مجلة جامعة النهرين العلوم المجلد ١٤ العدد(3) أيلول، ٢٠١١ ص ٢٢-27

قياس تركيز البوتاسيوم المشع في أنواع مختلفة من السكائر باستخدام تقنية الكاشف الوميض ايوديد الصوديوم (NaI(TL.

سناء فتحي محمود النجار.
جامعة الموصل ، كلية طب الأسنان.

الخلاصة

يتناول البحث جمع ثمانية عينات من تبوغ السكائر الأكثر تداولا في السوق المحلية، للوقوف على محتواها من عنصر البوتاسيوم المشع K^{40} ،وذلك باستخدام منظومة UCS-20 مع الكاشف ألوميضي ايوديد الصوديوم المنشط بالثاليوم NaI(Tl) والمبرمج حاسوبيا إذ تم حساب كفاءة الكاشف مع مراعاة الترتيب الهندسي باستخدام 50gm من كلوريد البوتاسيوم كعينة قياسية وقدرت الكفاءة بقيمة 0.98%.

تم حساب فعالية البوتاسيوم المشع K^{40} للتبوغ إذ وجد إن أعلى قيمة للفعالية الإشعاعية للبوتاسيوم المشع K^{40} في العينة F 83.23Bq واقل قيمة في العينة G 22.675Bq أما تركيز البوتاسيوم المشع K^{40} للعينتين على التوالي فقد تم حسابه بواقع 0.32mgm و 0.0877mgm وبمعدل 0.181mgm.

كما حسب عامل الموازنة بين الفعالية الإشعاعية ومحتوى البوتاسيوم في جميع العينات ووجد انه يساوي 0.0302.

أما الجرعة المؤثرة التراكمية المكافئة للاستنشاق فقد تم حسابها لجميع العينات مع الأخذ بنظر الاعتبار معدل الاستهلاك اليومي للمدخن من تلك الأنواع من التبوغ وكانت 15µSv ووجد انه ضمن القيم التي أقرتها المنظمة الدولية للوقاية من الإشعاع وهي ضمن القيم التي نشرت في البحوث العالمية.

المقدمة

التدخين ظاهرة معروفة لدى الإنسان المعاصر، وهي من الظواهر الواسعة الانتشار على نطاق عالمي وفي تزايد مستمر، إذ إن اثأر التدخين على الإنسان والبيئة اخذ بالاتساع يوم بعد يوم،ويستعمل نبات التبغ في صناعة السكائر وتختلف التبوغ المستعملة حسب نوع التربة ونوع التبغ ومنطقة وبيئة زراعته وكذلك طريقة معاملته وإنتاجه صناعيا[١]، لذلك سوف يختلف التركيب الكيميائي من حيث التركيز، فعند حرق التبغ (السكائر) ينتج دخانا معقد التركيب يحتوي على ما يقارب أربعة ألاف مركب منها ما هو غازي وسائل وصلب [٢] ومن المواد الغازية هو أول ثاني اوكسيد الكاربون والامونيا وأبخرة ومواد كبريتية، أما المواد الصلبة والسائلة في دخان التبغ فهي القطران والنيكوتين [٢]، والقطران يتكون أساسا من مواد هايدروكاربونية عطرية ذات تركيب متعدد الحلقات [١] وكذلك يحتوي القطران على مواد مختلفة أخرى مثل العناصر الثقيلة منها الرصاص، والزئبق،الحديد، وكذلك بعض النظائر المشعة مثل الراديوم والبولونيوم والرصاص المشع البوتاسيوم المشع K^{40}، ويتراوح تركيز القطران من دخان السكائر حوالي (3.5 - 0.05 µgm) للسيكارة الواحدة [١].

تنتقل بعض العناصر السامة والنظائر المشعة من التربة إلى النباتات بطرائق متعددة،ويتضمن الانتقال عمليات عدة، أولها عملية انتزاع الايونات من طور التربة الصلب إلى محلول التربة ثم تأتي بعدها عملية انتشار هذه الايونات خلال الغشاء الفاصل بين التربة وسطح الجذر لتتم عملية الامتصاص خلال رؤوس الجذور مع ماء التربة ومن أهم العوامل المؤثرة على الانتقال هو ذوبان العنصر ذو الطور الصلب والفعالية الديناميكية للأيونات وكذلك ترسب هذه العناصر الثقيلة والمشعة من الهواء على سطح أوراق النباتات وخاصة العريضة منها مثل نبات التبغ ولا تعتمد عملية الامتصاص على كون العنصر ساما أو مشعا إذ غالبا لا يستطيع النبات التمييز بين العناصر المختلفة التي تعود إلى المجموعة نفسها في الجدول الدوري [٣].

