

### 3. المرافق المخبرية، والتحكم في الجودة، ومعالجة البيانات

#### 1.3 تنظيم المختبر

تُجرى تحاليل التربة و النباتات من قبل مؤسسات عديدة تابعة للقطاع العام أو الحكومي أو الخاص. توجد المخابر عادة في وزارات الزراعة ومعاهد البحوث الوطنية والتعليمية والمنظمات الدولية والشركات التجارية. وعلى الجهات التي تقوم بالخدمات التحليلية أن تحفظ بصلات وثيقة مع الجهات العاملة بالإرشاد والاستشارات، وكذلك بعلاقات تنفيذية مع الجامعات ومحطات البحوث ... إلخ.

يتوقف نوع المرفق الذي تتم فيه التحاليل على نمط المؤسسة التي يقوم على خدمتها، وطبيعة الزبائن، وحجم العينات التي سيتم تحليلها. مع ذلك، وبغض النظر عن حجم العينات، يجب تصميم جميع المختبرات بطريقة تحقق معها الكفاءة العملية والحدود الدنيا من التلوث بحيث يتم التوصل إلى نتائج معتمدة ومكررة. تتناول مطبوعات عديدة الاعتبارات الإدارية في تصميم إجراء اختبارات التربة مثل (Walsh and Beaton, 1973). في حين تتمتع التصميمات القياسية للمختبرات بمزايا واضحة، حيث تعاني أكثر المختبرات الموجودة في منطقة CWANA من حالات نقص واضحة للعيان في هذا الصدد (Ryan, 2000; Ryan et al., 1999). إذ كثيراً ما يرى المرء عينات من التربة تُحفظ، أو الأسوأ من ذلك، تُطحن داخل مختبرات التحاليل الكيميائية. وبالمثل، أنشئ الكثير من المخابر بطريقة لا تتيح الاستخدام المرُضي لطاقت العاملين فيها.

ينبغي أن تتيح مرافق تحليل التربة، والنبات، و المياه في نفس المبنى وبإشراف إدارة موحدة. فمختبر تحليل التربة والنبات لبرنامج إدارة الموارد الطبيعية في إيكاردا قد صُمم وفق هذه الاعتبارات (الشكل رقم 3). إذ تعكس المكونات العديدة للتسهيلات الموجودة إطاراً منطقياً لسير العمل.

