائية:

تم دراسة تغير بعض خصائص التربة الفيزيائية مكانياً (أي التوزع المكاني) وفق اتجاهين:

- على امتداد الطريق العام دمشق_حمص، أي من الجهة الجنوبية باتجاه الشمال
- تبعاً للبعد عن الطريق العام دمشق_ حمص، وعلى جانبي الطريق (الجانب الشرقي والجانب الغربي)

4-1-2-1- تبعاً لامتداد الطريق العام دمشق_حمص:

تهدف دراسة التوزع المكاني لخصائص التربة بشكل موازي للطريق العام وعلى كلا الجانبين إلى تحديد حجم التباين في تلك الخواص على طول المنطقة المدروسة والذي يمتد إلى 7.5 كم، ومدى تأثير هذا الاختلاف على توزع المعادن الثقيلة المدروسة.

ومن أجل تحديد هذا التباين ضمن المنطقة المدروسة تمّ أولاً حساب متوسط القيم الثلاثة لعينات التربة في كل خط اعتيان من الخطوط الأربعة كما يبين الجدول (5). ثمّ وقُعت لاحقاً هذه المتوسطات تبعاً للمسافة بين خطوط الاعتيان في الشكل (4).

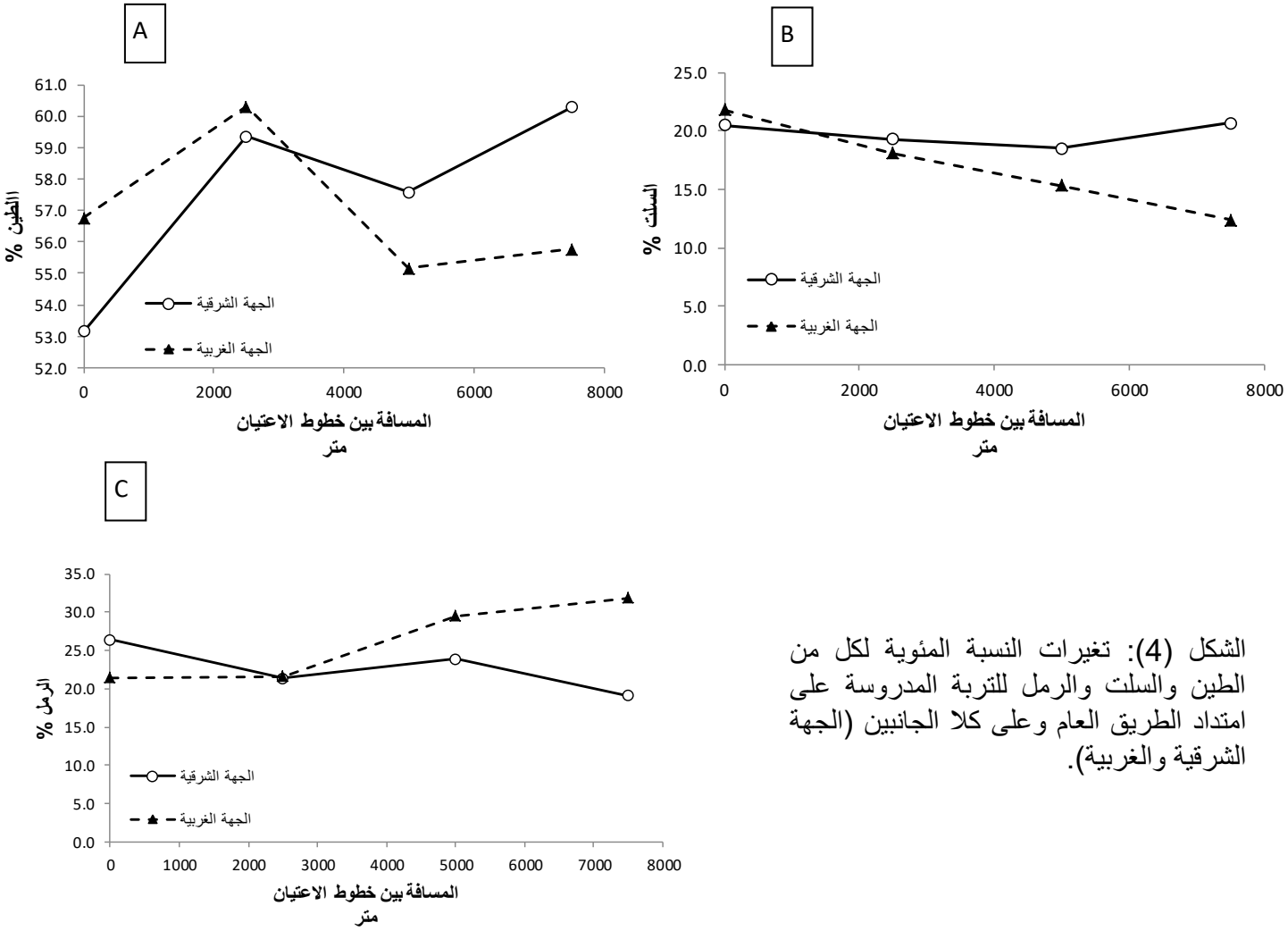
الجدول (5) متوسطات قيم كل من الطين والسلت والرمل (كنسبة مئوية) ± الانحراف المعياري (SD) لعينات التربة الموجودة على كل خط اعتيان من الخطوط الأربعة

المسافة بين خطوط الاعتيان (م)	متوسطات القيم ± SD (%)		
	الرمل	السلت	الطين
	الجهة الشرقية		
0	26.37 ± 1.8	20.47 ± 4.0	53.14 ± 5.7
2500	21.37 ± 2.5	19.27 ±3.4	59.34 ± 4.6
5000	23.90 ± 1.9	18.51 ± 1.8	57.58 ± 3.3
7500	19.06 ± 2.2	20.65 ±2.4	60.28 ± 3.2
	الجهة الغربية		
0	21.46 ± 4.5	21.79 ± 1.3	56.74 ± 3.3
2500	21.64 ± 3.7	18.04 ± 7.5	60.30 ± 5.0
5000	29.51 ± 5.9	15.32 ± 5.6	55.15 ± 5.7
7500	31.87 ± 6.2	12.35 ± 3.2	55.76 ± 4.0

يُلاحظ أنّ محتوى التربة من الطين يختلف على امتداد الطريق العام (دمشق–حمص) كما يبين الشكل (4، A). ولكن بالرغم من اختلاف كمية الطين إلاّ أنّه يبدي سلوكاً متشابهاً في كلا الجانبين.

بينما لُوحظ أنّ محتوى التربة من السلت قريب من التماثل في كلا الجانبين على امتداد الطريق العام (الشكل 4، B). وأبدى محتوى التربة من الرمل حالة وسطى بين الطين والسلت كما يبين الشكل (4، C).

ومن المحتمل أنّ يعود سبب إختلاف كمية الطين في الطبقة السطحية من التربة على امتداد الطريق العام إلى تأثير الرياح السائدة في المنطقة حيث يمكن لها أن تنزع وتحمل الجزء الناعم من التربة وتنقله بعيداً.



الشكل (4): تغيرات النسبة المئوية لكل من الطين والسلت والرمل للتربة المدروسة على امتداد الطريق العام وعلى كلا الجانبين (الجهة الشرقية والغربية).

4-1-2-2- تبعاً للبعد عن الطريق العام:

يمثل الشكل (5) تغير محتوى التربة من الطين والسلت والرمل (كنسب مئوية) تبعاً للبعد عن الطريق العام دمشق_حمص. كل قيمة من القيم الثلاثة في كل شكل بياني تمثل متوسط القيم الأربعة الواقعة على خطوط الاعتيان والتي تبعد نفس المسافة عن الطريق العام كما يبين الجدول رقم (6).

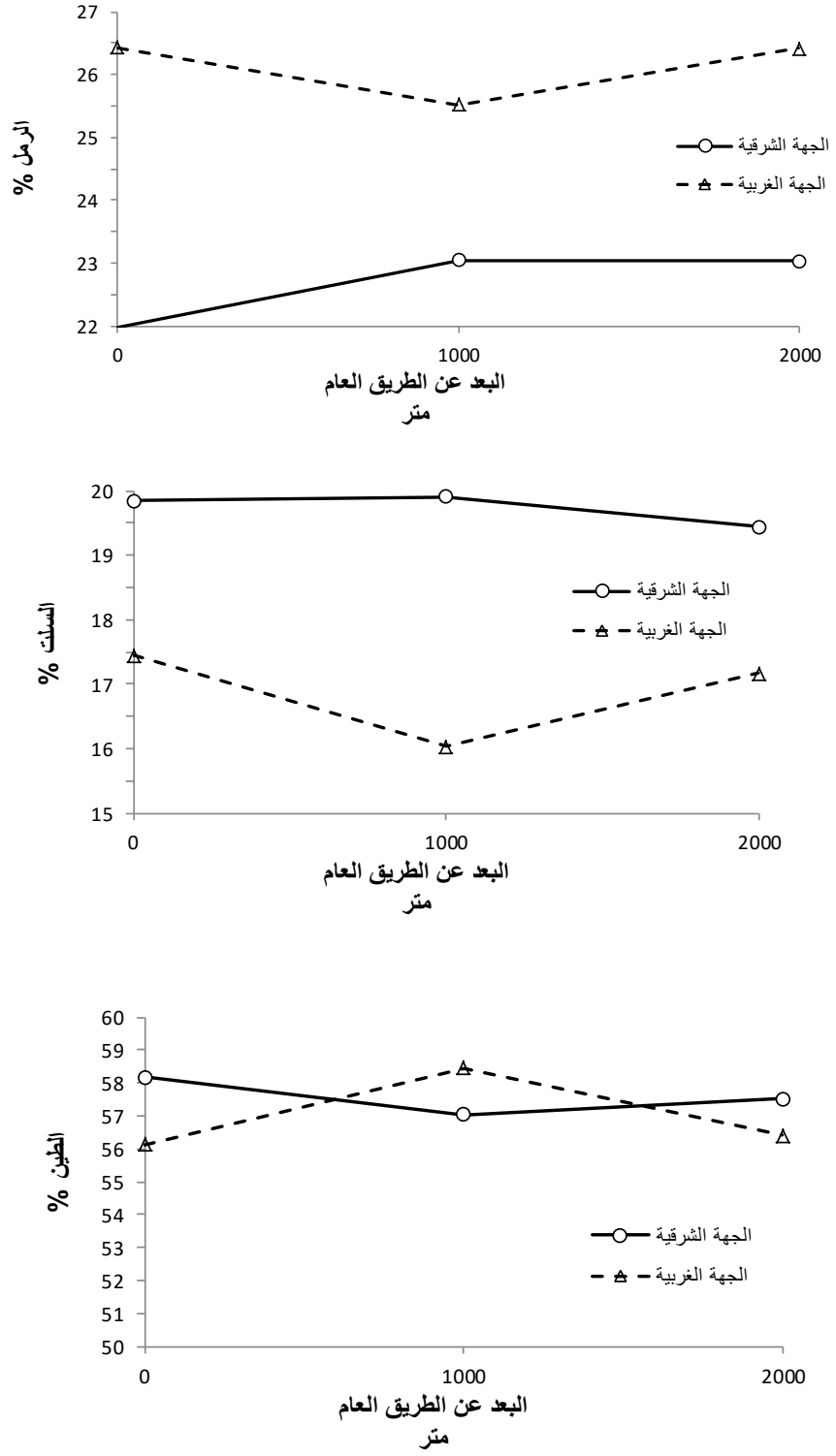
الجدول (6) متوسطات القيم الأربعة لكل من الطين والسلت والرمل ± الانحراف المعياري (SD) للعينات الواقعة على خطوط الاعتيان والتي تبعد نفس المسافة عن الطريق العام

البعد عن الطريق العام (م)	متوسطات القيم ± (SD) (%)		
	الرمل	السلت	الطين
	الجهة الشرقية		
0	21.97 ± 4.4	19.84 ± 4.6	58.18 ± 7.5
1000	23.04 ± 3.4	19.90 ± 1.8	57.05 ± 2.3
2000	23.02 ± 2.3	19.44 ± 2.3	57.53 ± 4.1
	الجهة الغربية		
0	26.43 ± 6.0	17.44 ± 7.3	56.11 ± 3.4
1000	25.52 ± 4.5	16.03 ± 4.8	58.44 ± 4.2
2000	26.41 ± 9.5	17.16 ± 5.8	56.42 ± 6.6

يُلاحظ من الشكل (5) وجود اختلاف في توزع كميات كل من الطين والسلت والرمل بين جانبي الطريق العام وتبعاً للبعد عنه. بالنسبة للطين، تراوح متوسط القيم بين 56.1 و58.4 % على كلا الجانبين كما يبين الشكل (5، A) والجدول (6). بينما بالنسبة للسلت، لُوحظ ارتفاع محتوى التربة من السلت في الجانب الشرقي من الطريق بالمقارنة مع الجانب الغربي منه حيث بلغ متوسط قيم السلت حوالي 20 % في الجانب الشرقي بينما تراوحت في الجانب الغربي بين 16 و17.4 %. بالإضافة لذلك، لُوحظ أن كمية السلت في الجانب الشرقي تزداد بشكل طفيف مع زيادة البعد عن الطريق العام كما يبين الشكل (5، B).

في حين لُوحظ أنّ كمية الرمل في التربة تنخفض في الجانب الشرقي مقارنة مع الجانب الغربي للطريق حيث تراوحت بين 22 و23 % فقط في الجانب الشرقي بينما ارتفعت في الجانب الغربي لتتراوح بين 25.5 و26.4 %. كما وُجد أنّ كمية الرمل في التربة تزداد كلما ابتعدنا عن الطريق العام وبشكل خاص في الجانب الشرقي من الطريق (الشكل 5، C).

من خلال الأشكال البيانية السابقة وُجد أنّ محتوى الطبقة السطحية المدروسة من التربة من كل الطين والسلت والرمل غير متماثلة بين جانبي الطريق ويُظهر توزعاً مكانياً متبايناً تبعاً للبعد عن الطريق العام دمشق–حمص. ولكون التربة الواقعة على كلا الجانبين من هذا الطريق تمثل امتداداً واحداً، لذلك يمكن أن يُعزى هذا التباين إلى تأثير الرياح السائدة في المنطقة حيث يمكن أن تقوم بنزع ونقل حبيبات التربة الناعمة وترسبها في مناطق أخرى.



الشكل (5): تغير كمية الطين والسلت والرمل (كنسب مئوية) تبعاً للبعد عن الطريق العام دمشق– حمص

4-1-3- دراسة التوزع المكاني لمحتوى التربة من المعادن الثقيلة:

تم دراسة توزع المعادن الثقيلة المدروسة مكانياً وفق اتجاهين هما: على امتداد الطريق العام دمشق_حمص وتبعاً للبعد عن الطريق.

4-1-3-1- على امتداد الطريق العام دمشق – حمص:

من أجل سهولة دراسة التوزع المكاني للمعادن الثقيلة بيانياً في المنطقة المدروسة على امتداد الطريق العام تمّ حساب متوسط التراكيز الأربعة لكل معدن (الواردة في الجدول 4) على مستوى كل خط اعتيان في الجدول (7).