إن العناصر المعدنية تنتشر انتشارا واسعا في الطبيعة فتوجد في التربة والمياه والأغذية والأنسجة النباتية والحيوانية، وتتباين عناصر البيئة تباينا واضحا لمحتواها من العناصر

المعدنية.فضلا عن ذلك فان هنالك حالة تنافس بين العناصر المعدنية حول امتصاصها، كما إن زيادة بعض تقلل من امتصاص العناصر الأخرى [٤].

ويعد البوتاسيوم من العناصر المعدنية الرئيسية، وهو منتشر انتشارا كبيرا في القشرة الأرضية ما نسبته 2.59%، ونظيره المشع هو البوتاسيوم K^{40} عمره النصفي (1.28×10^{9} year) ويكون حوالي (0.012%) من البوتاسيوم الكلي والبوتاسيوم K^{40} ينحل إلى الكالسيوم Ca^{40} باعثا جسيمات بيتا بطاقة 1.311 MeV وبعملية القنص الالكتروني وانحلال بيتا الموجب ينتج الاركونAr^{40} مع انبعاث أشعة كاما بطاقة 1.46MeV، وبشدة نسبية 0.11% وله نظيرين مستقرين K^{39} بوفرة نسبية 93.1% وk^{41} بوفرة نسبية 6.88% [5]. وتعد نسبة الاركون Ar^{40} إلى البوتاسيوم K^{40} طريقة مناسبة لقياس عمر الصخور الجيولوجيا من خلال قياس غاز الاركون الحبيس داخل الصخور [٦].

وجسم الإنسان البالغ (70Kg) يحتوي تقريبا على (140gm) بوتاسيوم مستقرK^{39} و(0.0165gm) بوتاسيوم مشع K^{40} ويمتص 50% منها داخل الجسم مما يؤدى إلى جرعة مكافئة سنوية قدرها (0.02mSv) كما يعد البوتاسيوم بصورة عامة من العناصر المعدنية الأساسية الموجودة في الجسم وهو احد الايونات الموجبة بشكل رئيسي داخل الخلية [7] يتوزع البوتاسيوم المشع K^{40} في البيئة بنسب ثابتة تقريبا ويستقر بشكل دائم في التربة ويتسبب التبادل البيئي الثابت واستهلاك المياه والهواء في دخول البوتاسيوم المشع إلى جميع المواد النباتية والحيوانية ومنها إلى جسم الإنسان، ولأتبقى نسبة البوتاسيوم في جسم الإنسان ثابتة طوال فترة حياته حيث تبين إن نسبة البوتاسيوم تقل مع التقدم العمر، وان نسبة البوتاسيوم بالنسبة للإناث هي اقل من نسبته عند الذكور [٥].

تعتمد طرق الكشف والقياس لنوع وكمية الإشعاع في العينات البيئية المختلفة على تأثير هذه الأشعة على بعض المواد، فهنالك العديد من الدراسات حول محتوى المواد بالعناصر المشعة وللكشف عنها يستخدم كاشف الجرمانيوم العالي النقاوة (HPGe) أو ايوديد الصوديوم المنشط بالثاليوم ((NaI(TL)) وطريقة التنشيط النيتروني ويمكن أيضا استخدام تقنية قشط الأثر إذ تعمل نواتج الانشطار على إحداث تلف في الكاشف يتم إظهاره بواسطة المواد الكيميائية من خلال القشط الكهروكيميائي [8].

