مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم البيولوجية المجلد (39) العدد (1) 2017
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Biological Sciences Series Vol. (39) No. (1) 2017

الرصد الحيوي لتلوث الهواء ببعض المعادن الثقيلة المحمولة بغبار المقالع باستخدام أوراق الصنوبر البروتي(*Pinus brutia* Ten.) كمؤشر حيوي، حالة موقع تحريج كفردبيل- جبلة

د.زهير شاطر[1]
د.وائل علي[2]
د.ابراهيم نيصافي[3]
لانا صالح[4]

(تاريخ الإيداع 6 / 12 / 2016. قبل للنشر في 20 / 2 / 2017)

ملخّص

هدفت هذه الدراسة إلى تقدير مستوى التلوث الجوي ببعض المعادن الثقيلة المحمولة بغبار المقالع المجاورة لموقع تحريج كفردبيل باستخدام أوراق الصنوبر البروتي كمؤشر حيوي. جُمعت عينات الغبار والأوراق أواخر شهر تموز من العام 2016، وقُدرت كميات الرصاص والنيكل والزنك باستخدام جهاز التحليل الطيفي بالامتصاص الذري بـ ppm على أساس الوزن الجاف للعينة.

بلغت قيم المعادن المتراكمة في الأوراق كمتوسط كما يلي: (Pb= 45.57 ppm, Zn= 13.64 ppm, Ni= 7.64 ppm)، بينما كانت قيمها في غبار المصائد كالآتي (Pb= 66.1 ppm, Zn= 15.8 ppm, Ni= 19.6 ppm). بينت النتائج تلوث الموقع المدروس بالرصاص والنيكل أما الزنك فكان ضمن الحدود الطبيعية، ووجدت علاقة ارتباط قوية بين متوسط كمياتها في أوراق الصنوبر البروتي مع كمياتها في الغبار المتراكم في المصائد (r= 0.98)، كما فسَّرت معادلات الانحدار التباينات في تراكم المعادن المدروسة بالنسبة للغبار المتراكم على الأوراق كما يلي: 40% رصاص، 40% زنك و 20% نيكل. بالنتيجة يمكن اعتماد أوراق الصنوبر البروتي في الموقع المدروس كمؤشر حيوي لتلوث الهواء بالرصاص والزنك والنيكل.

الكلمات المفتاحية: أوراق الصنوبر البروتي، رصاص، زنك، نيكل، مؤشر حيوي.

[1] استاذ - قسم الحراج و البيئة - كلية الزراعة – جامعة تشرين - اللاذقية- سورية.
[2] مدرس - قسم الحراج و البيئة - كلية الزراعة – جامعة تشرين - اللاذقية- سورية.
[3] أستاذ مساعد - قسم الحراج و البيئة - كلية الزراعة – جامعة تشرين - اللاذقية- سورية.
[4] طالبة دكتوراه - قسم الحراج و البيئة - كلية الزراعة – جامعة تشرين - اللاذقية- سورية.

مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم البيولوجية المجلد (39) العدد (1) 2017
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Biological Sciences Series Vol. (39) No. (1) 2017

Biomonitoring Air Pollution Of Some Portable Heavy Metals in Dust Quarries By Using Needles Of *Pinus brutia* Ten, As Biomonitor In Site Of Kfardabeel Stand- Jableh

Dr. Zuheir Shater[1]
Dr. Wael Ali[2]
Dr. Ibrahem Nesafi[3]
Lana Saleh[4]

(Received 6 / 12 / 2016. Accepted 20 / 2 /2017)

□ ABSTRACT □

This study aimed to estimate the level of air pollution in some portable heavy metals in dust quarries by needles of *Pinus brutia* Ten. as biomonitor In site of Kfardabeel Stand-Jableh. The samples of dust and leaves were collected at the end of July in 2016, Atomic absorption spectrophotometer was used to determine the amounts of Lead, Zinc, Nickel (ppm, dry weight).

The average of accumulated metals in the needles were estimated: (Pb= 45.57 ppm, Zn= 13.64 ppm, Ni= 7.64 ppm), while their amounts in the dust were done as following: (Pb= 66.1 ppm, Zn= 15.8 ppm, Ni= 19.6 ppm). The results showed that the studied site is polluted with Pb and Ni whereas Zn is in the natural range. a strong correlation between heavy metals amounts in the needles and their amounts in the trapped dust (r= 0.98) was detected, also regression equations have explained the variations in accumulation of studied metals in relation to the accumulated dust on needles as following: 40% Pb, 40% Zn, 20% Ni. Consequently results confirmed the possibility of detecting the atmospheric Pb, Zn, Ni pollution in the studied site using *P. brutia* Needles as a biomonitor.

Key words: Pinus brutia needles, lead, zinc, nickel, biomonitor.

[1] **Professor, Department of Forestry and Ecology, Faculty of Agriculture, Tishreen University, Lattakia, Syria.**
[2] **Lecturer, Department of Forestry and Ecology, Faculty of Agriculture, Tishreen University, Lattakia, Syria.**
[3] **Professor, Department of Forestry and Ecology, Faculty of Agriculture, Tishreen University, Lattakia, Syria.**
[4] **PhD student, Department of Forestry and Ecology, Faculty of Agriculture, Tishreen University, Lattakia, Syria.**

مقدمة

حظيَ تلوث الهواء خلال السنوات الأخيرة على اهتمام كبيرٍ على مستوى العالم نظراً لتأثيراته السلبية الخطيرة على الصحة والبيئة على حدٍ سواء، وتعدُّ الإيروزولات أحد أهم ملوثات الهواء حيث تتكون من جزيئات صلبة أو سائلة عالقة في الغلاف الجوي، وتتخذ تلك الجزيئات أشكالاً وأحجاماً مختلفة إضافةً إلى تعدد مصادرها، هذا وتعتبر الجزيئات ذات القطر أقل من 2.5 ميكرون ($PM_{2.5}$) أخطرها على الإطلاق (Karimian *et al.*, 2016).