الجدول (7): متوسطات تراكيز المعادن الثقيلة المدروسة ± (الانحراف المعياري SD) على مستوى كل خط اعتيان

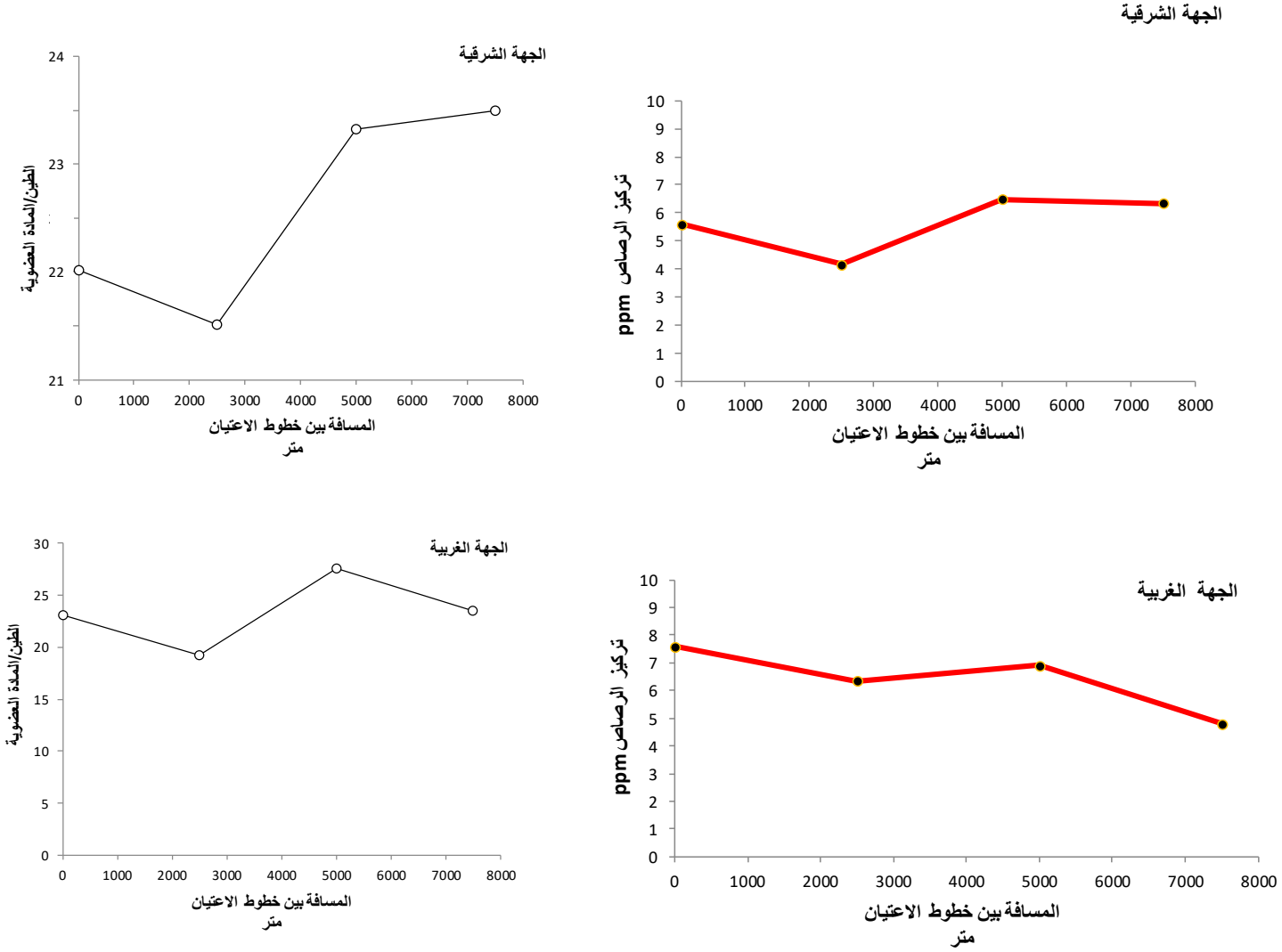
المسافة بين خطوط الاعتيان (م)	متوسطات تراكيز المعادن الثقيلة (ppm) ± الانحراف المعياري (SD)			
	Pb	Ni	Cd	Co
	الجهة الشرقية			
0	5.58 ± 0.84	0.44 ± 0.34	0.04 ± 0.03	0.29 ± 0.21
2500	3.80 ± 2.10	0.81 ± 0.37	0.10 ± 0.14	0.27 ± 0.20
5000	5.29 ± 0.96	1.16 ± 0.10	0.08 ± 0.03	0.40 ± 0.30
7500	6.33 ± 1.52	1.29 ± 0.31	0.08 ± 0.12	0.09 ± 0.13
	الجهة الغربية			
0	7.58 ± 0.45	0.81 ± 0.19	0.14 ± 0.19	0.31 ± 0.44
2500	6.35 ± 1.61	0.90 ± 0.15	0.19 ± 0.09	0.42 ± 0.33
5000	6.91 ± 0.11	1.06 ± 0.10	0.08 ± 0.07	0.4 ± 0.56
7500	4.79 ± 1.67	1.50 ± 0.25	0.25 ± 0.15	0.13 ± 0.19

4-1-3-1-1- التوزع المكاني معدن الرصاص:

يبين الشكل (6) توزع تركيز معدن الرصاص تبعاً للمسافة بين خطوط الاعتيان الأربعة أي على امتداد الطريق العام (من الجنوب بإتجاه الشمال) وعلى مسافة 7.5 كم. وتمثل الخطوط البيانية (الرفيعة) تغيرات تركيز الرصاص على امتداد خطوط الاعتيان (الواردة في الجدول 4) والخط البياني الغليظ يبين متوسطات هذه التراكيز تبعاً للمسافة بين خطوط الاعتيان (الجدول 7). يُلاحظ من الشكل أنّ تركيز الرصاص يتراوح بين 4.79 و7.58 مغ/كغ في الجانب الغربي للطريق العام وينخفض باتجاه الشمال (باتجاه مدينة حمص). بينما في الجانب الشرقي يتراوح متوسط التركيز بين 3.8 و 6.33مغ/كغ.

من المحتمل أن ترتبط هذه التغيرات بتأثير الرياح السائدة واتجاهها أو أن يرتبط باختلاف خصائص التربة. حيث أنّ تركيز الرصاص في التربة يعود لأثر تراكمي للرصاص المنبعث من عوادم السيارات، حيث يتراكم الرصاص في التربة مع مرور الزمن.

االشكل (6): تغير تركيز معدن الرصاص على جانبي الطريق العام تبعاً للمسافة بين خطوط الاعتيان



االشكل (7): مقارنة بين تغير متوسط تركيز معدن الرصاص والنسبة (الطين/ كمية المادة العضوية) على جانبي وامتداد الطريق العام

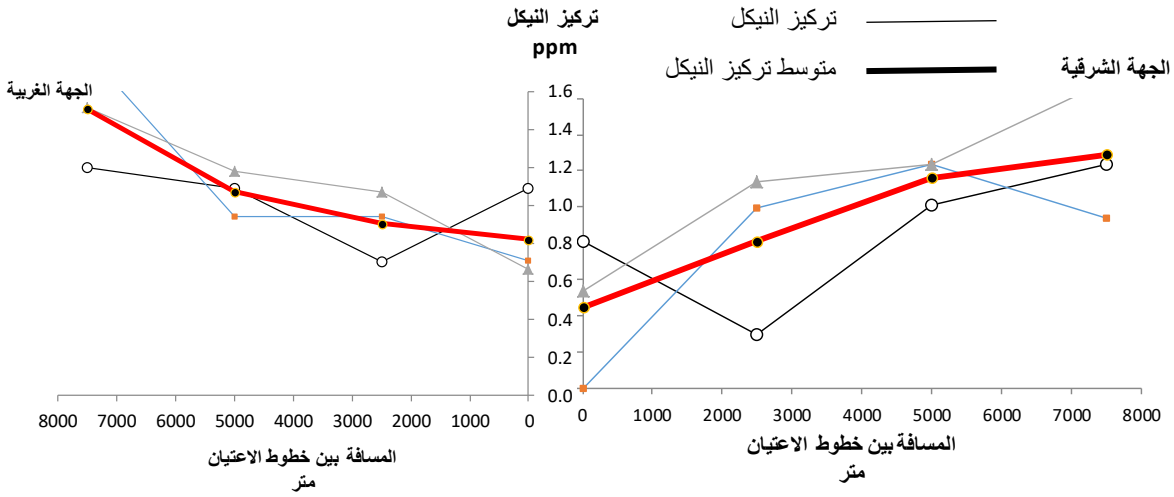
ولكي نبين تأثير خصائص التربة على توزع الرصاص، يوضح الشكل (7) مقارنة بين تغير متوسط تركيز الرصاص وتغير النسبة (الطين/ كمية المادة العضوية) تبعاً للمسافة بين خطوط الاعتيان أي على امتداد الطريق العام.

يُلاحظ من خلال هذه المقارنة تشابه كبير بين تغيرات تركيز معدن الرصاص وتغيرات النسبة (الطين/ كمية المادة العضوية). هذه التشابه يشير إلى أنّ الرصاص كمية أو تراكم معدن الرصاص في التربة السطحية يتعلق بشكل كبير بكمية الطين والمادة العضوية.

4-1-3-1-2- التوزع المكاني لمعدن النيكل:

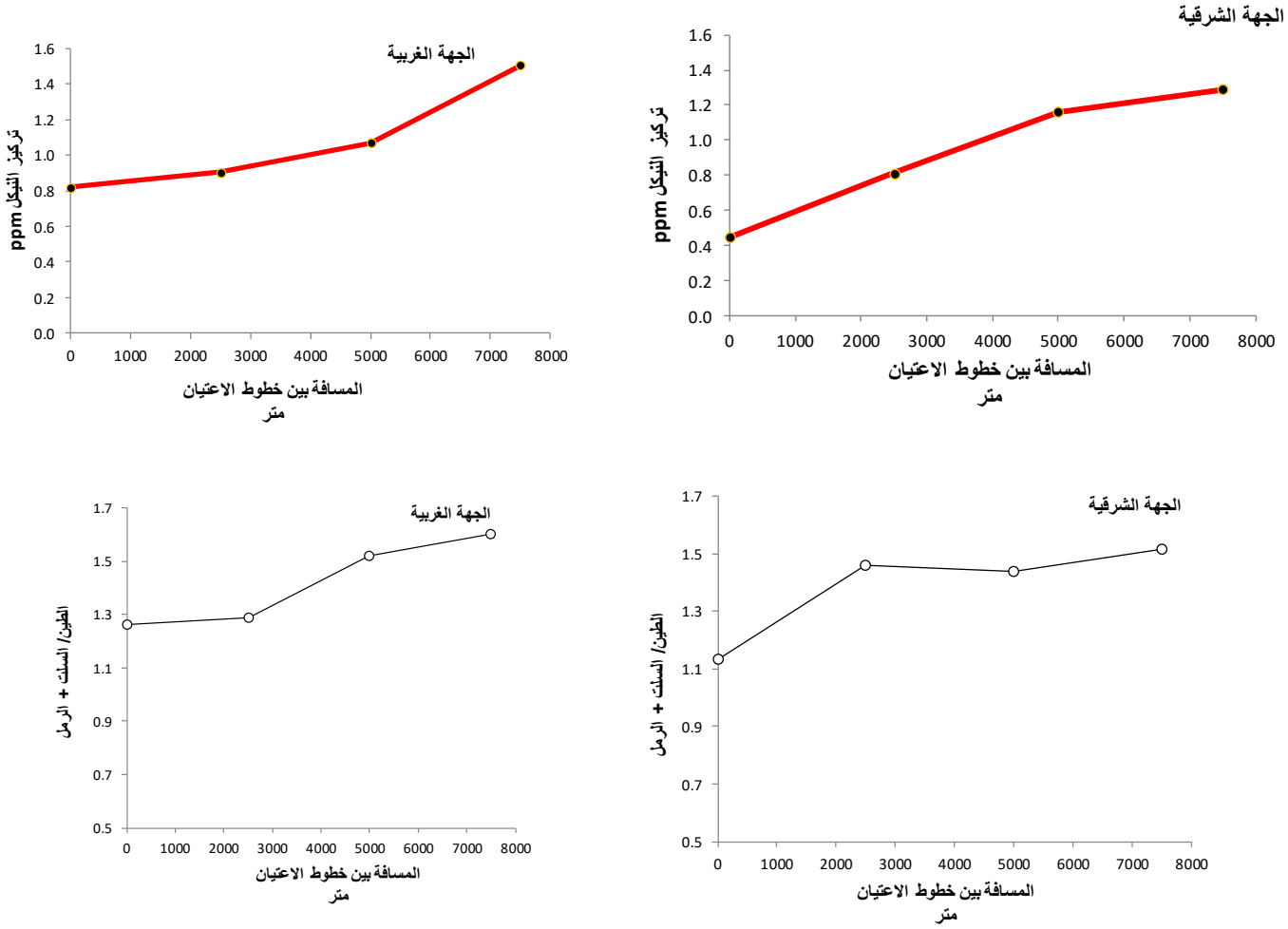
كذلك الأمر يبين الشكل (8) تغير تراكيز معدن النيكل بين خطوط الاعتيان أي امتداد الطريق العام، حيث تمثل الخطوط البيانية الرفيعة تغيرات تركيز النيكل (الواردة في الجدول 4) بينما يمثل الخط البياني الغليظ متوسطات هذه التراكيز تبعاً للمسافة بين خطوط الاعتيان (الجدول 7).

يُلاحظ من الشكل (8) أنّ متوسط تركيز معدن النيكل يزداد على امتداد 7.5 كم باتجاه الشمال في كلا الجانبين من الطريق العام (دمشق- حمص) ليصل إلى 1.3 و1.5 مغ/كغ على الجانب الشرقي والغربي على التوالي. قد يكون هذا التغير في تركيز النيكل كنتيجة لتأثير الرياح السائدة او يعزى إلى اختلاف خصائص التربة على امتداد الطريق العام.



الشكل (8): تغير تراكيز معدن النيكل على جانبي الطريق العام تبعًا للمسافة بين خطوط الاعتيان

ولكي نوضح العلاقة بين تغير تراكيز معدن النيكل ضمن المنطقة المدروسة وبعض خصائص التربة يُظهر الشكل (9) مقارنة بين تغير متوسط تركيز النيكل على مستوى خطوط الاعتيان وتغير النسبة (الطين/السلت+ الرمل) على امتداد الطريق العام.



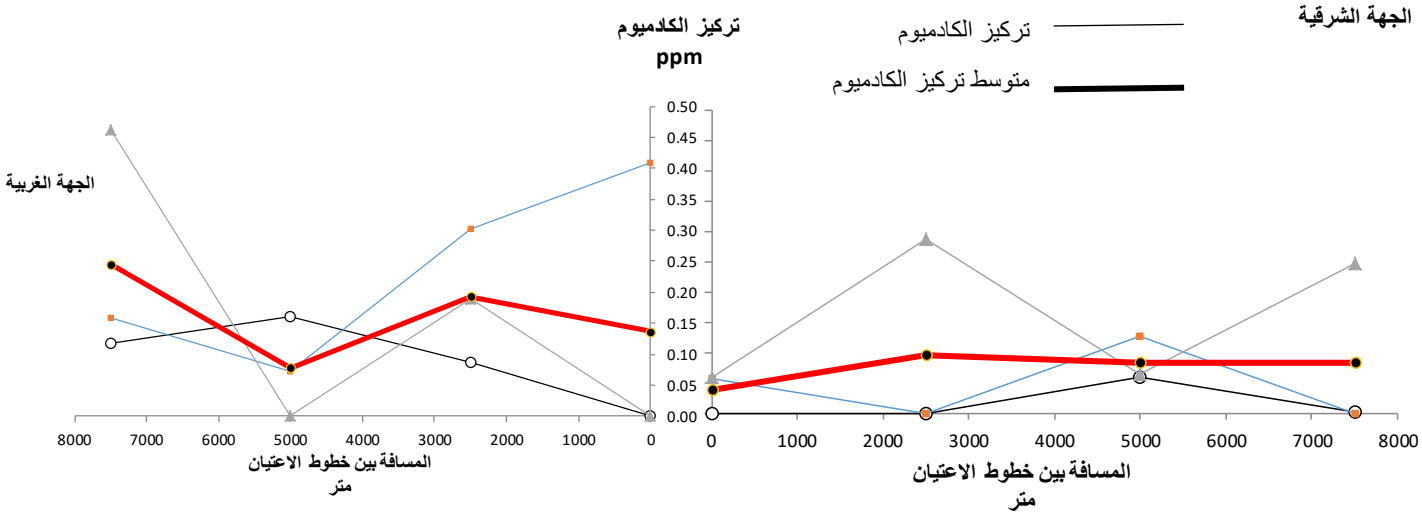
الشكل (9): مقارنة بين تغير متوسط تركيز معدن النيكل والنسبة (الطين/ السلت+الرمل) على جانبي الطريق العام.

يبين هذا الشكل أن تغير متوسط تركيز النيكل يرتبط نوعاً ما بتغير النسبة (الطين/السلت + الرمل)، حيث يُلاحظ تشابه كبير بين تغير النيكل وتغير النسبة (الطين/السلت + الرمل). يُلاحظ أنّ تركيز النيكل يزداد باتجاه الشمال مع زيادة تزداد نسبة الطين إلى كل من مجموع السلت والرمل في التربة السطحية المدروسة.