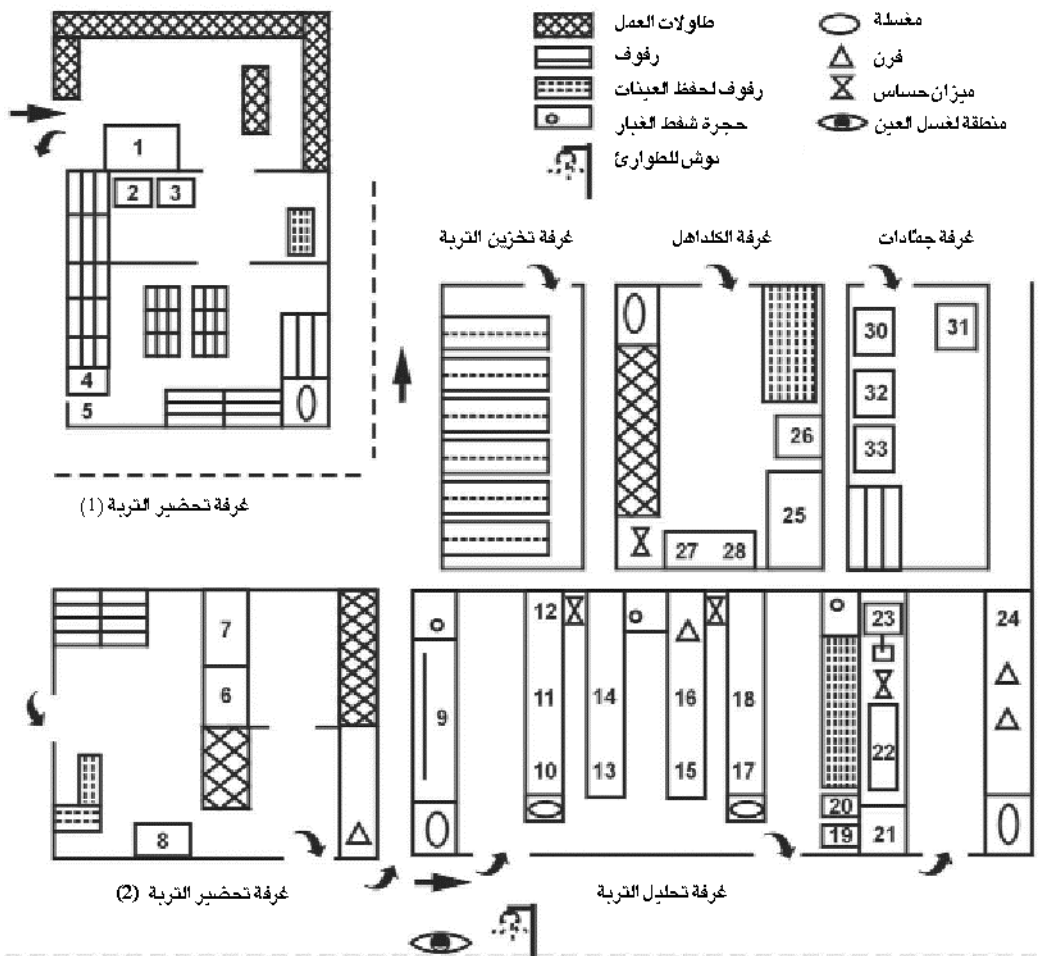
ففي غرفة تحضير عينات التربة رقم 1، يتم استلام عينات ضخمة بعد نقلها بالشاحنة، ثم يتم تجفيفها وغربلتها وحفظها في مجموعة صناديق، ويتم الاحتفاظ بقاءمة بالموجودات أو كتالوج لجميع عينات التربة. وتحفظ جميع العينات في هذه الغرفة لمدة سنتين على الأقل بعد إجراء التحاليل المطلوبة، كما يتم الاحتفاظ بعينات من أنواع خاصة من الترب لوقت غير محدد. ويعتبر هذا المرفق متكاملًا، إذ يضم فرنًا كبيرًا، وجمادة، وجاروشة تربة، ومكان لشطف الغبار، وآلة هواء مضغوط.

تؤخذ مقادير صغيرة (حوالي 1 كغ) إلى غرفة تحضير عينات التربة رقم 2، وتوزن على أوعية مناسبة بغية إجراء التحاليل الكيميائية. وتوضع العينات بعد ذلك في مستودع التربة، ثم تنقل الكمية المُعدة من العينات الموزونة في عربة إلى المختبر المجاور لإجراء التحاليل.

غرفة كلاهل Kjeldahl منفصلة لتحليل النباتات بطريقة كلاهل. وتؤخذ مستخلصات التربة عند الضرورة إلى غرفة الأجهزة instruments لإجراء التحاليل المختلفة (تحتوي على أجهزة عديدة مثل جهاز

التحليل الطيفي بالامتصاص الذري atomic absorption spectrophotometer. والمحلل بطريقة الحقن المتدفق flow injection، والحاسب... إلخ). وعندما يكون عدد العينات كبير حيث يمكن أن يحدث التأخير تغييرات جرثومية في مواد التربة، تُحفظ العينات في غرفة التجميد بشكل مؤقت. حيث أنه لا يشبه مختبر مختبراً آخر أو يكون فيهما المعدات ذاتها، إلا أن عرضنا لتفاصيل مختبر إيكاردا (الشكل رقم 3) قد يكون كما نأمل، موجهاً عاماً في إدارة المختبرات ونوعية التجهيزات المطلوبة بغية القيام بالعمليات الروتينية.

