الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

جامعة الشهيد حمة لخضر – الوادي

كلية العلوم الدقيقة

رقم الترتيب:

رقم تسلسل:

قسم الكيمياء

قسم: الكيمياء

تخصص: كيمياء تحليلية

مذكرة تخرج لنيل شهادة ماستر مهني في الكيمياء

من اعداد:

- بكاري نور الهدى
- قابوسه جمعه

تحت عنوان:

تحليل بقايا المبيدات الحشرية في بعض المحاصيل الزراعية باستخدام التقنية الكهروكيميائية

Analysis Of Pesticide Residues In Crops Using Electrochemical Technique.

نوقشت في 28-05- 2025 أمام لجنة المناقشة:

سويعي بلقاسم	أستاذ محاضر أ	جامعة الوادي	رئيس اللجنة
أحمادي رضا	أستاذ تعليم عالي	جامعة الوادي	مناقش
نموسة التجاني يحي	أستاذ محاضر ب	جامعة الوادي	مؤطر

الموسم الجامعي: 2025/2024 م

شكر وتقدير

لَئِنْ شَكَرْتُمْ لَأَزِيدَنَّكُمْ

الحمد لله الذي بنعمته تتمّ الصالحات، وبفضله تُنال الغايات.

نتقدّم نحن، أفراد هذا العمل، بخالص الشكر وعظيم التقدير لكل من ساندنا ووقف إلى جانبنا خلال مراحل هذا المشروع، وخصّنا بدعمه وتشجيعه وإيمانه بنا.

نشكر أساتذتنا الكرام على ما قدّموه من توجيه ونصح، وما بذلوه من جهد في سبيل رفع مستوانا العلمي والفكري.

كما نعرب عن امتناننا لإدارة المؤسسة وكل العاملين فيها، لما وفروا لنا من بيئة مناسبة ومساندة فعّالة ساهمت في إنجاز هذا العمل.

ولا ننسى أن نخص بالشكر عائلاتنا وأصدقائنا، الذين كانوا لنا خير سند، بالدعاء والدعم المعنوي، في كل الأوقات.

إلى كل من كان له أثر – ولو بكلمة طيبة – في هذه الرحلة، نقول: شكرًا من القلب، وندعو الله أن يجزيكم عنا خير الجزاء، وأن يجعل هذا العمل في ميزان حسناتنا وحسناتكم، وأن ينفع به الجميع.

بسم الله الرحمن الرحيم

إلى أمي الحبيبة،
قلبي الذي ينبض بالحياة، شكرًا لأنك كنتِ النور الذي يهديني، والصبر الذي يعلّمني أن الأمل لا يموت.
وإلى والدي الحبيب،
أسأل الله أن يتغمّدك برحمته الواسعة... يا من زرعتَ فيّ القيم والأخلاق، وتركتَ في قلبي ذكرى تشعل عزيمتي،
أدعو الله أن أكون فخرًا لروحك الطاهرة، وأن أكمل المسير على الدرب الذي رسمته لي.
إلى إخوتي وأخواتي،
شركاء الفرح والهم، وسندي الذي لا ينكسر، والشجرة التي أستند إليها حين تعصف بي الرياح.
إلى جدي وجدتي (والدي أبي) وجدي وجدتي (والدي أمي)،
أعمدة الحكمة والتاريخ العائلي، شكرًا لدعواتكم التي أحسست بها كالسحر، تحفّز خطواتي، أنتم جذور الشجرة التي أتغذى منها، وخزانة الأسرار التي تحمل دروسًا لا تُقدّر بثمن.
إلى أقاربي الكرام،
شكرًا لأنكم جعلتم من نجاحي فرحةً لكم قبل أن تكون لي، ولم تترددوا في مد يد العون كأنني ابنة من صلبكم.
إلى أصدقائي الأعزاء،
رفاق الدرب الذين حوّلوا التحديات إلى مغامرات، والضحكات التي تُزهر في قلبي كالورود، شكرًا لأنكم كنتم المرآة التي أراني فيها قوية.
وأسأل الله أن يجعل هذا الجهد خالصًا لوجهه الكريم، وأن يجمعنا دائمًا على الخير في الدنيا والآخرة.

قابوسة جمعة

بسم الله الرحمن الرحيم

إلى والديّ الحبيبين،
اللذَين سهرا لأجلي، واحتملا التعب بصبرٍ ومحبة، ودعما خطواتي منذ أول الحروف وحتى آخر السطور،
كنتما السند الحقيقي، والظلّ الوارف حين اشتدّت شمس الأيام، فلكما من قلبي كل التقدير، ومن روحي كل الدعاء، ولن تفي الكلمات حقكما مهما طالت أو تزيّنت.

إلى إخوتي وأخواتي،
رفاق الدرب، وروح البيت، ونبض الحكاية في كل مرحلة، شكراً لوجودكم بجانبي في لحظات الشك والثقة،
ولحبّكم الذي جعل التحديات أخف، والأحلام أقرب، أنتم الدعامة التي أتكئ عليها كلما احتجت للابتسامة أو حضن صادق.

إلى أقاربي الكرام،
الذين أغدقوني بدعائهم ودفئهم، وكانوا حاضرين بحبّهم في تفاصيل مشواري، فأنتم جزءٌ من نجاحي وفرحي، وذكراكم تعيش في كل لحظة إنجاز أحققها.

إلى أصدقائي الأعزاء،
الذين صنعوا معي ذكرياتٍ لا تنسى، وتشاركوني الضحكات والدموع، شجّعوني في كل خطوة، وذكّروني دوماً أني أستطيع،
فأنتم نعمة من الله أفتخر بها، ورفقة لا تعوّض. هذا الإهداء ليس مجرد كلمات،
بل هو نبض قلبٍ ممتنّ، وروحٍ تفيض شكرًا،
لكل من ساندني، وشارك في رحلتي، ولو بكلمة، أو دعاء، أو لحظة صمتٍ تفهّم.

بكاري نور الهدى

قائمة الجداول:

جدول IV- 1: يمثل استجابة عينة الطماطم على المبيدات الحشرية والفطرية......57

قائمة الرموز والاختصارات:

الاختصار	المعنى بالانجليزية	المعنى بالعربية
FOA	*Food and Agriculture Organization*	منظمة الأغذية والزراعة
IPM	*Integrated Pest Management*	إدارة الآفات المتكاملة
DDT	*Dichloro Diphenyl Trichloroethane*	أول مبيد حشري مخلق، صُنع سنة 1934م
OPS	*Organophosphoru Pesticide*	مبيد عضوي فسفوري
OMS	*L'Organisation Mondiale de la Santé*	منظمة الصحة العالمية
LD50	*Lethal Dose 50%*	الجرعة المميتة التي تؤدي إلى وفاة 50% من الكائنات المعرضة لها عند تناولها دفعة واحدة
EC	*Emulsifiable Concentrate*	مركز قابل للاستحلاب
WP	*Wettable Powder*	مسحوق قابل للبلل
SP	*Soluble Powder*	مسحوق قابل للذوبان
SC	*Suspended Concentrates*	المركزات المعلقة
WG	*Wettable Granular*	حُبيبي قابل للبلل
SL	*Soluble Liquid*	سائل قابل للذوبان
Red	*Reduction*	اختزال
Ox	*Oxidation*	أكسدة
CV	*Cyclic Voltammetry*	الفولطامترية الدورية
DPV	*Differential Pulse Voltammetry*	الفولطامترية النبضية التفاضلية
SWV	*Square Wave Voltammetry*	الفولطامترية بالموجة المربعة
λ_{max}	*Wavelength*	الطول الموجي
RDE	*Rotating Disk Electrode*	القطب القرصي الدوار

HPLC	High-Performance Liquid Chromatography	كروماتوغرافيا السائلة العالية الأداء
VTRS	Vacuum Technology and Research Systems	تكنولوجيا البحث والأنظمة الفراغية
GC	*Gas Chromatography*	كروماتوغرافيا الغاز
DMSO	*Dimethyl Sulfoxide*	ثنائي ميثيل سلفوكسيد
Pt	*Platinum*	البلاتين
GCE	*Glassy Carbon Electrode*	قطب زجاجي كربوني

قائمة الاشكال:

الفصل الثاني: عموميات حول المبيدات

الشكل II- 1: طرق رش المبيدات الزراعية 12

الشكل II- 2: نبات الأقحوان 15

الفصل الثالث: التقنيات الكهروكيميائية

الشكل III- 1:طرق التحليل الكهربائي لتحديد المبيدات الحشرية في عينات الأغذية. 24

الشكل III- 2: قطب العمل لجهاز الفولتامتري. 25

الشكل III- 3: ورق خاص بتنظيف قطب العمل. 25

الشكل III- 4: قطب الكالومال (Hg/Hgcl). 26

الشكل III- 5: القطب المساعد من البلاتين.....26

الشكل III- 6: خلية فولتمترية ذو ثلاثة أقطاب. 27

الشكل III- 7:خلية الأمبيرومتر باستعمال القطب الدوار. 30

الشكل III- 8جهاز الكالومتر.....31

الفصل الرابع: المواد والطرق

الشكلIV- 1 الموقع الجغرافي لمنطقة المقرن. 37

الشكلIV- 2 :تمثل الصورة أحد البيوت البلاستيكية المزروعة بمنتوج الطماطم لمستثمرة فلاحية.....38

الشكلIV- 3 :البطاقة التقنية لمبيد سيربا. 39

الشكلIV- 4 :البطاقة التقنية لمبيد فابكومك.....39

الشكلIV- 5 :البطاقة التقنية لمبيد كوراجين.....40

الشكلIV- 6 :البطاقة التقنية لمبيد لازر 40

الشكلIV- 7 :البطاقة التقنية لمبيد تيرازول.....41

الشكلIV- 8: صورة ملتقطة من المستثمرة الفلاحية لجلب عينات الطماطم وكذلك العينات في المخبر 46

الشكلIV- 9: طماطم بعد الهرس. 47

الشكلIV- 10: مهروس الطماطم أثناء الخلط.....48

الشكلIV- 11: جهاز التبخير الدوار.....49

الشكلIV- 12: منحنى الفولتمترية الدورية لمحلول الشاهد في (0.1M) من KClوذلك على قطب كربون زجاجي (GCE) عند سرعة المسح 10mv/s و T:25C° و PH:7 50
الشكلIV- 13: منحنى الفولت مترية الدورية Chlorantraniliprole في (0.1M) منKCl وذلك على قطب كربون زجاجي (GCE) عند سرعة المسح 10mv/s و T:25C° و PH:7 51
الشكلIV- 14: منحنى الفولتمترية الدورية Cypermethrin في (0.1M) منKCl وذلك على قطب كربون زجاجي (GCE) عند سرعة المسح 10mv/s و T:25C° و PH:7.....52
الشكلIV- 15: منحنى الفولتمترية الدورية Pirimicarbe في (0.1M) منKCl وذلك على قطب كربون زجاجي (GCE) عند سرعة المسح 10mv/s و T:25C° و PH:7 53
الشكلIV- 16: منحنى الفولتمترية الدورية Abamectin في (0.1M) منKCl وذلك على قطب كربون زجاجي (GCE) عند سرعة المسح 10mv/s و T:25C° و PH:7 54
الشكلIV- 17: منحنى الفولتمترية الدورية Hymexazol في (0.1M) منKCl وذلك على قطب كربون زجاجي (GCE) عند سرعة المسح 10mv/s و T:25C° و PH:7 55
الشكلIV- 18: منحنى الفولتمترية الدورية عينة الطماطم في (0.1M) منKCl وذلك على قطب كربون زجاجي (GCE) عند سرعة المسح 10mv/s و T:25C° و PH:7 56
الشكلIV- 19: منحنى الفولتمترية الدورية لمحلول الشاهد في (0.1M) من KClوذلك على قطب كربون زجاجي (GCE) عند سرعة المسح 10mv/s و T:25C° و PH:7 58
الشكلIV- 20: منحنى الفولتمترية الدورية لمحلول الشاهد في (0.1M) من KClوذلك على قطب كربون زجاجي (GCE) عند سرعة المسح 10mv/s و T:25C° و PH:7 59
الشكلIV- 21: منحنى الفولتمترية الدورية لمحلول Hyméxazol بتركيز umol\l 10^{-4} في (0.1M) من KCl وذلك على قطب كربون زجاجي (GCE) عند سرعة المسح 10mv/s و T:25C° و PH:7 60
الشكلIV- 22: منحنى الفولتمترية الدورية لعيينة الطماطم وهذا بعد يومين من الرش في (0.1M) من KCl وذلك على قطب كربون زجاجي (GCE) عند سرعة المسح 10mv/s و T:25C° و PH:7.....61
الشكلIV- 23: منحنى الفولتمترية الدورية لعيينة الطماطم وهذا بعد ثمانية أيام من رش مادة Hyméxazol في (0.1M) من KCl وذلك على قطب كربون زجاجي (GCE) عند سرعة المسح 10mv/s و T:25C° و PH:7.....62

الشكلIV- 24: منحنى الفولتمترية الدورية لعيينة الطماطم وهذا بعد خمسة عشرة (15) يوم من رش مادة Hyméxazol في (0.1M) من KCl وذلك على قطب كربون زجاجي (GCE) عند سرعة المسح 10mv/s و T:25C° و PH:7 63
الشكلIV- 25: منحنى الفولتمترية الدورية لعيينة الطماطم وهذا بعد عشرون (20) يوم من رش مادة Hyméxazol في (0.1M) من KCl وذلك على قطب كربون زجاجي (GCE) عند سرعة المسح 10mv/s و T:25C° و PH:7 64
الشكلIV- 26: منحنى الإجمالي للفوتومتري الدوري المتطابق لتتبع مادة Hyméxazol التي رشت بها عيينة الطماطم من اليوم الثاني إلى غاية فترة ما بعد الأمان في (0.1M) من KCl وذلك على قطب كربون زجاجي (GCE) عند سرعة المسح 10mv/s و T:25C° و PH:7 65
الشكلIV- 27: المواد الفعالة النقية للمبيدات الحشرية والفطرية..... 68

الفهرس

شكر وتقدير: I

اهداء: II

قائمة الجداول: IV

قائمة الرموز والاختصارات: V

قائمة الاشكال: VII

الملخص: XVII

Abstract: XVIII

المقدمة العامة 1

الفصل الأول: الإطار العام للد راسة

1.I. أهمية الدراسة: 4

2.I. أهداف الدراسة 5

الهدف الرئيسي: 5

الأهداف الفرعية: 5

قائمة المراجع: 7

الفصل الثاني: عموميات حول المبيدات

1.II. مقدمة: 9

2. II. المبيدات الحشرية: 11

1 .2. II. نبذة تاريخية عن المبيدات: 11

2 .2. II. تعريف المبيدات الحشرية: 12

3 .2. II. أساليب استخدام المبيدات: 12

1 .3 .2. II. مبيدات الرش: 12

II .2. 3. 2. مبيدات الرش الجوي:.....12
II .2. 3. 3. المبيدات المسحوقة: 13
II .2. 3. 4. المبيدات الضبابية:.....13
II .2. 3. 5. مبيدات التدخين والتغويز: 13
II .2. 4. تصنيف المبيدات: 13
II ..42. 1. التصنيف حسب الطبيعة الكيميائية للمادة الفعالة:.....14
II.2.1.4.2.1. مبيدات الآفات الغير عضوية:.....14
II.2.1.4.2.المبيدات الآفات العضوية: 14
II.2.1.4.2.أ. المبيدات العضوية الفسفورية (OPS):.....14
II.2.1.4.2.ب. المبيدات الكرباماتية (carbamates):.....14
II.2.1.4.2.ج. المبيدات البيريثرويدية (pyrethroids): 15
II.2.1.4.2.د. المبيدات النيكوتينويدية (Neonicotinoids) :.....15
II.2.4.2. التصنيف حسب الهدف: 15
II .1.2.4.2. مبيدات الأعشاب:.....16
II .2.2.4.2. مبيدات الفطريات:.....16
II .3.2.4.2. مبيدات الحشرات: 16
II.3.4.2. التصنيف حسب آلية العمل: 16
II.4.4.2. التصنيف حسب السمية: 16
II .2. 5. فترة سلامة المحاصيل:.....17
II .2. 1.5. فترة الأمان:.....17
II .2. 2.5. زمن بقاء المبيدات:.....17
II .6.2. تأثير بقايا المبيدات الحشرية:.....18

II .1.6.2. على صحة الإنسان: 18
II .2.6.2. على البيئة:. 18
II .3.6.2. على المحاصيل الزراعية: 18
II .2. 7. مستحضرات (أشكال المبيدات المتداولة): 18
II .2. 1.7. مركز قابل للاستحلاب (EC): 18
II .2. 2.7. مسحوق قابل للبلل (WP):. 18
II .2. 3.7. مسحوق قابل للذوبان (SL):. 18
II .2. 4.7. مسحوق قابل للذوبان (SP): 19
II .2. 5.7. المركزات المعلقة (SC):. 19
II .2. 6.7. حبيبي قابل للبلل (WG):. 19
قائمة مراجع الفصل الثاني 20
المراجع الاجنبية: 20

الفصل الثالث: التقنيات الكهروكيميائية

III.1. مقدمة:.... 23
III.2. التقنيات الكهروكيميائية: 23
III.1.2. تعريف التقنيات الكهروكيميائية: 23
III.2.2. الطرق الكهروكيميائية: 24
III.1.2.2. الطريقة الفولتمترية (Voltammetry Method): 24
III.1.1.2.2. تعريف الطريقة الفولتمترية: 24
III.2.1.2.2. أنواع الطريقة الفولتمترية: 27
III.1.2.1.2.2. الفولتمتري الحلقي (CV): 27
III.2.2.1.2.2. الفولتامتري النبضي التفاضلي(DPV): 28

III.2.2.1.2.2. الفولتامتري ذو الموجه المربعة (SWV):.....29
III.2.2.2. الطريقة الأمبيرومترية (Amperometry Method):.....30
III.2.2.2.1. تعريف الطريقة الأمبيرومترية:.....30
III.2.2.2.2. مميزات الطريقة الأمبيرومترية: 31
III.2.2.2.3. استخدامات الطريقة الأمبيرومترية:.....31
III.2.2.3. الطريقة الكالومترية (Coulometry Method): 31
III.2.2.3.1. تعريف الطريقة الكالومترية: 31
III.2.2.3.2. مميزات الطريقة الكالومترية:.....32
III.2.2.3.3. استخدامات الطريقة الكالومترية: 32
III.3.الدراسات السابقة حول استخدم التقنيات الكهروكيميائية في تحليل المبيدات: 32

الفصل الرابع: المواد والطرق

IV.1.موقع الدراسة: 37
IV.1.1. موقع الدراسة للمنتوج الزراعي: 37
IV.1.2. المزروعات المعنية بالدراسة: 37
IV.1.3. المبيدات المعنية بالدراسة:.....38
IV.1.3.1. مبيد سيربا (CYRPA): 39
IV.1.3.2. مبيد فابكومك (VAPCOMIC): 39
IV.1.3.3. مبيد كوراجين (CORAGEN):.....40
IV.1.3.4. مبيد لازر (LAZER) : 40
IV.1.3.5. مبيد تيرازول (TERAZOLE) : 41
IV.2.المواد الكيميائية والأدوات المستعملة: 42
IV.2.1. المواد الكيميائية:.. 42

2.2.IV. الأدوات والأجهزة المستعملة: 42

3.2.IV. طريقة تحضير العينات: 43

1.3.2.IV. طريقة تحضير عينات المبيدات: 43

1.1.3.2.IV. تحضير Chlorantraniliprole:.....43

أ)تحضير المحلول الأم (Stock Solution):.....43

ب)التخفيف المتسلسل للوصول إلى التركيز النهائي: 43

2.1.3.2.IV. **تحضير** Cyperméthrine :.....44

3.1.3.2.IV. **تحضير** Pirimicarbe 44

4.1.3.2.IV. **تحضير** Abamectin:.....44

5.1.3.2.IV. **تحضير** Hyméxazol: 45

2.3.2.IV. طريقة تحضير عينات الطماطم:.....46

1.2.3.2.IV. **جمع العينات:** 46

2.2.3.2.IV. تحضير عينات الطماطم: 47

1.2.2.3.2.IV. التحضير الأولي للعينة:.....47

2.2.2.3.2.IV. الاستخلاص: 47

3.2.2.3.2.IV. فصل الأجزاء الصلبة عن السائلة:.....48

4.2.2.3.2.IV. تركيز العينة: 49

3.IV. النتائج والمناقشة:.....50

1.3.IV. الطريقة الفلطامترية الحلقية: 50

1.1.3.IV. تحديد الشروط: 50

2.1.3.IV. الدراسة الكهروكيميائية للمبيدات الحشرية والفطرية: 50

1.2.1.3.IV. **دراسة الشاهد** (ماء +KCl + ثنائي ميثيل السلفوكسيد:DMSO) 50

IV.2.2.1.3. **دراسة** Chlorantraniliprole:.....51

IV.3.2.1.3. **دراسة السلوك الكهروكيميائي لمبيد** Cypermethrin:.....52

IV.4.2.1.3. **دراسة السلوك الكهروكيميائي لمبيد** Pirimicarbe: 53

IV.5.2.1.3. **دراسة السلوك الكهروكيميائي لمبيد** Abamectin: 54

IV.6.2.1.3.**دراسة السلوك الكهروكيميائي لمبيد** Hymexazol:.....55

IV.3.1.3. الدراسة الكهروكيميائية لعينة الطماطم: 56

IV.1.3.1.3. **دراسة عينة الطماطم:** 56

IV.2.3.1.3. **الكشف عن وجود متبقيات المبيد في الطماطم:**.....57

IV.4.1.3. الدراسة الكهروكيميائية لمادة Hymexazol (مبيد تيرازول) دراسة كيفية: 58

IV.1.4.1.3. **تحديد سرعة المسح:** 58

IV.2.4.1.3. **دراسة سلوك كهروكيميائي لشاهد** (eau+kcl) Blanc : 59

IV.3.4.1.3. **دراسة سلوك كهروكيميائي للمادة الفعالة** Hyméxazol:.....60

IV.4.4.1.3. **دراسة سلوك كهروكيميائي لعينات الطماطم**:.....61

IV.1.4.4.1.3. بعد يومين من رش مادة Hyméxazol :.....61

IV.2.4.4.1.3. بعد ثمانية أيام من رش مادة Hyméxazol:.....62

IV.3.4.4.1.3. بعد خمس عشرة (15) يوم من رش مادة Hyméxazol (اليوم الأخير من فترة الأمان):.....63

IV.4.4.4.1.3. بعد فترة الأمان أي بعد عشرون (20) يوم من رش مادة Hyméxazol:...64

IV.5.4.4.1.3. منحنى الإجمالي للفولتومتري الدوري المتطابق لتتبع مادة Hyméxazol التي رشت بها عينة الطماطم من اليوم الثاني إلى غاية فترة ما بعد الأمان. 65

الخاتمة العامة للدراسة.....69

1.الأهمية العلمية والتقنية للدراسة: 71

2. الآثار البيئية والصحية: 71

3.التوصيات المستقبلية: 71

الملخص:

تهدف هذه الدراسة إلى تقييم بقايا المبيدات الحشرية والفطرية في محصول الطماطم المزروع في منطقة المقرن بولاية الوادي، باستخدام تقنيات التحليل الكهروكيميائي، وبشكل خاص تقنية الفولتمترية الدورية (Cyclic Voltammetry) تم التركيز على المادة الفعالة Hymexazol نظراً لتكرار استخدامها كمبيد في المنطقة المدروسة.