4-1-3-1-3- التوزع المكاني لمعدن الكادميوم:

يبين الشكل (10) توزع تراكيز معدن الكادميوم بين خطوط الاعتيان وعلى امتداد الطريق العام. الخطوط البيانية الرفيعة تمثل تراكيز الكادميوم في نقط الاعتيان (الواردة في الجدول 4)، بينما الخط البياني الغليظ يمثل متوسطات تراكيز هذه القيم على مستوى كل خط اعتيان (الجدول 7). يُلاحظ من الشكل (10) أنّ

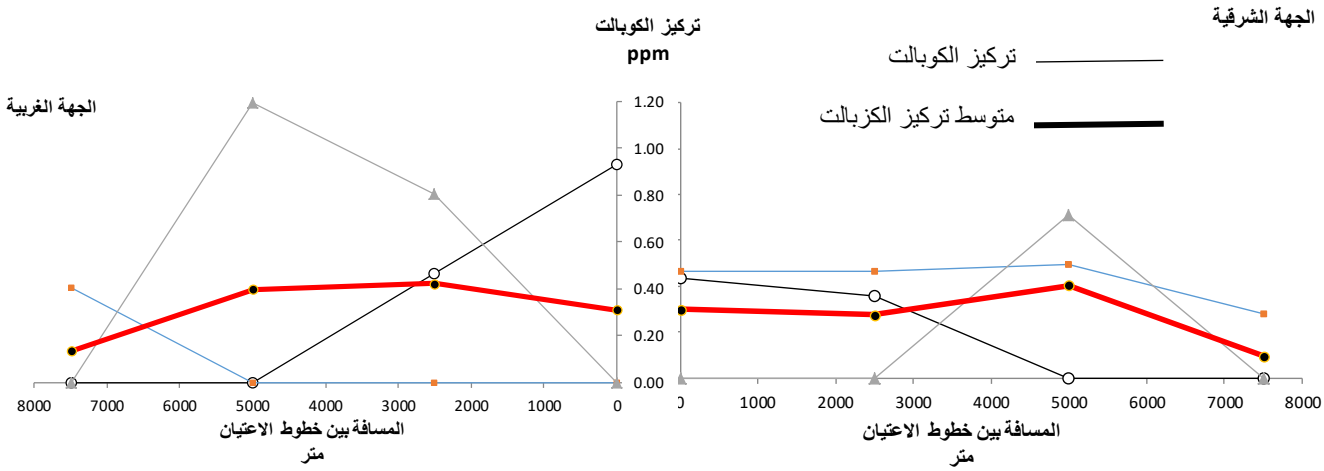
متوسط تركيز الكادميوم يتراوح بين 0.04 و0.1 مغ/كغ في الجانب الشرقي للطريق بينما يرتفع في الجانب الغربي ليتراوح بين 0.08 و0.25 مغ/كغ (الجدول 7). يُلاحظ أنّ تركيز الكادميوم في الجانب الغربي يزداد على امتداد الطريق باتجاه الشمال بينما يحافظ على قيم ثابتة تقريباً في الجانب الشرقي.



االشكل (10): تغير تركيز معدن الكادميوم على جانبي الطريق العام تبعاً للمسافة بين خطوط الاعتيان

4-1-3-1-4- التوزع المكاني لمعدن الكوبالت:

بالنسبة لمعدن الكوبالت، تمّ في الشكل (11) تمثيل توزع تراكيز المعدن تبعاً للمسافة بين خطوط الاعتيان على امتداد الطريق العام. يُلاحظ من الشكل أنّ تركيز الكوبالت يتراوح بين 0.09 و0.4 مغ/كغ في الجانب الشرقي للطريق وبين 0.13 و0.42 مغ/كغ في الجانب الغربي من الطريق. يُلاحظ من الشكل وجود تشابه كبير في توزع الكوبالت على امتداد جانبي الطريق.



االشكل (11): تغير تركيز معدن الكوبالت على جانبي الطريق العام تبعاً للمسافة بين خطوط الاعتيان

4-1-3-2- تبعاً للبعد عن الطريق العام دمشق – حمص:

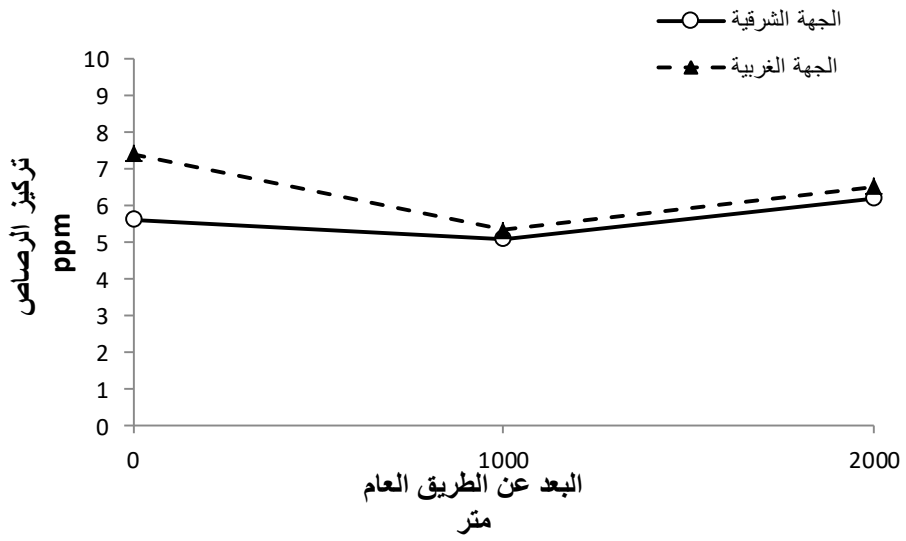
من أجل توضيح توزع المعادن الثقيلة في التربة تبعاً للبعد عن الطريق العام تمّ حساب متوسط تراكيز هذه المعادن المقاسة على مسافات متشابهة في كل خط من خطوط الاعتيان في الجدول (8) وتمثيل هذه المتوسطات بيانياً تبعاً للبعد عن الطريق العام.

الجدول (8): متوسطات تراكيز المعادن الثقيلة المدروسة ± (الانحراف المعياري SD) تبعاً للبعد عن الطريق العام

البعد عن الطريق العام (م)	متوسطات تراكيز المعادن الثقيلة (ppm) ± الانحراف المعياري (SD)			
	Pb	Ni	Cd	Co
	الجهة الشرقية			
0	5.61 ± 1.48	0.77 ± 0.47	0.02± 0.03	0.20 ± 0.20
1000	5.09 ± 2.37	0.79 ± 0.47	0.05 ± 0.05	0.43 ± 0.09
2000	6.19 ± 0.69	1.15 ± 0.41	0.16 ± 0.110	0.18 ± 0.31
	الجهة الغربية			
0	7.41 ± 1.09	1.02 ± 0.18	0.09 ± 0.06	0.35 ± 0.38
1000	5.33 ± 1.89	1.20 ± 0.42	0.24 ± 0.13	0.10 ± 0.17
2000	6.50 ± 0.71	1.11 ± 0.30	0.16 ± 0.19	0.50 ± 0.52

4-1-3-1-2-1- التوزع المكاني لمتوسطات تراكيز لمعدن الرصاص:

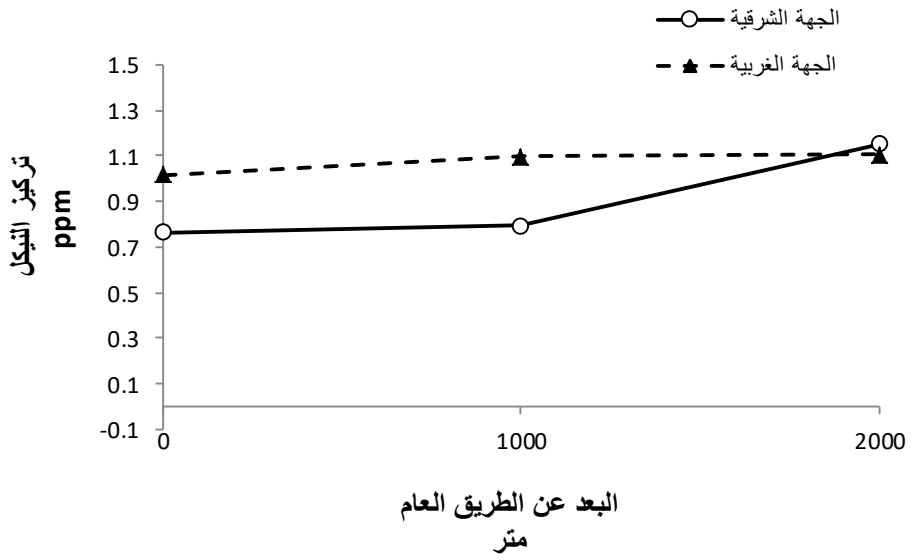
يُلاحظ من الشكل (12) الذي يمثل تغير متوسطات تراكيز الرصاص في التربة تبعاً للبعد عن الطريق العام في كلا الجانبين أنّ تركيز الرصاص في الجهة الشرقية يزداد مع زيادة البعد عن الطريق العام، حيث يرتفع من 5.09 إلى 6.19 مغ/كغ. بينما في الجانب الغربي يُلاحظ أنّ أعلى متوسط لتركيز الرصاص كان عند أقرب نقطة للطريق العام حيث بلغ 7.41مغ/كغ. يعود سبب ارتفاع تركيز الرصاص مع ازدياد البعد عن الطريق العام في الجهة الشرقية إلى تأثير الرياح الغربية السائدة في المنطقة التي تعمل على نقل الإنبعاثات الغازية الناتجة عن وسائط النقل والمحمّلة بالمعادن الثقيلة باتجاه الشرق حيث تترسب هذه الحمولة تدريجياً مع انخفاض سرعة الرياح، بينما قد يعود سبب وجود تركيز مرتفع للرصاص في الجهة الغربية للطريق كنتيجة لتأثير الرياح المتقلبة التي تتصف بها الرياح المسيطرة على المنطقة.



الشكل (12): توزع متوسطات تراكيز معدن الرصاص على جانبي الطريق العام تبعاً للبعد عنه

4-1-3-2-2- التوزع المكاني لمتوسطات تراكيز معدن النيكل:

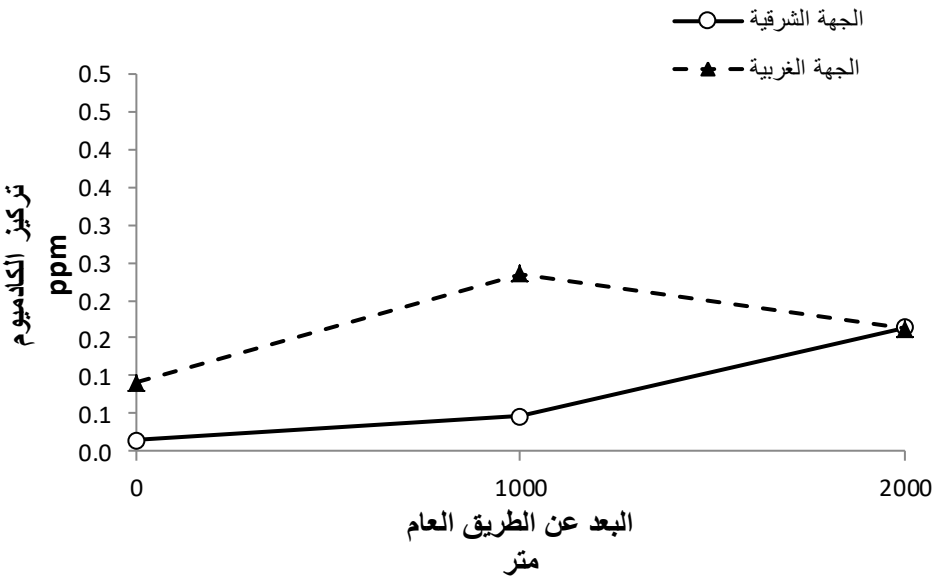
يوضح الشكل (13) توزع متوسطات تراكيز معدن النيكل على جانبي الطريق العام تبعاً للبعد عن الطريق العام. يُلاحظ من هذا الشكل أنّ تركيز النيكل في الجانب الشرقي للطريق يزداد مع زيادة البعد عنه وهو بذلك يشبه توزع معدن الرصاص، حيث يرتفع متوسط تركيز النيكل من 0.77 إلى 1.15 مغ/كغ. بينما لم يُلاحظ اختلاف كبير في تركيز النيكل في الجانب الغربي للطريق حيث تراوح التركيز بين 1 و1.2 مغ/كغ. ويعود سبب هذه الاختلاف في توزع تركيز النيكل إلى تأثير الرياح الغربية السائدة كما هو الحال عند الرصاص.



الشكل (13): توزع متوسطات تراكيز معدن النيكل على جانبي الطريق العام تبعاً للبعد عنه

4-1-3-2-3- التوزع المكاني لمتوسطات تراكيز معدن الكادميوم:

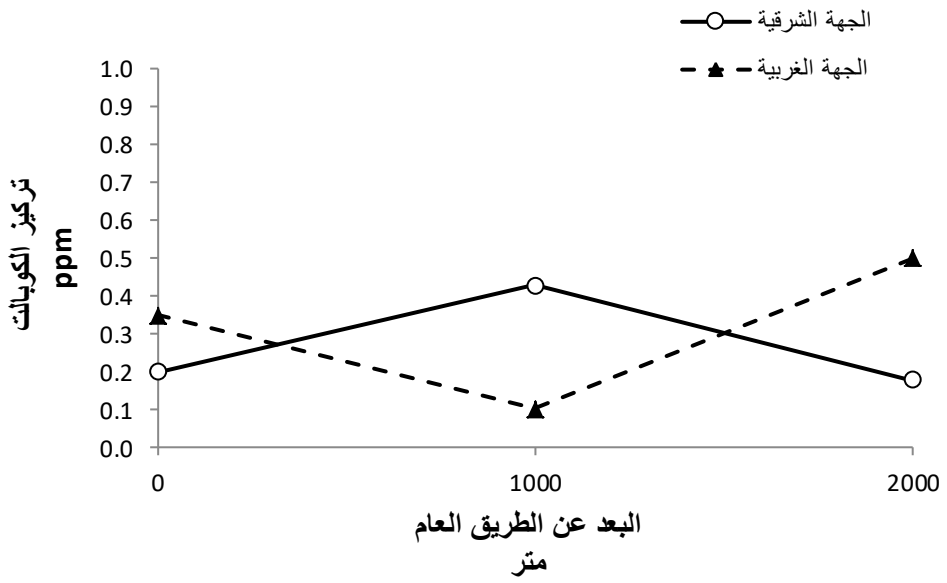
يمثل الشكل (14) توزع متوسطات تراكيز معدن الكادميوم على جانبي الطريق العام تبعاً للبعد عنه. كما وُجد سابقاً عند معدني الرصاص والنيكل، يُلاحظ ازدياد تركيز معدن الكادميوم مع زيادة البعد عن الطريق العام في الجهة الشرقية منه. فقد ارتفع من 0.02 إلى 0.16 مغ/كغ. بينما في الجانب الغربي، وُجد أنّ أقل تركيز كان هو الأقرب للطريق العام حيث بلغ 0.09 مغ/كغ.



االشكل (14): توزع متوسطات تراكيز معدن الكادميوم على جانبي الطريق العام تبعاً للبعد عنه

4-1-3-2-4- التوزع المكاني لمتوسطات تراكيز معدن الكوبالت:

بالنسبة لمعدن الكوبالت، لُوحظ ايضاً ارتفاع تركيز هذا المعدن في الجهة الشرقية مع زيادة البعد عن الطريق العام حيث ارتفع من 0.2 مغ/كغ إلى 0.43 مغ/كغ على بعد كيلومتر واحد من الطريق العام كما يبين الشكل (15). بينما في الجهة الغربية وُجد تفاوت واضح في توزع التراكيز تبعاً للبعد عن الطريق. يعود هذا التفاوت إلى تقلبات الرياح واختلاف سرعتها في المنطقة المدروسة.



االشكل (15): توزع متوسطات تراكيز معدن الكوبالت على جانبي الطريق العام تبعاً للبعد عن الطريق العام

2-4- الاعتيان الثاني:

تمّ تنفيذ الاعتيان الثاني من أجل التعمق في دراسة تأثير الرياح السائدة في توزع المعادن الثقيلة على جانبي الطريق وتأكيد نتائج الاعتيان الأول من جهة، ومن جهة أخرى من أجل دراسة العلاقات الممكنة بين توزع تركيز هذه المعادن الثقيلة وبعض خصائص التربة حيث لم يسمح عدد عينات التربة في الاعتيان الأول بدراسة هذه العلاقات.

4-2-1- بعض الخصائص الفيزيائية والكيميائية للترب المدروسة:

يبين الجدول (9) والجدول (10) بعض الخصائص الفيزيائية والكيميائية وتركيز المعادن الثقيلة في التربة لعينات التربة المدروسة والتي يبلغ عددها 100 عينة من كلا الجانبين (الجهة الشرقية والجهة الغربية للطريق العام).