تعدُّ الأشجار أحد أكثر المؤشرات حساسية للتغيرات البيئية والأنشطة البشرية، فبنية تيجانها وتماسها المباشر مع الغلاف الجوي تُمكنها من فلترة كتلة الهواء المتدفقة عبرها بشكل أفضل من بقية المسطحات الخضراء حيث تشكل الأنظمة البيئية للغابات دليلاً قوياً لهذه الحالة (Stravinskienė and Marčiukaitienė, 2009).

وقد استُخدمت النباتات مؤخراً بشكل واسع في الأبحاث البيئية لرصد (لمراقبة) ترسب وتراكم وتوزع المعادن الثقيلة في الأنظمة البيئية، حيث يُعرف الرصد الحيوي (Biomonitoring) بأنه استخدام الكائنات الحية لتحديد مستوى التلوث البيئي (Cansaran *et al.*, 2016) وتعتمد الفكرة بحد ذاتها على مبدأ المراكمة الحيوية (Bioaccumulation) والذي دُرس منذ حوالي 300 سنة، وتتميز بأنها طريقة سهلة ورخيصة مقارنة مع طرق الرصد التقليدية وذلك عبر تحليل أنسجتها (أوراق، خشب، قلف، جذور...) لتقييم التأثيرات السلبية للتراكيز المتزايدة من الملوثات (Aslanidou *et al.*, 2015)، وبشكل عام يعدُّ تقدير تراكيز المعادن الثقيلة في الأوراق أداة فعالة لرصد التلوث الجوي وتقييم جودة الهواء (Mertens *et al.* 2005).

تعاني الغابات الموجودة قرب مصادر التلوث (كالمصانع، مناجم الفحم، مقالع الحجارة... الخ) من تأثيرات سلبية كبيرة بسبب تراكم الجزيئات الملوثة بكميات أعلى من الحدود المسموح بها، و تعد المعادن الثقيلة (كالرصاص، الزنك، النحاس، النيكل، البيريليوم) من أخطر الملوثات التي تدمص على الغبار المنبعث من مقالع الحجارة والكسارات (Lameed and Ayodele, 2010).

أثبتت الكثير من الدراسات أن الصنوبريات أكثر حساسية للتلوث البيئي من عريضات الأوراق وهذا ما يجعلها مؤشرات أفضل للتلوث (Stravinskienė and Šimatonytė, 2008)، ويعود ذلك إلى ديمومة أوراقها التي تُقدر بـ 3 سنوات للصنوبر البروتي مثلاً (Dogan *et al.*, 2010) والتي تعطيها القدرة على مراكمة الملوثات على مدار السنة إضافةً إلى كتلتها الحيوية الخضراء الكبيرة والتي تنتج طبقة شمعية كثيفة على طبقة البشرة تعدُّ أكثر كفاءة في مراكمة الغبار من أنواع عريضات الأوراق (Tallis *et al.*, 2011). بشكل عام يُقدر حجم الضرر على الأشجار من خلال تراكم الملوثات الناتجة عن مصدر التلوث ومدة تأثيرها وكميتها في الأشجار.

أهمية البحث وأهدافه

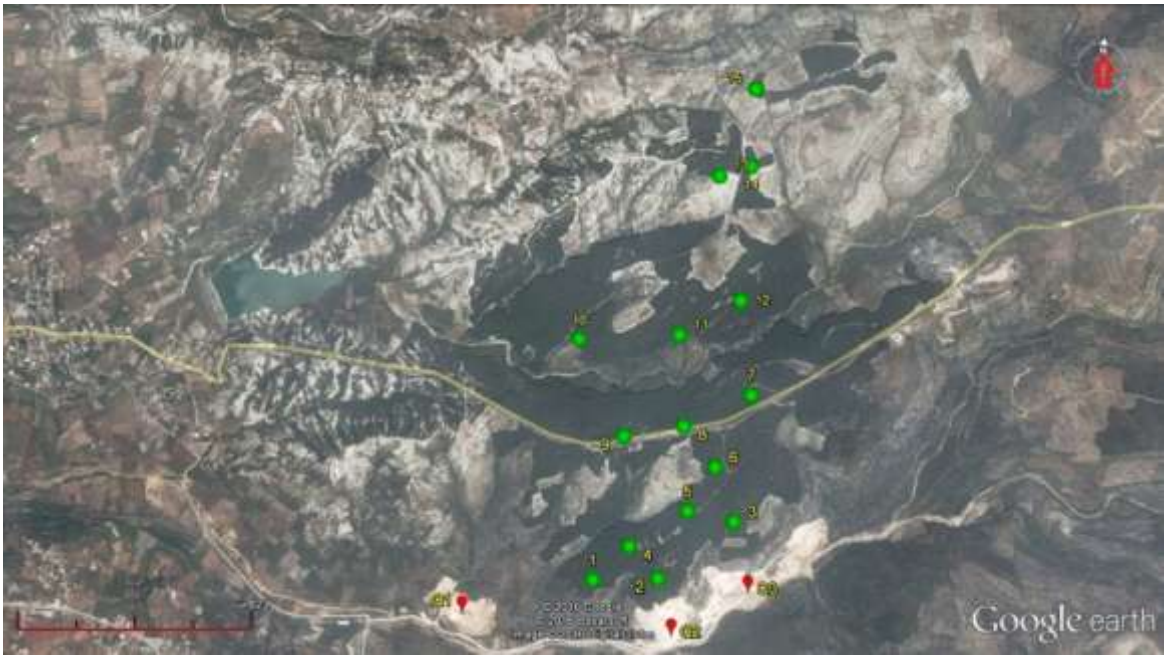
تأتي أهمية هذا البحث من التزايد المتسارع للتلوث بالمعادن الثقيلة التي تؤثر سلباً على الأنظمة البيئية الطبيعية وعلى الدورة البيوجيوكيميائية للعناصر (Dogan *et al.*, 2013)، حيث تكمن خطورة تلك المعادن في قدرتها على الانتشار الواسع وتلويث التربة والماء والهواء، انتقالها عبر السلاسل الغذائية، إضافة إلى بقائها لفترات طويلة في البيئة. من هنا هدف البحث إلى تحديد مستوى التلوث الجوي ببعض المعادن الثقيلة (Pb, Zn, Ni) المحمولة مع غبار المقالع الموجودة بجوار الغابة عبر إمكانية استخدام أوراق الصنوبر البروتي في موقع تحريج كفردبيل كمؤشر حيوي (Biomonitor).