- |   |  |                                      |                                 |
|---|--|--------------------------------------|---------------------------------|
| 23. جهاز التحليل الطيفي بالامتصاص الذري | باللون   | 10. جهاز وحدة التقطير ووحدة المعايرة | 1. فرن                          |
| 24. مرمدة                               | 16. ماصة آلية  | 11. جهاز الناقلية الكهربائية         | 2. جمادة                        |
| 25. جهاز وحدة الكلداهل                  | 17, 18. وحدة تقطير الأزوت ووحدة المعايرة               | 12. جهاز التحليل الطيفي باللهب       | 4. مطحنة تربة و حجرة شفت الغبار |
| 26, 27, 28. ماصات آلية                  | 19. حاخنة  | 13. جهاز قياس درجة الحموضة pH        | 5. مضخة هواء                    |
| 29. طاولة معايرة                        | 20. براد   | 14. المحلل الأيونوني Ion Analyzer    | 6. طاولة تحضير العينات          |
| 30, 31. جمادات                          | 21. حاسوب  | 15. جهاز التحليل الطيفي              | 7. مطحنة تربة                   |
| 32, 33. برادات                          | 22. المحلل الذاتي بطريقة الحقن Flow Injection Analyzer |                                      | 8. خزنة لحفظ العينات            |
|   |  |                                      | 9. مجموعة ترشيح العينات بالفريغ |



الشكل رقم 3. مخطط تفصيلي لمرافق مختبر تحليل التربة والنبات في إيكاردا

## 2.3 السلامة المخبرية

تعتبر إجراءات السلامة في مختبرات تحليل التربة والنبات على جانب كبير من الأهمية، كما هو الحال في أي مكان عمل، علماً أنها كثيراً ما تهمل. وتقع مسؤولية مراعاة تلك الإجراءات على عاتق العاملين في المختبرات والمنظمات التي تديرها.

وينبغي إطلاع جميع العاملين بغض النظر عن الدرجة الوظيفية والمستوى الفني والوضع الوظيفي لهم، على جميع جوانب إجراءات السلامة عند بدء العمل. كما يجب إصدار مذكرات حول تلك الإجراءات بين الحين والآخر بغية مواصلة التقيد بها.

ولما كان هناك عدد كبير من قواعد السلامة، بذلنا جهدنا لتلخيص أكثرها أهمية ووضعها ضمن فئات محددة، علماً أننا اعتمدنا في ذلك على تعليمات السلامة المخبرية التي وضعها (Kalra and Maynard (1993) و (Okalebo *et al.* (1991).

### تعليمات عامة

1. ليكن موقفك *إيجابياً* من إجراءات السلامة المخبرية.
2. اتبع تعليمات السلامة المخبرية العادية.
3. اعمل على أن يكون جو العمل آمناً ونظيفاً.
4. تجنب العمل وحيداً.

### تشغيل الآلات

5. عند تشغيل الآلات، اتبع إجراءات السلامة التي يزودك بها مصنعو تلك الآلات.
6. راقب الآلات أثناء تشغيلها.
7. يجب تأمين وسيلة لطردهم الغازات المنبعثة من جهاز التحليل الطيفي بالامتصاص الذري خارج المختبر، كما يجب التأكد من امتلاء أنبوب الصرف drain trap بالماء قبل إشعال الحراق burner.
8. لا ترفع أبداً غطاء جهاز الطرد المركزي حتى تتوقف الآلة تماماً.

### الحوادث

9. تعلم كيف تتصرف في حالات الطوارئ (مثلاً، حريق أو انسكاب مواد كيميائية،... إلخ). فجهاز إطفاء الحريق يجب أن يكون في متناول اليد، كما يجب إجراء صيانة دورية له.
10. تعلم كيف تقوم بالإسعافات الأولية *first aid* الطارئة. إن وجود مواد الإسعافات الأولية في المختبر أمر

- على جانب كبير من الأهمية، وعلى العاملين في المختبر التدريب على استخدامها. إن استبدال المواد المستهلكة يجب أن يتم في الوقت المناسب.
11. في حال تضررك بالمواد الكيميائية، استشر طبيباً في الحال، وريثما يتم العلاج قم بإجراء الإسعافات الأولية.
12. يجب أن تكون صنابير المياه الخاصة بغسل العيون ودشات الأمان لغسل الجسم جاهزة على الدوام، كما يجب فحصها بين فترة وأخرى للتأكد من صلاحيتها.