الجدول (9): بعض الخصائص الفيزيائية والكيميائية للترب المدروسة في الاعتيان الثاني

الخصائص الكيميائية			قوام التربة	التركيب الميكانيكي%			رقم العينة
				رمل	سلت	طين	
OM %	(1:5) EC ds/m	PH (1:2,5)		%	%	%	
الجهة الشرقية							
3.10	0.248	8.12	Clay	23.4	18.3	58.3	1
3.24	0.197	7.92	Clay	23.4	13.1	63.5	2
1.72	0.147	7.88	Clay	20.6	18.1	61.3	3
1.66	0.11	8.12	Clay	20.8	23.5	55.7	4
1.52	0.149	8.06	Clay	23.4	23.5	53.1	5
2.3	0.13	7.76	Clay	26.1	23.4	50.5	6
2.21	0.144	7.96	Clay	23.9	23.9	52.2	7
2.55	0.22	7.43	Clay	23.5	20.8	55.7	8
1.38	0.167	8.1	Clay	20.6	15.5	63.9	9
1.72	0.136	8.03	Clay	20.6	20.6	58.8	10
3.45	0.337	7,65	Clay	21	23.7	55.3	11
2.07	0.1	8.07	Clay	23.7	21	55.3	12
1.72	0.111	7.97	Clay	23.5	28.6	47.9	13
1.10	0.095	8.04	Clay	28.9	28.9	42.2	14
2.00	0.114	8.01	Clay	23.5	20.8	55.7	15
1.45	0.125	8.17	Clay	36.8	21.1	42.1	16
0.69	0.104	8.21	Clay	36.5	23.4	40.1	17
1.59	0.134	7.89	Clay	26.3	18.4	55.3	18

1.52	0.128	8.12	Clay	23.7	26.3	50.0	19
2.28	0.114	8.02	Clay	26	20.8	53.2	20
0.55	0.121	8.24	Clay	23.4	20.9	55.7	21
1.79	0.36	7.96	Clay	20.8	23.4	55.8	22
1.66	0.255	8	Clay	23.4	18.3	58.3	23
0.62	0.166	8.04	Clay	29.3	26.6	44.1	24
2.00	0.112	8.03	Clay	34.6	21.3	44.1	25
2.41	0.215	7.59	Clay	23.4	23.4	53.2	26
1.93	0.17	7.82	Clay	20.8	26.0	53.2	27
1.31	0.127	7,83	Clay	26	28.6	45.4	28
1.66	0.103	7.95	Clay	26.3	23.7	50.0	29
1.59	0.124	8.06	Clay	20.6	20.6	58.8	30
2.75	0.103	8.19	Clay	23.4	28.7	47.9	31
1.86	0.125	8.24	Clay	20.8	23.5	55.7	32
2.76	0.12	8.07	Clay	23.7	26.3	50.0	33
2.55	0.117	8.04	Clay	26.3	23.7	50.0	34
2.48	0.098	7.94	Clay	28.9	23.7	47.4	35
2.69	0.101	7.97	Clay	26.6	26.6	46.8	36
1.86	0.196	7.92	Clay	20.6	23.2	56.2	37
1.59	0.207	7,89	Clay	523.	13	63.5	38
1.24	0.22	7,95	Clay	31.6	23.7	44.7	39
2.21	0.151	8.02	Clay	26.3	23.7	50.0	40
2.59	0.149	8.07	Clay	20.8	28.7	50.5	41
3.17	0.122	8.14	Clay	20.6	25.8	53.6	42
2.62	0.115	8.17	Clay	28.6	31.3	40.1	43
2.76	0.121	8.14	Clay	29.3	29.3	41.4	44
2.69	0.125	7.96	Clay	18.5	28.9	52.6	45
2.55	0.123	7.94	Clay	22.2	27.8	50.0	46
2.21	0.129	7.97	Clay	20.6	30.9	48.5	47
1.93	0.119	8.01	Clay	39.1	15.6	45.3	48
1.66	0.121	8.06	Clay	28.6	18.2	53.2	49
1.31	0.13	7.94	Clay	23.7	26.3	50.0	50

الخصائص الكيميائية			قوام التربة	التركيب الميكانيكي%			رقم العينة
OM %	(1:5)EC ds/m	PH (1:2,5)		رمل %	سلت %	طين %	
الجهة الغربية							
2.75	0,69	7.78	Clay	28.6	23,5	47.9	51
3.52	0.209	8.14	Clay	31.3	31.4	37.5	52
2.62	0.179	7.72	Clay	26	28.6	45.4	53
1.72	0.163	8.12	Clay	23.2	18	58.8	54
1.24	0.143	8.06	Clay	21.1	23.7	55.2	55
1.93	0.111	8.22	Clay	42.6	26.6	30.8	56

3.31	0.156	8.01	Clay	30.9	20.6	48.5	57
2.14	0.228	7.98	Clay	23.5	13	63.5	58
1.03	0.194	7.96	Clay	26	33.9	40.1	59
1.86	0.133	7.94	Clay	26.8	23.7	39.5	60
1.1	0.108	8.01	Clay	26.3	28.9	44.8	61
2.28	0.157	8.05	Clay	37.2	18.6	44.2	62
1.72	0.151	7.89	Clay	34.6	18.6	46.8	63
1.93	0.16	8.11	Clay	23.4	23.4	53.2	64
2.34	0.183	8.13	Clay	20.8	23,4	55.8	65
1.93	0.28	8.01	Clay	39.5	18.4	42.1	66
1.03	0.164	8.25	Clay	28,3	12.9	58,8	67
2.00	0.115	8.32	Clay Loam	33,9	20.8	45.3	68
1.17	0.153	7.83	Clay	36.8	18.5	44.7	69
1.38	0.13	8.17	Clay	39.5	18.4	42.1	70
3.10	0.367	7.89	Clay	31.3	5.2	63.5	71
1.52	0.187	8.13	Clay	26.3	28.9	44.8	72
1.72	0.347	7,87	Clay	26	28.6	45.4	73
2.41	0.175	8.32	Clay	26.3	15.8	57.9	74
2.21	0.264	7.96	Clay	28.9	26.3	44.8	75
1.59	0.247	7.99	Clay	29.3	18.6	52.1	76
2.62	0.122	8.14	Clay Loam	36.5	31.2	32.3	77
1.03	0.18	7.85	Clay Loam	33.7	33.7	32.6	78
2.07	0.29	7.99	Clay Loam	33.3	33.4	33.3	79
1.86	0.251	8.11	Clay	32.6	27.2	40.2	80
3.1	0.141	8.05	Clay	25.8	15.4	58.8	81
3.45	0.14	8.09	Clay	20.6	25.8	53.6	82
1.86	0.127	8.07	Clay	33.9	28.6	37.5	83
1.72	0.135	8.21	Clay	23.4	31.3	45.3	84
2.41	0.146	8.03	Clay	20.8	23.4	56.8	85
2.69	0.128	8.04	Clay	23.4	18.2	58.4	86
3.17	0.199	7.92	Clay	23	15.3	61.7	87
2.34	0.13	8.12	Clay	33.9	28.6	37.5	88
2.83	0.133	8.1	Clay	25.8	23.2	51	89
2,97	0,148	8,07	Clay	30,9	20,6	48,5	90
2.62	0,145	7,95	Clay	28,4	28,4	43,2	91
1,86	0,12	8,08	Clay	23	15,3	61,7	92
2,9	0,135	8,12	Clay	23,2	18	58,8	93
2,97	0,114	8,09	Clay	30,6	10,2	59,2	94
1,24	0,113	8,07	Clay	26,3	28,9	44,8	95
1,17	0,121	8,11	Clay	28,4	15,4	56,2	96
2,41	0,16	8,13	Clay	28,6	26	45,4	97
2,62	0,164	8,11	Clay	23,1	28,4	48,5	98
2,41	0,144	8,2	Clay	39,5	15,5	44,7	99
2,97	0,167	8,18	Clay	26	31,3	42,7	100

يُلاحظ من الجدول السابق ان التربة يغلب عليها القوام الطيني باستثناء بعض العينات ذات القوام الطيني اللومي مثل العينات (68، 77، 78، 79) وذلك وفق مثلث القوام الأمريكي (USDA, 1993)، اذ تراوحت نسبة الطين بين 30.9 و63.9 %، أما نسبة السلت فقد تراوحت بين 5.2 و33.9 %، ونسبة الرمل تراوحت بين 18.4 و42.6 %. اتصفت الترب المدروسة بمحتوى معتدل من المادة العضوية في أغلب العينات حيث تراوحت بين 0.55 إلى 3.52، يعود سبب ارتفاع محتوى التربة من المادة العضوية في بعض عينات التربة إلى أن هذه العينات أخذت من حقول زراعية تخضع لعمليات تسميد عضوي. أمّا pH التربة للعينات المدروسة فقد تراوح بين 7.43 و8.32.

في الاعتيان الثاني تمّ فقط قياس تراكيز معدني الرصاص والنيكل في التربة نظراً لكونهما المعدنيين الذين أظهرا نتائج واضحة من حيث توزعهما مكانياً ضمن المنطقة المدروسة. من ناحية أخرى، لم يتم قياس تراكيز هذين المعدنيين في كل عينات التربة المأخوذة، بل تمّ اختيار بعض العينات التي تتوزع بشكل متماثل على كلا الجانبين وتمثل بنفس الوقت المنطقة المدروسة.

الجدول (10): تراكيز المعادن الثقيلة في التربة من الجهة الشرقية والغربية للطريق العام دمشق - حمص.

تراكيز المعادن الثقيلة في التربة (ppm)		
الجهة الشرقية		
رقم العينة	Ni	Pb
43	0	1.9
47	0.3	10.5
35	1	8.7
21	0.8	8.9
23	1.1	10
27	1.2	12
30	0.5	11.3
15	0.9	12.6
3	1.3	10.5
7	0.9	14
الجهة الغربية		
رقم العينة	Ni	Pb
53	0.8	4.3
57	0.4	5.4
65	0.5	5.1
71	0.6	6.5
73	0.9	3.2
77	0.1	3.4
80	0.6	4.7
85	0.5	7.6
93	1.1	5.4
97	0.5	3.9

4-2-2- دراسة التوزع المكاني لخصائص التربة الفيزيائية:

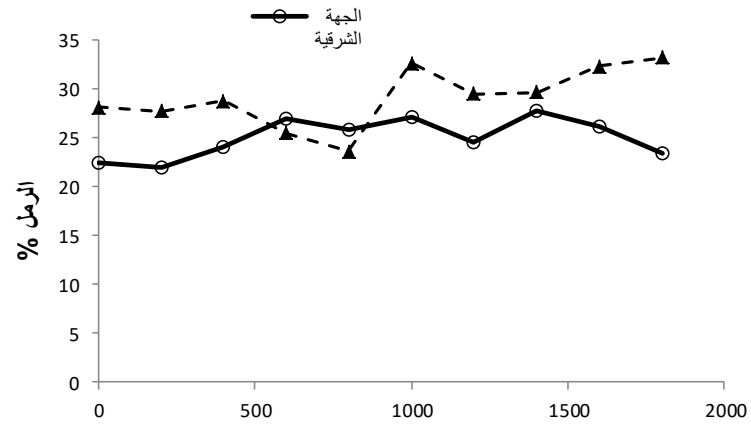
4-2-2-1- تبعاً للبعد عن الطريق العام:

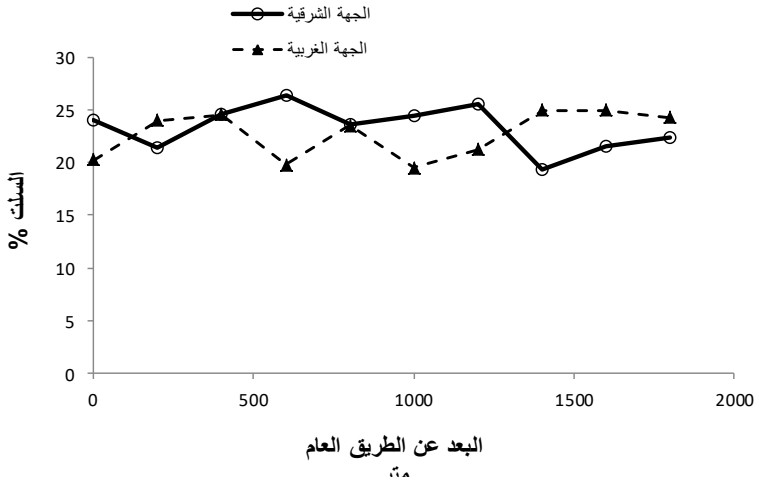
من أجل سهولة توضيح اختلاف توزع كميات الطين والسلت والرمل ضمن المنطقة المدروسة تمّ حساب متوسطات هذه الكميات في الجدول (11). كل قيمة من القيم الموجودة تمثل متوسط قيم خمس نقاط اعتيان تبعد مسافة متماثلة عن الطريق العام من كل جهة، ثم تمّ تمثيل هذه القيم بيانياً في الشكل (16).

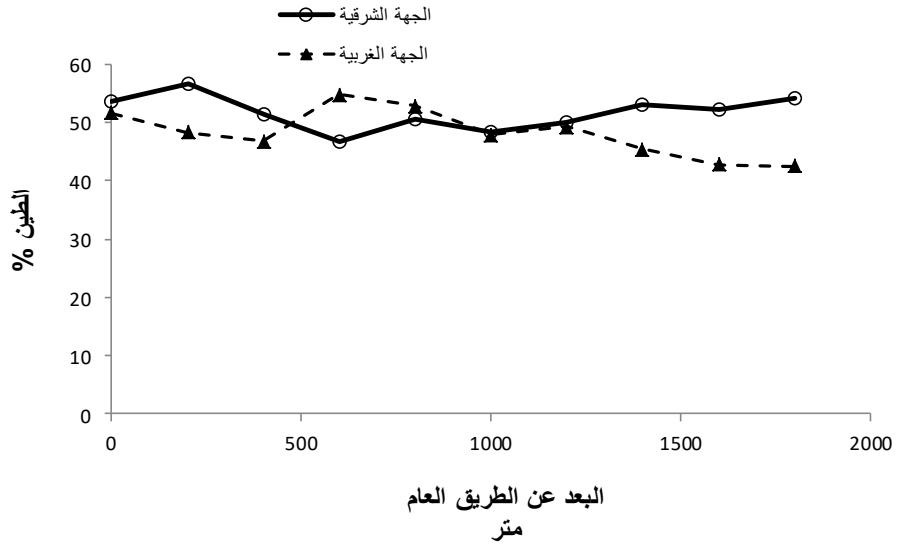
الجدول (11): متوسطات النسب المئوية لكل من الطين والسلت والرمل لخمسة نقاط اعتيان تبعد مسافة متماثلة عن الطريق العام

البعد عن الطريق العام (م)	متوسطات القيم (%)		
	الرمل	السلت	الطين
	الجهة الشرقية		
0	22.4	24.0	53.6
200	21.9	21.3	56.8
400	24.0	24.5	51.5
600	26.9	26.4	46.7
800	25.8	23.6	50.6
1000	27.0	24.5	48.5
1200	24.5	25.5	50.0
1400	27.7	19.3	53.0
1600	26.2	21.5	52.4
1800	23.5	22.4	54.1
	الجهة الغربية		
0	28.1	20.3	51.7
200	27.7	24.0	48.3
400	28.7	24.5	46.7
600	25.4	19.7	54.9
800	23.6	23.5	52.9
1000	32.6	19.5	47.9
1200	29.5	21.2	49.3
1400	29.6	24.9	45.5
1600	32.3	24.9	42.8
1800	33.2	24.2	42.6

يبين الشكل (16) تغير متوسطات كمية الطين والسلت والرمل (كنسب مئوية) تبعاً للبعد عن الطريق العام دمشق_حمص. يُلاحظ من خلال هذا الشكل وجود تفاوت في توزع كميات الطين والسلت والرمل بين جانبي الطريق وكذلك تبعاً للبعد عنه. حيث يتراوح متوسط كمية الطين بين 42.6 و56.8 % على كلا الجانبين كما يبين الجدول (16) مع ارتفاع كميات الطين في الجانب الشرقي للطريق مقارنة مع الجانب الغربي. بينما بالنسبة للسلت، تراوحت قيم السلت بين 19.3 و26.4 % على كلا الجانبين. بينما تنخفض كمية الرمل في التربة في الجانب الشرقي مقارنة مع الجانب الغربي للطريق حيث تراوحت بين 21.9 و27.7 % فقط في الجاني الشرقي بينما ارتفعت في الجانب الغربي لتتراوح بين 23.6 و33.2 %. كما لُوحظ أنّ كمية الرمل في التربة تزداد كلما ابتعدنا عن الطريق العام. يمكن أن يعود هذا التباين إلى تأثير الرياح السائدة في المنطقة حيث يمكن أن تقوم بنزع ونقل حبيبات التربة الناعمة مثل الطين والسلت وترسبها في مناطق أخرى.