طرائق البحث ومواده

العمل الحقلي وموقع الدراسة

تقع غابة الصنوبر البروتي في موقع تحريج كفردبيل في منطقة جبلية صخرية شرق مدينة جبلة بحوالي 13 كم بالقرب من طريق جبلة– حرف المسيترة، على ارتفاع يتراوح بين 204–320 م عن سطح البحر، وقد تم تشجيرها من قبل الدولة بين (1974–1978) وتقدر مساحتها بـ 119 هكتار تقريباً (سجلات دائرة الحراج في اللاذقية، 2006)، تخضع للمناخ المتوسطي والرياح السائدة غربية إلى جنوبية غربية (محطة الشهيد باسل الأسد في مطار حميميم، 2016). يوجد عند أسفل السفح ثلاثة مقالع حجارة تقع على مسار واحد، يبعد المقلع الأول عن الثاني 929 م والثاني عن الثالث 599 م (الشكل 1)، بدأت بالعمل أوائل ثمانينات القرن الماضي.

تم جمع العينات الورقية من أشجار واقعة ضمن عينات حراجية مُحددة مُسبقاً مساحة كل منها 200م^2، وعلى أبعاد مختلفة عن المقالع الثلاثة حيث تبعد العينة الأخيرة حوالي 2 كم بشكل وسطي عن المقالع (الشكل 1). تم أخذ 200 ورقة إبرية من كامل أشجار العينة ومن الجهات الأربعة لكل شجرة على ارتفاع 3م تقريبا عن سطح الأرض، حيث قُطعت بهدوء بواسطة سكين ستانلس ستيل ووضعت في أكياس بولي إيتيلين نظيفة موزونة مسبقاً. كما تم وضع مصيدتي غبار معروفة الوزن أيضاً في كل مقلع على ارتفاع 2–3.5م عن سطح الأرض (وهي الطبقة الهوائية الأرضية) في بداية شهر تموز بهدف معرفة كمية الغبار المنبعثة خلال شهر وخلال شهرين. تم جمع الأوراق وأول ثلاث مصائد في نهاية شهر تموز من العام 2016، في حين جُمعت المصائد الثلاث الأخرى في نهاية شهر آب من العام نفسه.



الشكل (1) صورة فضائية لموقع الدراسة تظهر فيها المقالع و أماكن أخذ العينات.

العمل المخبري

1 – تقدير الترسبات الغبارية: تم وزن الأوراق بما عليها من غبار ضمن الأكياس ثم غُسلت الأوراق جيداً بالماء المقطر وجففت فوراً بواسطة مجفف هوائي بدرجة الحرارة العادية لمدة قصيرة 1–2 دقيقة بهدف تجفيف الطبقة السطحية فقط، ثم وُزنت الأوراق بدون غبار (أسعد وآخرون، 2014)، وبالتالي يحسب وزن الغبار كما يلي:

وزن الغبار= وزن (الكيس+وزن الورقة+وزن الغبار) – وزن (الكيس + وزن الورقة بعد غسلها وتجفيفها).

ولحساب وزن الغبار في واحدة المساحة حُسبت مساحة الأوراق الإبرية باستخدام ورقة ميلليميترية، حيث قُدِّر بـ ملغ/سم^2.

2 – تقدير تراكيز المعادن المدروسة في الغبار:

تم وزن 1غ من كل عينة غبار متراكمة في المصائد الثلاث التي جُمعت في نهاية شهر تموز، جُففت في الفرن على حرارة 105م° لمدة 72 ساعة حتى ثبات الوزن ثم هُضمت ب 10 مل حمض الآزوت المركز وأُكمل الحجم بالماء المقطر حتى 25مل.

3 – تقدير تراكيز (Pb, Zn, Ni) في الأوراق الإبرية:

وُضعت الأوراق نفسها التي جُففت بالهواء سريعاً في المجفف على حرارة 60م° لمدة 72 ساعة حتى ثبات الوزن، ثم طُحنت وبعد ذلك أُخذ 3غ من كل عينة ووضعت في المجفف على حرارة 105م° لمدة 24 ساعة حتى ثبات الوزن بهدف حساب الرطوبة ومن ثم تقدير كمية المعادن المدروسة بالوزن الجاف.