أُجريت تحاليل دورية لعينات الطماطم على مدى عدة فترات زمنية بعد الرش (من اليوم الثاني حتى ما بعد فترة الأمان)، وقد مكّنت تقنية CV من الكشف عن ثلاث قمم أكسدة مميزة لمركب Hymexazol عند جهود 0.8، 1.15، و1.78 فولت، ما يؤكد حساسية التقنية وفعاليتها في تتبع تحلل المبيد في النبات.

أظهرت النتائج انخفاضًا تدريجيًا في شدة التيار المرتبط بالمادة الفعالة مع مرور الوقت، إلى أن بلغ مستويات غير قابلة للكشف بعد اليوم العشرين، وهو ما يتوافق مع معايير فترة الأمان الموصى بها. لم تُظهر باقي المبيدات المدروسة CHLORANTRANILIPROLE، CYPERMETHRIN، ABAMECTIN، PIRIMICARB أية قمم كهروكيميائية ضمن مجال الجهد المستخدم، مما يشير إلى عدم تراكم بقاياها في الثمار أو اختلاف آلية امتصاصها.

تُبرز هذه الدراسة جدوى وفعالية الطرق الكهروكيميائية كبديل اقتصادي وبيئي لتحليل بقايا المبيدات في المنتجات الزراعية، كما تسلط الضوء على ضرورة المراقبة المنتظمة للممارسات الزراعية، وتعزيز الوعي باستخدام المبيدات ضمن المعايير المسموح بها.

الكلمات المفتاحية :بقايا المبيدات، الفولتمترية الدورية، Hymexazol، الطماطم، التحليل الكهروكيميائي، الزراعة المستدامة.

Abstract:

This study aims to evaluate the residues of insecticides and fungicides in tomato crops cultivated in the El-Meggarine region of El Oued province, using electrochemical analysis techniques, particularly Cyclic Voltammetry (CV). The focus was placed on the active compound Hymexazol due to its frequent use as a fungicide in the studied area.

Tomato samples were analyzed periodically over several time intervals following pesticide application (from the second day up to the post-withdrawal period). CV technique successfully detected three distinct oxidation peaks for Hymexazol at potentials of 0.8, 1.15, and 1.78 V, demonstrating the technique's sensitivity and effectiveness in tracking pesticide degradation within the plant.

Results showed a gradual decrease in the electrochemical current associated with the active substance over time, reaching undetectable levels after 20 days—consistent with the recommended pre-harvest interval. Other studied pesticides (CHLORANTRANILIPROLE ،CYPERMETHRIN ،ABAMECTIN ، PIRIMICARB) did not exhibit any detectable peaks within the tested potential range, suggesting either a lack of residue accumulation or different absorption behavior.

This study highlights the feasibility and efficiency of electrochemical methods as cost-effective and environmentally friendly alternatives for pesticide residue analysis in agricultural products. It also emphasizes the need for continuous monitoring of agricultural practices and raising awareness about safe pesticide use within regulatory limits.

Keywords: Pesticide residues, cyclic voltammetry, Hymexazol, tomatoes, electrochemical analysis, sustainable agriculture.

المقدمة العامة

المقدمة العامة:

تُستخدم المبيدات الحشرية بشكل واسع في القطاع الزراعي لمكافحة الآفات والحشرات التي تؤثر على المحاصيل، مما يساعد في زيادة الإنتاج الزراعي وتحسين جودته.

ومع ذلك، فإن الاســـتخدام غير الصـــحيح أو المفرط لهذه المبيدات يؤدي إلى بقاء كميات منها على المحاصيل بعد الحصاد.

تُعد CHLORANTRANILIPROLE، CYPERMETHRIN، ABAMECTIN، PIRIMICARB، HYMEXAZOLE من المبيدات الحشرية شائعة الاستخدام، والذي يُستخدم لمكافحة مجموعة متنوعة من الآفات الزراعية [1] .

تكمن أهمية دراسة بقايا المبيدات الحشرية CHLORANTRANILIPROLE، CYPERMETHRIN، ABAMECTIN، PIRIMICARB، HYMEXAZOLE ضرورة ملحة نظرا لتأثيره السلبي المتزايد.

أصبحت بقايا المبيدات الحشرية تشكل مخاطر صحية متعددة على المحاصيل الزراعية، حيث يمكن أن تتراكم في الجسم مع مرور الوقت، مما يؤدي إلى مختلف المشاكل الصحية.

لا تقتصر آثار المبيدات الحشرية على الإنسان فحسب، بل تمتد أيضا إلى البيئة، حيث تؤدي إلى تلوث التربة والمياه، وتهديد التنوع البيولوجي، إذ يمكن أن تتسبب المبيدات الحشرية في قتل الحشرات المفيدة.

تتزايد المخاوف بشأن تأثيرات بقايا المبيدات على الصحة العامة، مما يستدعي ضرورة مراقبة مستويات هذه البقايا في المحاصيل[2] .

تعد التقنية الكهروكيميائية واحدة من الأساليب المبتكرة والفعالة لتحليل بقايا المبيدات الحشرية في الأغذية والبيئة.

تعتمد هذه التقنية على التفاعلات الكهروكيميائية التي تحدث عند الأقطاب الكهربائية، مما يسمح بقياس وتحليل المركبات الكيميائية بدقة وحساسية عالية.

تستطيع الأجهزة الكهروكيميائية اكتشاف كميات ضئيلة جدًا من بقايا المبيدات، مما يجعلها أكثر حساسية مقارنة بالطرق التقليدية.

توفر قياسات دقيقة وسريعة، مما يسهل رصد التلوث بفعالية.
توفر التحاليل الكهروكيميائية نتائج فورية أو شبه فورية، مما يختصر الوقت مقارنة بالطرق التقليدية.
تعد هذه التقنية أقل تكلفة مقارنة بالتحاليل المعتمدة على أجهزة متطورة، مما يجعلها خيارًا اقتصاديًا.
تقلل من استخدام المذيبات الكيميائية الضارة، مما يجعلها أكثر أمانًا على البيئة.
يمكن تصميم مستشعرات كهروكيميائية متخصصة للكشف عن أنواع محددة من المبيدات.
تتيح تقنيات التعديل النانوي تحسين حساسية الأقطاب الكهربائية، مما يزيد من كفاءة التحليل.

نظرا للاستعمال الواسع للمبيدات، وعلى ضوء ما سبق ذكره، جاءت دراستنا التي تهدف إلى معرفة بقايا المبيدات الحشرية CHLORANTRANILIPROLE، CYPERMETHRIN، ABAMECTIN، PIRIMICARB، HYMEXAZOLE على المحاصيل الزراعية، وتحليل تأثيره على الصحة والبيئة، باستخدام التقنية الكهروكيميائية للكشف عنه والتقليل من مخاطره، من خلال استعراض المنهجيات المستخدمة، والتحديات المرتبطة بها، وكذلك فوائد هذه التقنيات في ضمان سلامة الغذاء وحماية صحة المستهلكين.

من هنا نطرح الإشكالية:

كيف يمكن لتقنية الكهروكيميائية الكشف عن بقايا المبيدات الحشرية على المحاصيل الزراعية؟

الفصل الأول: الإطار العام للد راسة

1.I. أهمية الدراسة:

تلعب هذه الدراسة دورًا مهمًا في تسليط الضوء على المخاطر الصحية التي قد تنجم عن بقايا المبيدات الحشرية في الغذاء، والتي يمكن أن تؤدي إلى مشكلات خطيرة، مثل:

- **التسمم الحاد:** يحدث نتيجة تناول كميات كبيرة من المبيدات خلال فترة قصيرة.
- **التأثيرات المزمنة:** يمكن أن يؤدي التعرض المستمر لكميات صغيرة من المبيدات إلى تراكمها في الجسم، مما يسبب مشكلات صحية طويلة الأمد، مثل:
  - اضطرابات الجهاز العصبي
  - ضعف الجهاز المناعي
  - اضطرابات هرمونية وسرطانية

حماية البيئة:

يعد هذا البحث خطوة مهمة نحو تقييم مستوى التلوث البيئي الناتج عن استخدام المبيدات الحشرية في الزراعة، حيث يساعد في:

- **رصد مستويات تلوث التربة والمياه**: يمكن لبقايا المبيدات أن تتسرب إلى التربة والمياه الجوفية، مما يؤثر سلبًا على جودة الموارد الطبيعية.
- **تقليل التأثيرات السلبية على التنوع البيولوجي**: قد تؤثر المبيدات الحشرية على الكائنات غير المستهدفة، مثل النحل والفراشات والحشرات النافعة التي تلعب دورًا مهمًا في التلقيح والتوازن البيئي.
- **وضع استراتيجيات للحد من تأثير المبيدات على البيئة: يمكن** للبيانات الناتجة عن الدراسة أن تسهم في تطوير سياسات زراعية أكثر استدامة، مثل تقليل استخدام المبيدات الكيميائية واستبدالها ببدائل صديقة للبيئة.

تعزيز تقنيات التحليل

تُعد هذه الدراسة خطوة مهمة في تطوير وتحسين تقنيات تحليل بقايا المبيدات الحشرية، ومن أبرز الجوانب التي تعززها:

- استخدام **التقنية الكهروكيميائية** التي تتميز بـ:
  - الدقة والفعالية والحساسية العالية، مما يسمح بالكشف عن كميات ضئيلة جدًا من بقايا المبيدات
  - السرعة في التحليل وتقليل الوقت اللازم للحصول على النتائج مقارنة بالطرق التقليدية
  - تقليل التكلفة وتحسين كفاءة التحليل
  - سهولة الاستخدام وإمكانية التطبيق

دعم السياسات الزراعية

تلعب الدراسات التي تعتمد على تحليل بقايا المبيدات الحشرية في المحاصيل الزراعية دورًا محوريًا في دعم السياسات الزراعية، وذلك من خلال توفير بيانات دقيقة وموثوقة تساعد الجهات المختصة (وزارات الزراعة، هيئات سلامة الغذاء، والمنظمات الدولية) على وضع سياسات وقوانين تحد من استخدام المبيدات الضارة وتضمن سلامة الغذاء للمستهلكين.

وتتمثل أهمية الدراسة في هذا الجانب فيما يلي:

- تعتمد الجهات التنظيمية على تحليل دقيق لبقايا المبيدات لاتخاذ قرارات تحدد الحد الأقصى المسموح به من المبيدات في الأغذية.
- تساعد الدراسة في وضع معايير وضوابط جديدة بشأن الحد من استخدام المبيدات ذات التأثيرات السلبية على **الصحة العامة** والبيئية.
- تعزيز الرقابة على المنتجات الزراعية في الأسواق، حيث توفر الدراسة وسيلة لمراقبة جودة المحاصيل الزراعية المحلية والمستوردة، مما يساعد في ضمان الامتثال للمعايير الصحية.

2.I. أهداف الدراسة

الهدف الرئيسي:

يتمثل الهدف الأساسي للدراسة في تحليل بقايا المبيدات الحشرية في بعض المحاصيل الزراعية باستخدام التقنية الكهروكيميائية، وذلك من أجل تقييم مدى توافقها مع الحدود المسموح بها دوليا. ويساعد هذا التحليل في توفير بيانات دقيقة حول مستوى تلوث المحاصيل بالمبيدات ومدى التزامها بالمعايير الصحية العالمية، مما يساهم في ضمان سلامة الأغذية وحماية الصحة العامة.

الأهداف الفرعية:

- التعرف على الأنواع الأكثر شيوعا من المبيدات الحشرية المستخدمة في الزراعة.
- تحسين طريقة تحليل كهروكيميائية حساسة للكشف عن بقايا المبيدات في المحاصيل.
- مقارنة نتائج التقنية الكهروكيميائية مع الطرق التقليدية المستخدمة في التحليل.
- المساهمة في حماية البيئة والتنوع البيولوجي.
- تقديم توصيات مبنية على البيانات حول الحدود الآمنة لاستخدام المبيدات وتأثيراتها البيئية والصحية.

في دراستنا هذه قسمنا المذكرة الى جزئين:

الجزء النظري وينقسم بدوره الى ثلاث فصول:

الفصل الأول: الإطار العام للدراسة

الفصل الثاني: عموميات حول المبيدات

الفصل الثالث: التقنيات الكهروكيميائية

الجزء العملي فيحتوي على المواد والطرق والنتائج والمناقشة

قائمة المراجع:

1. Katz, J. and C. Winter, *Comparison of pesticide exposure from consumption of domestic and imported fruits and vegetables.* Food and Chemical Toxicology, 2009. **47**(2): p. 335-338.
2. Casida, J.E. and G.B. Quistad, *Golden age of insecticide research: past, present, or future?* Annual review of entomology, 1998. **43**(1): p. 1-16.

الفصل الثاني: عموميات حول المبيدات

1.II. مقدمة:

تُعدّ المبيدات الحشرية إحدى الركائز الأساسية في أنظمة الزراعة الحديثة، حيث تلعب دورًا مهمًا في حماية المحاصيل من الآفات الحشرية التي تهدد الإنتاج الزراعي وجودته . ووفقًا لمنظمة الأغذية والزراعة للأمم المتحدة (FAO)، فإن نحو 20إلى 40% من الإنتاج العالمي للمحاصيل يُفقد سنويًا بسبب الآفات، بما فيها الحشرات، وهو ما يُبرّر الاستعمال المكثف للمبيدات في القطاع الزراعي [1] .

تُعرف المبيدات الحشرية بأنها مواد كيميائية أو طبيعية تُستخدم بهدف قتل أو طرد أو تقليل تأثير الحشرات الضارة التي تُسبب خسائر اقتصادية أو تهديدات صحية.

تصنّف المبيدات الحشرية وفقًا لعدة معايير، منها التركيب الكيميائي مثل: مركبات الفوسفات العضوي، الكربامات، البيرثرويدات، النيونيكوتينويدات، أو حسب طريقة تأثيرها على الحشرة: معدية، ملامسة، تنفسية، أو حسب المصدر: كيميائية، حيوية، نباتية.

وتتنوع طرق استخدامها بين الرش المباشر، المعاملة البذرية، والمعاملة في التربة، إضافة إلى استخدام مصائد حشرية تحتوي على المبيد.

ورغم أهمية المبيدات في زيادة الإنتاج الزراعي وضمان الأمن الغذائي، إلا أن استخدامها غير المنضبط قد يؤدي إلى نتائج عكسية خطيرة تمس الصحة العامة والبيئة. فقد أشارت العديد من الدراسات إلى أن تراكم بقايا المبيدات في التربة والمياه الجوفية قد يسبب اضطرابات بيئية، كما أن التعرض المزمن لبعض المركبات الكيميائية قد يؤدي إلى أمراض مزمنة، مثل السرطان، واضطرابات الغدد الصماء، والتسمم العصبي.[2].

ومع ازدياد الوعي البيئي، بدأ الباحثون والمزارعون على حدّ سواء في البحث عن بدائل أكثر استدامة وأقل خطورة، مثل:

- المبيدات الحيوية المستخلصة من *نباتات أو كائنات دقيقة*.
- تقنيات الإدارة المتكاملة للآفات *(Integrated Pest Management – IPM)*، التي تعتمد على الجمع بين الطرق البيولوجية والكيميائية والفيزيائية للسيطرة على الآفات.

إضافةً إلى ذلك، يُعد تحليل بقايا المبيدات في المنتجات الزراعية والمياه من المواضيع البحثية الحيوية التي تهدف إلى:

- مراقبة مستويات التلوث.
- تقدير مدى السلامة للاستهلاك البشري[3].

لقد أصبح من الضروري اليوم تطوير تقنيات تحليل دقيقة وسريعة لرصد بقايا المبيدات، خاصةً تلك المعتمدة على:

- التحاليل الكهروكيميائية.
- النانوتقنيات.

وذلك لما تمتاز به من:

- حساسية عالية.
- تكلفة منخفضة مقارنة بالطرق التقليدية مثل الكروماتوغرافيا والكتلة الطيفية.

إن الاتجاه نحو استخدام وسائل تحاليل مستدامة يُساهم في:

- تعزيز مبدأ الزراعة الآمنة.
- حماية صحة المستهلك والبيئة على حدّ سواء.

II .2. المبيدات الحشرية:

II .2. 1. نبذة تاريخية عن المبيدات:

لطالما كانت مكافحة الآفات الزراعية من أهم اهتمامات المزارعين عبر العصور، حيث اعتُبرت المبيدات الحشرية من أبرز الأدوات المستخدمة قديمًا وحديثًا لحماية المحاصيل [4] .

مع بداية القرن العشرين، أدى التوسع الزراعي وزيادة الطلب على الغذاء إلى الحاجة لإيجاد حلول سريعة لمقاومة الآفات، فظهرت المبيدات الكيميائية كخيار مثالي من حيث السرعة والتكلفة. نتيجة لذلك ، تطورت صناعة هذه الكيماويات بسرعة كبيرة، محققة قفزة نوعية من الاستخدام التقليدي للمركبات المعدنية إلى ثورة حقيقية في علم كيمياء المبيدات[5] .

شهدت مكافحة الآفات تطوراً ملحوظاً عبر العصور، حيث بدأ الإنسان باستخدام مواد طبيعية مثل الكبريت منذ 1200 ق.م والزرنيخ في القرن الثامن عشر، وفي العصور الوسطى، استُخدم التبغ لمقاومة حشرات النباتات، بينما طور الفرس مبيد البيرثيوم المستخرج من زهور الأقحوان .

وشكّل اكتشاف مادة DDT عام 1874من قبل الكيميائي الألماني زيدلر منعطفاً حاسماً، غير أن تطبيقاتها العملية لم تظهر إلا بعد ستة عقود على يد العالم السويسري مولر الذي نال جائزة نوبل عام 1948 لاكتشافه فعاليتها القاتلة للحشرات الناقلة للأمراض .

أدى النجاح الكبير لـ DDT إلى ثورة في صناعة المبيدات، حيث تضاعف الإنتاج العالمي بشكل لافت من 130 ألف طن عام 1945 إلى مليون طن عام 1965 ثم 18 مليون طن بحلول 1975 [6].

كما تنوعت تركيبات المبيدات لتشمل أكثر من 8000 صنف في ستينيات القرن العشرين ، مما ساهم بشكل حاسم في تعزيز الأمن الغذائي العالمي عبر رفع الإنتاجية الزراعية والحد من الأمراض المنقولة بالحشرات [7].

يعد تحليل بقايا المبيدات الحشرية في المحاصيل الزراعية من المواضيع البحثية المهمة نظرا لتأثيرها المباشر على صحة الإنسان والبيئة. يعتمد نجاح عمليات التحليل على استخدام تقنيات حساسة ودقيقة، ومن أبرزها التقنية الكهروكيميائية التي توفر بديلا فعالا عن الطرق التقليدية مثل الكروماتوغرافيا والطرق الطيفية

في هذا الفصل، سيتم التطرق والتكلم عن المبيدات الحشرية.

II .2. 2. تعريف المبيدات الحشرية:

المبيدات الحشرية هي مواد كيميائية تستخدم للقضاء على الحشرات أو الحد من أعدادها لمنع الأضرار التي تسببها للمحاصيل الزراعية ، تتكون هذه المبيدات من مواد فعالة تعمل على استهداف أنظمة بيولوجية معينة داخل جسم الحشرة [8] هذه المبيدات لها أثر كبير في زيادة الإنتاجية الزراعية بسبب قضائها على الحشرات التي تهاجم المحاصيل الزراعية ، ولكن يجب التعامل معها بحذر لتجنب تأثيراتها السلبية على البيئة وصحة الإنسان [8].

II .2. 3. أساليب استخدام المبيدات:

تختلف طرق تطبيق المبيدات حسب شكلها وطبيعة استخدامها، حيث يجب أن يتناسب الشكل الفيزيائي للمبيد مع طريقة تطبيقه لضمان الفعالية المثلى ويمكن تصنيف طرق الاستخدام الرئيسية كما يلي:

الشكل II- 1: طرق رش المبيدات الزراعية [9]

II .2. 3. 1. مبيدات الرش:

تُعد مبيدات الرش الزراعية من أهم الأدوات لمكافحة الآفات، حيث يجب أن تتميز بقدرة عالية على الثبات والالتصاق بجزيئات التربة لضمان فعاليتها. ولتحقيق ذلك، يتم تعزيزها بمواد حاملة مثل الطلق والطين أو مواد عضوية كالنخالة والنشارة، التي تعمل على زيادة ثباتها ومنع فقدانها بسبب العوامل الجوية كالماء والرياح. كما تساهم هذه الإضافات في تحسين توزيع المبيد وتقليل الجرعات المطلوبة، مع الحفاظ على بيئة التربة وخصوبتها.