ومن هذه الدراسات إيجاد تراكيز النويات المشعة في بعض أنواع من التبوغ العراقية والأجنبية [9]، أما في أوزبكستان فقد استخدمت طريقة المتابعة المنتظمة لدراسة التغير في النشاط الإشعاعي للبوتاسيوم K^{40} والمرتبط بحدوث النشاط الزلزالي ووصل النشاط الإشعاعي لقيم عالية خلال ٤٥ ساعة قبل الزلزال وكان [10] $2.3\times10^{-10}CL^{-}$ ^{1}، في محافظة نينوى كان هناك دراسة شاملة لمحتوى التربة والنبات والحليب من البوتاسيوم المشع باستخدام كاشف الجرمانيوم العالي النقاوة (HPGe)[٤]. كما قام الباحث (Martinez) بقياس تراكيز البوتاسيوم والبوتاسيوم المشع حيث استخدم كاشف ايوديد الصوديوم لقياس K^{40} في عينات من التبوغ المكسيكية وكان معدل تراكيز البوتاسيوم المشع ١.٢٩ ±٠.١٨ وقدا ستخدم الباحث كاشف ايوديد الصوديوم [١١]، كما استخدم الباحث السعودي (عبد المجيد) كاشف الجرمانيوم العالي النقاوة (HPGe) في إيجاد تراكيز البوتاسيوم المشع في عينات تبوغ السكائر الأجنبية وكان معدل التركيز ٨٧٦Bq/Kgm[12]، وفي دراسة مصرية أجريت لأنواع مختلفة من التبوغ تراوحت التراكيز بين (٤٣٧-١٠٤٤) Bq/kgm أما المعدل فكان 719Bq/kgm [13].

هدف الدراسة الحالية هو تسليط الضوء على تركيز البوتاسيوم المشع K^{40} لثمان أنواع مختلفة من التبوغ الشائعة الاستخدام في السوق المحلية وحساب الجرعة المؤثرة والجرعة المؤثرة المكافئة للاستنشاق مع الأخذ بنظر الاعتبار معدل الاستهلاك اليومي للمدخن من تلك الأنواع من التبوغ ومقارنة الجرعة مع المسموح بها عالمياً إذ يجب أن لا تتجاوز الجرعة المكافئة 50mSv والجرعة المؤثرة المكافئة 1mSv لكل سنة من جراء الاستنشاق.

العمل

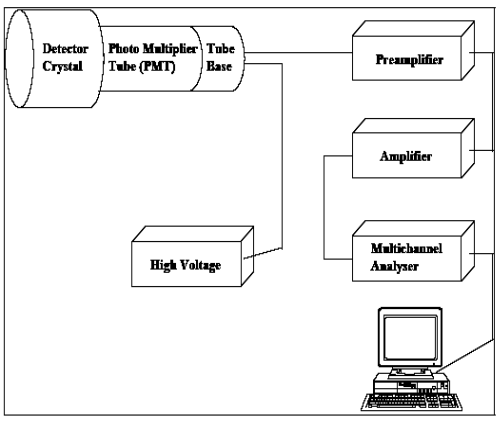
تم جمع عينات التبوغ من أنواع مختلفة من السكائر الاكثر تداولا في السوق المحلية، وبكتلة 50gm للعينة الواحدة، وبعد تجفيفها وطحنها جيدا وضعت في أكياس بلاستيكية خاصة لوقايتها من التلوث والرطوبة ولأجل قياس فعالية البوتاسيوم المشع K^{40} فيها تم وضعها في بيكر خاص

سعته لأتقل عن 250ml لأجل إحاطة بلورة الكاشف تماماً بالعينة. ولإعداد الترتيب الهندسي الخاص بالعمل، باستخدام منظومة الكاشف ألوميضي ايوديد الصوديوم (specteeh UCS-20). إذ تتكون الدائرة الالكترونية المستخدمة من الكاشف ألوميضي بلورته ذات أبعاد 2.5cm×3.8cm والمضاعف الضوئي الابتدائي والثانوي ومجهز الفولتية العالية ومحلل أطياف متعدد القنوات، تربط المنظومة بجهاز الحاسبة لغرض تشغيلها وكما موضح في الشكل رقم [1].

تم عمل معايرة الطاقة لتحديد موقع ذروة البوتاسيوم K^{40} باستخدام المصدرين المشعين الكوبالت (Co^{60}) والسيزيوم (Cs^{137}) حيث تم اختيار ثلاث ذروات وإدخال كل من الطاقة ورقم القناة، بعدها ثبتت فولتية التشغيل على 560 volt والتكبير على 4 والكسب على 1 وعدد القنوات 1024 والميز السفلي 2 والعلوي 106.