تجهيز الرشاحة: تم وزن 1غ من كل عينة من العينات المجففة على حرارة 60م°، وضعت في جفنات ورُمدت بالمرمدة على حرارة 550م° لمدة 3 ساعات حتى أصبح لونها أبيض تماماً، ثم هُضمت بالأحماض (HNO_3, HCl)، أخيراً رُشحت كل عينة بنقلها من الجفنة إلى دورق معياري سعة 25 مل وأكملت بالماء المقطر إلى 25 مل وحُفظت في عبوات بلاستيكية (Rowell, 1997).

قُدرت كميات المعادن المدروسة في محاليل الهضم باستخدام جهاز التحليل الطيفي بالامتصاص الذري (Atomic Absorption Spectrophotometer) في مخبر المعهد العالي للبحوث البحرية– جامعة تشرين، حيث تم استخدام تقنية اللهب لتحديد كميات المعادن وتم ضبط الجهاز باستخدام محاليل معيارية للعناصر المدروسة. قُدرت الكميات بالجزء بالمليون ppm (Part per million) على أساس الوزن الجاف للعينة (Dry weight).

تم استخدام برنامج **Excel** لحساب الارتباط وتحليل الانحدار.

النتائج والمناقشة

1 – كمية الغبار المتراكم في المصائد وما يحتويه من رصاص، نيكل و زنك

تقاربت كمية الغبار المتراكمة في المصائد الثلاث خلال شهر تموز وكذلك خلال شهري تموز وآب وكانت الأعلى في المقلع الثالث (الجدول 1)، طبعاً اختلفت الكمية المتراكمة تبعاً لعدد ساعات العمل في كل مقلع إضافة إلى طبيعة العمل سواءٌ كان تكسيراً للصخور بواسطة النقار أو تشغيل الكسارات لتحويل قطع الحجارة الكبيرة إلى حصى. في حين تُظهر قيم الـ pH قاعدية التفاعل لهذا الغبار وهي نتيجة طبيعية حيث تُنتج مقالع الحجارة الكلسية غباراً متفاعلاً ومرتفع القاعدية (Lameed and Ayodele, 2010). أما فيما يخص المعادن الثقيلة فمن الواضح بأن الرصاص كان الأعلى تركيزاً يليه النيكل ثم الزنك باستثناء تركيز الأخير في غبار المقلع الثالث حيث تفوق على الرصاص والنيكل. كما نلاحظ أن قيم كل من الرصاص والنيكل في الغبار قد تجاوزت قيمها الطبيعية في الصخور الكلسية الموضحة في الجدول (2) (**Blume *et al.*, 2008**)، ويعود السبب في ذلك إلى حركة الآليات بشكل رئيسي فالنيكل ينتج عن المحركات والفرامل والرصاص ينتج مع انبعاثات العوادم أما الزنك فينتج عن احتكاك وتآكل

الإطارات (Padmavathiamma and Li, 2007)، إضافةً إلى قدرة تلك المعادن على الارتباط بدقائق الغبار الناعمة ذات القطر أقل من 2.5 ميكرون.

الجدول (1) كمية الغبار المتراكم في المصائد وما يحتويه من معادن مدروسة.

رقم المقلع	وزن الغبار المتراكم في المصيدة خلال شهر تموز 2016 في واحدة المساحة (غ/سم^2)	وزن الغبار المتراكم في المصيدة خلال شهري تموز وآب 2016 في واحدة المساحة (غ/سم^2)	pH	كمية المعادن الثقيلة المدروسة في الغبار المتراكم خلال شهر تموز (ppm)		
				Pb	Zn	Ni
1	9.67	12.94	8.22	61.25	8.76	21.88
2	8.68	13.19	7.96	112.25	2.77	15.48
3	11.34	15.31	8.03	24.75	35.84	21.38
المتوسط ± الانحراف المعياري	9.89±1.34	13.81±1.3		66.1±44	15.8±17.6	19.6±3.6

الجدول (2) الحدود الطبيعية للمعادن المدروسة في الصخور الكلسية (Blume *et al.*, 2008).

المعدن	حدوده الطبيعية في الصخور الكلسية (ppm)
Pb	5
Zn	25
Ni	15

2 – كمية الغبار المتراكم على الأوراق وكمية المعادن المتراكمة في تلك الأوراق

تقاربت كميات المعادن الثقيلة المقدرة في غبار المقالع مع كمياتها في أوراق النباتات (خصوصاً كقيم متوسطة) كما هو واضح من الجدولين (1 و 3) وكانت علاقة الارتباط بينها طردية قوية (r= 0.98)، كما تفوق الرصاص على العنصرين الآخرين حيث كان ترتيب كميات العناصر كقيم متوسطة كما يلي Pb> Zn > Ni. وبشكل عام راكمت الأوراق الإبرية عنصر الرصاص بكميات تعادل أضعاف قيمه الطبيعية (الجدول 4) والتي يفترض أن يتواجد بها في النبات، و بالنسبة لعنصر النيكل فقد تراكم بكميات قريبة إلى الحد الطبيعي الأعلى، أما عنصر الزنك فقد تراكم بكميات مقبولة ضمن الحدود الطبيعية لتواجده في النبات بل كانت كمياته أقرب إلى الحد الأدنى الطبيعي (الجدول 4).

الجدول (3) كمية الغبار المتراكم على الأوراق وكمية المعادن الثقيلة المتراكمة في الأوراق.