II .2. 3. 2. مبيدات الرش الجوي:

تتطلب مبيدات الرش الجوي مواد حاملة خفيفة الوزن لضمان فعاليتها، حيث تعمل هذه الإضافات على: منع التساقط السريع بسبب الجاذبية، وتحسين الانتشار الجوي، وزيادة التصاق الجزيئات بالأسطح النباتية كما تساعد

في تحقيق توزيع متجانس للمبيد عبر مساحات كبيرة، مع الحفاظ على ثباته أثناء عملية الرش، مما يضمن وصوله للأهداف المرجوة بكفاءة عالية دون إهدار[9] .

II .2. 3. 3. المبيدات المسحوقة:

تُحضر المبيدات المسحوقة للاستخدام الزراعي عبر طحنها ناعماً وإضافة مواد مساعدة مثل الكازئين والصمغ العربي ومشتقات السيليلوز لتعزيز قابليتها للتعليق في الماء تتوافر هذه المبيدات تجارياً بأشكال مختلفة تشمل المسحوق الجاف القابل للتعليق والعجينة المركزة والمستحلب الجاف تعمل المواد المضافة على تحسين توزيع المبيد، منع تكتل الجزيئات، وزيادة ثبات المعلق المائي، مما يضمن التصاقاً أفضل بالأسطح النباتية وفعالية أكبر في مكافحة الآفات، مع مراعاة التوافق مع المكونات الفعالة وعدم الإضرار بالبيئة [9].

II .2. 3. 4. المبيدات الضبابية:

تعد المبيدات الضبابية من الوسائل الفعالة لمكافحة الآفات، حيث تُستخدم بشكل مباشر دون حاجة لتحضير مسبق تعتمد هذه المبيدات في تركيبها أساساً على زيوت خاصة ومحاليل عضوية متطايرة ذات درجة غليان منخفضة، مما يمكنها من الانتشار السريع وتغطية المساحات المستهدفة بكفاءة عالية. وتتميز هذه المبيدات بقدرتها على الوصول للأماكن الضيقة والتصدي للآفات الطائرة، ما يجعلها مثالية لتعقيم المنشآت الزراعية والبيوت المحمية.

يتم تصنيع هذه المبيدات بمواد حاملة مختارة بعناية لضمان ثبات التركيبة وفعاليتها، مع مراعاة معايير السلامة للمستخدمين والتقليل من الآثار البيئية، حيث تتطلب تطبيقاً مدروساً وفق إرشادات دقيقة نظراً لطبيعتها المتطايرة وسرعة انتشارها في الجو [9].

II .2. 3. 5. مبيدات التدخين:

تتمثل مبيدات التدخين في مسحوق خشبي مشبع بنترات البوتاسيوم يحترق ببطء منتجاً دخاناً مبيداً، وتتميز هذه المبيدات بقدرتها الفائقة على اختراق المناطق المخفية وتغطية المساحات الكبيرة ، مما يجعلها مثالية للمناطق المغلقة ، رغم ضرورة اتخاذ إجراءات وقائية صارمة عند استخدامها نظراً لسرعة انتشارها وتأثيرها القوي[9].

II.2. 4. تصنيف المبيدات:

تتميز مبيدات الآفات المتوفر في السوق اليوم بمجموعة متنوعة من التركيب الكيميائي، والمجموعات الوظيفية وطريقة عملها (تأثيرها) وكذا نوع الآفة المستهدفة ... الخ كل هذا ممايجعل تصنيفها معقدا للغاية، وبشكل عام يمكن تصنيفها كالتالي:

1.4.2.II التصنيف حسب الطبيعة الكيميائية للمادة الفعالة:

في وقتنا الحالي يتم تسويق مجموعة كبيرة جدا ومتنوعة من العائلات الكيميائية التي تختلف في الخصائص الفيزيائية والكيميائية، والتي يمكن أن تكون مواد عضوية أو غير عضوية أو بيولوجية (مبيدات الآفات الحيوية).

1.1.4.2.II. مبيدات الآفات الغير عضوية:

تعتبر المبيدات غير العضوية من أقدم أنواع المبيدات التي استخدمها الإنسان في مكافحة الآفات، حيث يعود استخدامها إلى ما قبل ظهور الكيمياء العضوية. تعتمد هذه المبيدات في تركيبها على عناصر معدنية بسيطة مثل الكبريت والنحاس وكلورات الصوديوم، والتي أثبتت فعاليتها في مقاومة الحشرات والأعشاب الضارة والفطريات. وعلى الرغم من تراجع استخدام معظم هذه المركبات حالياً بسبب ظهور البدائل العضوية الأكثر تطوراً، إلا أن بعضها مثل خليط بوردو (مزيج من كبريتات النحاس والكالسيوم) ما زال يستخدم في الزراعة العضوية تحت إشراف وضوابط صارمة. تمثل هذه المبيدات مرحلة مهمة في تطور أساليب المكافحة الزراعية، حيث شكلت الأساس الذي بنيت عليه تقنيات مكافحة الآفات الحديثة.

2.1.4.2.II.المبيدات الآفات العضوية:

2.1.4.2.II.أ. المبيدات العضوية الفسفورية (OPS):

تندرج هذه المركبات ضمن مجموعة كبيرة تعرف باسم السموم العصبية ، والتي تتميز بسرعة تحللها في البيئة وعدم ثباتها لفترات طويلة ، مما جعلها بديلا للمركبات العضوية الكلورية [10] . ومع ذلك فإنها خطيرة بسبب قدرتها على التسبب في الوفاة عند التسمم الحاد، لا سيما مع سوء الإستخدام. تعمل هذه المبيدات عن طريق تثبيط إنزيم أسيتيل كولينستيراز، المسؤول عن تحطيم الناقل العصبي أستيل كولين في المشابك العصبية. يؤدي هذا التثبيط إلى تراكم الأستيل كولين ، مما يسبب تنبيها مفرطا لمستقبلاته ، وبالتالي أعراض التسمم الحاد [11].

2.1.4.2.II.ب. المبيدات الكرباماتية (carbamates):

تعتبر مبيدات الكارباميت مجموعة مهمة من المبيدات الحشرية المشتقة من إسترات حمض الكاربامیك، وتتميز بقدرتها على مكافحة طيف واسع من الآفات كالحشرات والعناكب والقواقع. تتميز مقارنة بالمبيدات الفوسفورية العضوية بانخفاض سميتها وسرعة تحللها في البيئة، كما تتفوق على المبيدات الكلورية العضوية بعدم تراكمها في السلسلة الغذائية. ورغم فعاليتها، فإنها تتطلب استخداماً حذراً بسبب تأثيراتها المحتملة على الثدييات عند التعرض المفرط، ما يجعلها خياراً متوسطاً بين القوة والسلامة النسبية.

II.2.1.4.2.ج. المبيدات البيريثرويدية (pyrethroids):

تمثل المركبات البيريثرويدية نقطة تحول مهمة في عالم المبيدات نظرا لفعاليتها العالية وانخفاض سميتها النسبية على البشر مقارنة بالمبيدات الأخرى.

يتم استتخلاص هذه المركبات بشكل طبيعي من نبات الأقحوان، كما يتم تصنيعها مخبريا لتعزيز خصائصها. تعمل هذه المبيدات عن طريق استهداف قنوات الصوديوم العصبية في الحشرات ، مما يؤدي إلى تعطيل الجهاز العصبي [12] .

نبات الأقحوان

الشكل II- 2: نبات الأقحوان

II.2.1.4.2.د. المبيدات النيكوتينويدية (Neonicotinoids) :

مبيدات النيونيكوتين والتي تسمى أيضا بـ Neonicotinyls أو Chloronicotines هي فئة جديدة من المبيدات الحشرية كانت أسباب نجاح هذه المجموعة من المبيدات هو انتقائيتها وفعاليتها القصوى في معالجة الآفات المفصلية، انخفاض سميتها للأسماك والثدييات، تعداد استخداماتها في طريقة التطبيق، تشير الخصائص الكيميائية لمبيدات النيونيكوتين إلى قابليتها للذوبان في الماء وقدرتها على التراكم في البيئة [13] .

II.2.4.2. التصنيف حسب الهدف:

تصنف المبيدات الزراعية حسب الكائن المستهدف إلى ثلاث أنواع رئيسية تشمل:

II .1.2.4.2. مبيدات الأعشاب:

تُشكل مبيدات الأعشاب أكثر المبيدات استخداماً عالمياً، حيث تُستخدم على نطاق واسع في كافة المحاصيل الزراعية لمقاومة الحشائش الضارة. تضم هذه المبيدات مجموعات كيميائية متنوعة تشمل الفينوكسيدات، التريازينات، الأميدات، مشتقات الدينيتروأنيلين، اليوريا... والتي تتفاوت في آليات عملها ومدى تأثيرها، مما يجعلها أداةً حيوية في الزراعة الحديثة لضمان إنتاجية المحاصيل وجودتها.[14]

II .2.2.4.2. مبيدات الفطريات:

تُعرف مبيدات الفطريات بأنها مركبات كيميائية أو طبيعية تُستخدم لمكافحة الأمراض النباتية التي تسببها الفطريات. وتشمل أنواعاً رئيسية مثل المبيدات غير العضوية (كبريتات النحاس)، والعضوية (التريازولات)، والحيوية (المستخلصات النباتية). يتطلب استخدامها معرفة دقيقة بنوع الفطر المسبب للمرض واختيار المبيد المناسب مع مراعاة الجرعة الصحيحة وتوقيت التطبيق لضمان الفعالية وتجنب ظهور سلالات مقاومة.**[15]**

II .3.2.4.2. مبيدات الحشرات:

المبيدات الحشرية هي مواد كيميائية أو بيولوجية تُستخدم لمكافحة الحشرات الضارة التي تهدد المحاصيل الزراعية، وتتسبب في خسائر اقتصادية كبيرة. تُستخدم هذه المبيدات في الزراعة والصحة العامة، لكن يجب التعامل معها بحذر لتجنب الآثار الجانبية على البيئة وصحة الإنسان، مثل التلوث أو ظهور سلالات حشرية مقاومة [16] .

II.3.4.2. التصنيف حسب آلية العمل:

يوجد مبيدات تؤثر على الجهاز العصبي ، ومبيدات تؤثر على عملية النمو والتطور، كما هناك مبيدات تؤثر على الجهاز الهضمي ، و مبيدات تؤثر على تكوين الطاقة الخلوية ، و مبيدات ذات تأثير فيزيائي أو ميكانيكي ، و مبيدات ذات تأثير جيني أو بيولوجي [17] .

II.4.4.2. التصنيف حسب السمية:

في عام 1975 ، أنشأت منظمة الصحة العالمية **l'OMS** تصنيفًا لمبيدات الآفات وفقًا لسميتها كمعيار للجرعة المميته (LD50) ، هناك 5 فئات من المبيدات تم إنشاؤها والتي تشكل خطرا على البشر [18] :

- **الفئة الأولى:** تتميز مبيدات هذه الفئة بسميتها العالية وأنها شديدة الخطورة، حيث تبلغ الجرعة القاتلة النصفيّة (LD50)عن طريق الفم حوالي **5ملغ/كغ** أو أقل، وعن طريق الجلد حوالي **50 ملغ/كغ** أو أقل، أمثلة: إيثوبروفوس ، باراثيونميثيل .

- **الفئة الثانية:** تتميز مبيدات هذه الفئة بأنها خطيرة، حيث تتراوح الجرعة القاتلة النصفية (LD50) عن طريق الفم بين **5إلى 50 ملغ/كغ**، وعن طريق الجلد بين **50 إلى 200 ملغ/كغ**، أمثلة: أزينف وسميثيل، ميثوميل.
- **الفئة الثالثة:** تتميز هذه المبيدات متوسطة الخطورة، حيث تتراوح الجرعة القاتلة النصفيّة (LD50) عن طريق الفم بين **50 إلى 2000 ملغ/كغ**، وعن طريق الجلد بين **200إلى 20000 ملغ/كغ**، أمثلة: DDT، amitraz، acephate .
- **الفئة الرابعة**: تعد مبيدات الفئة الرابعة ذات خطورة معتبرة، حيث تبدأ الجرعة القاتلة النصفية (LD50) عن طريق الفم والجلد أكثر من 2000 ملغ/كغ، أمثلة: أترازين، هيكساك ونازول.
- **الفئة الخامسة**: هذه المبيدات من الممكن أن تشكل خطرا، حيث تبدأ الجرعة القاتلة النصفية (LD50) عن طريق الفم والجلد من 5000ملغ/كغ، أمثلة: propamocarb، mancozeb ، chlorothalonil ، carbendazim .

II .2. 5. فترة سلامة المحاصيل:

II .2. 1.5. فترة الأمان: هي الفترة الزمنية المطلوبة بين آخر رشة مبيد والحصاد أو الاستهلاك، لضمان تحلل المتبقيات السامة وتجنب أضرارها الصحية [19] .

II .2. 2.5. زمن بقاء المبيدات: يُعرف هذا المفهوم بأنه الفترة الزمنية التي يفقد خلالها المبيد 95% من فعاليته تحت الظروف الطبيعية. يتأثر هذا الزمن بعوامل متعددة، مثل نوع المبيد وتركيبه الكيميائي، وخصائص التربة، ومستوى الرطوبة، ودرجة الحرارة، بالإضافة إلى حركة الرياح وطريقة التطبيق. يعد فهم زمن بقاء المبيدات أمرًا ضروريًا لتحديد مدى فعاليتها وتأثيرها البيئي، مما يساعد في اختيار الأنسب حسب الظروف الزراعية والبيئية [20] .

وتقسم المبيدات على حسب فترة طول بقائها في البيئة إلى:

- مبيدات ذات العمر القصير وهي التي يستمر وجودها أو تأثيرها من 1-12أسبوعا.
- مبيدات ذات العمر المتوسط وهي التي يستمر وجودها أو تأثيرها من شهرا-18 شهرا.
- مبيدات ذات العمر الطويل تبقى لأكثر من 24 شهرا.
- مبيدات دائمة البقاء وهي التي تبقى في البيئة إلى ما شاء الله.

II .6.2. تأثير بقايا المبيدات الحشرية:

II .1.6.2. على صحة الإنسان: على الرغم من دور المبيدات في زيادة الإنتاج الزراعي، إلا أنها تشكل خطرا على صحة الإنسان، حيث يمكن أن تتواجد بقاياها في الغذاء وتسبب مشكلات صحية خطيرة. قد تؤدي بعض المبيدات إلى اضطرابات في الجهاز العصبي والتناسلي، وتختلف درجة خطورتها حسب النوع ومستوى التعرض لها. كما أنها قد تشمل الأعراض البسيطة كالصداع واضطرابات الهرمونات مما يؤدي إلى اختلالات في الغدد الصماء [21].

II .2.6.2. على البيئة: تخلف بقايا المبيدات الحشرية تأثيرات بيئية خطيرة، حيث تساهم في تلوث التربة والمياه والهواء، مما يؤدي إلى اضطراب التوازن الطبيعي. عند امتصاص التربة لهذه المواد الكيميائية قد تتأثر خصوبتها وتتراجع جودة المحاصيل الزراعية على المدى الطويل. كما أن تسرب المبيدات إلى مصادر المياه سواء جوفية أو سطحية يشكل تهديدا للحياة المائية ويؤدي إلى تدهور جودة المياه المستخدمة للشرب والري [22].

II .3.6.2. على المحاصيل الزراعية: تأثير بقايا المبيدات حشرية على المحاصيل الزراعية تمثل قضية مهمة في مجال الزراعة، يمكن أن تكون لهذه البقايا آثار سلبية متعددة، سواء على المحاصيل نفسها أو البيئة المحيطة بها. قد تتراكم بقايا المبيدات في التربة، مما يؤثر على جودة المحاصيل والكائنات الحية الدقيقة في التربة، مما يقلل من خصوبتها وإنتاجها ويؤثر على نمو المحاصيل. مع الاستخدام المفرط للمبيدات قد يؤدي إلى تطوير الآفات (الحشرات) إلى مقاومة ضدها ، مما يجعل المكافحة أكثر صعوبة ويقلل من فعالية المبيدات[23] .

II .2. 7. مستحضرات (أشكال المبيدات المتداولة):

المستحضر هو شكل المبيد الناتج عن عمليات تصنيع عديدة تسمح بتوفير المادة الفعالة بشكل يعطيها فعالية بيولوجية عالية في مقاومة الآفة ويسمح بتسويق اقتصادي للمبيد. وهناك العديد من أنواع المستحضرات منها [24]:

II .1.7 .2. مركز قابل للاستحلاب (EC): وهو سائل لا يذوب في الماء، فيها نسبة المادة الفعالة مرتفعة.

II .2.7 .2. مسحوق قابل للبلل (WP): عبارة عن مسحوق جاف مكون من حبيبات متناهية الصغر لا تذوب بالماء وتبقى معلقة بحيث يجب حل الكمية المطلوبة بكمية قليلة من الماء تصبح مثل العجينة ثم يتم تجفيفها تدريجيا.

II .3.7 .2. مسحوق قابل للذوبان (SL): وهو ببساطة سائل يذوب عند وضعه في الماء ويتوزع بشكل متماثل.

II .2. 4.7. مسحوق قابل للذوبان (SP): وهو عبارة عن مسحوق يذوب عند مزجه وتحريكه بالماء.

II .2. 5.7. المركزات المعلقة (SC): وهي عبارة عن جزيئات متناهية الصغر ومعلقة داخل سائل تنتشر عند مزجها بالماء فتعطي توزيعا جيدا وتلتصق بالأوراق عند رشها.

II .2. 6.7. حبيبي قابل للبلل (WG): وهي من أفضل المستحضرات العالمية حيث أنها تمتاز بالذائبية العالية وسهولة القياس وتقاس عن طريق الحجم مثل السوائل.

قائمة مراجع الفصل الثاني

المراجع الاجنبية:

1. FAO, *The state of food and agriculture 2020. Overcoming water challenges in agriculture.* Roma, 2020.
2. Mostafalou, S. and M. Abdollahi, *Pesticides and human chronic diseases: evidences, mechanisms, and perspectives.* Toxicology and applied pharmacology, 2013. **268**(2): p. 157-177.
3. Köhler, H.-R. and R. Triebskorn, *Wildlife ecotoxicology of pesticides: can we track effects to the population level and beyond?* science, 2013. **341**(6147): p. 759-765.
7. Organization, W.H., *Code international de conduite pour la distribution et l'utilisation des pesticides: directives pour l'homologation des pesticides*, in *Code international de conduite pour la distribution et l'utilisation des pesticides: directives pour l'homologation des pesticides*. 2010.
10. LINE, 2008.
11. Levario-Carrillo, M., et al., *Relation between pesticide exposure and intrauterine growth retardation.* Chemosphere, 2004. **55**(10): p. 1421-1427.
12. Amalraj, A. and A. Pius, *Photocatalytic degradation of monocrotophos and chlorpyrifos in aqueous solution using TiO2 under UV radiation.* Journal of Water Process Engineering, 2015. **7**: p. 94-101.
13. Elbert, A., et al., *Applied aspects of neonicotinoid uses in crop protection.* Pest Management Science: formerly Pesticide Science, 2008. **64**(11): p. 1099-1105.
14. Benziane, A., *Effet d'un régime enrichi en chlorpyrifos chez le rat wistar: etude de l'activité enzymatique des cholinestérases comme indicateur biologique*. 2014, Thése de master, université Telemsane. 51p.
15. Cairns, T. and J. Sherma, *Emerging strategies for pesticide analysis*. Vol. 1. 1992: CRC press.
16. d'agropharmacie, R.d.n., *Chimie, eau, techniquesagricoles, Forêts », Tour Europe, 92080 Paris la défense CEDEX07, .* 1983.
17. WHO‹, *The WHO recommended classification of pesticides by hazard. And guidelines to classification.* 2019.
18. Aktar, W., Sengupta, D., &Chowdhury, A, *Impact of pesticides use in agriculture: their benefits and hazards.*

InterdisciplinaryToxicology. (2009).

19. Özkara, A., D. Akyıl, and M. Konuk, *Pesticides, environmental pollution, and health.* Environmental health risk-hazardous factors to living species, 2016. **4**(1): p. 1-27.
20. Oh, D.S., W.K. In, and T.H. Chun. *Structure of turbulent flow in subchannel of rod bundle downstream of spacer grid with hybrid flow mixing device*. in *International Conference on Nuclear Engineering*. 2002.
22. Mateo-Sagasta, J., M. Al-Hamdi, and K. AbuZeid, *Water reuse in the Middle East and North Africa: a sourcebook. In Arabic*. 2023: IWMI.

المراجع العربية:

4. بلقط ،آسيا، دراسة بيوكيميائية و نسيجية للتأثير السمي على الفئران لمبيد السيبرمثرين المستعمل في الزراعة بمنطقة سطيف. 2018.
5. دقة، ب.ع.ا.م.أ.، المكافحة المتكاملة الزراعية *IPM* و بدائل المبيدات الكيماوية بقطاع غزة. مذكرة لنيل شهادة الماجستير. 2006.
6. زاير، م.د.ي.م.، التطورات السياسية في اليمن 1918-1962م (دراسة تاريخية Journal of Imam). Al-Kadhum College, 2023. **7**(2).
8. بلقطآسيا، تحليل بقايا المبيدات في النباتات وتأثيراتها على الكائنات الحية – أطروحة دكتوراه،قسم علم الأحياء وبيئة النبات،جامعة فرحات عباس، سطيف 1. 2020.
9. الرفاعي، ب.ع.ا.، ، مدرب التقنيات الصباغية في الاتحاد العربي للصناعات النسيجية وغرفتي صناعة دمشق وحلب.
21. آسيا، ب.، دراسة بيو كيميائية ونسيجية للتأثير السمي على الفئران لمبيد السيبرمترين المستعمل في الزراعة بمنطقة سطيف - مذكرة ماجستير في بيولوجيا وفيزيولوجيا النبات ، جامعة فرحات عباس سطيف (2010) ص 3-8

23. الحسني، د.ح.ب.د.ب.س.، مبيدات الآفة الزراعية و قوانينها - مدير مركز بحوث وقاية النبات 2022.
24. الخرابشة، م.ف.ا.م.ع.، المبيدات الزراعية الكيماوية. جامعة الدول العربية . 2020.