الحسابات والنتائج والمناقشة

تضمنت الدراسة جمع ثمان عينات بواقع 50gm من التبوغ الشائعة الاستخدام في السوق العراقي، وتم وضعها في أكياس بلاستيكية خاصة ووضعت بترتيب خاص حول بلورة الكاشف ألوميضي ايوديد الصوديوم المنشط بالثاليوم ((NaI(Tl)) والمبرمج حاسوبيا لحساب المساحة تحت القمة لعنصر البوتاسيوم المشع K^{40} بطاقة 1460 MeV، وكانت الخطوة الأولى قبل البدء بدراسة العينات هي إيجاد كفاءة الكاشف لما لها من أهمية في حساب الفعالية حيث استخدمت عينة قياسية من كلوريد البوتاسيوم (Kcl) كتلتها 50gm نسبة البوتاسيوم فيها كانت (52.3%).



شكل رقم (١) الدائرة الالكترونية الخاصة لمنظومة الكشف لأشعة كاما.

وحددت باستخدام تقنية مطياف اللهب في قسم الكيمياء وتم إيجاد كتلة البوتاسيوم ($W(s_{table})$ في العينة المستخدمة وقد أمكننا تحديد نسبة البوتاسيوم المشع K^{40} إذ إن نسبته هي 0.0117% من البوتاسيوم لأجل إيجاد فعاليته في العينة وبالتالي إيجاد كفاءة الكاشف وتثبيتها بهدف إيجاد فعالية البوتاسيوم المشع K^{40} في العينات قيد الدراسة، وكذلك تم حساب نسبة البوتاسيوم في العينة كما موضح وكانت القيم متقاربة جدا .

$k=39\times93.258\%+40\times0.0117\%+41\times6.73\%$

$k=39.13472$

$Cl=35\times75.77\%+37\times24.32$

$Cl=35.488$

$Kcl=74.6193$

وعليه فنسبة البوتاسيوم k في العينة هو

$k\%=39.1347/74.6193=52.45\%$

وعليه فكتلة البوتاسيوم k في العينة كانت 52.45%.

أما كتلة البوتاسيوم K^{40} في العينة

$K^{40}=52.3\times0.0117\%=0.006547$ gm

ولأجل حساب كفاءة الكاشف فقد تم اخذ مقدار 50gm من Kcl ووضع أمام الكاشف مع الأخذ بالاعتبار إحاطة بلورة الكاشف تماما بالعينة وتم حساب المساحة تحت القمة لمحتواها من البوتاسيوم K^{40} ومن ثم حساب فعاليته من خلال العلاقة:

$$Activity = \frac{W(K^{40})}{40} \times Nav \times \lambda$$

إذ تمثل Na عدد افوكادرو 6.023×10^{23}

و λ تمثل ثابت الانحلال للبوتاسيوم المشع K^{40} 1.717×10^{-17}.

ومن خلال العلاقة يمكن إيجاد كفاءة الكاشف.

$$Activiy = \frac{\sum N - \sum B}{t \times I \times \varepsilon}$$

$$\varepsilon = \frac{\sum N - \sum B}{I \times t \times Activity}$$

إذ تمثل

Activity الفعالية الإشعاعية وتقاس بوحدة Bq

$\sum N$ المساحة تحت المنحني.

$\sum B$ الخلفية الإشعاعية.

ε كفاءة الكاشف .

I الشدة النسبية وتساوي 0.11%.

t زمن التجميع ويساوي 3600 sec.

وقد تم حسابها وقدرت 0.98 % وهذه القيم مقاربة لما نشر في تقرير المنظمة النووية الكندية التي حسبت فعالية البوتاسيوم لعدد من الأغذية وكانت 0.7% [١٤].

الجدول رقم (1) يوضح فعالية البوتاسيوم K^{40} في العينات المدروسة بوحدة البيكرل (Bq)

وكذلك كتلته وتركيزه بالإضافة إلى كتلة البوتاسيوم K.

من الملاحظ إن فعالية البوتاسيوم K^{40} في العينات تراوح بين أعلى قيمة في النوع F 83.23 Bq واقل قيمة في النوع G ٢٢.٦٧٥ Bq، إما معدل فعالية البوتاسيوم K^{40} في جميع العينات فكان 46. 6 Bq. اما كتلة البوتاسيوم.