الشكل (16): تغير كمية الطين والسلت والرمل تبعاً للبعد عن الطريق العام دمشق– حمص

4-2-3- دراسة التوزع المكاني لمحتوى التربة من المعادن الثقيلة (الرصاص والنيكل) تبعاً للبعد عن الطريق العام:

تمّ في الاعتيان الثاني اختيار عشر عينات تربة من كل جهة لقياس تراكيز معدني الرصاص والنيكل. هذه العينات موزع بشكل يمثل كامل المساحة التي تغطيها خطوط الاعتيان الخمسة وبطريقة تسمح لنا بإجراء دراسة إحصائية للتوزع المكاني لهذين المعدنيين في المنطقة المدروسة. ومن أجل دراسة تأثير البعد عن الطريق العام في توزع تراكيز الرصاص والنيكل في التربة، قمنا بحساب متوسطات هذه التراكيز للعينات التي تبعد مسافة متماثلة عن الطريق العام وسُجلت في الجدول (12).

الجدول (12): متوسطات تراكيز الرصاص والنيكل في التربة تبعاً للبعد عن الطريق العام

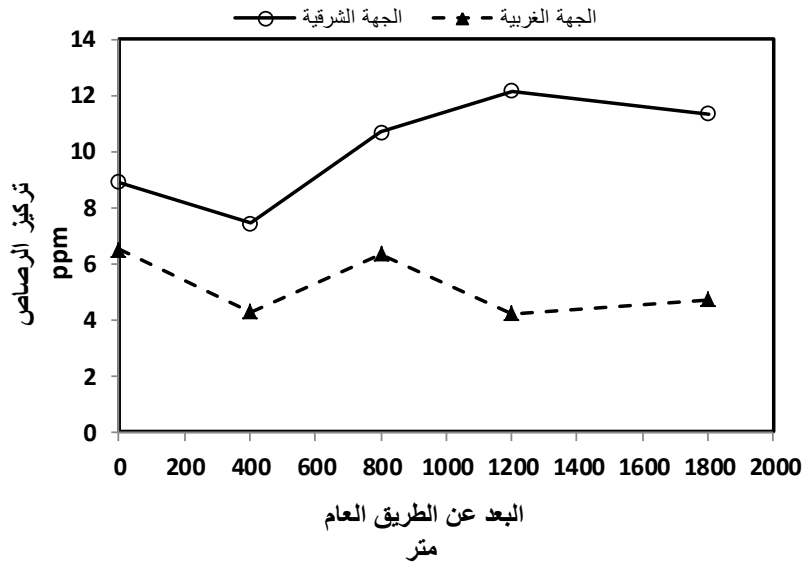
البعد عن الطريق العام (م)	متوسطات تراكيز المعادن الثقيلة في التربة (ppm)	
	الجهة الشرقية	
	Pb	Ni
0	8.91	0.77
400	7.45	0.81
800	10.67	0.94
1200	12.14	0.93
1800	11.33	0.52
البعد عن الطريق العام	الجهة الغربية	
	Pb	Ni
0	6.49	0.62
400	4.29	0.93
800	6.35	0.49
1200	4.22	0.32
1800	4.73	0.57

ثم تم تمثيل هذه القيم المذكورة في الجدول السابق (12) بيانياً تبعاً للبعد عن الطريق العام لكل من الرصاص والنيكل.

4-2-3-1- معدن الرصاص:

يمثل الشكل (17) تغير تراكيز معدن الرصاص في التربة تبعاً للبعد عن الطريق العام في كلا الجانبين. يُلاحظ أولاً أن تركيز معدن الرصاص أعلى بكثير في الجهة الشرقية بالمقارنة مع الجهة الغربية حيث بلغ 10,1 مغ/كغ كمتوسط لجميع القيم في الجانب الشرقي للطريق بينما بلغ فقط متوسط القيم 5.22 مغ/كغ في الجانب الغربي. كما لُوحظ من خلال هذا الشكل أنّ تركيز الرصاص في الجهة الشرقية يزداد مع زيادة البعد عن الطريق العام، حيث ارتفع من 8.9 إلى 12.14 مغ/كغ على بعد 1200 متر عن الطريق العام. وتوزع الرصاص في هذه الاعتيان يشبه تماماً توزعه في حالة الاعتيان الأول حيث لُوحظ زيادة تركيزه كلما زاد البعد عن الطريق العام، ولكن في حالة الاعتيان الثاني وصل الرصاص إلى تراكيز أعلى بالمقارنة مع الاعتيان الأول.

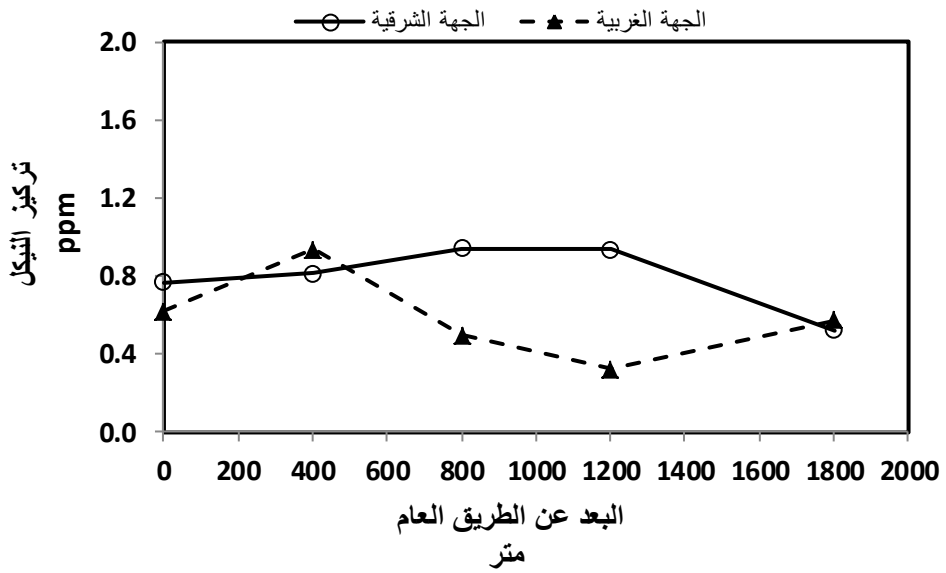
بينما في الجانب الغربي وُجد أنّ أعلى تركيز للرصاص كان عند أقرب نقطة للطريق العام حيث بلغ 6.49 مغ/كغ ثم انخفض بعد ذلك إلى 4.22 مغ/كغ ليرتفع بعد ذلك بشكل طفيف ليصل إلى4.73 مغ/كغ على بعد 1800 متر عن الطريق العام. يرجع سبب ارتفاع تركيز الرصاص مع ازدياد البعد عن الطريق العام إلى تأثير الرياح الغربية السائدة في المنطقة التي تعمل على نقل الإنبعاثات الغازية الناتجة عن عوادم السيارات بعيداً عن المصدر.



االشكل (17): توزع متوسطات تراكيز معدن الرصاص على جانبي الطريق العام وتبعاً للبعد عنه

4-2-3-2- معدن النيكل:

يوضح أيضاً الشكل (18) توزع متوسطات تراكيز معدن النيكل تبعاً للبعد عن الطريق العام وعلى كلا الجانبين. لُوحظ أولاً من خلال الشكل أن تركيز النيكل في الجهة الشرقية للطريق أعلى بالمقارنة مع الجهة الغربية منه حيث بلغ كمتوسط 0.79 مغ/كغ لجميع القيم في الجانب الشرقي بينما انخفض إلى 0.59 مغ/كغ كمتوسط في الجانب الغربي. وكما وُجد سابقاً في الاعتيان الأول يزداد تركيز النيكل في الجانب الشرقي للطريق مع زيادة البعد عنه، حيث يرتفع من 0.77 إلى 0.94 مغ/كغ لينخفض بعدها إلى 0.52 مغ/كغ. بينما في الجانب الغربي للطريق لُوحظ ارتفاع في التركيز حتى مسافة 400 متر وصل حتى 0.93 مغ/كغ ثم تلاه انخفاض واضح في نقاط الاعتيان الأخيرة.



االشكل (18): توزع متوسط تركيز معدن النيكل على جانبي الطريق العام وتبعاً للبعد عنه

4-2-4- التوزع المكاني للمعادن الثقيلة المترسبة على النباتات:

تمّ أخذ العينات النباتية من نفس مكان أخذ عينات التربة التي تمّ اختيارها لقياس تراكيز الرصاص والنيكل في التربة وعددها عشرون عينة. ومن أجل توضيح تأثير البعد عن الطريق العام في توزع الرصاص والنيكل تم

هنا أيضاً (كما في حالة عينات التربة السابقة) حساب متوسطات تراكيز هذين المعدنيين في العينات النباتية التي تبعد مسافة متماثلة عن الطريق العام وسُجلت في الجدول (13).

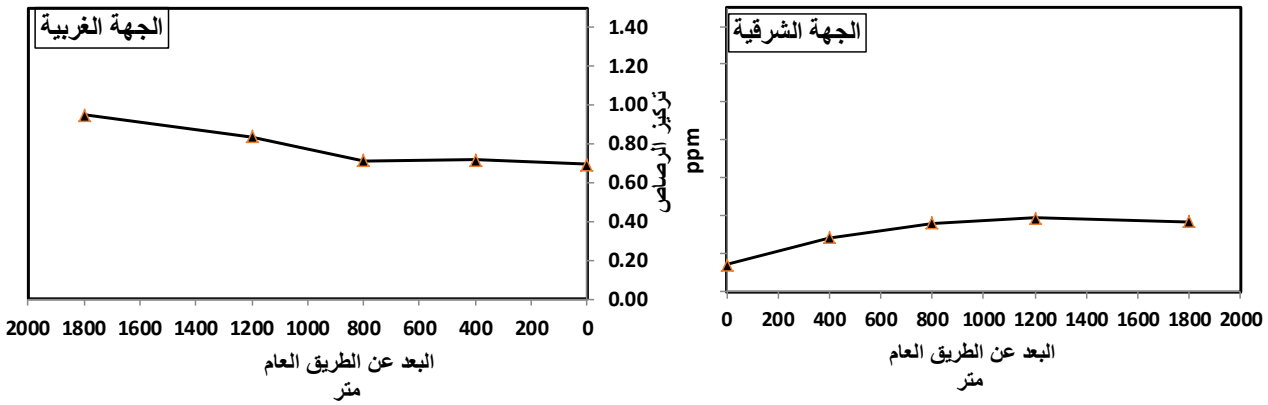
الجدول (13): متوسطات تراكيز الرصاص والنيكل المترسبين على النباتات تبعاً للبعد عن الطريق العام

البعد عن الطريق العام (م)	متوسطات تراكيز المعادن الثقيلة المترسبة على النباتات (ppm)	
	الجهة الشرقية	
	Pb	Ni
0	0.14	0.001
400	0.28	0.004
800	0.36	0.005
1200	0.39	0.004
1800	0.37	0.007
البعد عن الطريق العام	الجهة الغربية	
	Pb	Ni
0	0.69	0.001
400	0.72	0.002
800	0.71	0.004
1200	0.84	0.003
1800	0.95	0.005

وسنقوم بدراسة توزع الرصاص والنيكل على حدى.

4-2-4-1- معدن الرصاص :

يبين الشكل (19) توزع متوسطات تراكيز معدن الرصاص المترسب على النباتات تبعاً للبعد عن الطريق العام وعلى كلا الجانبين.

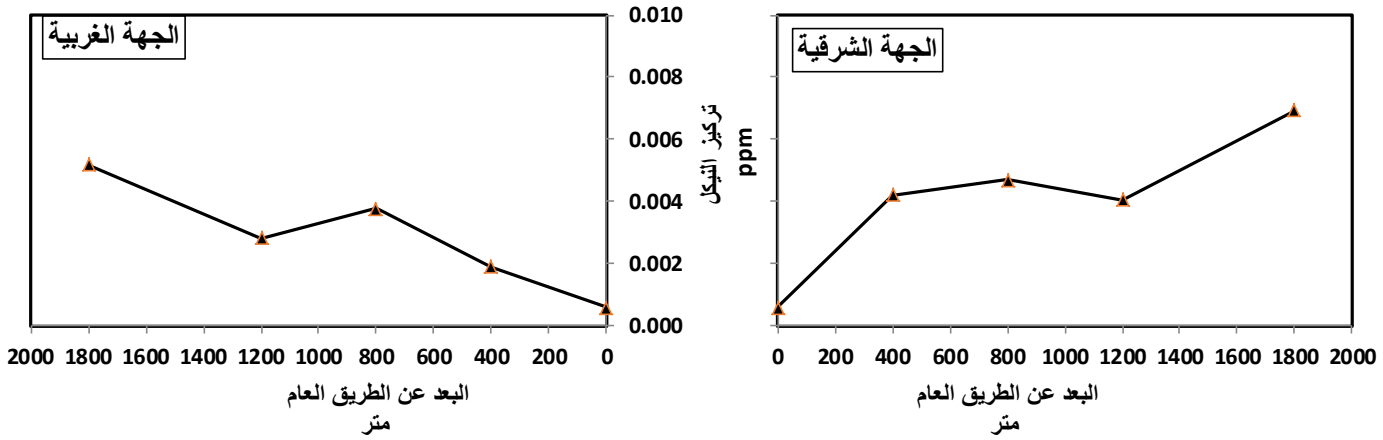


االشكل (19): توزع متوسطات تراكيز معدن الرصاص المترسب على النباتات تبعاً للبعد عن الطريق العام وعلى كلا الجانبين

على عكس ما أظهرته نتائج دراسة توزع الرصاص في التربة على كلا جانبي الطريق، لُوحظ أنّ كمية الرصاص المترسبة على النباتات في الجهة الغربية للطريق أعلى بالمقارنة مع الجهة الشرقية منه حيث بلغت 0.78 مغ/كغ كمتوسط لجميع القيم في الجانب الغربي بينما انخفضت إلى 0.31 مغ/كغ كمتوسط في الجانب الشرقي. في حين لُوحظ أنّ كمية الرصاص المترسبة على النباتات تزداد مع زيادة البعد عن المصدر في الجانب الشرقي للطريق حيث ارتفعت من 0.14 من جانب الطريق إلى 0.37 مغ/كغ على بعد 1800 متر عنه. في حين أن كمية الرصاص الموجودة على النباتات في الجانب الغربي للطريق لا تُظهر تغيراً كبيراً حتى مسافة 800 متر عن الطريق العام ثم تزداد بعد ذلك لتصل إلى 0.95 على بعد 1800 متر منه. يمكن القول أن البعد عن مصدر التلوث له دور واضح في اختلاف كمية الرصاص المترسبة على النباتات تحت تأثير وجود رياح غربية ومتقلبة تعمل على نقل الغازات المحملة بالرصاص والناتجة عن عوادم السيارات باتجاه الشرق.

4-2-4-2- معدن النيكل :

بالنسبة لمعدن النيكل، يعبّر الشكل (20) عن تغير متوسطات تراكيز معدن النيكل المترسب على النباتات على جانبي الطريق العام وتبعاً للبعد عنه. يُلاحظ من خلال هذا الشكل وجود تشابه كبير في توزع النيكل على كلا جانبي الطريق.



االشكل (20): توزع متوسطات تراكيز معدن النيكل المترسب على النباتات تبعاً للبعد عن الطريق العام وعلى كلا الجانبين

كمية النيكل المترسبة ضئيلة جداً في كلا الجانبين حيث لم تتجاوز 0.007 مغ/كغ. من ناحية أخرى، لُوحظ تركيز النيكل يزداد في كلا الجانبين مع زيادة البعد عن الطريق العام، حيث ارتفع التركيز من 0.001 من جانب الطريق إلى 0.007 مغ/كغ على بعد 1800 متر عنه. زيادة تركيز النيكل مع زيادة البعد عن الطريق العام يعود حتماً إلى تأثير الرياح الغربية السائدة كما سبق ذكره، بينما قد تعود هذه الزيادة مع البعد في الجانب الغربي إلى كون هذه الرياح متقلبة بين حين وحين خلال العام.