الفصل الثالث: التقنيات الكهروكيميائية

1.III. مقدمة:

تُعد الكيمياء الكهربائية أحد فروع الكيمياء التي تدرس التفاعلات التي تحدث على أسطح الأقطاب الكهربائية. تشمل هذه الأقطاب المعادن وأشباه الموصلات مثل الغرافيت، بالإضافة إلى المحاليل الأيونية مثل (الإلكتروليت). ويُعتبر هذا العلم من المجالات الأساسية التي تبحث في التحويل المتبادل بين الطاقة الكيميائية والطاقة الكهربائية، وذلك من خلال تفاعلات الأكسدة والاختزال(redox) ، التي تُعد جزءاً رئيسياً ومهماً في العديد من التفاعلات الكيميائية. [1] [2]

تحدث هذه التفاعلات داخل **الخلية الكهروكيميائية**، وهي وعاء يُستخدم في التحليل الكهروكيميائي لتوليد التيار الكهربائي والطاقة الكهربائية عبر تفاعلات كهروكيميائية. يتم خلالها انتقال الإلكترونات بين قطبي الخلية (الآنود والكاثود)، مما يؤدي إلى تحويل الطاقة الكيميائية إلى طاقة كهربائية. [3]

تتميز طرق التحليل الكهربائي بأنها **انتقائية، وسريعة، وحساسة، وبسيطة الاستخدام، ومنخفضة التكلفة**، كما أنها تقنيات سهلة، وتتمتع بحدود تحديد واكتشاف منخفضة للغاية. وقد تم استخدام تقنيات التحليل الكهربائي على نطاق واسع للكشف عن المعادن والجزيئات العضوية وغير العضوية، مثل: المبيدات الحشرية، والأدوية، والملوثات البيئية، والمواد المضافة إلى الأغذية، والإنزيمات في العينات الغذائية أو البيولوجية أو البيئية، وكذلك في مستحضرات الأدوية التجارية . [4]

سنتناول في هذا الفصل **أشهر الطرق الكهروكيميائية بصفة عامة، والطريقة الفولتمترية بصفة خاصة**.

2.III. التقنيات الكهروكيميائية:

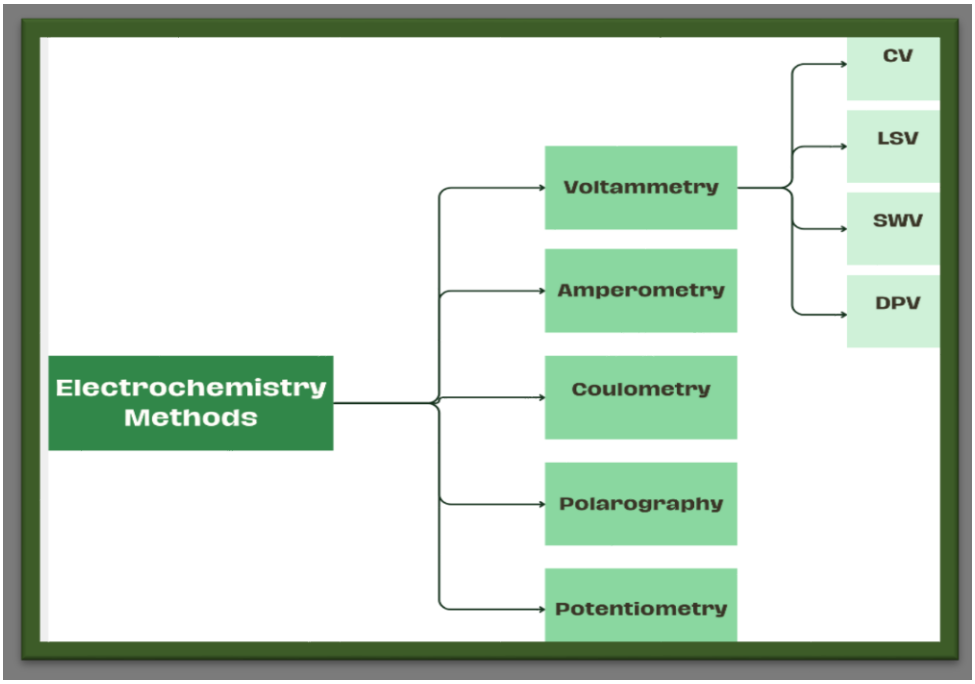
1.2.III. تعريف التقنيات الكهروكيميائية:

تشير **الكيمياء الكهروكيميائية** إلى مجموعة من الأساليب أو الطرق التي تُستخدم لدراسة وتحليل التفاعلات الكيميائية التي تنطوي على انتقال الإلكترونات، أي التفاعلات التي تحدث نتيجة للتغيرات الكهربائية. تُستخدم هذه التقنيات في مجالات متعددة، مثل :**التحليل الكيميائي، البطاريات، أجهزة الاستشعار، والكشف عن الملوثات مثل المبيدات**.

تعتمد **التقنيات الكهروكيميائية** على قياس التغيرات الكهربائية الناتجة عن **تفاعلات الأكسدة والاختزال** التي تحدث للمركبات في المحاليل. وتتميز هذه الطرق بـ **حساسيتها العالية** و**انخفاض تكلفتها** مقارنة بالطرق التقليدية.

III.2.2. الطرق الكهروكيميائية:

تنقسم الطرق الكهروكيميائية إلى عدة تقنيات منها:



الشكل III- 1:طرق التحليل الكهربائي لتحديد المبيدات الحشرية في عينات الأغذية.

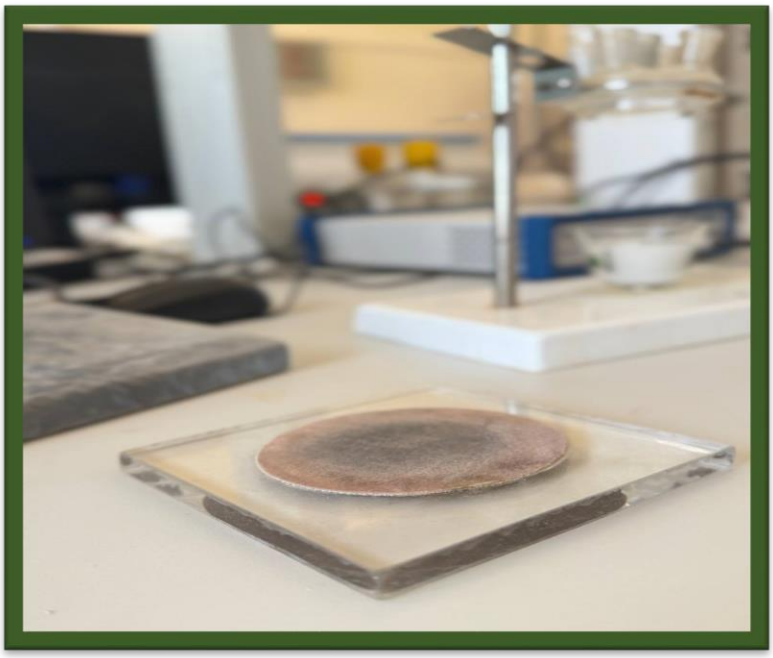
III.2.2.1. الطريقة الفولتمترية (Voltammetry Method):

III.2.2.1.1. تعريف الطريقة الفولتمترية:

تعد التقنيات الفولتامترية من الأساليب التحليلية الكهروكيميائية الأساسية التي تعتمد على قياس العلاقة بين التيار الكهربائي والجهد المطبق. تعتمد هذه التقنيات على استخدام ثلاثة من الأقطاب الكهربائية وهي:

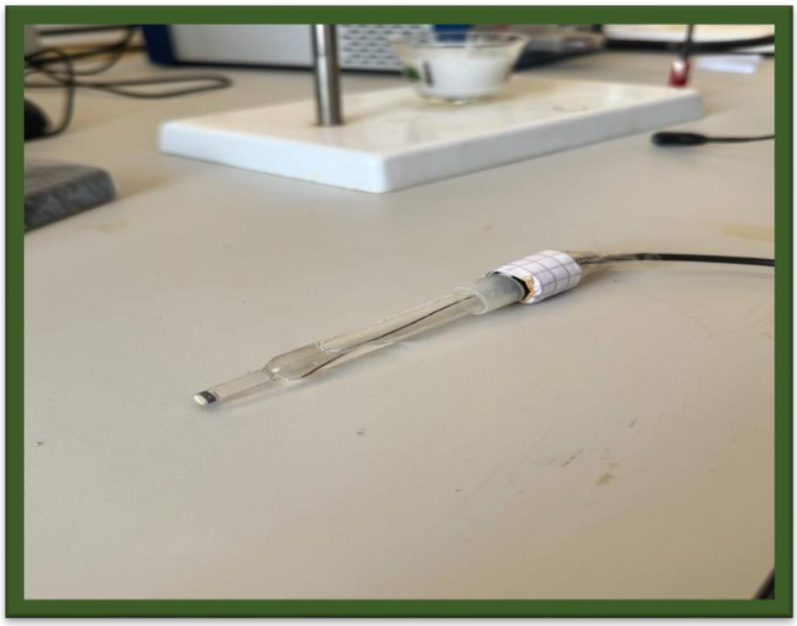
قطب العمل: وهو عبارة عن اسطوانة من الكربون الزجاجي قطره 3 مم، ينظف بعد كل عملية باستعمال ورق خاص، ثم يغسل بالماء المقطر ويجفف باستعمال ورق.

الشكل III- 2: قطب العمل لجهاز الفولتامتري.



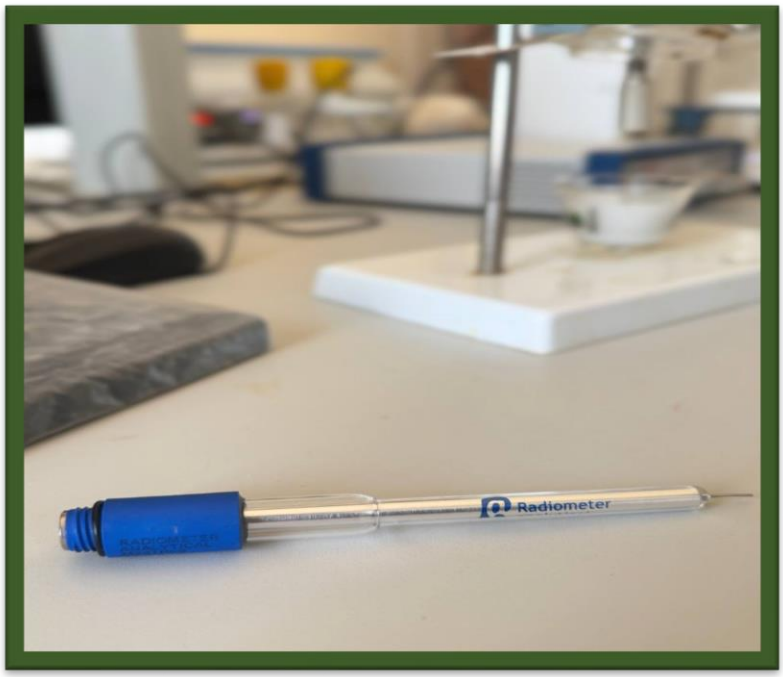
الشكل III- 3: ورق خاص بتنظيف قطب العمل.

القطب المرجعي: هو قطب من الكالومال المشبع بكلوريد البوتاسيوم (KCl) .

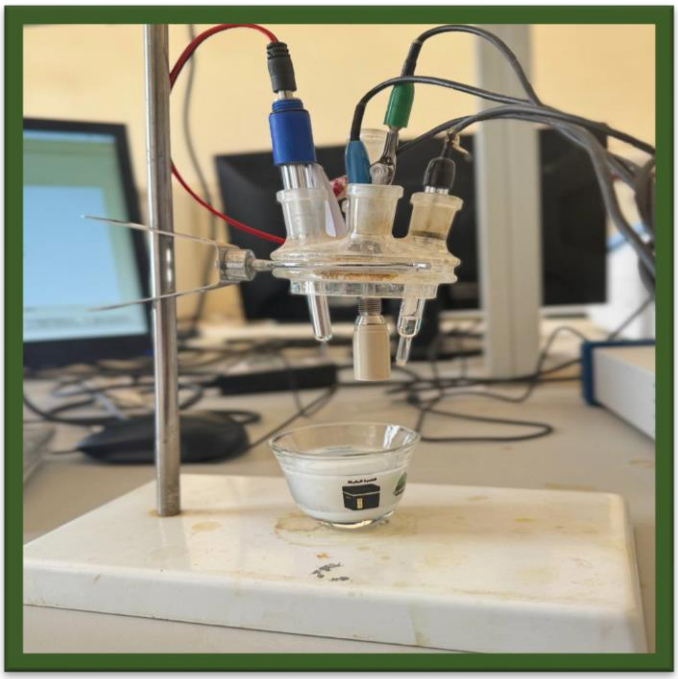


الشكل III- 4: قطب الكالومال (Hg/Hgcl).

القطب المساعد: وهو عبارة عن سلك من مادة خاملة (البلاتين) وقطره 0.5 سم.



الشكل III- 5: القطب المساعد من البلاتين.



الشكل III- 6: خلية فولتمترية ذو ثلاثة أقطاب.

III .2.1.2.2. أنواع الطريقة الفولتمترية:

تنقسم الطرق الفولتمترية إلى أربع طرق نذكر منها:

III.2.2.1.2.1. الفولتمتري الحلقي (CV):

أ) تعريف (CV):

يُعد التحليل الفولتامتري الحلقي من التقنيات الكهروكيميائية الأساسية التي تجمع بين الدقة والكفاءة في دراسة التفاعلات الكيميائية. تعتمد هذه الطريقة على تطبيق جهد كهربائي متغير بشكل دوري بين قيمتين محددتين، مع مراقبة التيار الناتج عن العمليات الأكسدية والاختزالية على سطح القطب الكهربائي، والذي يكون في الغالب من نوع القطب الزئبقي المعلق.

كما يُستخدم (CV) كأحد الأساليب الكهروكيميائية المتقدمة في تحليل متبقيات المبيدات الزراعية. ويتم الاعتماد في هذه التقنية على مستشعرات نانوية حساسة قادرة على كشف تراكيز متناهية الصغر من المبيدات تبدأ من 4 نانوغرام/لتر. يمكن لتحليل الفولتاموغرامات الدورية أن يكشف عن آلية التفاعلات الكهروكيميائية للمبيدات الحشرية، حيث يوفر بيانات دقيقة حول خصائص التفاعل عند القطب الكهربائي . [5]

ب) **مميزات (CV) :**

يتميز التحليل الفولتامتري الحلقي بمرونته وسرعته في توفير البيانات التحليلية الدقيقة، أي بقدرته على الاعتماد على سعة مسح الجهد، حيث يمكن رفع هذه السعة إلى مستويات عالية جدًا. كما تتميز هذه الطريقة بحساسيتها العالية التي تصل إلى 25.4 ميكروأمبير لكل نانوغرام، مع قدرة تمييزية عالية تجاه المواد المزاحمة مثل المعادن الثقيلة ومركبات الفوسفات. تُجرى الاختبارات على العينات النباتية بنسبة دقة تزيد عن 85%، مما يجعلها من الأدوات التحليلية الموثوقة في مجال الرصد البيئي ومراقبة الجودة في القطاع الزراعي.

ج) تطبيقاتها (CV):[6]

- تستعمل للحصول على بعض المعلومات النوعية كطبيعة التفاعلات الكيميائية، ونادرًا ما تُستخدم للحصول على معلومات كمية.
- تستعمل لتحديد عدد الإلكترونات المتنقلة في التفاعل الكهروكيميائي.
- البحث عن المواد المقاومة لصدأ (التآكل يكون نتيجة لسلسلة من التفاعلات الكهربائية والكيميائية).
- إنتاج أنواع جديدة من البطاريات التي يمكنها تخزين كميات كبيرة من الطاقة.

III.2.2.1.2.2. الفولتامتري النبضي التفاضلي(DPV):

أ) تعريف (DPV):

تقنية الفولتامتريالنبضية التفاضلية (DPV) هي عبارة عن آلية قياس متطورة تعتمد على أخذ قراءتين للتيار خلال كل نبضة جهدية، القراءة الأولى قبل تطبيق النبضة لتسجيل تيار الشحن الأساسي، والقراءة الثانية عند نهاية النبضة لتسجيل تيار الانتشار الممزوج بتيار الشحن، بطرح القيمتين يتم التخلص من تيار الشحن بشكل فعال، مما يرفع حساسية التقنية بشكل ملحوظ لتصل إلى حدود الكشف حتى 10^{-8}مولار. تعتمد هذه الطريقة على تحليل الفروق الدقيقة في الاستجابة التيارية، حيث تنتج إشارات كهروكيميائية على شكل قمم واضحة تتناسب مع تركيز المادة المختزلة أو المؤكسدة. تتفوق هذه التقنية في قدرتها على عزل إشارة الانتشار الكهروكيميائي الناتج عن التفاعل المراد دراسته، مع تقليل تأثير التداخلات الكهروكيميائية وتحسين نسبة الإشارة إلى الضجيج بشكل كبير، مما يجعلها أداة مثالية للتحاليل الدقيقة ودراسة التراكيز المنخفضة جداً في مختلف التطبيقات البحثية والصناعية. [7]

ب)مميزات (DPV):

- **حساسية عالية جداً**: تصل إلى مستويات كشف منخفضة تبلغ حوالي10^{-8} مولار، مما يمكنها من رصد التراكيز الشحيحة.

- **قدرة فصل فائقة:** يمكنها فصل القمم الكهروكيميائية التي يقل فرق جهودها عن 50مل فولت .
- **نتائج دقيقة:** تنتج إشارات على شكل قمم متناظرة وسهلة التفسير الكمي.
- **تطبيقات واسعة:** مناسبة لتحليل المعادن، المركبات العضوية، المواد البيولوجية والعينات البيئية.
- **سرعة التحليل:** توفر نتائج سريعة مقارنة ببعض التقنيات الكهروكيميائية الأخرى.
- **كفاءة عالية:** تستهلك كمية قليلة من العينة وتوفر بيانات موثوقة.
- **مرونة في التطبيق:** تصلح للدراسات الحركية وتحديد الثوابت الكهروكيميائية.

ج) تطبيقات (DPV):[7]

- دراسات الحمض النووي والبروتينات.
- التحاليل الجنائية والطب الشرعي.
- مراقبة جودة في الصناعات الكيميائية.
- كشف المبيدات والمواد الضارة.

III.3.2.1.2.2. الفولتامتري ذو الموجه المربعة (SWV):

أ) تعريف (SWV):

هي إحدى **التقنيات الكهروكيميائية الأكثر تطوراً**، حيث تعتمد على **تطبيق موجات مربعة من الجهد** تتألف من نبضات متعاكسة الاتجاه (مهبطية ومصعدية). يتم خلال كل دورة **قياس التيار مرتين**:

- الأولى عند **النبضة الأمامية (المهبطية)**.
- والثانية عند **النبضة الخلفية (المصعدية)**.

ثم يتم **حساب الفرق بين القراءتين** لإنتاج **إشارة تفاضلية نقية** .تُعرض النتائج على شكل **منحنى فولتاموجرامي** يظهر كقمة واضحة، مما يوفر:

- **حساسية استثنائية** تصل إلى مستوى **النانومولار**.
- و**قدرة فائقة على التمييز** بين الإشارات المتقاربة .[7]

ب)مميزات (SWV):[5]

تقنية كهروكيميائية دقيقة وسريعة لتحليل المواد العضوية وغير العضوية، تتميز بـ:

- حساسية فائقة تتفوق على معظم الطرق الكهروكيميائية.
- قدرة على تحليل عينات معقدة التركيب.
- سرعة ودقة في النتائج مع زمن تحليل قصير.

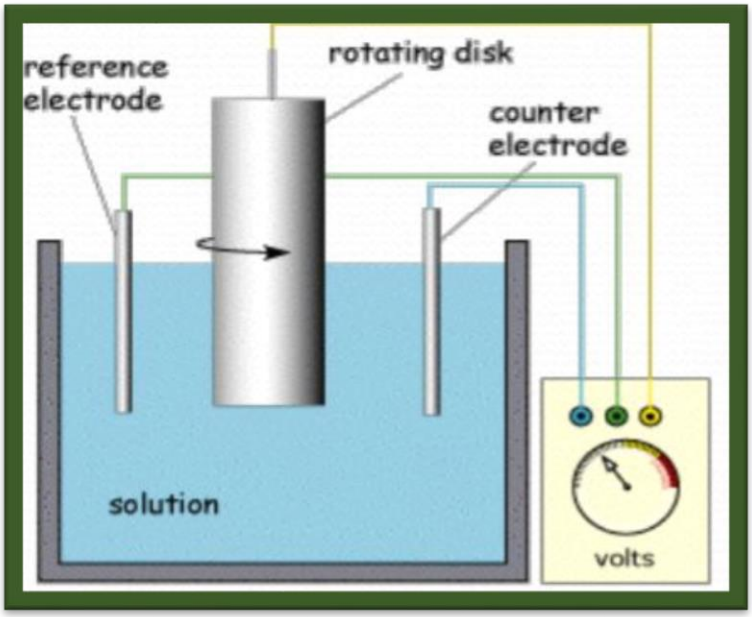
ج) تطبيقات (SWV):[8]

- مراقبة الملوثات (معادن ثقيلة – مبيدات).
- تحاليل طبية (هرمونات - مؤشرات حيوية) .
- رقابة غذائية وصناعية.