رقم العينة	بُعد العينات عن المقلع الأول بـ م	بُعد العينات عن المقلع الثاني بـ م	بُعد العينات عن المقلع الثالث بـ م	كمية الغبار المتراكم على الأوراق ملغ/سم^2/شهر	كمية الغبار المتراكم على الأوراق ملغ/سم^2/يوم	كمية المعادن الثقيلة المدروسة المتراكمة في الأوراق (ppm)		
						Pb	Zn	Ni
1	483	346	548	750	25	29	8.01	4.25
2	705	223	325	1350	45	25.5	4.09	4.58
3	1010	471	274	490	16.33	50.25	10.26	6.48
4	643	362	455	330	11	54.5	18.41	5.75
5	877	459	373	280	9.33	38.5	20.21	7.18
6	1032	628	475	630	21	41.25	15.93	8.58
7	1266	890	697	560	18.67	33.75	18.92	7.25
8	1029	751	639	170	5.67	36.75	18.00	7.75
9	857	734	712	400	13.33	61.25	20.78	8.15
10	1059	1099	1076	330	11	48.75	9.45	8.13
11	1025	1065	944	410	13.67	29.5	17.34	7.80
12	1475	1206	1030	640	21.33	37.75	3.61	6.25
13	1778	1618	1438	580	19.33	39	18.26	17.03
14	1862	1665	1490	250	8.33	93.75	12.20	7.48
15	2099	1930	1755	380	12.67	64	9.09	7.95
المتوسط± الانحراف المعياري				503.3±258.6	16.78±9.52	45.57±17.6	13.64±5.9	7.64±2.9

الجدول (4) الحدود الطبيعية للعناصر المدروسة في النباتات (Kabata-Pendias and Pendias, 2001)

العنصر	حدوده الطبيعية في النبات (ppm)
Pb	5-10
Zn	10-100
Ni	0.1-5

2-1- الرصاص

تراوحت تراكيز الرصاص بين 25.5 ppm في العينة الثانية و 93.75 ppm في العينة الرابعة عشرة (الجدول 3)، وبشكل عام كانت أصغر قيمه له في الأوراق أكبر بضعفين على الأقل من قيمه الطبيعية والتي يفترض أن يتواجد بها في النبات النامي على تربة غير ملوثة بهذا العنصر (5-10 ppm)، كما كانت نفس تلك القيمة أكبر بخمسة أضعاف مقارنة مع قيمه الطبيعية في الصخور الكلسية (5 ppm). تعدُّ الصيغة الكيميائية للرصاص العامل المحدد لانتقاله إلى داخل النبات، وحركته وتأثيراته السامة في النبات، كما يتميز هذا العنصر بميله إلى التراكم بشكل كبير في التربة بسبب قابليته المنخفضة للذوبان وميله للارتباط بالمادة العضوية في التربة إضافة إلى بقائه فترات طويلة في البيئة (Aslanidou *et al.*, 2015). أما السبب الرئيسي للتلوث بالرصاص على المستوى المحلي فيعود

إلى انبعاثات محركات وسائل النقل التي تستخدم الوقود الحاوي على ذلك العنصر (حيث تنتج رصاص سهل الذوبان مقارنة مع الرصاص طبيعي المنشأ)، يليه ترميد الفضلات، استخراج المعادن والأهم هو احتراق الفحم والذي يحتوي على كميات كبيرة من الرصاص ويبرز ذلك واضحاً في المناطق الريفية حيث يستخدم الفحم للتدفئة (Uyar *et al.*, 2009)، وبالتالي يمكن يفسِّر ما سبق ذكره ارتفاع تراكيز الرصاص في العينة الثالثة القريبة من المقالع وفي العينة التاسعة القريبة من الشارع الرئيسي الذي يقسم الغابة كما هو واضح في (الشكل 1) وكذلك في العينة الرابعة عشرة الواقعة في قرية حوران البودي حيث أظهرت الأنشطة البشرية تأثراً واضحاً في زيادة كميات الملوثات (الشكل 1)، فعمليات الحراثة والتسميد ورش المبيدات وحركة الآليات تؤثر بشكل كبير في إطلاق كميات كبيرة من الرصاص في الهواء هذا عدا عن استخدام حطب الوقيد في التدفئة والأعمال المنزلية الأخرى.

2-2- الزنك

يُعد الزنك عنصر ضروري لكل الكائنات الحية فهو عامل أساسي في العمليات الحيوية لتشكيل الإنزيمات، الأوكسينات، وبعض البروتينات، كما يتميز بأنه سريع الحركة ويُمتص بقوة من قبل النباتات خصوصاً في الترب الحامضية (Kord *et al.*, 2010). تراوحت كميات الزنك في هذه الدراسة بين 3.61 ppm في العينة الثانية عشرة و 20.78 ppm في العينة التاسعة (الجدول 3)، وكانت كمياته في كل العينات المدروسة ضمن حدوده الطبيعية في كل من الصخور الكلسية والنبات (الجدولين 2 و 4). وكمعظم المعادن الثقيلة تعدُّ الأنشطة البشرية (كالتعدين، العمليات الزراعية من حراثة وتسميد ورش المبيدات، وسائل النقل... الخ) أهم مصادر تلوث البيئة بالزنك وهذا يمكن أن يفسر ارتفاع تراكيزه في العينات السابعة والثامنة والتاسعة المجاورة للطريق، وفي العينتين الخامسة والثالثة عشرة القريبتين من أراض زراعية وما يرافقها من أنشطة (الشكل 1).