## المواد الكيميائية

13. استعمل حجرة شطف الغازات fume hood عند استخدامك الأحماض المركزة، المواد القلوية، أو أية مادة كيميائية خطيرة.
14. عند استخدام ماصة لا تسحب أية مادة بالفم، استعمل دوماً بالون المص المطاطية suction bulb.
15. عند تخفيف السوائل، أضف دائماً الحمض إلى الماء وليس العكس.
16. كثير من الأملاح المعدنية شديدة السمية وقد تكون خطيرة فيما إذا ابتلعت. أغسل يديك بشكل كامل بعد استخدامها، ونظف المواد الكيميائية المنسكبة في الحال، وأفرغ سلة المهملات بصورة منتظمة.
17. ينبغي وضع لصاقات على جميع زجاجات المحاليل وفي مكان بارز، متضمنة معلومات عن أي خطر محتمل. كما يجب تطبيق ذلك بشكل خاص على المواد السامة والمخرشة والقابلة للاشتعال.

## الأفران ، المرمدات ، و السخانات

18. استعمل ملاقط أو قفازات مقاومة للحرارة لإخراج المواد من السخانات الحارة، والأفران، والمرمدات.

## استعمال الغاز

19. يجب أن تكون أسطوانات الغاز المضغوط في وضع آمن في جميع الأوقات، كما يُفضل تجهيز المختبر بمرفق غاز مركزي.

## الصيانة

20. يجب أن تُجرى أعمال الصيانة للأدوات الكهربائية و أنابيب المياه من قبل فنيين، كما يجب فحص حجرة شطف الغازات بشكل منتظم .
21. على اعتبار أن معظم الأجهزة تُشغل بتيار منخفض الاستطاعة ، فإن منبع الطاقة المتواصل (UPS) an Un-interruptible power supply يقوم بتزويد طاقة ثابتة و يسمح بقياس أية مجموعة في حال انقطاع الطاقة.

## الأكل والشرب

22. لا تأكل أو تشرب أو تدخن في المختبر، إذ يجب الامتناع عن هذه الأعمال بالقرب من طاولة العمل في المختبر لاعتبارات صحية، وذلك بهدف الإقلال من التلوث. ولتطبيق هذه التعليمات لابد من تخصيص أماكن للعاملين لقضاء الاستراحة فيها.
23. لا تستخدم الأوعية المخبرية في الأكل أو الشرب.
24. لا تحفظ الطعام في المختبر.

## مستلزمات الوقاية

25. استعمل مستلزمات الأمان التالية:

- **وقاية الجسم**  
استخدم صدرية مخبرية أو مريول مقاوم للمواد الكيميائية.
- **وقاية اليدين**  
استخدم قفازات، خاصة عندما تتعامل مع الأحماض المركزة والقلويات والمواد الكيميائية الخطرة.
- **واقى اليدين من الغبار**  
استخدم الواقى من الغبار عند طحن عينات التربة والنبات، ... ما إلى ذلك.
- **وقاية العينين**  
استخدم نظارات أمان ذات حجاب واقى جانبي، وعلى الأشخاص الذين يضعون عدسات لاصقة أن يستخدموا باستمرار نظارات أمان في المختبر. تأكد من أن زملاءك يعرفون أنك تضع عدسات لاصقة. يجب عدم وضع عدسات لاصقة أثناء العمل بالمواد المخرشة.
- **الحجاب الواقى للوجه**  
ضع الحجاب الواقى فوق نظارات الأمان عند إجراء تجارب تستخدم فيها مواد كيميائية مخرشة.
- **وقاية القدمين**  
ينبغي ارتعال حذاء مناسب، أما الصندل فيجب عدم ارتعاله في المختبر.