III.2.2.2. الطريقة الأمبيرومترية (Amperometry Method):

III.2.2.2.1. تعريف الطريقة الأمبيرومترية:

تُعتبر تقنية الأمبيرومتري تطويراً خاصاً للتقنيات الفولتامترية، حيث تعتمد على مبدأ قياس التيار عند جهد ثابت بدلاً من مسح مجال جهدي كامل كما في الفولتامتريا التقليدية. يتم في الأمبيرومتري اختيار جهد عمل ثابت، عادةً ما يكون جهد القمة أو جهد منتصف الموجة للمادة المراد تحليلها، مما يجعلها أشبه بالقياس الطيفي عند طول موجي محدد (λmax) مقارنةً بالمسح الطيفي الكامل. تبرز أهمية هذه التقنية في تحاليل التراكيز للمواد المعروفة مسبقاً، حيث توفر سرعة ودقة في القياس، خاصة عند اقترانها بأساليب تحريك المحلول مثل الأقطاب الدوارة (RDE) لضمان تجديد سطح القطب. بينما تبقى الفولتامتريا الأداة الأمثل للكشف الأولي عن المواد وتحليل خصائصها الكهروكيميائية عبر المنحنيات الفولتامترية الشاملة. [7]



الشكل III- 7:خلية الأمبيرومتر باستعمال القطب الدوار. [7]

III.2.2.2.2. مميزات الطريقة الأمبيرومترية:

- ملائمة للرصد المستمر والتحليل الآلي.
- إمكانية الاقتران مع الأنظمة التدفق المستمر.
- سرعة والدقة في القياسات الكمية.

III.2.2.2.3. استخدامات الطريقة الأمبيرومترية:

تُستخدم تقنية الأمبيرومتري على نطاق واسع في التحاليل الكيميائية والطبية، حيث تعمل ككاشف دقيق في أجهزة الـ HPLC لقياس الفيتامينات والمركبات الحيوية عبر تغيير الجهد المسلط ليتناسب مع كل مركب، كما أسهمت في تطوير حساسات

طبية وبيئية متقدمة مثل حساسات الأكسجين والجلوكوز، التي تتميز بدقتها العالية وإمكانية تصغيرها، مما جعلها أدوات أساسية في الرصد الطبي والبيئي والصناعي .[7]

III.2.2.3. الطريقة الكالومترية (Coulometry Method):

III.2.3.2.1. تعريف الطريقة الكالومترية:

يُعتبر التحليل الكولومتري أحد أهم التقنيات الكهروكيميائية التحليلية، والتي تعتمد على قياس كمية الشحنة الكهربائية (عدد الإلكترونات) اللازمة لإتمام عملية الأكسدة أو الاختزال الكاملة للمادة المراد تحليلها. [4]

تتميّز هذه الطريقة بأنها تعتمد على ثوابت فيزيائية أساسية معروفة بدقة عالية، مثل ثابت فاراداي، مما يُلغي الحاجة إلى معايرة الأجهزة أو استخدام معايير خارجية .حيث تعتمد هذه التقنية على مبدأ أساسي يتمثل في العلاقة المباشرة بين كمية الكهرباء المستهلكة وكمية المادة التي خضعت للتفاعل الكهروكيميائي، مما يوفر نتائج موثوقة ودقيقة للعديد من التطبيقات التحليلية في المجالات العلمية والصناعية المختلفة.

الشكل III- 8جهاز الكالومتر. [7]

III.2.2.3.2. مميزات الطريقة الكالومترية:

- الدقة العالية :تعتمد على ثوابت فيزيائية أساسية (مثل ثابت فاراداي)، مما يضمن نتائج موثوقة.
- لا تتطلب معايير خارجية أو محاليل قياسية.
- أسرع من الطرق الوزنية التقليدية، حيث لا تحتاج إلى وزن النواتج.
- تصلح لتحليل التراكيز المنخفضة جداً.
- قابلة للتشغيل الآلي بالكامل.
- يمكن تحليل مادة معينة في وجود مواد أخرى.
- لا تحتاج لعمليات فصل مسبقة في كثير من الحالات.

III.2.2.3.3. استخدامات الطريقة الكالومترية:[7]

- قياس محتوى المعادن في السبائك والمواد المعدنية.
- تحليل الأملاح والمركبات الغير عضوية.
- تقدير نسبة الكلور في مياه الشرب.
- مراقب عمليات طلاء الكهرباء.
- مراقبة جودة المياه في محطات المعالجة.

III.3. الدراسات السابقة حول استخدم التقنيات الكهروكيميائية في تحليل المبيدات:

دراسة 1: أُجريت الدراسة في مخبر تثمين وتكنولوجيا الموارد الصحراوية (VTRS) التابع لجامعة الوادي، وهدفت إلى تحليل متبقيات المبيدات في **الحليب التجاري** باستخدام تقنية **الفولطامترية بالموجة المربعة (SWV)**.

جُمعت العينات من حيوانات مختلفة (الماعز والبقر) ومن مناطق متعددة، مع التركيز على المبيدات الشائعة في المنطقة، وهي Sancorat وShirpa.

أظهرت النتائج وجود متبقيات لمبيد Sencorat في عينات الحليب المُحلَّلة، مع تفاوت تركيزه باختلاف نوع الحليب والمنطقة الجغرافية.

في المقابل، لم يُسجَّل أي أثر لمبيد Shirpa في جميع العينات. [9]

دراسة 2: في دراسة حديثة، تم استخدام أقطاب معدنية معدلة بجسيمات الذهب النانوية للكشف الكهروكيميائي عن مبيد **الميثيل بارا ثيون(Methyl Parathion)** ، وهو أحد مبيدات الفوسفات العضوي.

وقد تم تعديل سطح القطب الذهبي باستخدام تقنية **الترسيب الكهروكيميائي** لجسيمات الذهب النانوية. أظهرت الأقطاب المعدلة كفاءة عالية في الكشف، مع مستويات جيدة من **الانتقائية** و**الاستقرار**، وقد طُبقت الطريقة بنجاح على **عينات حقيقية من الفواكه والخضروات**.[10]

دراسة 3: هدفت هذه الدراسة إلى **مقارنة** بين التقنية الكهروكيميائية وتقنية **الكروماتوغرافيا الغازية(GC)** من حيث **الكفاءة التحليلية** عند تحليل مبيدات الفوسفات العضوي.

أظهرت النتائج وجود **تقارب في الدقة** بين الطريقتين، إلا أن التحليل الكهروكيميائي تميز بـ:

- **سرعة الإنجاز**
- **بساطة الإجراءات**
- **أدوات وتجهيزات أقل تكلفة وتعقيدًا**، مقارنةً بتقنيةGC ، التي تتطلب تجهيزات دقيقة وخطوات فصل معقدة. [10]

دراسة 4: في دراسة حالة لمبيد ميثيل باراثيون باستخدام قطب كربوني معدل بطبقة طينية، أظهرت النتائج وجود نظامين متميزين: نظام قابل للعكس بزوج من قمم الأكسدة والاختزال (0.03 V و0.00V)، ونظام غير قابل للعكس بذروة اختزال واحدة عند 0.60 V -. لوحظت زيادة تدريجية في شدة القمم القابلة للعكس مع تكرار المسح، مما يشير إلى تراكم المواد على سطح القطب. كما بينت النتائج أن النظام القابل للعكس ينشأ كنتيجة للنظام غير القابل للعكس، حيث ظهر فقط بعد تشكل الذروة الكاثودية الثانية. توضح هذه الدراسة قدرة التقنية الكهروكيميائية في تحليل سلوك المبيدات الحشرية وتفاعلاتها على الأسطح المعدلة .[11، 12]

قائمة مراجع الفصل الثالث:

المراجع الأجنبية:

1. Harris, W.H. and J.S. Levey, *The new Columbia encyclopedia.* (No Title), 1975: p. 155p.
6. Granqvist, C.G., *Handbook of inorganic electrochromic materials*. 1995: Elsevier.
8. Scholz, F. and A. Bond, *Electroanalytical methods: guide to experiments and applications.* 2002: p. 121,123,125p.
10. Chang, H.-W., et al., *Electrochemical organophosphorus pesticide detection using nanostructured gold-modified electrodes.* Sensors, 2022. **22**(24): p. 9938.
11. Zen, J.-M., J.-J. Jou, and A.S. Kumar, *A sensitive voltammetric method for the determination of parathion insecticide.* Analytica Chimica Acta, 1999. **396**(1): p. 39-44.
12. Zoski, C.G., *Handbook of electrochemistry*. 2006: Elsevier.

المراجع العربية:

2. سليمان، ع.ا .،ف.ح. كمال، أساسيات الكيمياء الفيزيائية.
3. الكباش، د.ع.م.أ.، الكيمياء التحليلية: المفاهيم الأساسية في التحليل التقليدي والآلي. 2012: العبيكان للنشر.
4. طرق التحليل الكهروكيميائي. السعودية: المؤسسة العامة للتعليم الفني والتطوير المهني.
5. علولو، ص.، بحث التحليل الفولطامتري النبضي لبعض مضادات السكري في مستحضراتها الصيدلانية مذكرة دكتوراه في الكيمياء التحليلية . كلية العلوم بجامعة حلب. 2013.
7. الغامدي، أ.ب.ح.، كتاب طرق التحليل الكهروكيميائية. قسم الكيمياء جامعة الملك سعود الرياض السعودي.
9. خديجة، ط .ر. نسرين، تحديد متبقيات المبيد في الحليب التجاري بإ ستعمال تقنية فولطامتري الموجة المربع. مذكرة ماستر أكاديمي في الكيمياء العضوية التحليلي. جامعة الوادي، 2013-2014.

الفصل الرابع: المواد والطرق

1.IV. موقع الدراسة:

1.1.IV. موقع الدراسة للمنتوج الزراعي:

تم تحديد منطقة الدراسة في بلدية المقرن بولاية الوادي، وهي منطقة فلاحية تقع شمال ولاية الوادي جنوب شرق الجزائر، على بُعد حوالي 45 كلم من مركز الولاية. تقع بين بلديتي الجديدة وسيدي عون، ويقطنها حوالي 4000 نسمة. تُعدّ المنطقة من أبرز المناطق المنتجة للطماطم، وتعتمد في زراعتها على نظام الري بالتنقيط باستخدام المياه الجوفية، نظرًا للطبيعة الصحراوية الجافة التي تتميز بها. المناخ فيها حار صيفًا ومعتدل شتاءً، مع هطول مطري ضعيف لا يتجاوز 100 ملم سنويًا.

تتميّز الزراعة في هذه المنطقة بالاستخدام المكثف للمبيدات الفطرية والحشرية؛ وبناءً عليه تم اختيار هذه المنطقة كأرضية مناسبة لدراسة بقايا المبيد في محصول الطماطم.

الشكلIV- 1 الموقع الجغرافي لمنطقة المقرن.

2.1.IV. المزروعات المعنية بالدراسة:

تم اختيار المحصول الزراعي (الطماطم) المزروع في المستثمرة الفلاحية خلال الموسم الزراعي 2025. ونظرًا للإنتاج الوفير لمنتج الطماطم على مستوى هذه البلدية، والذي يُغطي تقريبًا جميع أسواق الولاية، فقد تم استهداف هذا المحصول لدراستنا.

الشكل IV- 2 :تمثل الصورة أحد البيوت البلاستيكية المزروعة بمنتوج الطماطم لمستثمرة فلاحية

3.1.IV. المبيدات المعنية بالدراسة:

تضمّ الدراسة مجموعةً متنوعةً من المبيدات الحشرية والفطرية التي تمَّ رشُّها على محصول الطماطم، وذلك بالاعتماد على المعلومات المقدمة من صاحب المستثمرة.

كما تمَّ جمعُ بياناتِ المبيدات الحشرية والفطرية من خلال البطاقة التعريفية الخاصة بكل مبيد والمصرّح بها من قبل الشركة المصنعة، وهي كالتالي:\

IV.1.3.1. مبيد سيربا (CYRPA):

المادة الفعالة : السيرميثرسين

الصيغة الجزيئية : $C_{22}H_{19}Cl_2NO_3$

العائلة الكيميائية : البيرثويدات

الكتلة المولية : 416.30غ/مول

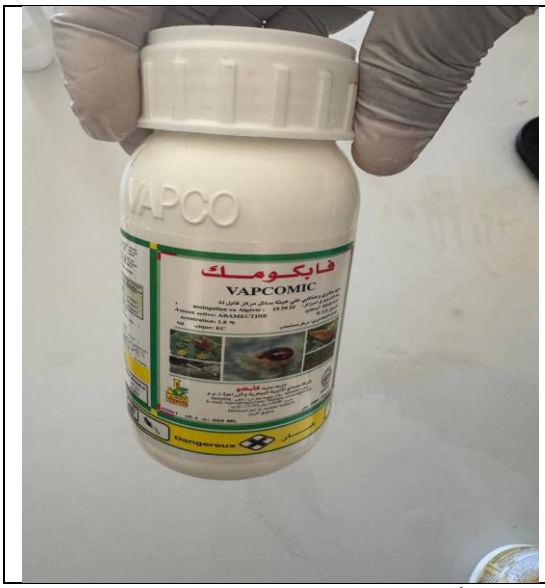
التركيز الكتلي :250غ/ل

فترة الأمان :3-7 أيام

نوع المبيد: مبيد فطري

الشكل IV- 3 :البطاقة التقنية لمبيد سيربا .

IV.2.3.1. مبيد فابكومك (VAPCOMIC):



المادة الفعالة: أبامكتين

الصيغة الجزيئية:$C_{48}H_{72}O_{14}$

العائلة الكيميائية: اللاكتونات الحلقية

الكتلة المولية : 859.1غ/مول

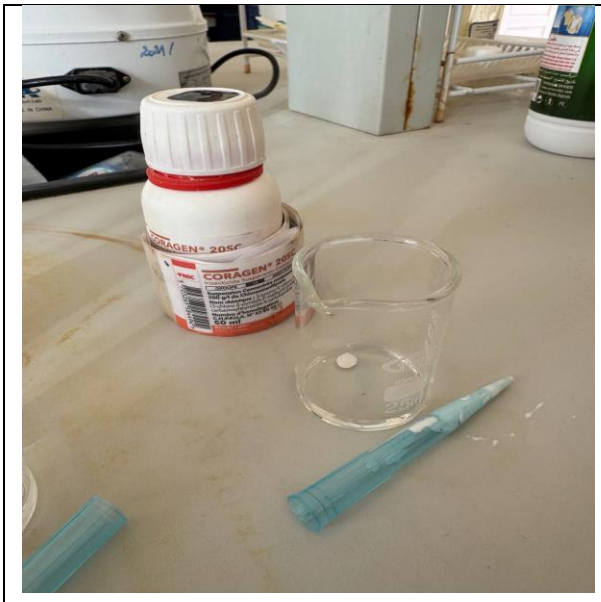
التركيز الكتلي: 18غ/ل

فترة الأمان: 10 أيام

نوع المبيد: مبيد حشري

الشكل IV- 4 :البطاقة التقنية لمبيد فابكومك

3.3.1.IV. مبيد كوراجين (CORAGEN):



المادة الفعالة: كلورانترانيليبرول

الصيغة الجزيئية:
$C_{18}H_{14}BrCl_2N_5O_2$

العائلة الكيميائية: أنثرانيلاميدات

الكتلة المولية : 483.14غ/مول

التركيز الكتلي: 200غ/مول

فترة الأمان: 1-3 أيام

نوع المبيد: مبيد حشري

الشكل IV- 5 :البطاقة التقنية لمبيد كوراجين

4.3.1.IV. مبيد لازر (LAZER) :

المادة الفعالة: بيريميكارب

الصيغة الجزيئية: $C_{11}H_{18}N_4O_2$

العائلة الكيميائية: كارابامات

الكتلة المولية : 238.29غ/مول

التركيز الكتلي: 10%

فترة الأمان: 7-14 يوم

نوع المبيد: مبيد حشري

الشكل IV- 6 :البطاقة التقنية لمبيد لازر

IV.5.3.1. مبيد تيرازول (TERAZOLE) :

المادة الفعالة: هيكمسازول **الصيغة الجزيئية:** $C_4H_5NO_2$ **العائلة الكيميائية:** اوكسازول **الكتلة المولية :** 99.09غ/مول **التركيز الكتلي:** 300غ/ل **فترة الأمان:** 7-14 يوم **نوع المبيد:** مبيد فطري	

الشكلIV- 7 :البطاقة التقنية لمبيد تيرازول

2.IV. المواد الكيميائية والأدوات المستعملة:

1.2.IV. المواد الكيميائية:

- مذيب عضوي ايثانول (Ethanol).
- محلول الكتروليتي من KCl (0.1 M).
- ماء منزوع الأيونات.
- ثنائي ميثيل السلفوكسيدDMSO
- الأسيتونتريل.
- **Chlorantraniliprole**
- **Cyperméthrine**
- **Abamectin**
- **Pirimicarbe**
- **Hyméxazol**

2.2.IV. الأدوات والأجهزة المستعملة:

- دورق حجمي (250مل).
- خلاط مغناطيسي مع تسخين.
- ورق ترشيح.
- حوجلة عيارية (1000 مل،50مل،100مل).
- قارورات زجاجية (150مل).
- بيشر (600مل،25مل).
- ماصة دقيقة أوتوماتيكية(1000ميكرولتر).
- قمع زجاجي.
- مخبار مدرج (50مل).
- أقطاب ثلاثية: قطب العمل :زجاج كربوني (GC)، القطب المرجعيAg/AgCl :، القطب المساعد: بلاتين (Pt).

- حمام فوق الصوتي.
- جهاز طرد مركزي.
- ميزان حساس.
- جهاز تحليل كهروكيميائي.

3.2.IV. طريقة تحضير العينات:

تحضير عينات المبيدات الحشرية والفطرية.

1.3.2.IV. طريقة تحضير عينات المبيدات:

تم جلب المادة الفعالة للمبيدات الحشرية والفطرية المراد دراستها بمساعدة من التعاونية الفلاحية متعددة النشاطات (الواحات) من محطة المعهد الوطني لحماية النباتات

1.1.3.2.IV. تحضير **Chlorantraniliprole**:

أ) تحضير المحلول الأم (Stock Solution):

نزن بدقة 1 mg من Chlorantraniliprole، ثم نذبه في 2.07مل من DMSOثم نضيف إليه الماء المنزوع الايونات إلى الخط العياري (استعمال حوجلة 1 لتر) للحصول على محلول بتركيز 1مل مول/لتر (1000 µmol/L).

ب)التخفيف المتسلسل للوصول إلى التركيز النهائي:

- خذ 100 µLمن المحلول الأم (1 mM) وأضف إليها الماء منزوع الأيونات إلى غاية الخط العياري 100 mL نحصل على محلول بتركيز 1 µmol/L.
- خذ 1 mL من هذا المحلول وضعه في حوجلة 100 mL وأضف إليها الماء منزوع الأيونات إلى غاية خط العياري نحصل على محلول بتركيز 10 nmol/L
- خذ 1mL من هذا المحلول وضعه في وضعه في حوجلة 100 mL وأضف أليها الماء منزوع الأيونات إلى غاية خط العياري تحصل على تركيز

$0.1\ nmol/L = 10^{-4}\ \mu mol/L.$

ملاحظات مهمة:

❖ يجب أن يحتوي المحلول النهائي على نسبة صغيرة جداً من المذيب العضوي DMSO 2%لتجنب تأثيره على النتائج.

❖ ينصح بتحضير المحلول قبل التحليل مباشرة لضمان الاستقرار.

IV.2.1.3.2. تحضيرCyperméthrine :

- الاسم العلمي: Cyperméthrine.
- الكتلة المولية: 416.3 mol/g.
- يحضر بنفس الطريقة السابقة.

IV.3.1.3.2. تحضير Pirimicarbe

يحضر بنفس الطريقة السابقة.

IV.4.1.3.2. تحضير Abamectin:

أ) تحضير المحلول الأم:

نزن بدقة 0.873 mg من Abamectin ونضعها في حوجلة عيارية 1 لتر إذابة الكمية في 1مل إيثانول، ثم نضيف الماء المنزوع الايونات إلى غاية الخط العياري نتحصل على محلول بتركيز 1مل مول/لتر (1000 µmol/L).

ب) التخفيف المتسلسل للوصول إلى التركيز النهائي:

- خذ 100 µL من محلول (1 mM) وضعها في حوجلة عيارية 100 ml ضف الماء المنزوع الايونات إلى غاية الخط العياري إذا تركيز هو 1 µmol/L.
- خذ 1 ml من هذا المحلول وضعه في حوجلة عيارية 100ml ضف الماء المنزوع الايونات إلى غاية الخط العياري 100 ml تركيز 10 nmol/L.
- خذ 1 ml من هذا المحلول وضعه في حوجلة عيارية 100 ml ضف الماء المنزوع الايونات إلى غاية ا لخط العياري 100 ml نحصل على تركيز مساوي

.0.1 nmol/L = 10^{-4} µmol/L

ملاحظات مهمة:

- Abamectinحساس للضوء، يجب تحضير المحلول في أنبوب بني أو محمي من الضوء.
- تأكد من أن تركيز المذيب العضوي لا يتجاوز 2%–1في المحلول النهائي.

.5.1.3.2.IV تحضير Hyméxazol:

أ) تحضير المحلول الأم:

الكتلة المولية لـ Hyméxazol 1127g/mol.

نزن 1.271 mgمن Hymexazolالنقي ونضعها في حوجلة عيارة سعتها 1 لتر

نضف كمية قليلة جدا من الايثانول حتى ذوبان المادة، ثم أضف الماء المنزوع الايونات إلى غاية الخط العياري. نحصل على محلول بتركيز

.1 mM (1000 µmol/L)

ب) التخفيف للوصول إلى 10^{-4} µmol/L:

- نأخذ 100 µLمن المحلول الأم (1 mM)وضعها في حوجلة سعتها 100 mlضف الماء المنزوع الايونات إلى غاية الخط العياري. التركيز المتحصل عليه مساوي 1µmol/L.
- نأخذ 1 ml من هذا المحلول وضعه في وضعها في حوجلة سعتها 100 ml ضف الماء المنزوع الايونات إلى غاية الخط العياري. التركيز المتحصل عليه مساوي .10 nmol/L
- نأخذ 1 mlمن هذا المحلول وضعه في وضعها في حوجلة سعتها 100 mlضف الماء المنزوع الايونات إلى غاية الخط العياري. التركيز المتحصل عليه مساوي .10^{-4} µmol/L 0.1 nmol/L

ملاحظات مهمة:

Hyméxazol قابل للذوبان في الماء و الإيثانول ، لذلك يمكن استخدام كلاهما.