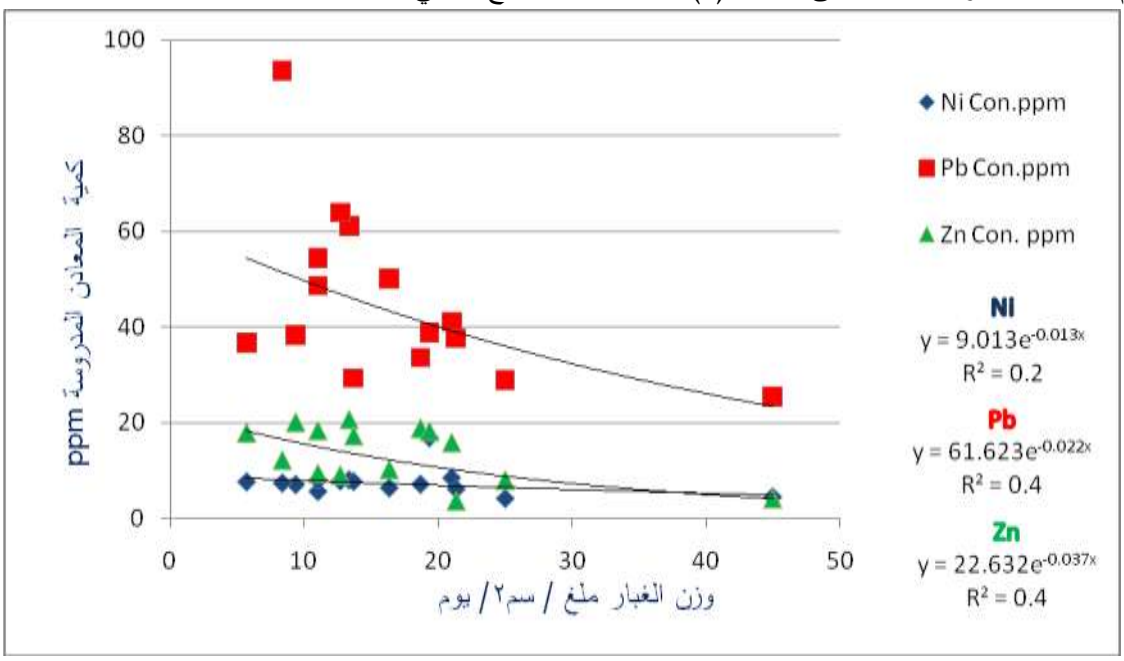
2-3- النيكل

يتميز هذا المعدن بأنه يُمتص بسهولة وسرعة من قبل النبات ويتنج بشكل رئيسي عن احتراق الفحم والزيت، صناعة الفولاذ، صهر المعادن، ووسائل النقل (Dogan *et al.*, 2010). تراوحت كمياته بين 4.25 ppm في العينة الأولى و 17.02 ppm في العينة الثالثة عشرة (الجدول 3) حيث تميزت هذه الأخيرة بارتفاع كمية النيكل فيها بشكل ملحوظ مقارنة مع بقية العينات وقد يعود ذلك لقربها من أرض زراعية وما يرافقها من أنشطة بشرية مختلفة وكذلك الأمر بالنسبة للعينة السادسة (الشكل 1). كانت كميات النيكل في كل العينات ضمن الحدود الطبيعية لقيمه في الصخور الكلسية لكنها أكبر منها في النبات باستثناء العينات الأولى والثانية والرابعة (الجدول 3).

3 - دراسة العلاقة بين المعادن المدروسة وكمية الغبار المترسبة على الأوراق

تعدُّ الأوراق أحد أهم الطرق التي تصل عبرها المعادن الثقيلة إلى النبات خصوصاً في البيئات الملوثة، حيث تنطلق هذه المعادن بدايةً مع جزيئات الغبار إلى الغلاف الجوي ثم تستقر على سطح الأوراق عن طريق الترسيب الجاف (Dry deposition) والترسيب الرطب (Wet deposition) لتُمتص عبر الثغور. و تعدُّ جزيئات الغبار ذات القطر 2.5 ميكرون ($PM_{2.5}$) من أخطر الجسيمات الدقيقة العالقة في الهواء (والتي تحمل معها المعادن الثقيلة) نظراً لخطورتها على الجهاز التنفسي بسبب حجمها المتناهي في الصغر إضافةً لقدرتها على البقاء عالقةً لفترات طويلة (من أيام لأسابيع) وانتقالها لمسافات بعيدة جداً (من مئات إلى آلاف الكيلومترات) (Radulescu *et al.*, 2015)، إضافة إلى تأثير سرعة واتجاه الرياح وهذا ما يفسر ارتفاع كميات الغبار في بعض العينات البعيدة عن المقالع كالعينة الثانية عشرة.

ولدراسة العلاقة بين كمية الغبار المتراكمة على سطح الأوراق وكمية المعادن الثقيلة المتراكمة ضمنها تم استخدام تحليل الانحدار بالاعتماد على العلاقة y= f(x)، وكانت النتائج كالآتي:



الشكل (2) العلاقة بين كمية الغبار وكمية المعادن المدروسة.

حيث فسَّرت معادلات الانحدار التباينات في تراكم العناصر المدروسة (وهي المتغيرات التابعة) بالنسبة للمتغير المستقل (الغبار) كما يلي: 40% رصاص، 40% زنك و 20% نيكل كما هو واضح في (الشكل 2)، حيث أن القسم الأكبر من المعادن الثقيلة يصل إلى النبات بشكل رئيسي من التربة عبر الجذور، بالتالي جزءاً مهماً من كميات المعادن المدروسة في الأوراق قد وصل مع النسغ الناقص وتراكم فيها.