## التخلص من الفضلات

26. ينبغي سكب الفضلات السائلة بحذر في المغسلة مع كمية من الماء كافية لتخفيفها ومن ثم إزالتها بالماء الدافق. تذكر أن القوانين المحلية غالباً ما تمنع التخلص من بعض المواد الخاصة عن طريق شبكة المجاري العامة.
27. تخلص من الأوعية الزجاجية المفتتة أو المكسورة بوضعها في حاويات مميزة و واضحة.

## استمرار التوجيه

- اعرض في مكان بارز ملصقات حول إجراءات السلامة المخبرية "Laboratory Safety" ملصقات تصف بالصور المراحل المتعددة للأنشطة المخبرية.
- وبالمثل، يجب عرض ملصقات توضح بالصور الإسعافات الأولية التي يجب القيام بها في حال وقوع حوادث في المختبر. لا توضع للزينة مثل هذه الملصقات وإنما لحماية العاملين في المختبر لذلك عليهم الإلمام بكل الإجراءات والاستعداد لجميع الاحتمالات.
- إذا كان المختبر جزءاً من مؤسسة كبيرة، يجب على العاملين فيه أن يعرفوا مسؤول الأمن Safety Officer أو الشخص المسؤول عن هذا الموضوع. أما إذا كان المختبر صغيراً، فيجب عندها تكليف أحد العاملين بهذه المسؤولية.

## التلوث

- إن أكثر الجوانب سلبية في أي مختبر هو التلوث، لذلك ينبغي تحديد مصادره ومن ثم التخلص منها. وفيما يلي بعض مصادر التلوث الشائعة:
- الغبار الخارجي الذي يحمله الهواء من البيئة المحيطة.
  - الغبار الداخلي الناجم عن عمليات التنظيف.
  - التلوث المتداخل الناجم عن التعامل مع عينات عديدة في وقت واحد (أي التعامل مع عينات من التربة والنبات معا).
  - الفشل في حفظ المحاليل المتطيرة بعيداً عن العينات.
  - مواد الغسل، لا سيما مساحيق التنظيف.
  - التدخين في المختبر.

### 3.3 التحكم في الجودة و توحيد الإجراءات

إن المعلومات الواردة في هذا القسم مأخوذة عن كتاب (Okalebo *et al.* (1993). يعتبر التحكم في الجودة جزءاً أساسياً من المعاملات المخبرية الجيدة. فخلال التحاليل الدورية قد تظهر تدريجياً الأخطاء الناجمة عن التلوث ، والتغيرات في جودة المحاليل، والفروقات الناجمة عن الظروف البيئية، وخطأ المحلل، و الخطأ في معايرة الجهاز أو فشله. إن الإنتاجية القصوى و الدقة الوافية يمثلان هدفين مهمين. يجب أن تعطي القياسات المتكررة للعينة الجافة هوائياً نتائج موحدة عند تحليلها على مدى فترة محددة بالنسبة لمعظم الإجراءات الكيميائية الروتينية. ينتج انحراف القيمة الملحوظة عن قيمتها المطلقة إما عن أخطاء نظامية errors systematic أو عشوائية Random errors.

بعد أن يتم تحديد هذه الأخطاء، يصبح تصحيح الأخطاء النظامية فيها أكثر سهولة من تلك التي تحدث عشوائياً. هناك ثلاثة إجراءات احتياطية أساسية يجب مراعاتها لتحقيق التحكم في الجودة بالمختبر، ولذلك ينبغي أن تقوم روتينياً بعملية اختبار العينات. تشمل هذه الإجراءات استخدام الشواهد blanks والمكررات repeats والعينات القياسية المحلية internal references كما سيرد أدناه.