2.3.2.IV. طريقة تحضير عينات الطماطم:

1.2.3.2.IV. جمع العينات:

– لجمع العينات لبد من بعض الاحتياطات من أجل السلامة والمتمثلة في ارتداء قفازات بلاستيكية والكمامة أثناء جمع عينات الطماطم المقطوفة.

– تم أخذ العينات على عدة مراحل وفق فترات زمنية كالتالي (بعد 2 أيام من الرش، بعد 4أيام، بعد 6 أيام، بعد8 أيام، بعد 10 أيام، بعد 15 يوم، بعد 20 يوم).

– نقل العينات من المستثمرة الفلاحية إلى مخبر الكلية العلوم الدقيقة بجامعة الشهيد حمة لخضر - الوادي - وهذا من أجل الكشف عن بقايا المبيدات.

الشكلIV- 8: صورة ملتقطة من المستثمرة الفلاحية لجلب عينات الطماطم وكذلك العينات في المخبر

IV.2.2.3.2. تحضير عينات الطماطم:

IV.2.2.3.2.1. التحضير الأولي للعينة:

يجب تنظيف حبات الطماطم جيدًا باستخدام الماء المقطر لإزالة الأتربة والأوساخ، ثم تُجفف باستخدام مناديل ورقية معقمة لتقليل التلوث أثناء العملية.

تُقطع الطماطم إلى قطع صغيرة وتُهرس باستخدام خلاط كهربائي للحصول على لب الطماطم الطازج كما موضحة في الشكل.

تحفظ العينة في ثلاجة تحت درجة حرارة -3 درجة مئوية إلى حين الاستعمال.

الشكلIV- 9: طماطم بعد الهرس.

IV.2.2.3.2.2. الاستخلاص:

أ) **المذيب المستخدم** :يتم اختيار الميثانول كمذيب عضوي نظرًا لقدرته العالية على إذابة المركبات العضوية.

في هذا السياق، يتم إضافة 20مل من الميثانول لكل 10غرامات من لب الطماطم المهروس. يُفضل استخدام ميثانول عالي النقاء (HPLC grade) لضمان خلوه من الشوائب التي قد تؤثر على التحليل.

ب) **التحريك والإذابة** :يتم خلط الميثانول مع اللب المهروس بشكل جيد باستخدام جهاز الخلط لضمان توزيع المذيب بشكل متجانس على المركبات الفعالة داخل اللب.

الشكلIV- 10: مهروس الطماطم أثناء الخلط.

ج) المعالجة بالموجات فوق الصوتية: يتم وضع العينة في جهاز حمام فوق صوتي لضمان تعزيز عملية الاستخلاص . تعمل الموجات فوق الصوتية على تفكيك الهياكل الخلوية للطماطم وبالتالي تحسين نقل المادة الفعالة إلى المذيب.

يتم تعريض العينة للموجات فوق الصوتية لمدة 15دقيقة عند درجة حرارة الغرفة (20–25°C).

يتم ضبط الجهاز على تردد مناسب يتراوح بين 20إلى 40كيلو هرتز.

3.2.2.3.2.IV. فصل الأجزاء الصلبة عن السائلة:

أ) **الطرد المركزي** :بعد معالجة العينة بالموجات فوق الصوتية، تُوضع في جهاز الطرد المركزي لفصل الجزيئات الكبيرة المتبقية من المادة السائلة . يتم استخدام سرعة 4000دورة في الدقيقة (rpm)لمدة 10 دقائق.

يُستخدم أنبوب طرد مركزي مخصص لهذه العملية ويتم فحص الراشح بدقة بعد الطرد.

ب) **الترشيح** :لضمان إزالة أي جزيئات صلبة عالقة، يتم ترشيح السائل عبرورق ترشيح ناعم جدًا أو باستخدام قمع ترشيح مع فلتر دقيق.

يتم ترشيح السائل في دورق حجمي أو أنابيب اختبار نظيفة للحصول على محلول صافٍ.

4.2.2.3.2.IV. تركيز العينة:

تم استعمال جهاز التبخير الدوار لتبخير الإيثانول. تحفظ العينة في الثلاجة إلى غاية الاستعمال.

الشكلIV- 11: جهاز التبخير الدوار.

أ) **إعادة إذابة المادة** :بعد تبخير المذيبات، ويُذاب المتبقي الجاف في 10مل من محلول داعم KCl 0.1 M مشبع ، وبـ pH = 7.0 لضمان استقرار المحلول.

يجب أن يتم تحريك المحلول جيدًا باستخدام جهاز خلط لتحقيق التجانس الكامل.

3.IV. النتائج والمناقشة:

في هذا الجزء تم الكشف والتحليل عن المبيدات الحشرية والفطرية بالطريقة الفولتمترية الحلقية وهي درا سة كيفية فقط لا دراسة كمية.

1.3.IV. الطريقة الفلطامترية الحلقية:

1.1.3.IV. تحديد الشروط:

أ) سرعة المسح:

تم الاعتماد سرعة المسح وهذا بعد عدة تجارب لكل مبيد التي اسفرت على أحسن سرعة مسح 10mv\s.

ب) درجة الحموضة:

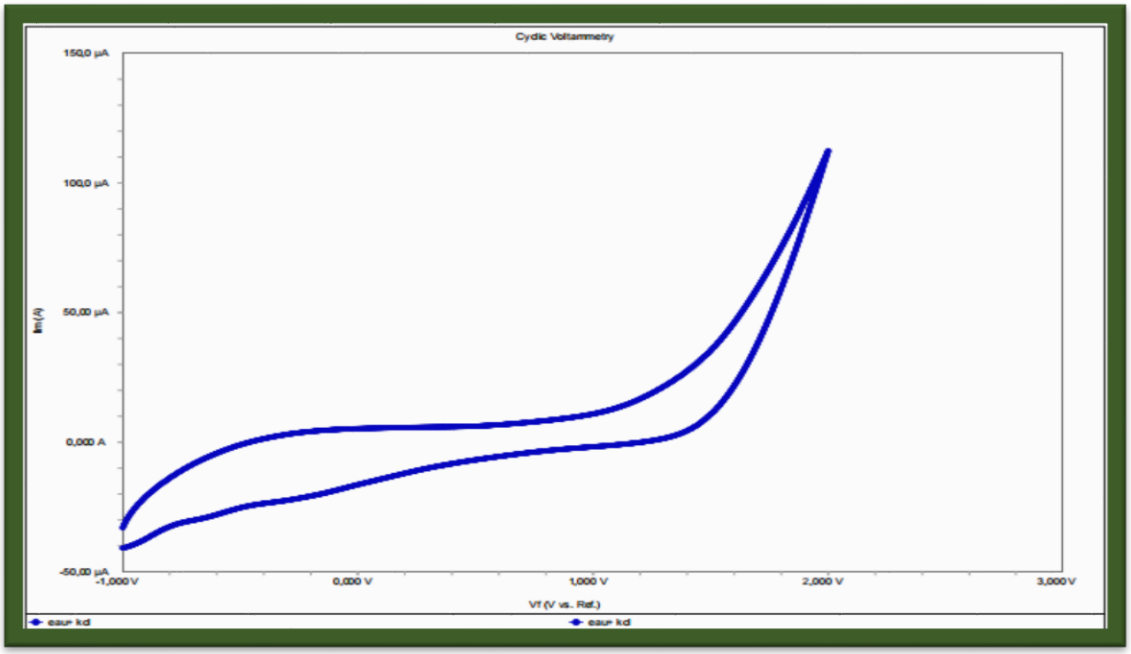
pH=7.

ج) درجة حرارة:

T=25C°.

2.1.3.IV. الدراسة الكهروكيميائية للمبيدات الحشرية والفطرية:

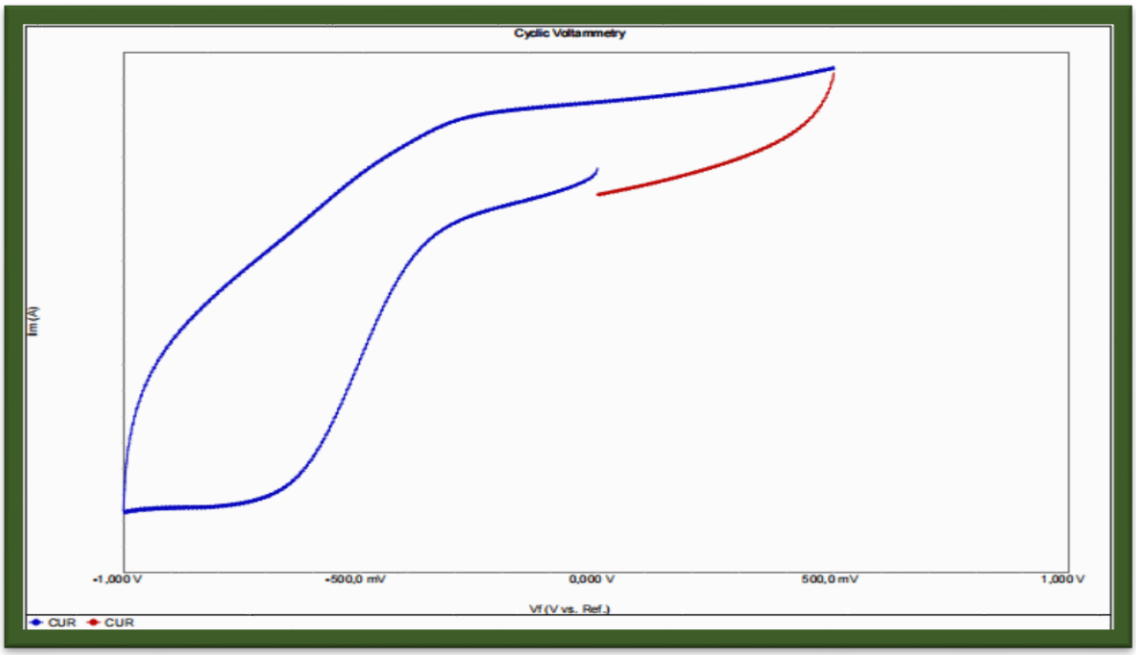
1.2.1.3.IV. دراسة الشاهد (ماء **KCl+** + ثنائي ميثيل السلفوكسيد **:DMSO)**



الشكل IV- 12: منحنى الفولتمترية الدورية لمحلول الشاهد في (0.1M) من KCl وذلك على قطب كربون زجاجي (GCE) عند سرعة المسح 10mv/s و T:25C° و PH:7

يُظهر الشكل عدم وجود أي إشارة أو نبضة للأكسدة ولا للإرجاع على القطب كربون زجاجي (GCE) وهذا عند سرعة المسح = 10 مل فولت/ثانية والمدى الجهد من 0.1- فولت إلى 2+ فولت.

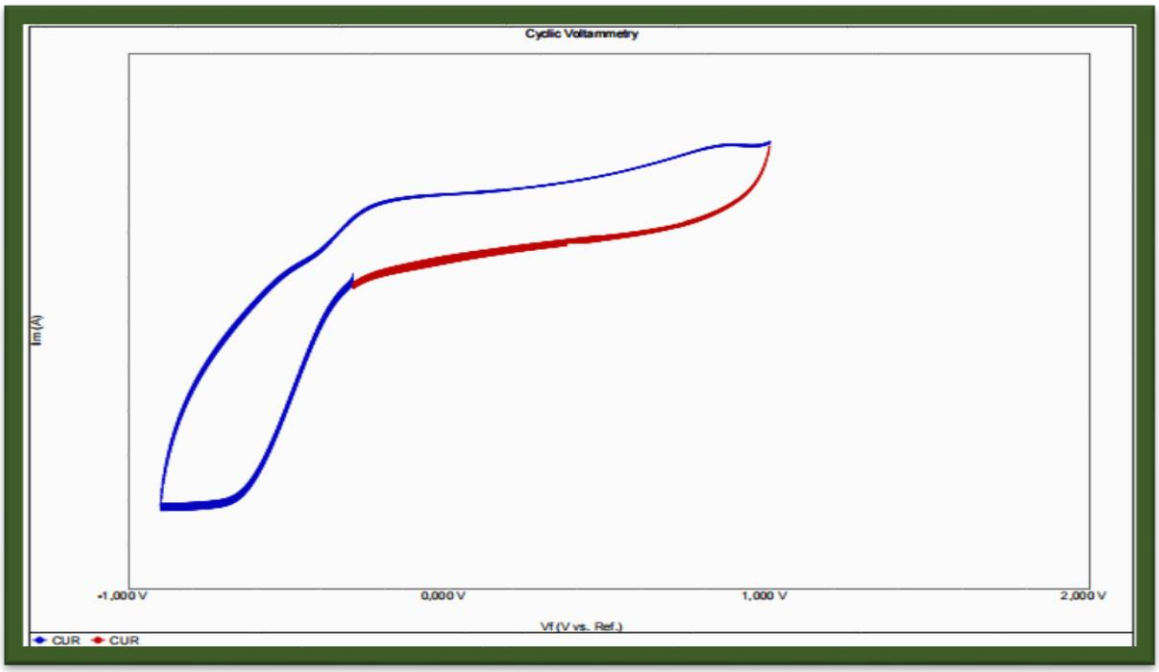
2.2.1.3.IV. دراسة سلوك كهروكيميائي لمبيد Chlorantraniliprole:



الشكل IV- 13: منحنى الفولت مترية الدورية Chlorantraniliprole في (0.1M) من KCl وذلك على قطب كربون زجاجي (GCE) عند سرعة المسح 10mv/s و T:25C° و PH:7

يُظهر الشكل عدم وجود أي إشارة أو نبضة للأكسدة مع وجود نبضة للإرجاع على القطب كربون زجاجي (GCE)وهذا عند سرعة المسح مساوية لـــ 10 مل فولت/ثانية والمدى الجهد من0.1- فولت إلى 0.5+ فولت.

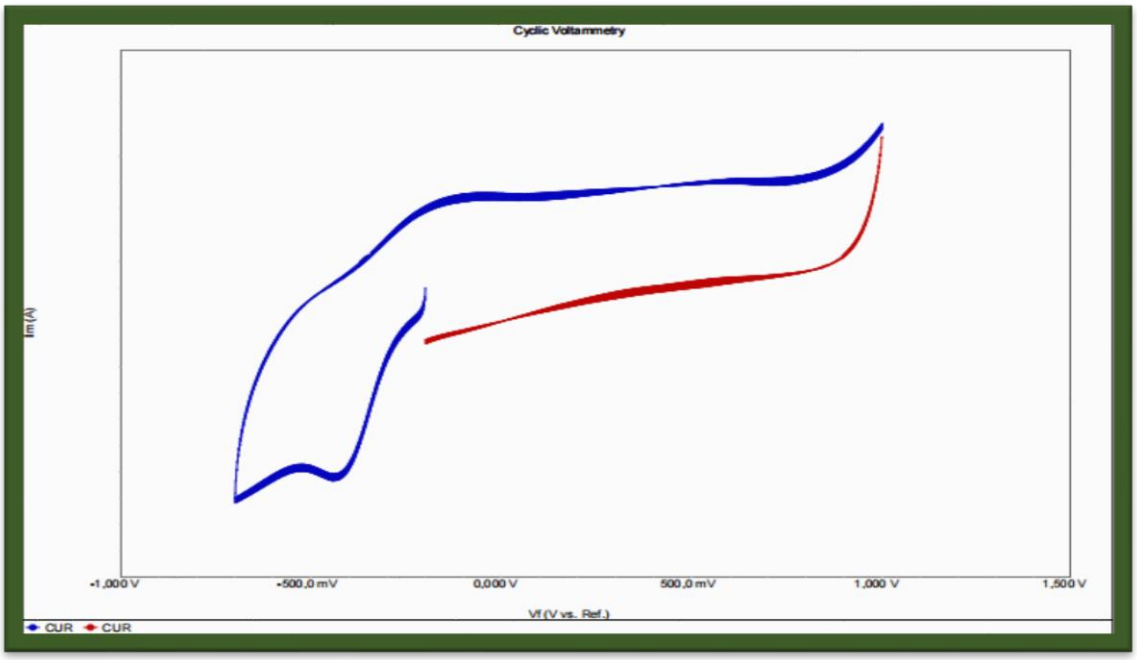
3.2.1.3.IV. دراسة السلوك الكهروكيميائي لمبيد Cypermethrin:



الشكل IV- 14: منحنى الفولتمترية الدورية Cypermethrin في (0.1M) من KCl وذلك على قطب كربون زجاجي (GCE) عند سرعة المسح 10mv/s و T:25C° و PH:7

يُظهر الشكل وجود إشارتين ضعيفتين شبه معدومة للأكسدة مع وجود نبضة للإرجاع على القطب كربون زجاجي (GCE) وهذا عند سرعة المسح مساوية لـــ 10 مل فولت/ثانية والمدى الجهد من0.1- فولت إلى 0.1+ فولت.

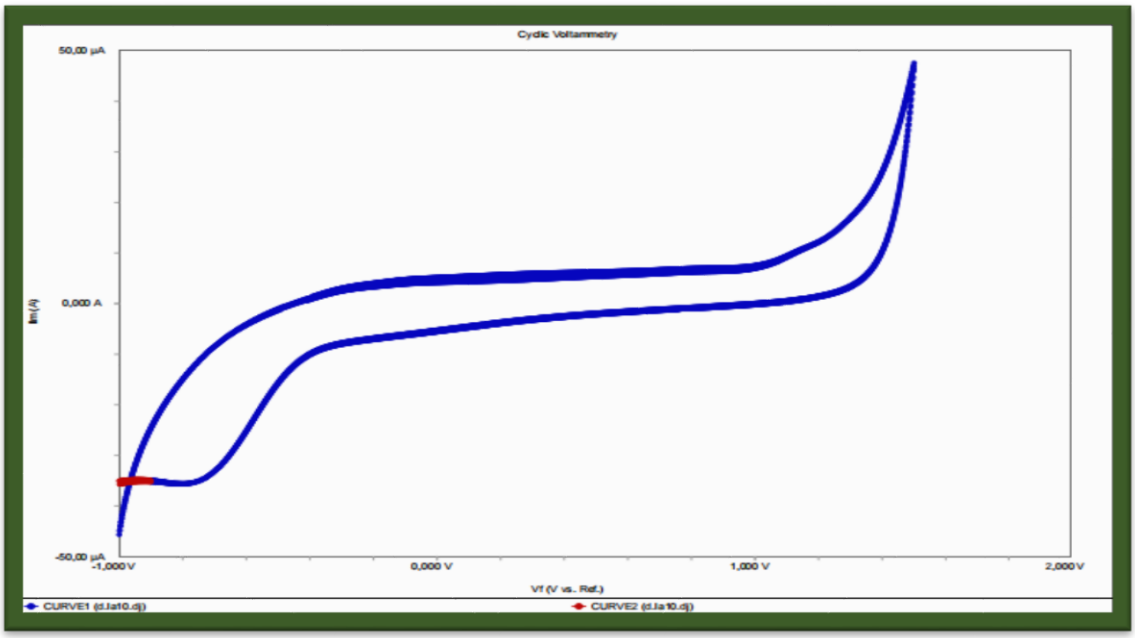
4.2.1.3.IV. دراسة السلوك الكهروكيميائي لمبيد Pirimicarbe:



الشكل IV- 15: منحنى الفولتمترية الدورية Pirimicarbe في (0.1M) من KCl وذلك على قطب كربون زجاجي (GCE) عند سرعة المسح 10mv/s و T:25C° و PH:7

يُظهر الشكل وجود إشارة ضعيفة جدا للأكسدة مع وجود نبضة للإرجاع على القطب كربون زجاجي (GCE)وهذا عند سرعة المسح مساوية لـــ 10 مل فولت/ثانية والمدى الجهد من0.7- فولت إلى 1.0+ فولت.

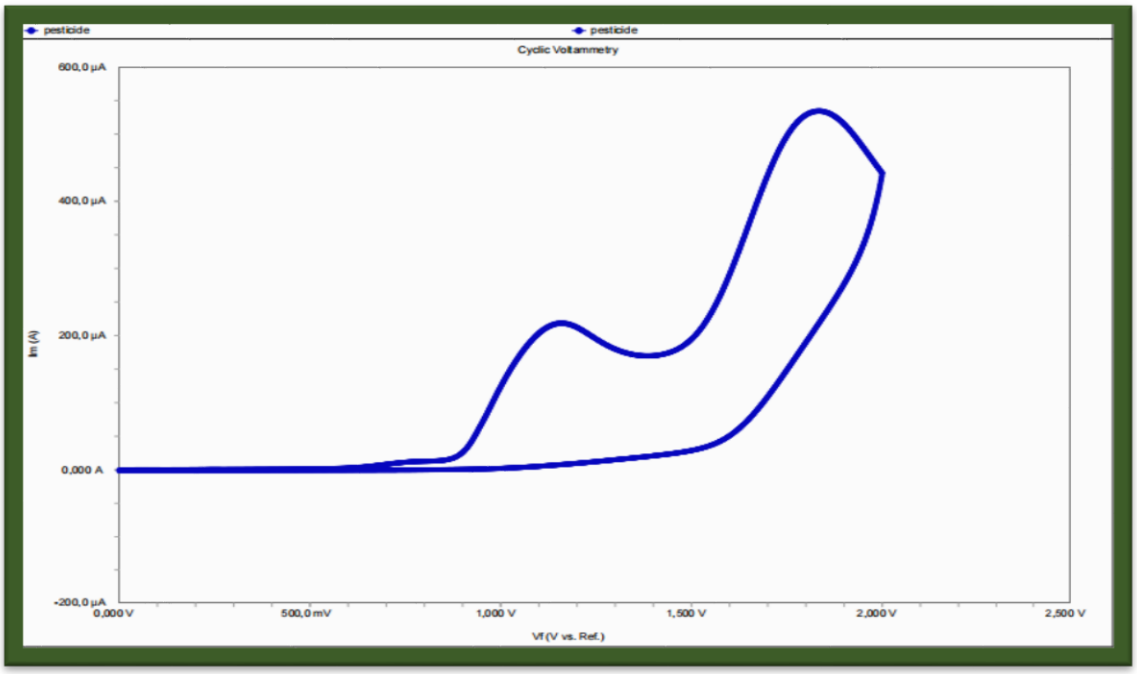
5.2.1.3.IV. دراسة السلوك الكهروكيميائي لمبيد Abamectin:



الشكل IV- 16: منحنى الفولتمترية الدورية Abamectin في (0.1M) من KCl وذلك على قطب كربون زجاجي (GCE) عند سرعة المسح 10mv/s و T:25C° و PH:7

يُظهر الشكل عدم وجود أي إشارة أو نبضة للأكسدة مع وجود نبضة للإرجاع على القطب كربون زجاجي (GCE)وهذا عند سرعة المسح مساوية لـــ 10 مل فولت/ثانية والمدى الجهد من0.1- فولت إلى 1.2+ فولت.