4-2-5- تأثير الرياح في توزع كل من الطين والسلت والرمل في المنطقة المدروسة:

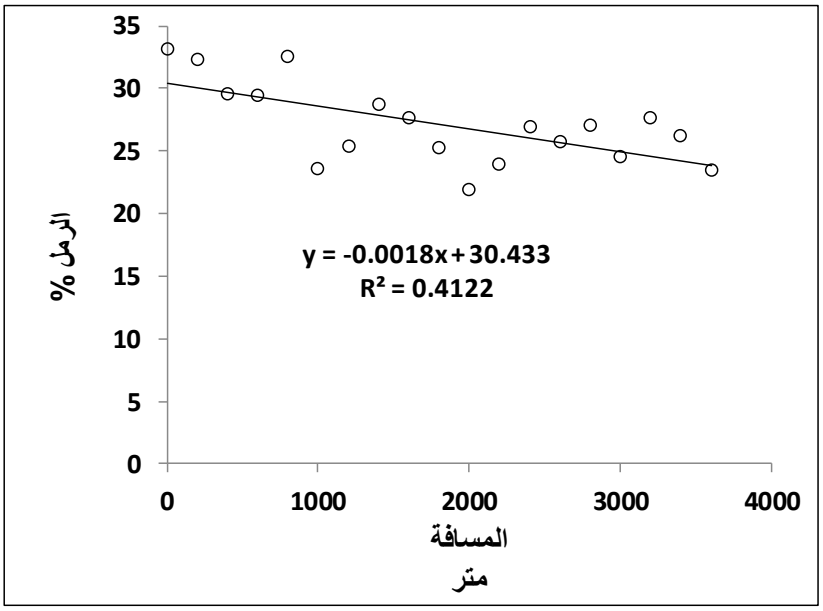
قد تعمل الرياح السائدة في المنطقة المدروسة على تعرية التربة السطحية من خلال نزع حبيبات التربة الناعمة من تجمعاتها الحبيبية ونقلها وترسيبها في أماكن أخرى. من أجل توضيح تأثير هذه الرياح تم حساب متوسط النسب المئوية لكل من الطين والسلت والرمل لكل القيم التي تقع على بعد متماثل عن الطريق العام بدءاً من نقاط الاعتيان في الجهة الغربية حتى نقاط الاعتيان في الجهة الشرقية كما يبين الجدول (14). ثم تمّ توقيع هذه القيم تبعاً للمسافة بين تقاط الاعتيان في الأشكال (21 ،22، 23) على التوالي.

يُلاحظ من خلال الشكل (21) أنّ كمية الرمل تتناقص تدريجياً وبشكل خطي باتجاه الشرق حيث يبلغ الفرق بين أكبر كمية وأقل كمية من الرمل حوالي 11.3 % بين أول وأخر نقاط اعتيان. تتناقص كمية الرمل تبعاً للمسافة وفق علاقة ارتباط خطية متوسطة القوة (r= 0.64)، معنوية التأثير عند مستوى دلالة 5% (p = 0.0126).

الجدول (14) متوسطات النسب المئوية لكل من الطين والسلت والرمل لنقاط الاعتيان الخمسة التي تقع على بعد واحد من الطريق العام

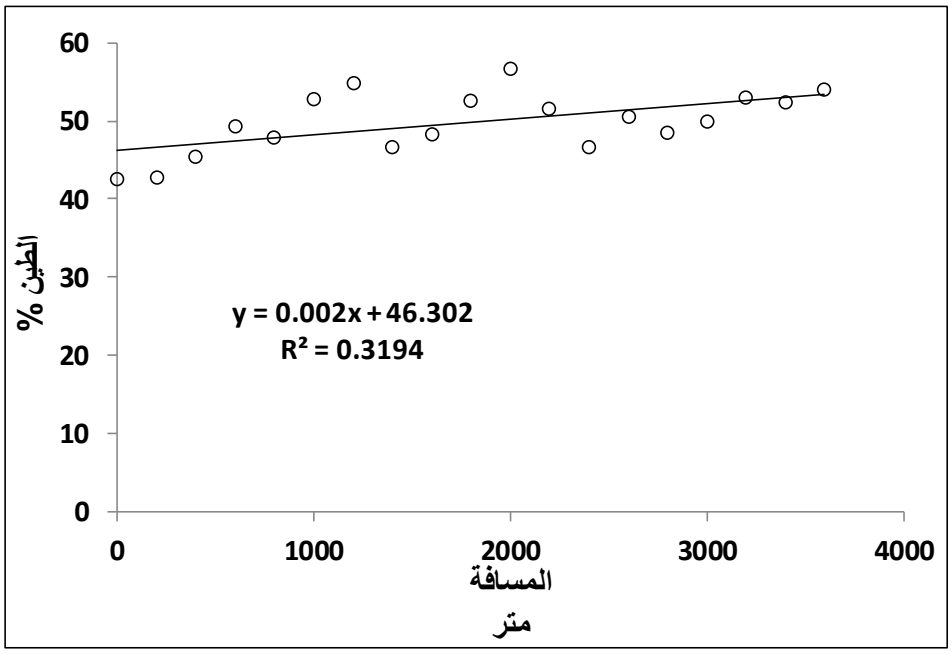
المسافة بين نقاط الاعتيان م	الرمل %	السلت %	الطين %	طين + سلت %
0	33.2	24.2	42.6	66.8
200	32.3	24.9	42.8	67.7
400	29.6	24.9	45.5	70.4
600	29.5	21.2	49.3	70.5
800	32.6	19.5	47.9	67.4
1000	23.6	23.5	52.9	76.4
1200	25.4	19.7	54.9	74.6
1400	28.7	24.5	46.7	71.3
1600	27.7	24.0	48.3	72.3
1800	25.3	22.2	52.6	74.8
2000	21.9	21.3	56.8	78.1
2200	24.0	24.5	51.5	76.0
2400	26.9	26.4	46.7	73.1
2600	25.8	23.6	50.6	74.2
2800	27.0	24.5	48.5	73.0
3000	24.5	25.5	50.0	75.5
3200	27.7	19.3	53.0	72.3
3400	26.2	21.5	52.4	73.8
3600	23.5	22.4	54.1	76.5

قد يعود سبب هذا التناقص التدريجي في كمية الرمل إلى تأثير الرياح الغربية السائدة التي تعمل على نقل حبيبات التربة الناعمة (الطين والسلت) من الطبقة السطحية مما يؤدي إلى تناقص كمية الرمل وترسب تدريجي للطين والسلت على امتداد مسار الرياح. حيث تتراوح سرعة الرياح السائدة بين 20 و30 كم/ساعة (وقد تتجاوز في بعض الأحيان 40 كم/ساعة) خلال فترة الصيف حيث تكون التربة جافة ومفككة. وتفوق هذه السرعة العتبة الحدية (20 كم/ساعة) القادرة على نزع حبيبات التربة التي تقل أبعادها عن 0.01 مم من تجمعاتها الحبيبية وحملها ثم ترسيبها في أماكن اخرى تقع على مسار اتجاه هبوب الرياح (Zachar, 1982).

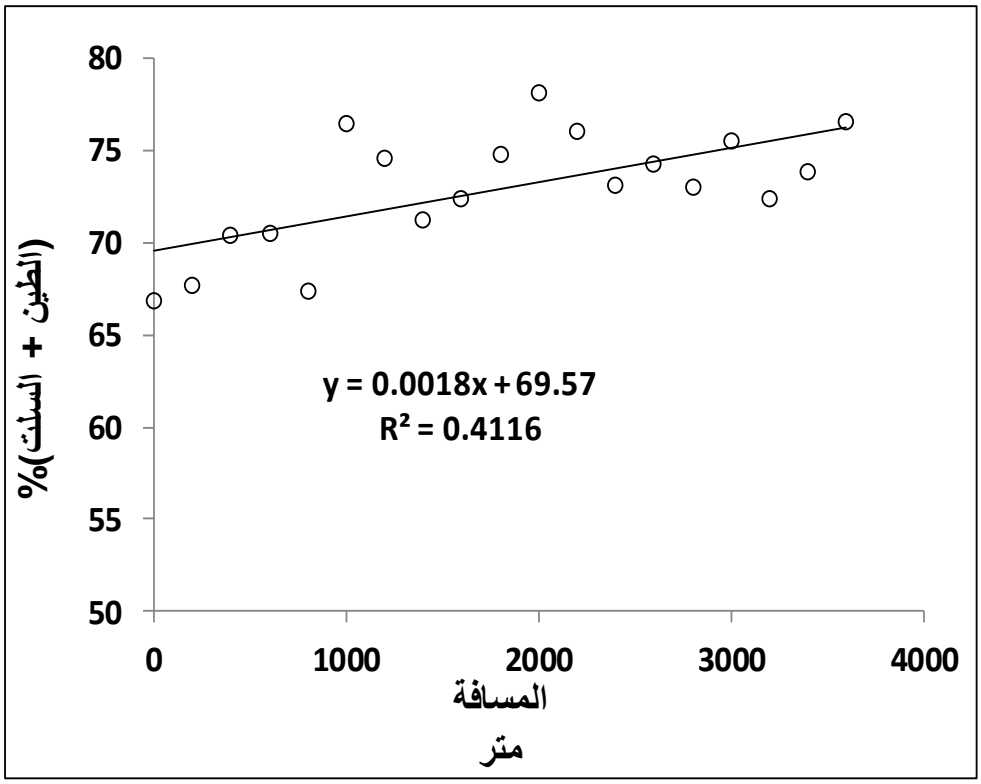


الشكل (21): انخفاض النسبة المئوية للرمل تبعًا للمسافة بين أول وآخر نقاط الاعتيان

ومما يؤكد ذلك هو ازدياد كمية الطين على امتداد مسار هبوب الرياح كما يبين الشكل (22)، حيث يُلاحظ ازدياد كمية الطين مع ازدياد المسافة بين نقاط الاعتيان باتجاه الشرق وفق علاقة ارتباط إيجابية أيضاً متوسطة القوة (r= 0.57) ومعنوية التأثير عند مستوى دلالة 5% (p = 0.0437). ويبلغ الفرق بين أكبر كمية وأقل كمية من الطين بين أول وأخر نقاط الاعتيان 14.2%. وتزداد هذه العلاقة وضوحاً وتصبح أكثر قوة (r =64) ومعنوية (p =0.0127) عند جمع كمية الطين والسلت معاً وتوقيع المجموع تبعاً للمسافة كما يوضح الشكل (23). حيث يزداد مجموع كمية الطين والسلت تدريجياً انطلاقاً من نقاط الاعتيان الأولى وصولاً إلى آخر نقاط الاعتيان الاخيرة في الجهة الشرقية.



الشكل (22): ازدياد النسبة المئوية لطين تبعاً للمسافة بين أول وآخر نقاط الاعتيان

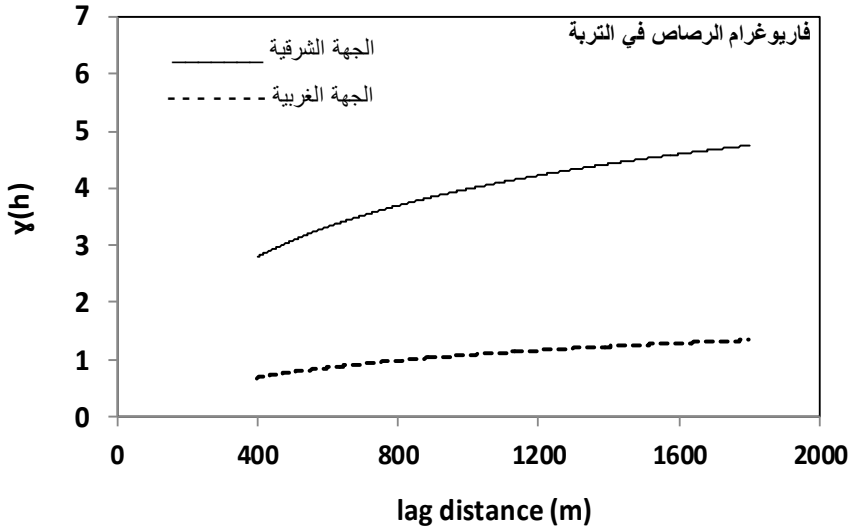


الشكل (23): ازدياد مجموع النسبة المئوية للسلت والطين تبعاً للمسافة بين أول وآخر نقاط الاعتيان

4-2-6- دراسة التوزع المكاني للمعادن الثقيلة احصائياً:

4-2-6-1- معدن الرصاص في التربة:

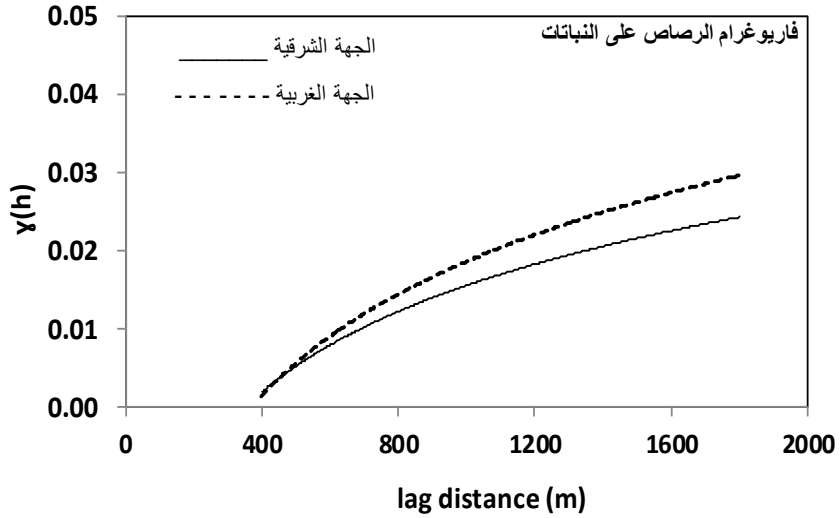
يبين الشكل (24) الفاريوغرام التجريبي الخاص بتوزع معدن الرصاص في تربة المنطقة المدروسة على كلا جانبي الطريق (الجهة الشرقية والغربية). يُلاحظ من خلال هذا الشكل وجود تباين واضح في توزع الرصاص في التربة تبعاً للبعد عن الطريق العام على كلا الجانبين، حيث تشير قيم γ(h) (التي تعبّر عن التباين في تراكيز الرصاص تبعاً للبعد عن الطريق العام). ولكن لُوحظ أنّ هذا التباين أكبر في الجهة الشرقية للطريق بالمقارنة مع الجهة الغربية منه. كما لُوحظ أنّ هذا التباين يزداد بشكل واضح كلما زاد البعد عن الطريق العام (أي كلما زادت المسافة lag distance). يعود هذا التباين إلى اختلاف تركيز معدن الرصاص في التربة تبعاً للمسافة عن الطريق العام.



الشكل (24): الفاريوغرام التجريبي لتوزع الرصاص في التربة على كلا جانبي الطريق (الجهة الشرقية)

4-2-6-2- معدن الرصاص على النباتات:

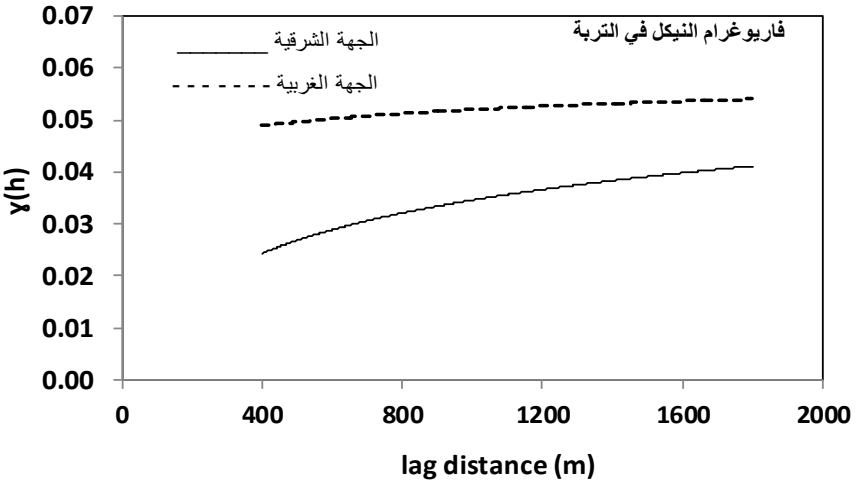
يؤكد الفاريوغرام التجريبي لتوزع معدن الرصاص المترسب على النباتات (الشكل 25) أنّ كمية الرصاص المترسبة على النباتات في الجهة الغربية للطريق أعلى بالمقارنة مع الجهة الشرقية، حيث يُلاحظ أنّ مقدار التباين γ(h) في تراكيز الرصاص كان أعلى في الجهة الغربية للطريق بالمقارنة مع الجهة الشرقية. كما وُجد أنّ هذا التباين قد بدء بالظهور على مسافة 400 متر عن الطريق العام واستمر بالإرتفاع على كلا جانبي الطريق، ولكن γ(h) في الجهة الغربية يتغير بمقدار أعلى تبعاً للمسافة بالمقارنة مع الجهة الشرقية.