عند إدخال أية طريقة جديدة إلى المختبر، لابد من تقييم دقتها ومقارنتها بالاختبارات الحالية الجارية. إذ ينبغي مقارنة كلتا الطريقتين لعينة مختبرة متجانسة باستخدام عشرة مكررات مع حساب الانحراف المعياري لكل مجموعة، مما يوفر مقياساً للدقة measure of precision. عندئذ يجب إضافة كمية معروفة من المحلول إلى العينة المختبرة المتجانسة، ثم تكرر الطريقتان ويتم حساب الوسطي mean والانحراف المعياري standard deviation. يؤمن التوافق بين الزيادة في القيم المتحصلة والزيادة المعروفة في تركيز العينة المختبرة اختبار الدقة test of accuracy. أما بالنسبة للطرق التي يتم فيها عادة تفاعل المادة المختبرة مع المحلول المضاف كما هو الحال مع الترب المثبتة للفوسفور، يمكن إجراء هذا الاختبار باستخدام محاليل مناسبة.

#### 1. الشواهد

الشواهد هي مركبات تفاعل تخضع لنفس الإجراءات التي تخضع لها العينة في مجموعة ما، إلا أنها لا تحتوي على المادة المختبرة المضافة . والشواهد تتيح تصحيح أي تلوث صادر عن المحاليل المستخدمة في التحاليل، أو ورق الترشيح، أو أية مصادر أخرى للتلوث. فإذا كانت قيم الشواهد ثابتة، يمكن عندها طرح متوسط القيمة من قيمة العينة. عندما تُعطي الشواهد قيمة كبيرة فإن هذا يدل على وجود تلوث خارجي شديد مما يفرض في هذه الحالات إعادة تحليل المجموعة كلها .

## 2. المكررات

ينبغي إعادة تحليل عينة واحدة كحد أدنى من كل عشرة عينات مختارة من مواد الاختبار وموضوعة عشوائياً ضمن المجموعة، إذ أن اختيار عينة واحدة من كل عشرة عينات بديلاً مقبولاً لتحليل جميع العينات بشكل مضاعف لما يوفره من وقت وجهد ومصاريف. من البديهي أن تتشابه النتائج التحليلية لزوج من المكررات المضاعفة إلى حد كبير. بشكل عام، يجب أن تكون قيم المكرر ضمن  $\pm 2.5-5.0\%$  من القيمة المتوسطة لهما وذلك بالاعتماد على التحليل المطلوب، لا بد من التحقق في حال وجود تعارض أكبر. وإذا لم تكن قيم المكرر موحدة، فلا بد من إعادة تحليل مجموعة العينات بأكملها.

## 3. العينات القياسية المحلية

تعتبر العينات القياسية المحلية ضرورية لكل نوع من المواد المختبرة و لكل تحليل يُجرى في المختبر. يجب أن تكون تلك العينات مختلفة عن المادة المتجانسة التي تستخدم بصورة دورية في اختبار الطرائق الجديدة والأساليب التحليلية. يجب أن تحوي كل مجموعة مُحللة على عينة مأخوذة من كتلة العينة الكبيرة المتجانسة المركبة والممزوجة بشكل جيد. قد يشير الاختلاف عن المتوسط لما تم حسابه في المجموعات السابقة إلى وجود خطأ ما.

يمكن رسم النتائج التحليلية للعينات القياسية المحلية بياناً على مخطط خاص بالتحكم في الجودة لرصد كفاءة التحاليل خلال فترة زمنية محددة. ويمكن اتخاذ إجراء تصحيحي إذا تجاوزت أية قيمة مفردة حدود الانحراف المعياري  $\pm 3$  إذا تجاوزت أية قيمة مزدوجة حدود الانحراف المعياري  $\pm 2$ . ويمكن إعادة تقييم الحدود الحرجة بين فترة وأخرى عن طريق إعادة حساب مجمل الانحراف المعياري للعينة القياسية المحلية أثناء تراكم المزيد من البيانات.

## 4. توحيد الطرائق

لا يمكن إجراء مقارنة سليمة ما بين النتائج إلا إذا جاءت حصيلة طرائق موحدة. ويمكن تحسين التعاون بين المختبرات عن طريق تبادل المواد القياسية ومن ثم مقارنتها (Ryan and Garabet, 1994). ويطلق على تلك المواد القياسية اسم العينات القياسية الخارجية "External References". وتشكل شبكة المركز الدولي لعينات التربة والمعلومات (ISRIC) في هولندا مثلاً عن عملية التوحيد. من خلال البرامج الدولية لتبادل تحاليل التربة والنبات.