4 - مقارنة النتائج مع الدراسات السابقة

استُخدم الرصد الحيوي خلال العقود الماضية بشكل واسع للكشف عن ترسيب، تراكم وتوزع المعادن الثقيلة في الأنظمة البيئية، حيث تمكن الباحثون من تحديد تراكيز المعادن الثقيلة في الهواء بنجاح عبر استخدام نماذج مختلفة من النباتات، فالسهولة وقلة التكاليف أهم ما يميز هذه الطريقة (Dogan *et al.*, 2014). وعند مقارنة ما توصلنا إليه من نتائج مع دراسات سابقة على الصنوبر البروتي (خصوصاً في تركيا)، نجد أن قيم الرصاص في هذا البحث كانت أكبر منها في الدراسات المذكورة، وكانت متقاربة بالنسبة للنيكل في حين كانت قيم الزنك في دراستنا أقل منها في معظم تلك الدراسات (جدول 5)، وبنفس الوقت كانت قيم هذه المعادن أعلى بكثير من قيمها في مناطق الشاهد في الدراسات المذكورة باستثناء عنصر الزنك، إضافةً إلى المقارنة السابقة الذكر بين قيم المعادن المتراكمة التي تم الحصول عليها وبين قيمها الطبيعية في كل من الصخور الكلسية وفي النبات نستنتج أنه يمكن اعتماد أوراق الصنوبر البروتي في موقع تحريج كفردبيل كمؤشر حيوي لتلوث الهواء بالرصاص والنيكل والزنك.

جدول (5) بعض الدراسات السابقة عن إمكانية استخدام أوراق عدة أنواع من الصنوبر كمؤشر حيوي للتلوث بالمعادن الثقيلة.

النوع النباتي	مكان الدراسة	كمية المعادن الثقيلة في الأوراق (ppm)			المرجع
		Pb	Ni	Zn	
Pinus brutia Ten.	غرب تركيا (أناتوليا)				(Baslar *et al.*, 2003)
	في المناطق الصناعية	8.3	5.9	-	
	المناطق الريفية	3.6	10.4	-	
	جوانب الطرق	12.1	4.1	-	
Pinus brutia Ten.	غرب تركيا				(Dogan *et al.*, 2010)
	في المناطق الصناعية	8.30	5.90	-	
	المناطق الريفية	2.80	6.99	-	
	جوانب الطرق	12.10	4.10	-	
	الشاهد	1.40	0.88	-	
	غرب تركيا (Akdag Mountain)				(kula *et al.*, 2010)
Pinus brutia Ten.	على ارتفاع 1000م	0.348	0.011	0.241	
Pinus nigra Arn. subsp. *pallasiana* (lamb) holmboe	على ارتفاع 1600م	0.487	0.171	0.537	
Pinus Eldarica Medw.	إيران (طهران)				(Kord *et al.*, 2010)
	في المدينة	39.8	10.16	14.46	
	جوانب الأتوسترادات	62.3	16.7	18.49	
	المناطق الصناعية	42.6	13.2	24.16	
	الشاهد	14.1	1.86	1.53	
Pinus brutia Ten. *Pinus pinea*	غرب تركيا (Aliaga)				(Tuna *et al.*, 2013)
	في المناطق الصناعية	22.2	1.7	123	
	منطقة الشاهد	0.89	1.2	33.3	
Pinus brutia Ten.	غرب تركيا				(Dogan *et al.*, 2014)
	على ارتفاع (جبل Kazdzgi) 600 م	0.352	0.133	0.337	
Pinus nigra Arn. subsp. *pallasiana* (lamb) holmboe	نفس الجبل على ارتفاع 1100 م	0.42	0.24	0.49	

Pinus brutia Ten.	اليونان (Thessaloniki)				(Aslanidou *et al.*, 2015)
	جوانب الطرق المزدحمة (1)	0.971	1.311	23.66	
	جوانب الطرق المزدحمة (2)	0.602	0.954	20.60	
	في الغابة قرب طريق مزدحم	0.818	1.028	26.53	
	في الغابة بعيداً عن الطريق المزدحم	0.606	0.351	32.94	

الاستنتاجات والتوصيات

- أثبتت نتائج هذه الدراسة أن الأعمال المقلعية وما تنتجه من غبار هي المصدر الرئيسي للتلوث في موقع تحريج كفردبيل، إضافة إلى وجود مصادر أخرى كالأعمال الزراعية وحركة وسائل النقل.
- الموقع المدروس ملوث بشكل واضح بعنصري الرصاص والنيكل حيث تجاوزا حدود القيم الطبيعية لهما.
- عكست قيم المعادن المقدَّرة في أوراق الصنوبر البروتي قيمها في الغبار الناتج عن المقالع وبالتالي يمكن اعتماد أوراق هذا النوع كمؤشر حيوي لتلوث هواء الموقع المدروس بكل من Pb, Zn, Ni.

- توصي هذه الدراسة بضرورة إتباع تقنيات حديثة للتحكم بمستويات الغبار عند الحدود العالمية المسموح بها.
- اختبار قدرة الصنوبر البروتي على مراكمة معادن أخرى تعدُّ خطرة على البيئة وذلك في أوراقه وفي أجزاء أخرى كالخشب والقلف والجذور.

المراجع

1. أسعد، محمد. عباس، غياث. نيصافي، ابراهيم. رضوان، أسامة. *تحديد نزر بعض العناصر المعدنية الثقيلة في دقائق الغبار المترسبة على أوراق بعض الأشجار على الساحل السوري* . منشورات مجلة جامعة تشرين، 2014، (قبول للنشر).
2. سجلات دائرة الحراج في اللاذقية، 2006.
3. محطة الشهيد باسل الأسد للرصد المناخي ، مطار حميميم، 2016.
4. ASLANIDOU, M., PAPAIOANNOU, A., PIPINIS, E., MAVROKORDOPOULOU, O., KATSANIDOU, M., SMIRIS, P. *Nutrients and heavy metals concentrations in needles of Pinus brutia ten. in thessaloniki, Greece.* FORESTRY IDEAS, 2015, vol. 21, No 2 (50): 251–259.
5. BASLAR, S., DOGAN, Y., BAG, H., ELCI, A. *Trace Element Biomonitoring by Leaves of Pinus brutia Ten*. From Western Anatolia, Turkey. Fresenius Environmental Bulletin, 2003, 12, 450-453.
6. BLUME, H. P., BRŸMMER, G. W., SCHWERTMANN, U., HORN, R., KÖGEL-KNABNER, I., STAHR, K., AUERSWWALD, K., BEYER, L., HARTMANN, A., LITZ, N.,SCHEINOST, A., STANJEK, H., WELP, G., WILKE, B. M. Scheffer / Schactschabel, *Lehrbuch der Bodenkunde*. Heidelberg-Berlin. 2008, 571:(329-346).