الشكل (25): الفاريوغرام التجريبي لتوزع الرصاص على النباتات على كلا جانبي الطريق (الجهة الشرقية والغربية)

4-2-6-3- معدن النيكل في التربة:

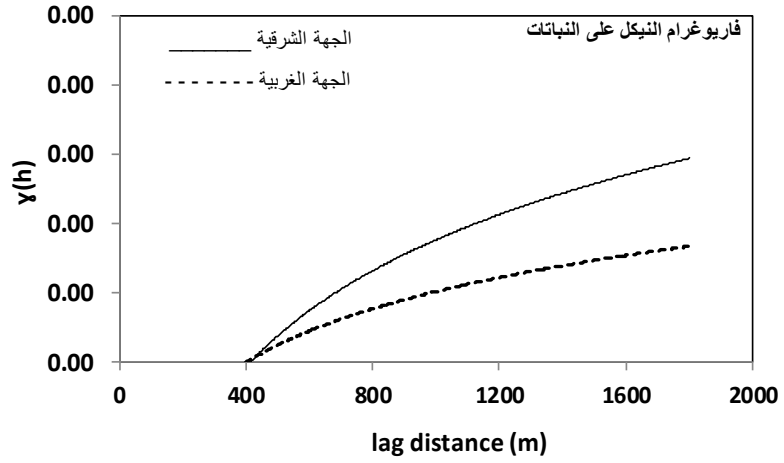
يمثل الشكل (26) الفاريوغرام التجريبي الخاص بتوزع معدن النيكل في تربة المنطقة المدروسة على كلا جانبي الطريق. يُلاحظ من خلال هذا الشكل أيضاً وجود تباين في توزع معدن النيكل في التربة في كلا الجانبين من الطريق العام. أنّ مقدار هذا التباين γ(h) هو أكبر في الجهة الغربية ما هو عليه في الجهة الآخرى. ولكن يزداد التباين في تراكيز النيكل مع زيادة المسافة في الجهة الشرقية للطريق بمقدار أكبر بالمقارنة مع الجهة الغربية. إنّ وجود هذا التباين يشير إلى ازدياد كمية النيكل في التربة كلما زاد البعد عن الطريق العام.



الشكل (26): الفاريوغرام التجريبي لتوزع النيكل في التربة على كلا جانبي الطريق (الجهة الشرقية والغربية)

4-2-6-4- معدن النيكل على النباتات:

يشير الشكل (27) الذي يعبّر عن الفاريوغرام التجريبي الخاص بتوزع معدن النيكل المترسب على النبتات على كلا جانبي الطريق وتبعاً للبعد عن الطريق العام أنّ مقدار هذا التباين γ(h) هو أكبر في الجهة الشرقية ما هو عليه في الجهة الآخرى. ولكن يزداد التباين في تراكيز النيكل مع زيادة المسافة في الجهة الشرقية للطريق بمقدار أكبر مما هو عليه في الجهة الغربية مما يشير ذلك إلى ازدياد كمية النيكل المترسبة على النباتات مع زيادة البعد عن الطريق العام.



الشكل (27): الفاريوغرام التجريبي لتوزع النيكل على النباتات على كلا جانبي الطريق (الجهة الشرقية والغربية)

4-2-7- دراسة العلاقات بين خصائص التربة المدروسة:

أظهرت دراسة علاقات الارتباط بين خصائص التربة وجود علاقات ارتباط مختلفة كما يبين الجدول (15) الذي يشير إلى مصفوفة معاملات الارتباط لكل اثنين من المتغيرات.

الجدول (15) مصفوفة معاملات الارتباط بين خصائص التربة الفيزيائية والكيميائية

	الرمل %	السلت %	الطين %	Ec	pH	OM	pb	Ni	الطين/المادة العضوية	الطين/السلت +الرمل	سلت + طين
الرمل %	1										
السلت %	0.10	1									
الطين %	-0.65	-0.81	1								
Ec	0.24	0.15	-0.24	1							
pH	0.24	-0.36	0.14	-0.38	1						
OM	0.49	-0.13	-0.18	-0.03	0.01	1					
pb	**-0.65**	-0.28	**0.54**	-0.24	-0.26	**-0.45**	1				
Ni	**-0.47**	-0.39	**0.55**	-0.44	0.14	**-0.36**	0.51	1			
الطين/المادة العضوية	-0.62	-0.33	0.62	-0.03	0.01	-0.85	**0.57**	**0.50**	1		
الطين/السلت +الرمل	-0.56	-0.87	0.98	-0.20	0.19	-0.15	**0.52**	**0.53**	0.59	1	
سلت + طين	-0.98	-0.10	0.66	-0.22	-0.22	-0.48	**0.56**	**0.44**	0.63	0.57	1

من خلال الجدول السابق يمكن تمييز عدة علاقات محتملة بين المعادن الثقيلة (مثل الرصاص والنيكل) مع بعض خصائص التربة مثل محتوى التربة من الطين، الرمل، الطين والرمل معاً، المادة العضوية، النسبة الطين/المادة العضوية أو النسبة الطين / السلت + الرمل. بينت نتائج التحليل الإحصائي وجود علاقة ارتباط متوسطة القوة ومعنوية بين كل من كمية الرصاص وكمية الطين ($r=0.54, p=0.01$) وكذلك بين كمية الرصاص وكمية الطين والسلت ($r=0.56, p=0.0102$) وكذلك بين كمية الرصاص والنسبة (الطين/المادة العضوية) ($r=0.57, p=0.008$). بينما لُوحظ وجود علاقات ارتباط ضعيفة وغير معنوية بين كمية النيكل وكمية الطين والسلت ($r=0.44, p=0.054$)، في حين وُجد علاقة ارتباط إيجابية متوسطة القوة بين كمية النيكل والنسبة (الطين/السلت + الرمل) ($r=0.53, p=0.0162$).

يمكن القول أنّ وجود علاقات ارتباط بين كمية المعادن الثقيلة مثل الرصاص والنيكل في التربة وبعض خصائص التربة يمكن أن يؤثر إلى حدٍ ما في توزع هذه المعادن وإنتشارها وتراكمها في التربة وخاصة في الطبقة السطحية منها.

الفصل الخامس

الاستنتاجات والتوصيات

الاستنتاجات والتوصيات:

تمت هذه الدراسة من أجل تقييم حالة التلوث ببعض المعادن الثقيلة (الرصاص، النيكل، الكادميوم، الكوبالت) في مدخل محافظة حمص الجنوبي ودراسة توزع وانتشار هذه المعادن على جانبي الطريق العام دمشق – حمص. من خلال هذه الدراسة تمّ الوصول إلى جملة الاستنتاجات التالية:

1- وجود تراكيز مختلفة من المعادن الثقيلة في التربة وبشكل خاص معدني الرصاص والنيكل، وكانت هذه التراكيز ضمن الحدود المسموح بها. توزعت كميات هذه المعادن بشكل مختلف بين جانبي الطريق، حيث لوحظ زيادة واضحة في تراكيز بعض المعادن مثل الرصاص والنيكل في الجهة الشرقية بالمقارنة مع الجهة الغربية للطريق العام. حيث بلغ كمتوسط 10.1مغ/كغ في الجانب الشرقي بينما انخفض إلى 5.22مغ/كغ في الجانب الغربي وذلك نتيجة الاعتيان الثاني في صيف 2023. كما وُجد أنّ تركيز الرصاص في الجهة الشرقية يزداد مع زيادة البعد عن الطريق العام، حيث تراوح من 8.9 إلى 12.14 مغ/كغ. بينما في الجانب الغربي يُلاحظ أنّ أعلى تركيز للرصاص كان عند أقرب نقطة للطريق العام ثم إنخفض بعد ذلك مع زيادة البعد عن الطريق العام. وكذلك الأمر بالنسبة لمعدن النيكل حيث يزداد تركيز النيكل في الجانب الشرقي للطريق مع زيادة البعد عنه وهو بذلك يشبه توزع معدن الرصاص. حيث يرتفع متوسط تركيز النيكل من 0,77 إلى 1.15 مغ/كغ. بينما لم يُلاحظ اختلاف كبير في تركيز النيكل في الجانب الغربي للطريق.

2- كما وُجد أنّ كمية الرصاص المترسبة على النباتات في الجهة الغربية للطريق أعلى بالمقارنة مع الجهة الشرقية منه حيث بلغت 0.78مغ/كغ كمتوسط لجميع القيم في الجانب الغربي بينما إنخفضت إلى 0.31 مغ/كغ كمتوسط في الجانب الشرقي. في حين كانت كمية النيكل المترسبة ضئيلة جداً في كلا الجانبين حيث لم تتجاوز 0.007 مغ/كغ. كما لُوحظ أنّ كميتي الرصاص وكذلك النيكل المترسبتين على النباتات تزداد مع زيادة البعد عن الطريق العام.

3- يمكن الاستنتاج أنّ البعد عن مصدر التلوث له دور واضح قي اختلاف كميتي الرصاص والنيكل المترسبة على النباتات تحت تأثير الرياح الغربية والمتقلبة التي تعمل على نقل الانبعاثات الغازية الناتجة عن عوادم وسائط النقل والمحملة بالمعادن الثقيلة باتجاه الجهة الشرقية للطريق العام دمشق_حمص. والتباين في انتشار المعادن الثقيلة في الطبقة السطحية للتربة يرجع إلى إنخفاض سرعة الرياح ما يقود إلى ترسب المعادن الثقيلة تدريجياً.

4- كما بينت النتائج وجود إرتباط بين توزع الرصاص والنيكل في التربة وبعض خصائصها الفيزيائية وبشكل خاص كمية الطين والسلت والنسبة بين كمية الطين وكمية المادة العضوية. قد يؤدي هذه الإرتباط إختلاف في كميات الرصاص والنيكل في الطبقة السطحية للتربة.

5- إضافةً إلى ذلك، بينت نتائج دراسة التحليل الميكانيكي للتربة على امتداد 3600 متر بين أول وأخر نقطة اعتيان أنَّ الطبقة السطحية للتربة تتعرض لتعرية ريحية، حيث لُوحظ ازدياد كمية الطين والسلت بإتجاه الشرق. قد يكون هذا مؤشراً على وجود تعرية ريحية ناتجة عن تأثير الرياح الغربية المسيطرة التي تقوم بنزع حبيبات التربة الناعمة وحملها وترسيبها بإتجاه الشرق.

ومن أهم التوصيات التي يمكن ذكرها في هذه الدراسة:

1- الاهتمام بدراسة تعرض التربة في هذه المنطقة للتعرية الريحية ووجوب التعمق في هذا الإتجاه من الأبحاث.

2- الحد من تلوث الجو بالانبعاثات الغازية المحملة بالمعادن الثقيلة وذلك من خلال العمل على استبدال وقود السيارات العاملة على البنزين الذي يحتوي على الرصاص بوقود خالي نسبياً من الرصاص.

الفصل السادس

المراجع

المراجع العربية

- **الصفار، نبراس محمد عبد الرسول. (2016).** دراسة التلوث البيئي ببعض العناصر الثقيلة لتربة محطة كهرباء ديزلات الجادرية – جامعة بغداد. المجلة العراقية لبحوث السوق وحماية المستهلك. مجلد 8. عدد 1. ص 130-137.
- **المرياني، عباس محيسن. (2016).** جغرافيا البيئة والتلوث. ص 85-89.
- **أكساد،** المركز العربي لدراسات المناطق الجافة والأراضي القاحلة، 2007.
- **جابر، ازهار (2011).** تلوث الهواء والماء أنواعه ومصادره وآثاره. مجلة جامعة بابل (العلوم الانسانية). المجلد 19 العدد 2. ص 1-12.
- **صبيح، سوسن حمدان. (2016).** الاختناقات المرورية وأثرها على ارتفاع معدلات التلوث في مدينة بغداد. مجلة المستنصرية للدراسات العربية والدولية, 13 (54)، 1-27.
- **دندش، نزار. (2005).** كتاب البيئة، دار الخيال للطباعة والنشر، الطبعة الأولى. بيروت.
- **غنيمي، أنيسة. (2002).** تحديد بعض المعادن الثقيلة في التربة بطريقة مطيافية الإمتصاص الذري SAA لولاية ورقلة وحاسي مسعود (Doctoral dissertation, جامعة قاصدي مرباح–ورقلة).
- **محمود، طارق أحمد. (1988).** علوم تكنولوجيا البيئة. جامعة الموصل. ص 1=372.
- المواصفة القياسية السورية م.ق.س: 2752\2003: هيئة المواصفات والمقاييس العربية السورية- وزارة الصناعة.
- **ديكس. (1988).** التلوث البيئي، ترجمة د. كوركيس عبدال ، جامعة البصرة، ص14.
- **كيميت. (1994).** بايولوجيا التلوث، ترجمة د. كامل مهدي التميمي.
- **المنظمة العالمية للأرصاد الجوية،** (https://www.meteoblue.com)

المراجع الاجنبية

- **Adriano, D.C. (1986).** Trace elements in the terrestrial environment. SpringerVerlag. Berlin, Heidelberg, New York. 536.
- **Adriano, D.C. (2003).** Trace Elements in Terrestrial Environments: Biogeochemistry, Bioavailability and Risks of Metals, 2nd ed.; Springer: New York, NY, USA.
- **Ahmad, M.S.A. and Ashraf, M. (2011).** Essential roles and hazardous effects of nickel in plants. In Reviews of Environmental Contamination and Toxicology. Cham, Switzerland, 125–167.
- **Albasel, N. and Cottenie, A. (1985).** Heavy metal contamination near major highways, industrial and urban areas in Belgian grassland. Water Air and Soil Pollution, 24, 103–109.
- **Ali, M.B.; Vajpayee, P.; Tripathi, R.D.; Rai, U.N.; Singh, S.N. and Singh, S.P. (2003).** Phytoremediation of lead, nickel, and copper by Salix acmophylla Boiss.: Role of antioxidant enzymes and antioxidant substances. Bull. Environ. Contam. Toxicol., 70, 462–469.
- **Alloway, B.J. (1990).** Heavy Metals in Soils. John Wiley and Sons, 3-6.
- **Alloway, B.J. (1995).** Heavy metals in soils. New York: Blackie Academic & Professional , 368.
- **Alloway, B.J. and Morgan, H. (1986).** In Contaminated Soils -Assink, J. W. and van den Brink, W. J. (Eds), 101. Martinus Nijhoff, Dordrecht.
- **ATSDR, (2004).** Toxicological profile for cobalt. US Departament of Health and Human Services Agency for Toxic Substances and Diseases Registry, 1-397.
- **Badawy, E.H.M. (1992).** Studies on some heavy metals in soils of Egypt and Plant grown thereon. Ph. D. Thesis, Fac. Of Agric., Cairo Univ., Egypt. 46-76.
- **Baksh, K.A.; Augustine, J.; Sljoka, A.; Prosser, R.S. and Zamble DB. (2023).** Mechanistic insights into the nickel-dependent allosteric response of the Helicobacter pylori NikR transcription factor. Journal of Biological Chemistry, 299.
- **Baldwin, D.R. and Marshall, W.J. (1999).** Heavy metal poisoning and its laboratory investigation. Annals of Clinical Biochemistry, 36, 267–300.
- **Baselt, R.C. and Cravey, R.H. (1995).** Disposition of Toxic Drugs and Chemicals in Man. 4th Edn. Chicago, IL: Year Book Medical Publishers, 105–107.
- **Basta, N.T.; Ryan, J.A. and Chaney, R.L. (2005).** Trace element chemistry in residualtreated soil: Key concepts and metal bioavailability. Journal of Environmental Quality, 34, 49-63.
- **Bes, C.M.; Mench, M.; Aulen, M.; Gaste, H. and Taberly, J. (2010).** Spatial variation of plant communities and shoot Cu concentrations of plant species at a timber treatment site. Plant and Soil., 330, 267-280.
- **Bjuhr, J. (2007).** Trace Metals in Soils Irrigated with Waste Water in a Periurban Area Downstream Hanoi City, Vietnam, Seminar Paper, Institutionenf¨ormarkvetenskap, Sverigeslantbruksuniversitet (SLU), Uppsala, Sweden.
- **Campbell, P.G.C. (2006).** "CadmiumChemistry,3, 87–388, priority pollutant," Environmental.