إن معظم العينات القياسية الخارجية باهظة الثمن، وإنه يزيد استخدامها المتكرر من تكاليف تشغيل المختبر، في حين أن العينات القياسية المحلية أرخص منها بكثير. لذلك، وفي حال توطيد العلاقة بين العينات القياسية المحلية والعيّنات القياسية الخارجية، يمكن تخفيض التكاليف عن طريق الاستخدام المتكرر للعينات القياسية المحلية إلى جانب استخدام العينات القياسية الخارجية بين فترة وأخرى، مع ضمان الحصول على نتائج مقبولة.

### 4.3 معالجة البيانات

يتم إنتاج كميات كبيرة من المعلومات في أي مختبر لتحليل التربة والنبات. ولكي يُبرر وجود مختبر ما من الناحية الإقتصادية، فإنه يتعين علينا الاحتفاظ بسجل عن عدد العينات التي جرى عليها التحليل ونوع التحاليل التي تم إجراؤها. ومع دخول استخدام الحاسب في هذا المضمار، أصبح من السهل تخزين هذه المعلومات واسترجاعها. حيث توفر المعالجة الحاسوبية المميزات التالية :

1. التعامل بشكل أسهل مع مجموعات البيانات الكبيرة؛
2. الإقلال من الأخطاء في إعداد التوصيات؛
3. إعداد التقارير؛
4. أتمتة عمليتي وضع القوائم والعناوين؛
5. سهولة الحصول على بيانات قيمة لإعداد ملخصات عن اختبارات التربة.

تعتمد درجة استخدام الحاسب التي ينبغي أن تصل إليها المختبرات، على حجم العينة والموقع ومدى الخدمات التي سيقومها المستخدم. وبشكل عام، تحتاج المختبرات التي تقوم بتحليل أحجام كبيرة من العينات، وتقدم طيفاً واسعاً من التحاليل، إلى مزيد من التطور الحاسوبي وعمليات الأتمتة أكثر من تلك المختبرات المحدودة العينات والتحاليل.

لتسهيل معالجة البيانات، يجب تأمين سجلات قياسية للمعلومات، علماً أن هذه السجلات تتباين بين مختبر وآخر، إلا أنها تحتوي عادة على تفاصيل حول التحاليل المطلوبة للعينة وعلى معلومات عن المحصول الذي ستتم زراعته: نموذج التربة وتاريخ الزراعة السابقة، لا سيما فيما يتعلق بالتسميد. تمكن هذه المعلومات من الإجابة على أسئلة حول مدى نقص العناصر الغذائية في المناطق التي أخذت منها العينات وكيفية تغير مستويات الخصوبة على مدى السنين.

يتزايد حالياً استخدام برامج الحاسب في تفسير بيانات اختبار التربة وصياغة التوصيات في مجال التسميد. وبالفعل فقد توفرت برامج عديدة من هذا القبيل، فاستمارات التقارير الموحدة الخاصة بوضع توصيات تتعلق بالأسمدة، تجمع بين مدخلات بيانات التربة ومعلومات عن التربة والمحصول. وللقيام بذلك، يجب معايرة الاختبارات المستخدمة ( $NO_3-N$ ) في التربة، والفوسفور القابل للاستخلاص،... إلخ باستجابة المحاصيل الحقلية.

تخزن النتائج التحليلية التي تم الحصول عليها من مختبر إيكاردا، فضلاً عن حصيلة ضخمة نسبياً من التحاليل المقترنة بعدد ضخم من التجارب المنفذة في محطات البحوث وحقول المزارعين، في برنامج الحاسب بهدف التوصل إلى توصيات سمادية قائمة على قيم اختبارات التربة. حيث تتوفر خرائط التربة وبيانات الهطل المطري، يمكن أن تساعد من خلال القيم المتراكمة لاختبارات التربة في مواقع معروفة في علاقات مع نموذج التربة والمنطقة والنطاق المناخي،... إلخ.