IV.6.2.1.3.دراسة السلوك الكهروكيميائي لمبيد Hymexazol:

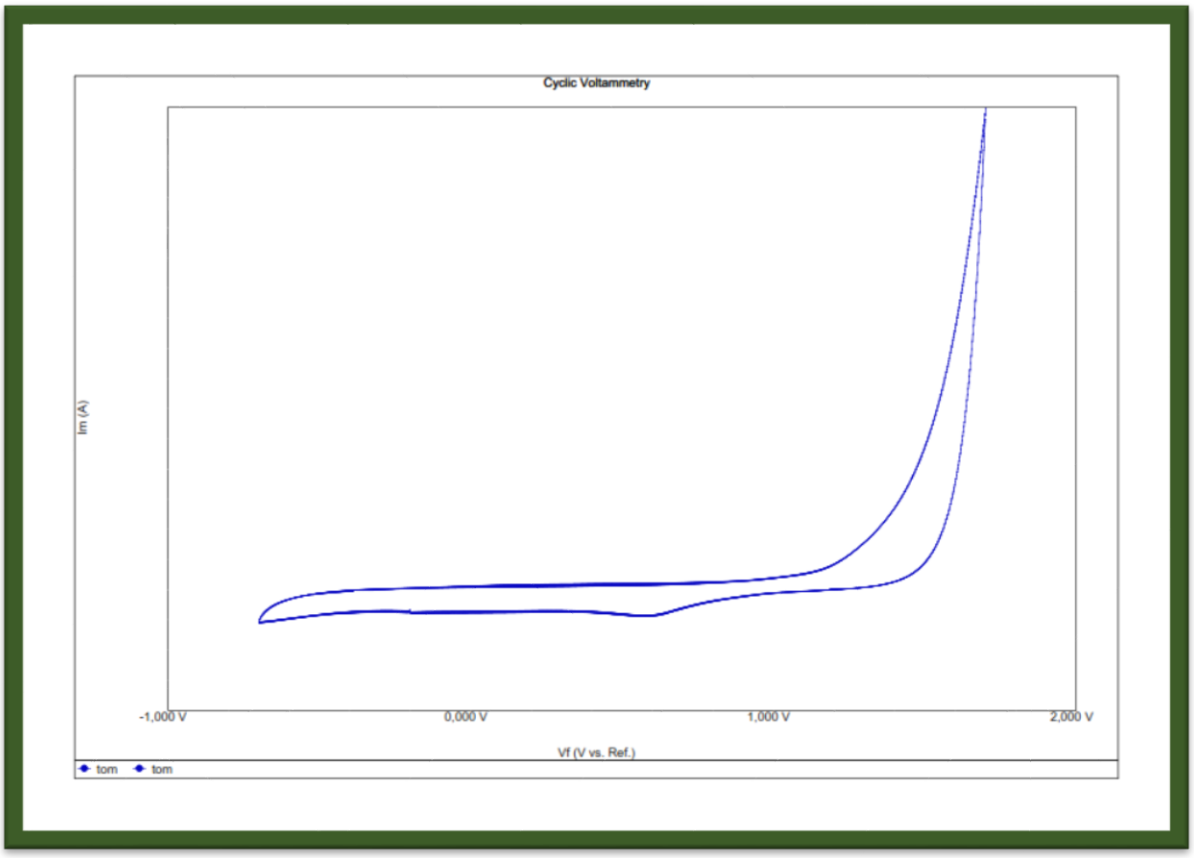


الشكل IV- 17: منحنى الفولتمترية الدورية Hymexazol في (0.1M) من KCl وذلك على قطب كربون زجاجي (GCE) عند سرعة المسح 10mv/s و T:25C° و PH:7

يُظهر الشكل وجود ثلاث نبضات للأكسدة على القطب كربون زجاجي (GCE) وهذا عند سرعة المسح مساوية لـــ 10 مل فولت/ثانية والمدى الجهد من 0.0 فولت إلى 2.5+ فولت.

3.1.3.IV. الدراسة الكهروكيميائية لعينة الطماطم:

1.3.1.3.IV. دراسة عينة الطماطم:



الشكل IV- 18: منحنى الفولتمترية الدورية عينة الطماطم في (0.1M) من KCl وذلك على قطب كربون زجاجي (GCE) عند سرعة المسح 10mv/s و T:25C° و PH:7

يُظهر الشكل عدم وجود أي إشارة او نبضات للأكسدة على القطب كربون زجاجي (GCE) وهذا عند سرعة المسح مساوية لـــ 10 مل فولت/ثانية والمدى الجهد من 0.0 فولت إلى 2.5+ فولت.

2.3.1.3.IV. الكشف عن وجود متبقيات المبيد في الطماطم:

اسم المبيد	الكشف عن وجود متبقيات المبيد في الطماطم	الطريقة CV
CORAGEN (CHLORANTRANILIPROLE)	-	-
CYRPA (CYPERMETHRIN)	-	-
VAPCOMIC (ABAMECTIN)	-	-
LAZER (PIRIMICARB)	-	-
TERAZOLE (HYMEXAZOL)	+	+

جدول IV- 1: يمثل استجابة عينة الطماطم على المبيدات الحشرية والفطرية.

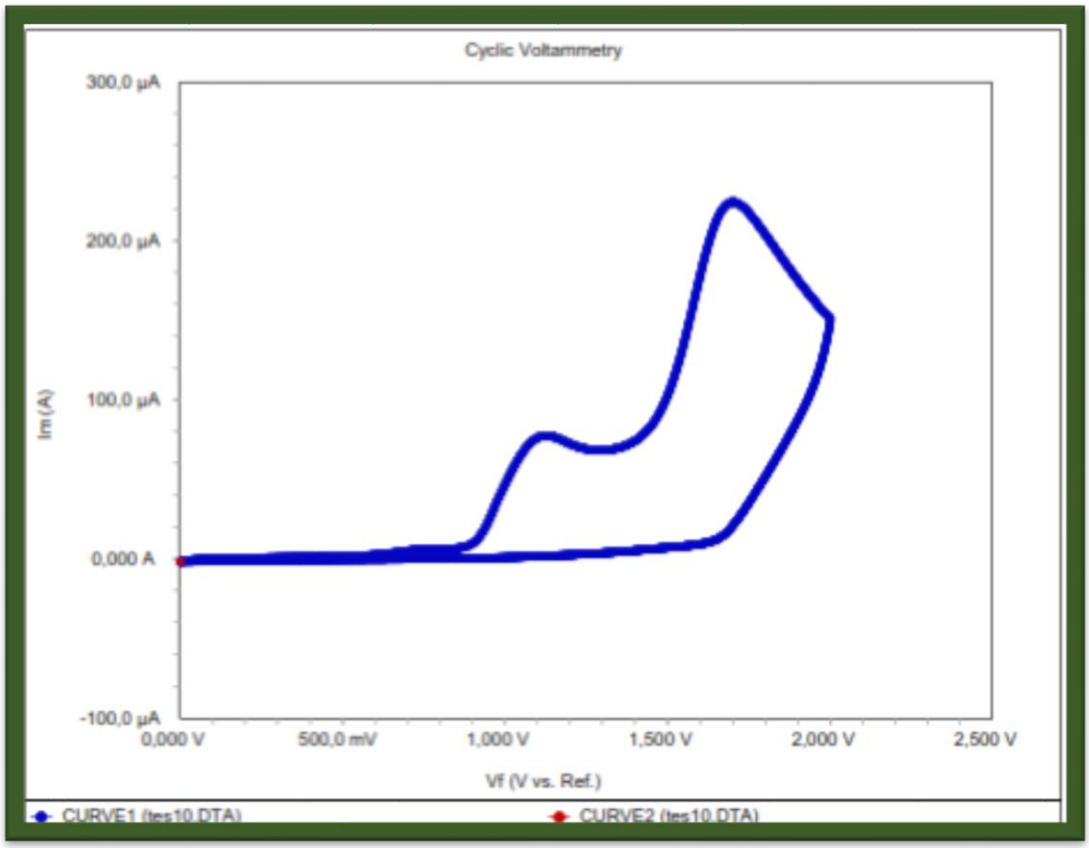
من خلال نتائج منحنيات الفولتمترية الدورية (CV) للمبيدات الحشرية والفطرية نلاحظ الغياب التام للمبيدات المدروسة في فترة الأمان المطلوبة ما عداTERAZOLE (المادة الفعالة Hymexazol)، وهذا يدل على أ ن المبيدات CORAGEN، CYRPA، VAPCOMIC،LAZER لا تذوب في الماء بشكل مباشر وبالتا لي لا تمتصه النبات ولا يمر لثمرة .

❖ **وبناءا على هذه الدراسة الأولية واعتمادا على النتائج المدونة في الجدول اخترنا المادة الفعالة Hymexazol(لمبيد تيرازول) لتتبعه ودراسته.**

4.1.3.IV. الدراسة الكهروكيميائية لمادة Hymexazol (مبيد تيرازول) دراسة كيفية:

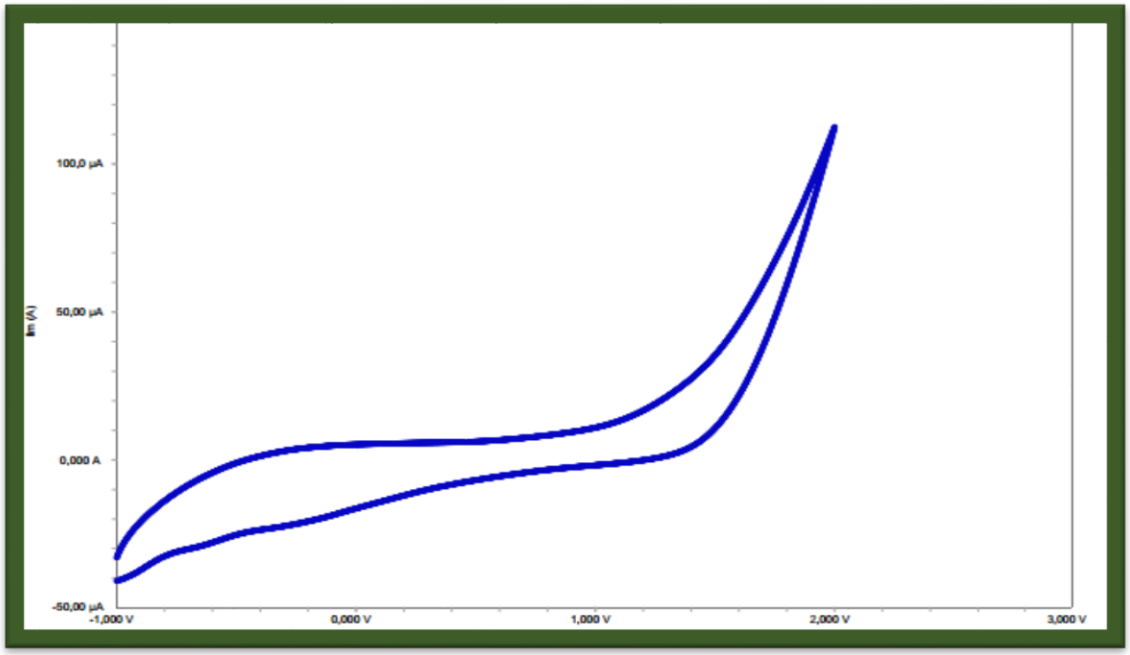
1.4.1.3.IV. تحديد سرعة المسح:

قمنا بعدة تجارب لدراسة سرعة المسح وقد كانت النتائج كما يلي:



الشكلIV- 19: منحنى الفولتمترية الدورية لمحلول الشاهد في (0.1M) من KClوذلك على قطب كربون زجاجي (GCE) *عند سرعة المسح 10mv/s و T:25C° و PH:7*

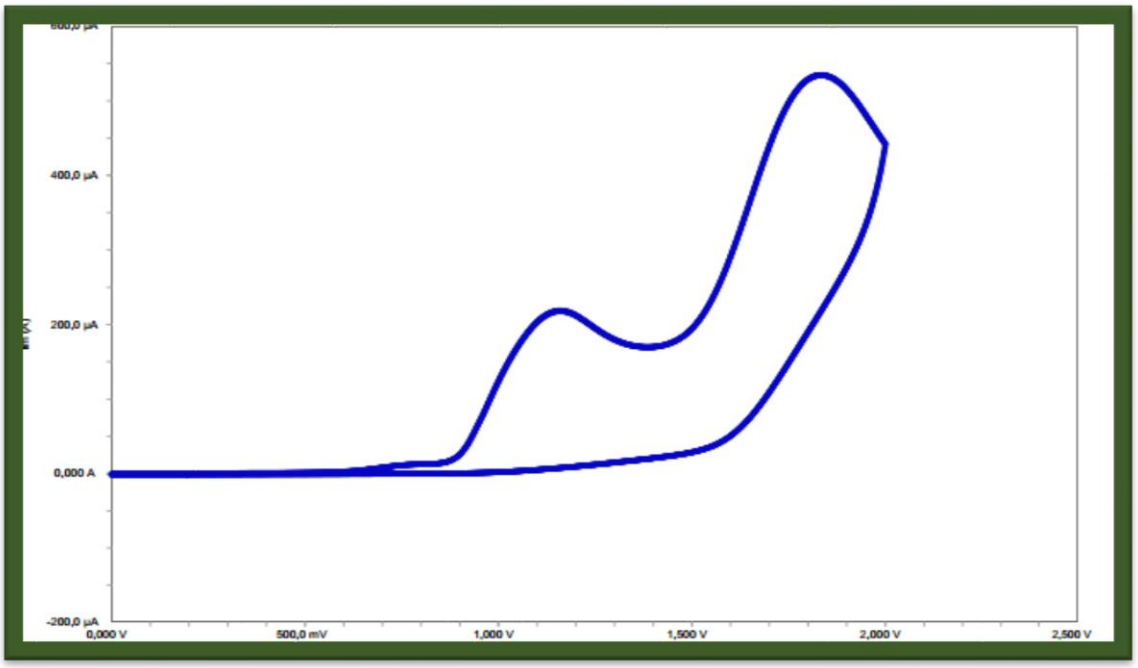
2.4.1.3.IV. دراسة سلوك كهروكيميائي لشاهد Blanc(eau+kcl) :



الشكلIV- 20: منحنى الفولتمترية الدورية لمحلول الشاهد في (0.1M) من KClوذلك على قطب كربون زجاجي (GCE) ***عند سرعة المسح 10mv/s و T:25C° و PH:7***

يُظهر الشكل عدم وجود أي إشارة أو نبضة للأكسدة ولا للإرجاع على القطب كربون زجاجي (GCE) وهذا عند سرعة المسح = 10 مل فولت/ثانية والمدى الجهد من0.1- فولت إلى 2+ فولت..

3.4.1.3.IV. دراسة سلوك كهروكيميائي للمادة الفعالة Hyméxazol:



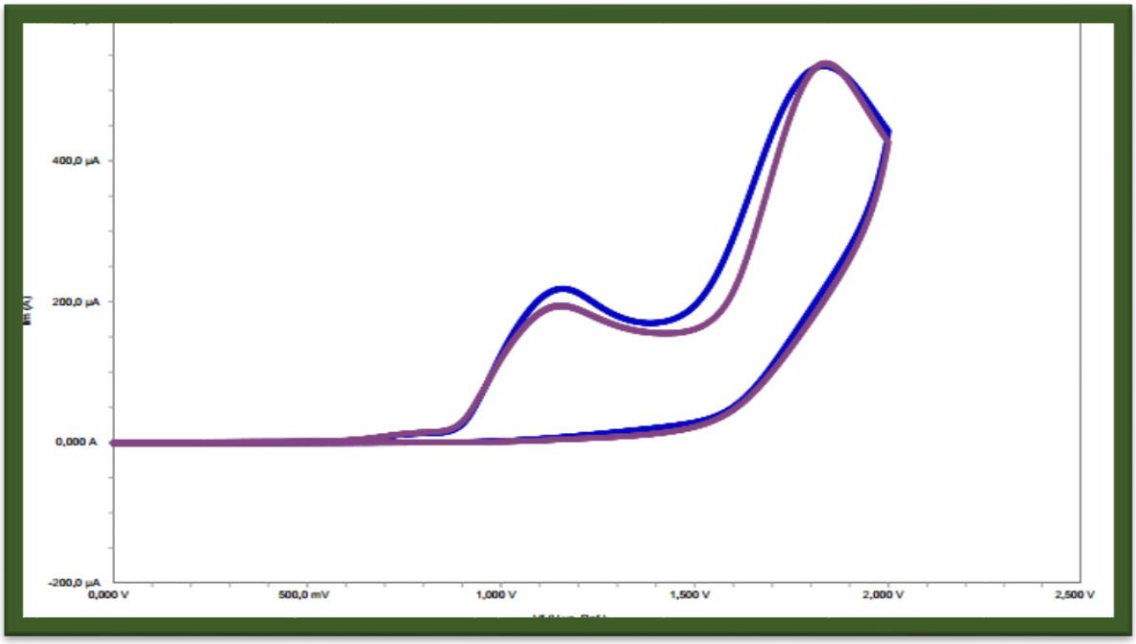
الشكلIV- 21: منحنى الفولتمترية الدورية لمحلول Hyméxazol بتركيز 10^{-4} umol\l في (0.1M) من KCl وذلك على قطب كربون زجاجي (GCE) *عند سرعة المسح 10mv/s و T:25C° و PH:7*

يُظهر الشكل وجود ثلاث نبضات للأكسدة على القطب كربون زجاجي (GCE) وهذا عند سرعة المسح مساوية لـــ 10 مل فولت/ثانية والمدى الجهد من 0.0 فولت إلى 2.5+ فولت.

4.4.1.3.IV. دراسة سلوك كهروكيميائي لعينات الطماطم:

تم معالجة عيينة الطماطم بالكيفية التي عالجنا بها مادة Hyméxazol الخاصـــة بالمبيد في التحضـــير، حيث قمنا بتتبع عبر مراحل من يوم الأول لرش إلى غاية فترت الأمان، ثم فترة ما بعد الأمان وكانت النتائج كتالي:

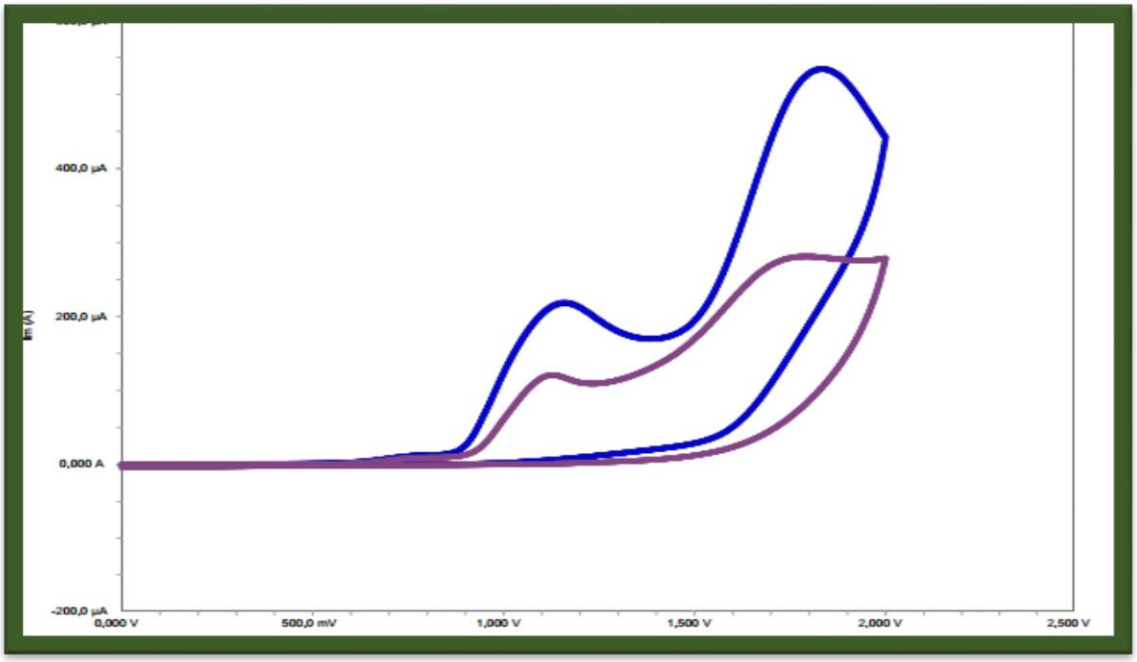
1.4.4.1.3.IV. بعد يومين من رش مادة Hyméxazol :



الشكلIV- 22: منحنى الفولتمترية الدورية لعيينة الطماطم وهذا بعد يومين من الرش في (0.1M) من KCl وذلك على قطب كربون زجاجي (GCE) ***عند سرعة المسح 10mv/s و T:25C° و PH:7***

يُظهر الشكل وجود ثلاث نبضات للأكسدة على القطب كربون زجاجي (GCE) وهذا عند سرعة المسح مساوية لـــ 10 مل فولت/ثانية والمدى الجهد من0.0 فولت إلى 2.5 +فولت. كما يوضح الشكل أيضا أن النبضات تقريبا متطابقة فيما بينها حيث هنالك تراجع طفيف في النبضة الثانية كما هو واضح في الصورة.