7. CANSARAN, A., YILDIRIM, C. and KARAVIN, N. *Availability of Maclura pomifera (Rafin.) Schneider as a biomonitor for the heavy metal pollution*. Bangladesh J. Bot. 2016, 45(3): 723-726.

8. DOGAN, Y., BASLAR, S. AND UGULU, I. *A study on detecting heavy metal accumulation through biomonitoring: ontent of trace elements in plants at mount kazdagi in turkey*. APPLIED ECOLOGY AND ENVIRONMENTAL RESEARCH, 2014, 12(3): 627-636.

9. DOGAN, Y., UGULU, I., BASLAR, S. *Turkish Red Pine as a Biomonitor: A Comparative Study of the Accumulation of Trace Elements in the Needles and Bark.* Ekoloji, 2010, 19, 75, 88-96.

10. DOGAN, Y., UGULU, I., DURKAN, N. *Wild Edible Plants Sold in the Local Markets of Izmir*. - Pakistan Journal of Botany, 2013, 45 (S1): 177-184.

11. KABATA-PENDIAS, A. AND PENDIAS, H. 2001. Trace *elements in soils and plants*, 3rd. Ed. Crc Press Inc., Florida. pp. 467.

12. KARIMIAN, H., LI, Q., LI, C., JIN, L., FAN, J., LI, Y. *An Improved Method for Monitoring Fine Particulate Matter Mass Concentrations via Satellite Remote Sensing*. Aerosol and Air Quality Research, 2016, 16: 1081–1092.

13. KORD, B., MATAJI, A., BABAIE, S. *Pine (Pinus Eldarica Medw.) needles as indicator for heavy metals pollution.* Int. J. Environ. Sci. Tech., 2010, 7 (1), 79-84.

14. KULA, I., YILDIZ, D., DOGAN, Y., AY, G., BASLAR, S. *Trace element contents in plants growing at MT. AKDAG, DENIZLI*. Biotechnol. & Biotechnol. eq. 2010, 24(1), 1587-1591.

15. LAMEED, G. A., AYODELE, A. E. *Effect of quarrying activity on biodiversity: Case study of Ogbere site, Ogun State Nigeria*. African Journal of Environmental Science and Technology, 2010, Vol. 4(11), 740-750.

16. MERTENS, J., LUYSSAERT, S. and VERHEYEN, K. *Use and abuse of trace metal concentrations in plant tissue for biomonitoring and phytoextraction*. Environ. Pollut. 2005, 138: 1-4.

17. PADMAVATHIAMMA, P. K., LI, L. Y. *Phytoremediation Technology: Hyper-accumulation Metals in Plants*. Water Air Soil Pollut, 2007, 184:(105–126).

18. RADULESCU, C., IORDACHE, S., DUNEA, D. , STIHI, C., DULAMA, I. D. *Risks assessment of heavy metals on public health associated with atmospheric exposure to pm2.5 in urban area.* Rom. Journ. Phys., 2015, Vol. 60, Nos. 7–8, P. 1171–1182, Bucharest.

19. ROWELL, D. L. 1997. Bodenkunde Untersuchungsmethoden und ihre Anwendungen. Springer-Verlag. ISBN 3-540-60825-2 Springer-Verlag Berlin Heidelberg.Germany, 607.

20. STRAVINSKIENĖ, V., ŠIMATONYTĖ, A. *Dendrochronological research of Scots pine (Pinus sylvestris L.) growing in Vilnius and Kaunas forest parks*, Journal of Environmental Engineering and Landscape Management, 2008, 16(2): 57–64.

21. STRAVINSKIENĖ, V., MARČIUKAITIENĖ. R. E. *Scots pine (Pinus sylvestris L.) radial growth dynamics in forest stands in the vicinity of "Akmenės Cementas" Plant*. Journal of Environmental Engineering and Landscape Management, 2009, 17(3): 140–147.

22. TALLIS, M., TAYLOR, G., SINNETT, D., FREER-SMITH, P. *Estimating the removal of atmospheric particulate pollution by the urban tree canopy of London, under current and future environments*. Landsc. Urban Plan. 2011,103: 129–138.

23. TUNA, G., FALAY, E. O., ALTIOK, H., KARA, M., DUMANOGLU, Y., BAYRAM, A., TOLUNAY, D., ELBIR, T., ODABASI, M. *Investigation of Spatial Variation of Air ollution around an Industrial Region Using Trace Elements in Tree Components.* International Journal of Chemical, Environmental & Biological Sciences, 2013, (IJCEBS) Volume 1, Issue 2, ISSN 2320–4087.

24. UYAR, G., AVCIL, E., OREN, M., KARACA, F., ONCEL, M. S. *Determination of Heavy Metal Pollution in Zonguldak (Turkey) by Moss Analysis* (*Hypnum cupressiforme*). Environmental Engineering Science, 2009, 26, 1, 183-194.