جدول رقم (١)

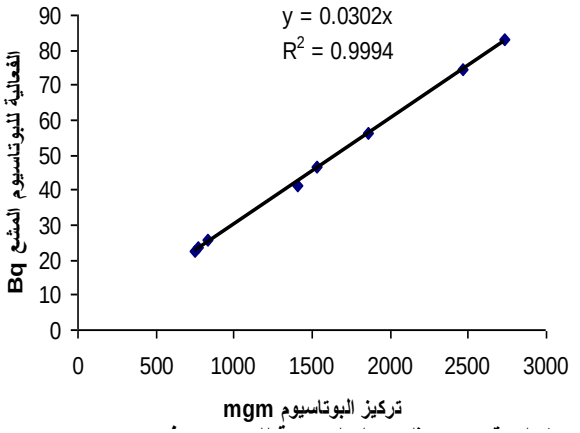
يبين تراكيز البوتاسيوم والبوتاسيوم المشع في عينات التبغ المختلفة باستخدام كاشف ايوديد الصوديوم.

نوع التبغ	$\sum N$	$A(K^{40}B)$ q	$W(K^{40})$ mgm	$W^{(K40)}$ p.p.m	W(K) mgm
A	814	٧٤.٤٨	.2880	288	2461
B	616	٢٣.٤٤٨	0.0907	90.7	775.2
C	705	٤٦.٣٨	0.179	179	1529.9
D	691	٤١.٢٢٨	0.165	165	1410
E	623	٢٥.٥٢	0.0976	97.6	834.18
F	848	٨٣.٢٣	0.32	320	2735
G	613	٢٢.٦٧٥	0.0877	87.7	749.57
H	744	٥٦.٤٣	0.218	218	1863.2
المعدل		٤٦.٦	0.181	181	١٥٤٧

K^{40} فتراوحت بين 320-87.7µgm.وبمعدل 181µgm. وكتلة البوتاسيوم K تراوحت بين -2735 749.59mgm وبمعدل 1547mgm.

ولأجل حساب عامل الموازنة بين الفعالية نسبة إلى محتوى العينات من البوتاسيوم فقد تم رسم العلاقة بين فعالية البوتاسيوم المشع K^{40} بوحدة البيكرل (Bq) وكتلة البوتاسيوم K بوحدة mgm في جميع العينات كما موضح في الشكل (2)، وان ميل الخط المستقيم هو عامل الموازنة وكان بقيمة 0.302 Bq/mgm وهي قيمة مقاربة لما وجد في المصدر [13] اذ سجلت 0.32 Bq/mgm لأنواع المواد الغذائية المدروسة، وإنها 1.8 Bq/gm في كلوريد البوتاسيوم مقارنة مع 17 Bq/gm في احد أنواع الأسمدة [١٤].

جدول رقم (3) يوضح فعالية البوتاسيوم المشع K^{40} بوحدات البيكوكيوري لكل غرام إذ تراوحت قيم الفعالية بين 44.86-12.24pci/gm في العينات.



شكل (١) يمثل عامل الموازنة للبوتاسيوم في عينات التبغ.

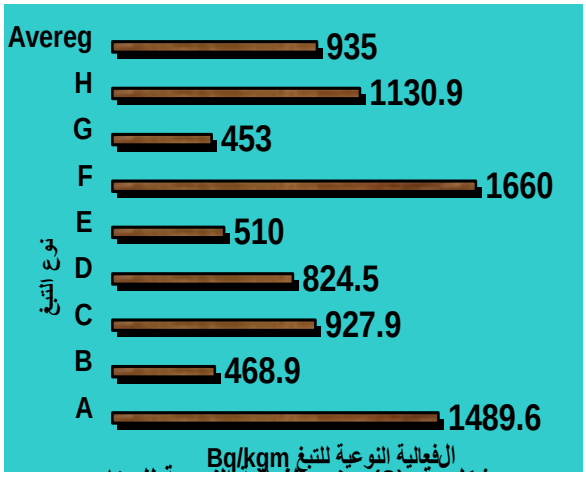
وكذلك الفعالية النوعية (S.A) بوحدات Bq/kg وتراوحت القيم بين $1660Bqkg^{-1}$و $453Bqkg^{-1}$ وبمعدل $935Bqkg^{-1}$ لجميع العينات وهذه القيم مقاربة لما نشر في المصادر [١١،١٢،١٣] والتي قامت بدراسة الأنواع المتداولة في أسواقها المحلية حيث تراوحت المعدلات لهذه الدراسات Bq/kg (١٢٩٠،٨٦٧،٧١٩) على التوالي وكما موضح في جدول رقم (٤)، وكما موضح في الشكل رقم (٣) حيث يلاحظ التباين بين قيم الفعالية النوعية لأنواع التبوغ.