- **Chatterjee, J.; Chatterjee, C. (2000).** Phytotoxicity of cobalt, chromium and copper in cauliflower. Environ. Pollut, 109, 69–74.
- **Chen, T.B.; Zheng, Y.M.; Chen, H. and Zheng, G.D. (2004).** Background concentrations of soil heavy metals in Beijing. Chinese Journal of Environmental Science, 25, 117–122.
- **Chibuike, G.U. and Obiora, S.C. (2014).** Heavy metal polluted soils: effect on plants and bioremediation methods. Applied and environmental soil science, 752708.
- **Conyer, M. K. and Davey, B.G. (1988).** Observations on some routin methods for soil pH determination. Soil Science, 145, 29-36.
- **Dagnelie, P. (1975).** Théorie et méthodes statistiques (Book). Vol 2. Chapter 13.
- **Devolder, P.S.; Brown, S.L.; Hesterberg, K. and Pandya, D. (2003).** Metal bioavailability and speciation in a Wetland tailings repositoty amended with biosolidS compost, wood ash, and sulfate. Journal of Environmental Quality, 32, 851-864.
- **Ejaz, I.; eyang, X.; lihe, Z. and Qaiser, M. (2007).** Assessing potential dietary toxicity of heavy metals in the selected vegrtables and food crops. J. Zhejiang January, 8, 1-13.
- **Environmental Investments. (1996).** The Cost of a Clean Environment. US Environmental Protection Agency (EPA). (ed. EPA-230-11-90-083) 5 (US Government Printing Office, Washington, DC.
- **Eriksson, J.E. (1989)**. The influence of pH, soil type and time on adsorptionand uptake of cadmium. In: Water, air, soil pollut., 48, 317.
- **FAO. (2007).** Methods of analysis for soil of arid and semi-arid regions. Food and Agriculture Organization, Rome, Italy.
- **Fernandes, G.L. and Oalla, Y.H. (2000).** Toxicity and Bioaccumulation of Lead and Cadmium in Marine Protozoan Communities Ecotoxicology and Environmental Safety, 47, 266- 276.
- **Gál, J.; Hursthouse. A.; Tatner, P.; Stewart, F. and Welton, R. (2008).** Cobalt and secondary poisoning in the terrestrial food chain: data review and research gaps to support risk assessment. Environ Int, 34, 821–838.
- **Gupta, P. K. (2000).** Soil plant water and fertilizer Analysis. Agrobios pub. Bikaner. India.
- **Gwrtac. (1997).** Remediation of metals- contaminated soils and groundwater, Tech.R EP. Te-97-01, Gwrtac, Pittsburgh Pa, USA, GWRTAC-E Series.
- **Han, F.X. and A, Banin. (1995).** Selective Sequential Dissolution Techiques for Trace Metals in Arid_Zone soil: The carbonate Dissolution Step. Incommon.J.Soil SCi., 26, 553-576.
- **Hanackova, E. (1998).** Influence of fertilizing on heavy metals accumulation in winter wheat. Act Horticulturae et Regiotecturae, 1, 5-7.
- **Harrison. R.M. and Laxen, D.P.M. (1984).** Lead in soil. In: Lead pollution: Causes And Control. Champlan and Hall, 55-59.
- **Honour, S.L.; Bell, J.; Nigel B.; Ashenden, T. A.; CAPE, J.N.; and Power, S.A. (2009).** Responses of herbaceous plants to urban air pollution: Effects on growth, phenology and leaf surface characteristics. Environmental Pollution, 157,1279-1286.

- **Hurst, C.J.; Kundsen, G.R.; Melnenny, M.J.; Setlzenbach, L.D. and Walter, M.V. (1997).** Manual of environ microbiology, American society for Microbiology – Washing ton.D.C., 475-476.
- **Jones, J.B. (2001).** Laboratory guide for conducting soil tests and plant analysis. CRC, Boca Raton London New York Washington, D.C.
- **Jönsson, M. (2020).** How different fractions of soluble ß-glucans from oats affect staling of high oat flour containing breads.
- **Kabata A. and Pendias H. (2001).** Trace elements in soils and plants. 3rdedition.CRC Press, Bocaaton, Florida, 413.
- **Kartal, S.; Elci, L. and Kilicel, F. (1993).** Investigation of soil pollution levels of zinc , Copper, lead, nickel, cadmium and manganese at around of cinkur Plant in Kayseri . Fresenius Environ, 2, 614-619.
- **Kavamura, V.N. and Esposito, E. (2010).** Biotechnological strategies applied to the decontam ination of soils polluted with heavy metals. Biotechnol, 28, 61–69.
- **Khan, M.A.R.; Tillman R.W. and Syers, J.K. (1999).** The effects of anion sorption on sorption and leachihg of cadmium. Australian J. Soil Rese., 37, 445-464.
- **Khan, S.; Cao, Q.; Zheng, Y.M.; Huang, Y.Z.; and Zhu, Y.G. (2008).** Health risks of heavy Metals in contaminated soils and food crops irrigated with wastewater in Beijing,China. Environmental pollution, 152, 686-692.
- **Kirpichtchikova, T.A.; Manceau, A.; Spadini, L.; Panfili, F.; Marcus, M.A. and Jacquet, T. (2006).** Speciation and solubility of heavy metals in contaminated soil using X-ray microfluorescence, EXAFS spectroscopy, chemical extraction, and thermodynamic modeling. Geochim Cosmochim, 70, 2163–2190.
- **Kosiorek, M. and Wyszkowski, W. (2016).** Effect of neutralising substances on selected properties of soil contaminated with cobalt. J. Ecol. Eng., 17, 193–197
- **Ma, Y. and Hooda P.S. (2010).** Chromium, nickel and cobalt. Trace elements in soils, 13, 461-479.
- **Madrid, L.; Diaz-Barrientos, E. and Madrid, F. (2002).** Distribution of heavy metal contents of urban soils in parks of Seville. Chemosphere, 49, 1301–1308.
- **MAFF, E. (1993).** London Reoort of the steering group on chemical aspects of food surveillance.
- **Manahan, S.E. (2003).** Toxicological Chemistry and Biochemistry, CRC Press, Limited Liability Company (LLC), 3rd edition.
- **Marx E.S.; Hart, J.M. and Stevens, R.G. (1999).** Soil Test Interpretation Guide, EC 1478, Oregon State University, USA.
- **Masindi, V. and Muedi, K.L. (2018).** Environmental contamination by heavy metals. In Heavy Metals; IntechOpen: London, UK.

- **Meng, M.R.; Cao, S.J.; Kumar, P.; Tang, X. and Feng, Z. (2021).** Spatial distribution characteristics of $PM_{2.5}$ concentration around residential buildings in urban traffic-intensive areas: From the perspectives of health and safety. Safety Science, 141, 105318.
- **Mizuno, N. (1967).** Chemical characteristics of serpentine soil in Hokkido. I. The difference of contents of nickel and molybdenum in plants and soils. Hokkaido-ritsu Nagyo Shikensho Shuho, 15, 48-55.
- **Morel, J.L. (1997).** Bioavailability of trace elements to terrestrial plants.In: Tarradellas, J.; Bitton, G. and Rossel, D. (eds.). Soil ecotoxicology.CRS Press, 141-176.
- **Mullar, D.J. and Ganje, T.J. (1980).** Cadmium accumulations and bioavailability in soils from long-term phosphorus fertilization. J. Environ. Qual, 9, 408-412.
- **Nali, C.; Crocicchi, L.A. and Lorenzini, G. (2004).** Plants as indicators of urban air pollution (ozone and trace elements) in Pisa, Italy. The Royal society of chemistry, 6, 636-645.
- **Nieminen, T.M.; Ukonmaanaho, L.; Rausch, N. and Shotyk W. (2007).** Biogeochemistry of nickel and its release into the environment, Met. Ions Life Sci., 2, 1-30.
- **Odat, S. and Alshammari A.M. (2011).** Spacial Distribution of Soil Pollution along the Main Highways in Hail City, Saudi Arabia. Jordan Journal of Civil Engineering, 5, 168-163.
- **Okunola, O.J.; Uzairu, A.; Gimba, C.E. and Kagbu, J.A. (2011).** Geochemical Partitioning of Heavy Metals in Roadside Surface Soils of Different Grain Size Along Major Roads in Kano.
- **Pfeiffer, E.M.; Freytag, J. and Scharpenseel, H.W. (1991).** Investigation of heavy metal and arsenic pollution of soils and plants in the urban area of Manila, Philippines. Mitteilungen der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft, 66, 1169-1172.
- **Phipps, T.; Tank, S.L.; Wirtz, J.; Brewer, L.; Coyner, A.; Ortego, L. S. and Fairbrother, A. (2003).** Essentiality of nickel and homeostatic mechanisms for its regulation interrestrial organisms. Environmental Reviews, 10, 209-261.
- **Raskin, I. and Ensley, B.D. (2000).** Phytoremediation of Toxic Metals: Using Plants to Clean Up the Environment, JohnWiley& Sons, New York, NY, USA
- **Raven, P.H.; Berg, L.R. and Johnson, G.B. (1998).** Environment, Saunders College Publishing, New York, NY, USA, 2nd edition
- **Reed, S.C.; Crites, R.W. and Middlebrooks, E.J. (1995).** Natural Systems for Waste Management and Treatment, McGraw-Hill, New York, NY, USA, 2nd edition
- **Rhoades, J. D. (1996).** Salinity: Electrical conductivity and total dissolved solids. Methods of Soil Analysis: Part 3 Chemical Methods, 5, 417-435.
- **Ronan, E. (2007).** Micro-elements in agriculture. Pract Hydropon Greenhous, 39-48.
- **Rosen, C.J. (2002).** Lead in the home garden and urban soil environment, Communication and Educational Technology Services, University of Minnesota Extension.
- **Seregin, I.V.; Kozhevnikova, A.D.; Kazyumina, E.M. and Ivanov, V.B. (2003).** Nickel toxicity and distribution in maize roots. Russ. J. Plant Physiol., 50, 711–717.

- **Shafeeq, A.; Butt, Z.A. and Muhammad, S. (2012).** Response of nickel pollution on physiological and biochemical attributes of wheat (Triticum aestivum L.) var. Bhakar-02. Pak. J. Bot., 44, 111–116.
- **Shebiny, G.M.; Mashaly, E.A. and El-Garawany, M.M. (1997).** Kinetics of cadmium sorption in soils. Egypt. J. Appl. Sci., 12, 288-303.
- **Shutzendubel, A. and Polle, A. (2002).** Plant Responses to A biotic Stresses; heavy metal – induced Oxidative stress and protection by mycorrhization. J.Exp.Bot., 53, 1351-1365.
- **Sillanpaa, M. and Jansson, H. (1992).** Status of cadmium, lead, cobalt and selenium in soils and plants of thirty countries. FAO soils bulletin (65). Rome, Italy.
- **Smith, L.A.; Means, J.L.; Chen, A.; Allwman, B.; Chapman, C.C.; Tixier, J.S.; Brauning, S.E.; Gavaskar, A.R. and Royer, M.D. (1995).** Remedial Options for Metals-Contaminated Sites, Lewis Publishers, Boca Raton, FL.
- **Sterckeman. T.J.; Carignan, I.S. and Baize, C.C. (2009).** Availability of soil cadmium using stable and radioactive isotope dilution. Geoderma, 153, 372–378.
- **Tyurin, I.V. (1965).** Soil organic matter and its role in soil fertility., Moscow: Nauka.
- **Ukaogo, P.O.; Ewuzie, U. and Onwuka, C.V. (2020)**. Environmental pollution: causes, effects, and the remedies. Microorganisms for sustainable environment and health, 419-429.
- **USDA. (1993).** "Soil Survey Manual: Chapter 3." Natural Resources Conservation Service. Accessed April 25, 2020.
- **van den Brink S.; Kleijn R.; Sprecher, B. and Tukker, A. (2020)**. Identifying supply risks by mapping the cobalt supply chain. Resour Conserv Recycl, 156, 104743
- **Wahlqvist, F.; Bryngelsson, L.; Westberg H.; Vihlborg, P. and Andersson. L. (2020).** Dermal and inhalable cobalt exposure-Uptake of cobalt for workers at Swedish hard metal plants. PLOS one, 15, 0237100.
- **Walkley, A. and Black, A. (1934).** An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. Soil Sci., 37, 29-38.
- **WHO. (1986).** Ottawa charter for health promotion, Geneva. The Adelaide Recommendations on Healthy Puplic Policy, 25-53.
- **Yang, Y.; Yang, X.; He, M. and Christakos, G. (2020).** Beyond mere pollution source identification: determination of land covers emitting soil heavy metals by combining PCA/APCS, GeoDetector and GIS analysis. CATENA, 185, 104297.
- **Yilmaz, R.; Akcali, S.; Yarci, C.; Aksoy, A. and Ozturk, M. (2006).** Use of Aesculus hippocastanum L. as a biomonitor of heavy metal pollution. Pak. J. Bot., 38, 1527-1519.
- **Zaborowska, M.; Kucharski, J. and Wyszkowska, J. (2016).** Biological activity of soil contaminated with cobalt, tin and molybdenum. Environ Monit Assess, 188, 398.
- **Zachar. D.** soil erosion. developments in soil sciences (1982) Book. chapter 2: 27-135

- **Zheng, Y.M.; Yu, K.; Wu, H.T.; Huang, Z.C.; Chen, H.; Wu, X.; Tian, Q.Z.; Fan, K.K. and Chen, T.B. (2002).** Lead concentrations of soils in Beijing urban parks and their pollution assessment. Geographical Research, 21, 418-424.

الملحق

مستويات pH في التربة، بحسب تصنيف (Marx et al., 1999).

المستوى	درجة الحموضة
حامضي قوي	5,10>
حامضي متوسط	6 – 5,20
حامضي خفيف	6,50 – 6,10
طبيعي	7,30 – 6,60
قاعدي	8,40 – 7,40
قلوي قوي	8,50<

تقييم ملوحة التربة لمستخلص (1:5) (FAO.2007).

نوع التربة	الناقلية الكهربائية لمستخلص (1:5) dSlm
غير مالحة	0,60 – 0
قليلة الملوحة	1,20 – 0,60
مالحة	2,40 – 1,20
شديدة الملوحة	6 – 2,40
مالحة جدا	اكثر من 6

تقسيم التربة وفق محتواها من المادة العضوية (Tyurin.1965).

الدرجة	التصنيف	محتوى التربة من المادة العضوية %
0	قليل جداً	اقل من 0.5
1	قليل	1,5 – 0,5
2	معتدل	2,5 – 1,5
3	عالٍ	4 – 2,5
4	عالي جداً	15 – 4
5	عالٍ جداً (شبه مستنقعية)	30 – 15

Abstract

This current study aimed to (i) evaluate the soil and plant pollution by heavy metals (Pb, Ni, Cd, Co), to (ii) investigate certain physical and chemical properties of the soil at the southern entrance to Homs Governorate, and to (iii) examine the effect of prevailing wind on the spatial distribution of studied metals Pb, Ni, Cd, and Co on both sides of the Damascus – Homas highway. The results showed that the soil contains different concetrations of investigates metals particularly the Pb and Ni, but these concetrations were within normal range. The Pb and Ni concentration on the east side of the highway was higher than that of the west side. Pb concentration was about 10.1 ppm as average on the east side, but it went down to 5.22 on the west side. On the east side of the highway, the Pb concentration increases as the distance from the highway increases. This concentration increasesd from 8.9 to 12.14 ppm a 1800 m away from the highway. Whereas, on the west side, the Pb- highest concentration (6.5 ppm) was found at the nearest point to the highway. Similarly, Ni concentration increased as the dictance from the highway increased, it increased from 0.77 to 1.15 ppm on the east side. Wheras, no difference in the Ni concentration was found on the west side of the highway. Our findings showed also that Cd and Co concentrations increased with increasing the distance from the highway.these concentrations inceased from 0.02 to 0.16 ppm and from 0.2 to 0.43 ppm for Cd and Co respectively. However, the Pb plant-deposited was higher in the west side compared with the east one; it was about 0.78 ppm as average of all values and about 0.31 ppm on the east side. But the plant-deposited was very small and it was 0.007 ppm. Moreover, a positive and signifficient ($p=0.01$) relationship with r= 0.54 was observed between Pb amount and soil clay content. Similar relationships were also found between Pb amount and soil content of silt+clay, and between Pb amount and (clay/ organic matter) ratio with $p=0.0102$, $r=56$ and $p= 0.008$, $r=0.57$ respectively. Also, a positive, signifficient ($p=0.0162$), $r=0.53$, relationship was observed between Ni-soil amount and (clay/sand+silt) ratio.

Keywords: Pollution, Heavy metals, Lead, Cadmium, Cobalt, Nickel, Soil, Plant.

Syrian Arab Republic
University of Damascus
Faculty of Agricultural Engineering
Department of Soil Sciences

Studying the soil and plant pollution by heavy metals (lead, cadmium, cobalt, nickel) at the southern entrance to Homs Governorate

A thesis prepared to obtain a master's degree in soil sciences

By
Nour ALdin Sheikh Hussein

Supervisor
Iyad Saray Aldin

2024