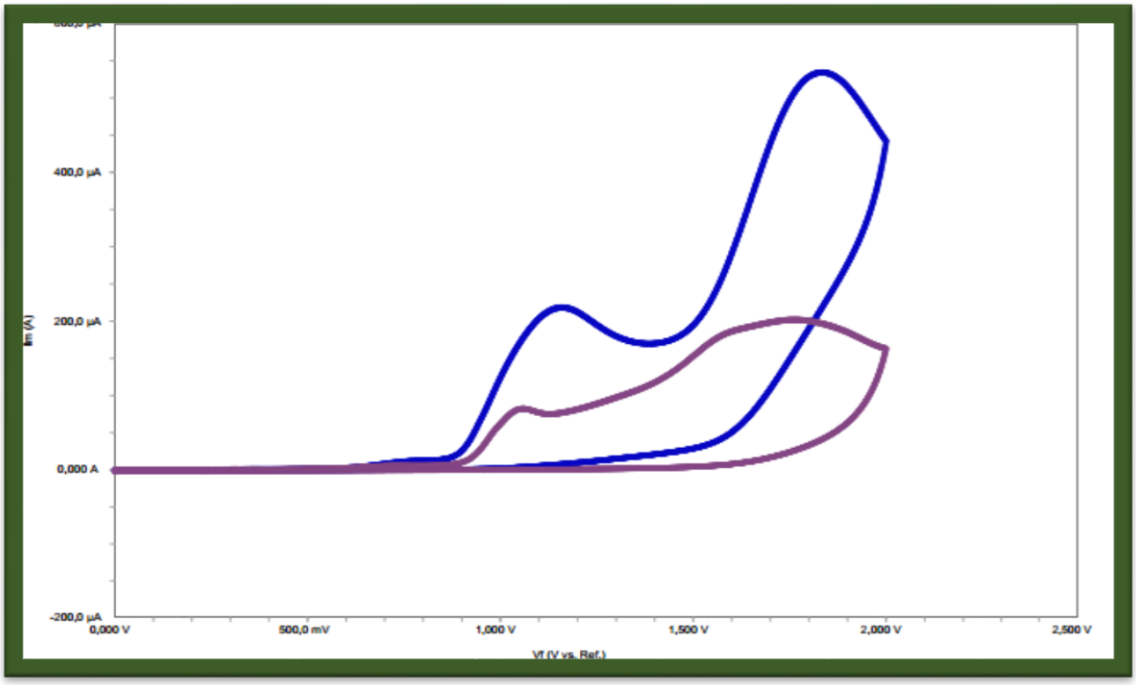
2.4.4.1.3.IV. بعد ثمانية أيام من رش مادة Hyméxazol:



الشكلIV- 23: منحنى الفولتمترية الدورية لعيينة الطماطم وهذا بعد ثمانية أيام من رش مادة Hyméxazol في (0.1M) من KCl وذلك على قطب كربون زجاجي (GCE) *عند سرعة المسح 10mv/s و T:25C° و PH:7*

يُظهر الشكل وجود ثلاث نبضات للأكسدة على القطب كربون زجاجي (GCE) وهذا عند سرعة المسح مساوية لـــــــ 10 مل فولت/ثانية والمدى الجهد من0.0 فولت إلى 2.5+ فولت. كما يوضح الشكل أيضا أن النبضات متفاوتة فيما بينها بشكل واضح في الصورة، ويعود السبب في انخفاض شدة النبضات إلى نقص في تركيز المادة الفعالة.

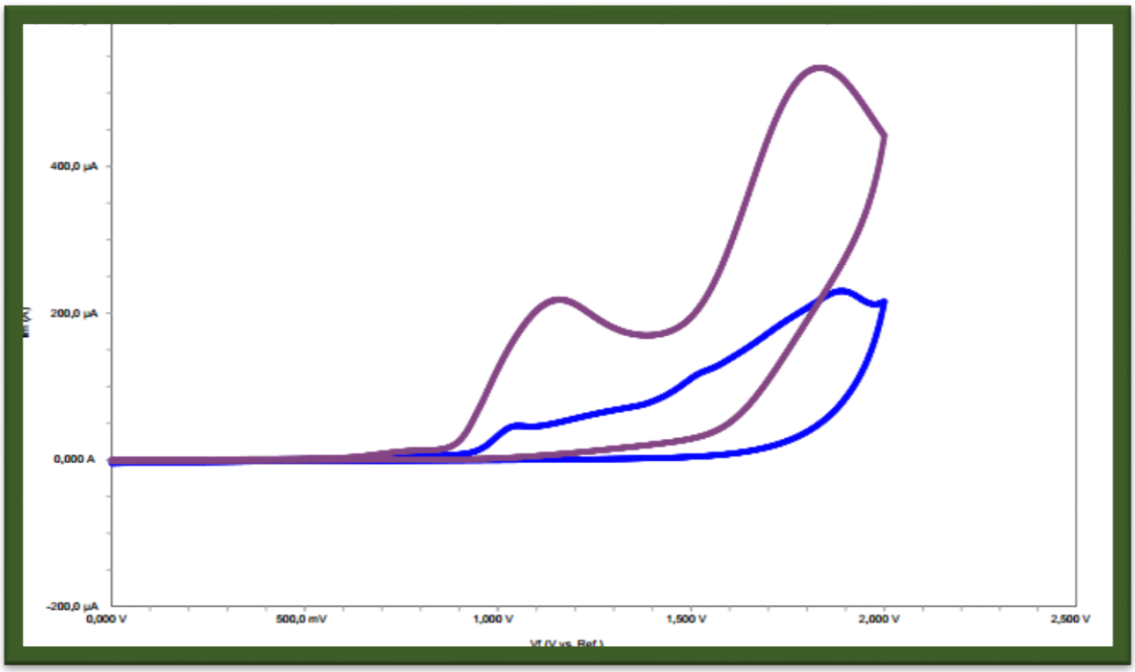
3.4.4.1.3.IV. بعد خمس عشرة (15) يوم من رش مادة Hyméxazol (اليوم الأخير من فترة الأمان):



الشكلIV- 24: منحنى الفولتمترية الدورية لعيينة الطماطم وهذا بعد خمسة عشرة (15) يوم من رش مادة Hyméxazol في (0.1M) من KCl وذلك على قطب كربون زجاجي (GCE) ***عند سرعة المسح PH:7 و T:25C° و 10mv/s***

يُظهر الشكل وجود ثلاث نبضات للأكسدة على القطب كربون زجاجي (GCE) وهذا عند سرعة المسح مساوية لـــ 10 مللي فولت/ثانية والمدى الجهد من0.0 فولت إلى 2.5 + فولت. كما يوضح الشكل أيضا أن النبضات متفاوتة فيما بينها بشكل واضح في الصورة، ويعود السبب الزيادة في انخفاض في شدة النبضات إلى نقص في تركيز المادة الفعالة Hyméxazol، حيث نلاحظ من المنحنى شدة كمون النبضة الثالثة تراجع من 1.79+ فولت إلى 1.45+ فولت نقص من حدتها كما نلاحظ تراجع في كمون النبضة الثانية إلى 1.1+ فولت ، وكمنا نلاحظ نقص في التيار الذي لديه علاقة بالتركيز.

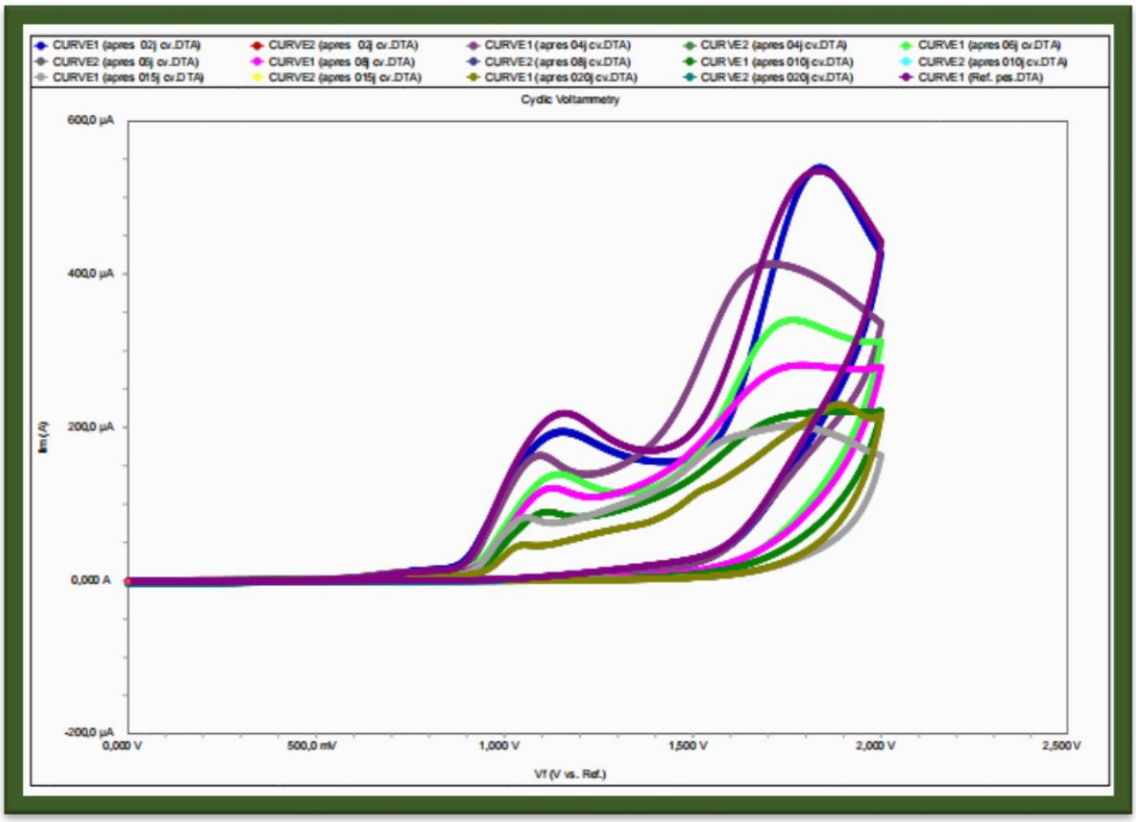
IV.4.4.4.1.3. بعد فترة الأمان أي بعد عشرون (20) يوم من رش مادة Hyméxazol:



الشكلIV- 25: منحنى الفولتمترية الدورية لعيينة الطماطم وهذا بعد عشرون (20) يوم من رش مادة Hyméxazol في (0.1M) من KCl وذلك على قطب كربون زجاجي (GCE) *عند سرعة المسح 10mv/s و T:25C° و PH:7*

يُظهر الشكل وجود ثلاث نبضات للأكسدة على القطب كربون زجاجي (GCE) وهذا عند سرعة المسح مساوية لـــ 10 مل فولت/ثانية والمدى الجهد من 0.0 فولت إلى 2.5 + فولت. كما يوضح الشكل أيضا أن النبضات متفاوتة فيما بينها بشكل واضح في الصورة، ويعود السبب الزيادة في انخفاض في شدة النبضات إلى نقص في تركيز المادة الفعالة Hyméxazol.

5.4.4.1.3.IV. منحنى الإجمالي للفولتومتري الدوري المتطابق لتتبع مادة Hyméxazol التي رشت بها عينة الطماطم من اليوم الثاني إلى غاية فترة ما بعد الأمان.



الشكلIV- 26: منحنى الإجمالي للفوتومتري الدوري المتطابق لتتبع مادة Hyméxazol التي رشت بها عيينة الطماطم من اليوم الثاني إلى غاية فترة ما بعد الأمان في (0.1M) من KCl وذلك على قطب كربون زجاجي (GCE) *عند سرعة المسح 10mv/s و T:25C° و PH:7*

يُظهر الشكل وجود ثلاث نبضات للأكسدة على القطب كربون زجاجي (GCE) وهذا عند سرعة المسح مساوية لـــــ 10 مل فولت/ثانية والمدى الجهد من 0.0 فولت إلى 2.5 + فولت. كما يوضح الشكل أيضا أن النبضات متفاوتة فيما بينها بشكل واضح في الصورة، ويعود السبب الزيادة في انخفاض في شدة النبضات إلى نقص في تركيز المادة الفعالة Hyméxazol.

❖ **خلاصة:**

من خلال المنحنيات السـابقة للفوتومترية الدورية بوجود وغياب المادة الفعالة Hyméxazol للمبيد وكذلك تتبع المادة الفعالة Hyméxazol خلال فترات الرش من اليوم الثاني مرورا بفترة الأمان، وإلى غاية فترة ما بعد الأمان. تُظهر المنحنيات للفوتومترية الدورية وجود ثلاث نبضـات للأكسـدة على القطب كربون زجاجي (GCE)وهذا عند سرعة المسح مساوية لـ 10 مل فولت/ثانية والمدى الجهد من 0.0 إلى 2.5 + فولت.

➢ **عند المادة الفعالة Hyméxazol:**

في البداية تم عدت تجارب لتحديد السرعة المثالية المادة الفعالة Hyméxazol لرسم المنحنيات للفوتومترية الدورية أو الحلقية وكانت السرعة المثالية للمسح مساوية لـ 10 مل فولت/ثانية كما تم تحديد مجال الدراسة للجهد 0.0 إلى 2.5 + فولت وهذا نظرا للمادة الفعالة Hyméxazol لم يحدث لها ارجاع وفي هذا المجال وجدنا ثلاث قمم أي نبضات متفاوتة عند جهود مختلفة وهي تعبر عن أكسدة للمركب على القطب كربون زجاجي (GCE) حيث كانت جهود النبضات الثلاث عند القيم (0.8 ، 1.15 ، 1.78 فولت) موافقة لشدت تيار (20 ، 235، 549 ميكرو أمبير)على التوالي، تظهر الذروة الثانية أكسدة واضحة Hyméxazol عند جهد يقارب 1.15 فولت، يُحتمل أنها ناتجة عن أكسدة مجموعة الهيدروكسيل المرتبطة بحلقة isoxazole.

هذا التفاعل يعبّر عن فقد إلكترون وتحول OH- إلى مجموعة أكثر تأكسد مجموعة كيتونية أو كوينونية (خاصة إذا كانت مرتبطة بحلقة).

وتعود الذروة الثالثة أي عند جهد 1.78 فولت أكسدة الحلقة غير المتجانسة.

عدم وجود ذروة كاتودية (إرجاعيه) واضحة في الاتجاه المعاكس يوحي بأن عملية الأكسدة غير قابلة للانعكاس، وهو سلوك شائع في المركبات ذات البنية غير المشبعة والمعرضة لتغيرات بنيوية بعد الأكسدة.

العلاقة بين البنية والتركيب الإلكتروني، Hyméxazol يحتوي على:

- حلقة isoxazoleغير متجانسة.
- مجموعة هيدروكسيل (OH-)مرتبطة بكربون-α إلى مجموعة كربونيلية (O=).
- مجموعة ميثيل مرتبطة بالكربون رقم 5.

هذه المجموعات تجعل المركب نشطًا كهربائيًا، ويسهل التأكسد بوجود قطب مناسب ووسط حمضي أو متعادل.

- **عند رش المادة الفعالة المتواجدة في المبيد:**

من خلال منحنى التطابق نلاحظ أن المادة الفعالة متواجدة بعينة الطماطم وهذا خلال فترة الأمان وبعدها ولكن بتركيز أقل، حيث كانت جهود النبضات الثلاث عند القيم (0.8، 1.15، 1.78 فولت) موافقة لشدة تيار (20، 235، 549 ميكرو أمبير) على التوالي أو مع تغير طفيف وهذا يرجع لكون المبيد التجاري مختلط مع مواد أخرى كذلك احتمالية أن المبيد قد يحدث له تفاعلات جانبية لما يمتصه النبات أو بمساعدة العوامل الخارجية.
كذلك لاحظنا وجود بعض الفروقات الطفيفة في زيادة النبضات أحيانا أو نقصانها أحيانا هذا يمكن تفسيره بعدم التزام الفلاح بالجرعات والطريقة اللاعقلانية باستعمال المبيد.

الشكلIV- 27: المواد الفعالة النقية للمبيدات الحشرية والفطرية.

الخاتمة العامة للدراسة

الخاتمة العامة للدراسة:

في ختام هذا العمل البحثي الذي تمحور حول "تحليل بقايا المبيدات الحشرية والفطرية في محصول الطماطم باستخدام التقنيات الكهروكيميائية"، وتحديدًا **تقنية الفولتمترية الحلقية(CV)** ، يمكن القول إن الدراسة قد قدمت مساهمة علمية وتطبيقية مهمة في مجال مراقبة جودة المنتجات الزراعية وسلامتها الصحية.

لقد سعت هذه الدراسة إلى سد فجوة معرفية مهمة تتعلق باستخدام الطرق الكهروكيميائية كوسائل بديلة وعملية لرصد بقايا المبيدات في بيئة زراعية حقيقية.

لقد مكّننا اختيار منطقة الدراسة (بلدية المقرن بولاية الوادي) من العمل في بيئة زراعية نشطة تُستخدم فيها المبيدات بشكل مكثف، ما أتاح فهماً واقعياً ودقيقاً لسلوك هذه المواد الكيميائية بعد تطبيقها، خصوصاً في الظروف المناخية الصحراوية. وقد تم اختيار محصول الطماطم باعتباره من أكثر المحاصيل عرضة لرش المبيدات وأهمها من حيث الاستهلاك المحلي.

أظهرت الدراسة قدرة تقنية CV على الكشف عن وجود مادة **Hyméxazol**، وهي المادة الفعالة في أحد المبيدات الفطرية المستعملة، حيث تم تسجيل ثلاث قمم أكسدة عند جهود 0.8، 1.15 و1.78 فولت، ما يعكس قدرة هذه التقنية على التمييز والتحليل النوعي للمركبات العضوية الكهروفعالة حتى ضمن مصفوفات نباتية معقدة. وتم تسجيل انخفاض تدريجي في شدة الإشارة الكهروكيميائية لهذه القمم مع مرور الوقت، خاصة بعد 15 و20 يومًا من عملية الرش، مما يدل على تفكك المركب تدريجيًا والتزام النبات بفترة الأمان قبل الجني.

أما المبيدات الأخرى مثل CHLORANTRANILIPROLE، CYPERMETHRIN، ABAMECTIN، PIRIMICARB، فلم تظهر لها قمم كهروكيميائية واضحة، وهو ما يُعزى إما إلى طبيعة هذه المواد الكيميائية من حيث عدم ذوبانها في الماء، أو لسرعة تكسيرها الحيوي، أو لانخفاض تراكيزها دون حد الكشف لطريقة .CV هذا يدعو إلى دراسة خصائصها بمزيد من التفصيل وباستخدام تقنيات تحليلية متممة أو مكملة مثل HPLC أو.GC-MS

تشير هذه النتائج إلى جملة من الاستنتاجات والتوصيات:

1. **الأهمية العلمية والتقنية للدراسة:**

- أظهرت النتائج أن **التقنيات الكهروكيميائية**، رغم بساطتها وكلفتها المنخفضة مقارنة بالتقنيات الكروماتوغرافية، يمكن أن تلعب دوراً فعالًا في رصد وتتبع بقايا بعض المبيدات في المحاصيل الزراعية.
- حساسية تقنية الفولتمترية الحلقية تجاه Hyméxazol تؤهلها لأن تكون أداة مراقبة ميدانية أولية، خصوصًا في المناطق ذات البنية التحتية المحدودة.

2. **الآثار البيئية والصحية:**

- تثبت النتائج أهمية **فترات الأمان** بعد رش المبيدات، حيث تبين أن المادة الفعالة تنخفض بشكل ملحوظ مع الوقت، مما يقلل من المخاطر الصحية على المستهلك.
- توفر الدراسة مؤشراً عمليًا على **سلوك المبيدات** في البيئة الزراعية المحلية وتأثيرها على التربة والنبات، وهو أمر ضروري لتقدير المخاطر البيئية بعيدة المدى.

3. **التوصيات المستقبلية:**

- التوسع في استخدام هذه التقنية لدراسة محاصيل ومبيدات مختلفة، مع دمجها بتقنيات أكثر دقة للتحقق من النتائج.
- تطوير **أقطاب معدلة** لرصد مبيدات بعينها، خصوصاً باستخدام المواد النانوية (مثل الجرافين أو الكربون المعدل) لزيادة الحساسية وخفض حد الكشف.
- إدماج المراقبة الكهروكيميائية في **برامج الرقابة الوطنية على المنتجات الزراعية** لضمان سلامة الغذاء وتشجيع الزراعة المستدامة.
- تنظيم حملات توعية لفائدة المزارعين حول الاستخدام الرشيد للمبيدات الكيميائية وضرورة الالتزام بفترات الأمان، وتعزيز تبني **البدائل البيولوجية** متى أمكن ذلك.

خلاصة القول:

لقد أكدت هذه الدراسة أن التحليل الكهروكيميائي يمكن أن يشكل وسيلة فعالة لرصد بقايا بعض المبيدات في المحاصيل الزراعية، وقد ساهمت في وضع أساس علمي وتطبيقي يمكن البناء عليه لاحقًا لتطوير تقنيات مراقبة أكثر دقة واستدامة. كما أظهرت أن سلامة المستهلك تبدأ من **التحكم الجيد في سلسلة الإنتاج الزراعي**، وأن تعزيز الوعي والتشريعات وتحديث أدوات التحليل هي مفاتيح أساسية نحو غذاء آمن وبيئة نظيفة.