جدول رقم (٣)

يوضح الفعالية والفعالية النوعية للبوتاسيوم K^{40}.

نوع التبغ	$A(K^{40})$ Bg/gm	S.A Bq/Kg	A pci/ gm
A	1.49	1489.6	40.25
B	0.469	468.9	١٢.٦٧
C	0.927	927.6	٢٥.٠٧
D	0.855	٨٢٤.٥	٢٢.٨
E	0.505	510	١٣.٧٨

F	1.66	١٦٦٠	٤٤.٨٦
G	0.45	453	١٢.٢٤
H	1.128	1130.6	٣٠.٥
المعدل	0.9355	٩٣٥	٢٥.٢٧



شكل رقم (٣) يوضح الفعالية النوعية للبوتاسيوم المشع لعينات التبغ المختلفة.

جدول رقم (٤)

مقارنة لقيم الفعالية النوعية لعدد من الدراسات.

الفعالية النوعية Bq/kg	رقم المصدر	
١٢٩٠	١١	دراسة مكسيسية
٨٦٧	١٢	دراسة سعودية
٧١٩	١٣	دراسة مصرية
٩٣٥		الدراسة الحالية

ولأجل حساب جرعة الاستنشاق من جراء التدخين اليومي لأنواع مختلفة من السكائر يجب معرفة حجم الدخان السائد من تلك السكائر وتركيز البوتاسيوم المشع في ذلك الدخان.

حجم النفس الواحد من السكارة 38.5ml

عدد الأنفاس في السكارة الواحدة 12 [١٥] فإذا كان حجم الدخان السائد من السكارة الواحدة يساوي 462ml/cig .[16].

نسبة الدخان المتبقي في الرئتين بعد أقصى زفير حيث إن ٣٠% من حجم النفس الواحد يتبقى داخل الرئتين [١٧،١٦]. 0.3×462ml/cig= ١٣٨.٦ ml/cig

تم حساب تركيز البوتاسيوم المشع في السيكارة الواحدة حيث يتراوح وزن التبغ في السيكارة الواحدة بين ٠.٥ –٠.٨gm كمعدل 0.65gm ، [١٧].

تم حساب جرعة الاستنشاق من العلاقة التالية:

$$DED_{In}=Ca\times Q\times DCF$$

حيث إن DED_{In} الجرعة المستلمة نتيجة استنشاق البوتاسيوم المشع K^{40} من دخان السكائر بوحدات (Sv/yr)[١٨].

DCF معامل تحويل التراكيز من وحدات (Bq) إلى وحدات الجرعة الموثرة (Sv) ويساوي 0.262×10^{-7} Sv/Bq.

Q: معدل استهلاك الدخان السائد من السكائر 138.5ml/cig.

C: تركيز البوتاسيوم المشع في الدخان السائد من السكائر وكما موضح في جدول رقم (٥).

ومن الملاحظ إن قيم الجرعة المكافئة ضمن حدود معدل الجرعة السنوية لعنصر البوتاسيوم المشع كما أقرتها المنظمة الدولية للوقاية من الإشعاع [11].

جدول رقم (٥)

يوضح الفعالية الإشعاعية للسكارة الواحدة وفعالية البوتاسيوم المشع في دخانها والجرعة الموثرة المكافئة التراكمية.

نوع التبغ	A Bq/cig	C Bq/cig ×10-6	EDE_{In} µSv / 1y	EDE_{In} µSv / 50y
A	0.968	١٢.١٢	٠.٤٨١	٢٤.١
B	٠.٣٠٤	٣.٨	٠.١٥	٧.٥
C	٠.٦٠٣	٧.٥	٠.٢٩٨	١٤.٩
D	٠.٥٤٩	٦.٩	٠.٢٧٤	١٣.٧
E	٠.٣٣١	٤.١	٠.١٦٢	٨.١
F	١.٠٧٩	١٣.٥	٠.٥٣٦	٢٦.٨
G	٠.٢٩	٣.٦	٠.١٤٣	٧.١٥
H	٠.٧٣٤	٩.٣	٠.٣٦٩	١٨.٤٥
المعدل	٠.٦٠٦	٧.٦	٠.٣	١٥

مما سبق يمكننا القول إن معدل الجرعة المؤثرة والجرعة المؤثرة المكافئة هي ضمن القيم المسموح بها عالميا من استنشاق دخان التبوغ التي تم دراستها والتي تعد ضمن الخلفية الإشعاعية الطبيعية، وهي ضمن حدود الجرع المؤثرة

المكافئة والتي نشرت في البحوث العالمية وكانت 16µSv/yr[١١] .

شكر وتقدير

أتقدم بجزيل الشكر والامتنان إلى كل من ساهم في إتمام هذا البحث واخص بالذكر الدكتورة هناء إحسان والدكتور ليث الصبحة والزميلة الست إيناس الفرحة لما أبدوه لي من مساعدة في إتمام هذا البحث.

المصادر

[١] الرمضاني، د.إياد، "وباء التدخين" مديرية دار الكتب للطباعة والنشر، جامعة الموصل (١٩٨٧).

[٢]عرموش، د.هاني، "التدخين بين المؤيدين والمعارضين"، دار النفائس (١٩٧٩).

[3] ألنعيمي، سعد الله نجم، "تغذية النبات". مطابع التعليم العالي، جامعة الموصل، (١٩٨٢).

[4] الزهيري، عبدا لله محمد ذنون، "تغذية إنسان"، دار الحكمة للطباعة والنشر، قسم الصناعات الغذائية، جامعة الموصل (١٩٩٤).

[5]"كمية البوتاسيوم في جسم الإنسان"، المجلة العربية للعلوم، العدد ٢٥، السنة الثالثة عشر، ص٤٦-٤٢، (١٩٩٥).

[6] النظائر المشعة في الحياة اليومية "منشورات الطاقة الذرية السورية، الكتاب الأول، ص٦٣-٥٣، (١٩٨٥).

[7] البارودي، هناء إحسان، "تحديد الخلفية الإشعاعية في بيئة محافظة نينوى باستخدام تقنيتي (CR-39، HPGe)، أطروحة دكتوراه، جامعة الموصل كلية العلوم قسم الفيزياء، (٢٠٠٤).

[8] الأحمد، خالد عبيد "مقدمة في الفيزياء الصحية" دار الكتب للطباعة والنشر، جامعة الموصل (١٩٩٣).

[9] الجزراوي، عصام متي، "تحديد تركيز الرادون Rn-222 في أنواع مختلفة من التبوغ المحلية والأجنبية" رسالة ماجستير، جامعة الموصل، كلية العلوم، قسم الفيزياء (١٩٩٩).

[١٠] Mukhammedov.s. and Kutbedinov ,"K-40 radioactivity in under ground mineral waters of seismoactive zone" Journal of nuclear and radiation physics; 1(1): 11-16 (2006).

[11] Martinez.T., "K^{40}activities and potassium concentration in tobacco samples of Mexico cigarettes "، Journal of Rationally and Nuclear chemistry; 273 (3), September: 569-572 (2007).

[12] Abdul-Majid, S.,Kutbi, i.i., Basabrain،m" Application of Radio analytical Techniques to Nuclear safeguards and the Measurement of Environmental Radioactivity" Journal of Rationally and Nuclear Chemistry; 194(2) July: 371-377 (1995).

[13] Khater, A.E.M., AbdEI- Aziz, N.S., AL-Ewaidan, H.A., and Chaouachi, K. "Radiological hazards of narghile smoking: activity concentration and dose assessment", journal of Environmental Radioactivity; 99(12), December: 1808-1814 (2008).

[14] Potassium Concentration from Health Canada, Fact sheet, "Nutrient value of some common foods" Canadian Nuclear society; 134(13):1-4(2008).

[15] Raymond, E.TH."Smoking Behaviour", LongmanGroup limited, GreatBritain, p:470 (1978).

[16] Liu c. and Parry A., "potassium organic salts as burn additives in cigarettes" contributions to tobacco research; 20(5), March : 341-349 (2003).

[17] Wynder, E.L., Hoffman, D ."Tobacco and tobacco smoke، studies in experimenter carcinogenesis" Academic Press, New York, p; 370, (1967).

[18] Shapiro, J."Radiation protection guide for scientists and physicians", second edition, Harvard college, U.S.A.:110- 175. (1981).