كتيب
إدارة العناصر الغذائية

ifa
INTERNATIONAL FERTILIZER ASSOCIATION
Helping to feed the world sustainably

WORLD FARMERS' ORGANISATION

GACSA
GLOBAL ALLIANCE FOR CLIMATE-SMART AGRICULTURE

إدارة العناصر الغذائية

الإتحاد الدولي للأسمدة (IFA) والمنظمة العالمية للمزارعين (WFO) والتحالف العالمي للزراعة الذكية مناخياً (GACSA)

الطبعة الأولى، تشرين ثاني (نوفمبر) 2016

جميع حقوق الطبع والنشر 2016 محفوظة لدى GACSA, WFO, IFA. يمكن تحميل الدليل من خلال الموقع الرسمي لكلاً من WFO, IFA، والإتحاد العربي للأسمدة (AFA). لطلب النسخة المطبوعة من الدليل يرجي التواصل مع الإتحاد العربي للأسمدة (AFA) فقط.

ترجمة [أ.د منير الروسان، جامعة العلوم والتكنولوجيا الاردنية] - [الإتحاد العربي للأسمدة (AFA)].

International Fertilizer Association
49 Avenue d'Iéna
75116 Paris
France
Tel: + 33 1 53 93 05 00
Fax: +33 1 53 93 05 45/47
publications@fertilizer.org
www.fertilizer.org

World Farmers' Organisation
Via del Tritone, 102
00187 Roma
Italy
Tel: +39 06 421291
info@wfo-oma.org
www.wfo-oma.org

GACSA Facilitation Unit
Food and Agriculture Organization
of the United Nations
Viale delle Terme di Caracalla
00153 Rome
Italy
GACSA-Facilitation-Unit@fao.org
www.fao.org/gacsa

الهدف الرئيسي لإعداد هذا الدليل هو تقديم معلومات عامة عن مسألة معينة، وهذا الكتاب لا يحل محل أي نصيحة مهنية ولا يمثل موافقة رسمية للمواقف المعبّر عنها بداخله.

المحتويات

1. فهم تغذية المحصول والأسمدة العضوية والمعدنية 1

1.1 العناصر الغذائية الأساسية لصحة وجودة المحاصيل 1

1.2 ما هي المصادر الرئيسية للعناصر الغذائية؟ 2

1.3 لماذا تُعتبر الأسمدة ضرورية لصحة وجودة التربة وللمحاصيل المنتجة والمغذية؟ 5

2. إدارة العناصر الغذائية بكفاءة وفاعلية 7

2.1 ما هي كفاءة استخدام العنصر الغذائي؟ 7

2.2 أهداف الكفاءة والفعالية مكملة لبعضها البعض 9

3. دورات العناصر الغذائية الزراعية ومسارات فقدانها 11

4. الحاجة إلى الإدارة المتكاملة للعناصر الغذائية ولخصوبة التربة 13

4.1 المصادر العضوية والمعدنية للعناصر الغذائية مكملة لبعضها البعض 13

4.2 الفوائد المتعددة لأساليب الإدارة المتكاملة للعناصر الغذائية ولخصوبة التربة 13

5. الإدارة المتكاملة للعناصر الغذائية 15

5.1 مبادئ أفضل الممارسات الإدارية الزراعية والإدارة المتكاملة للعناصر الغذائية 15

5.2 مصدر العنصر الغذائي الصحيح 17

5.3 معدل الإضافة الصحيح 18

5.4 وقت الإضافة الصحيح 20

5.5 مكان الإضافة الصحيح 21

6. إدارة العناصر الغذائية وعلاقتها مع الإعتبارات الرئيسية للإستدامة 23

6.1 إدارة العناصر الغذائية والأمن الغذائي والتغذوي 23

6.2 إدارة العناصر الغذائية وصحة التربة 24

6.3 التداخل والتفاعل بين الماء والعنصر الغذائي 26

6.4 إدارة العناصر الغذائية وتغير المناخ 27

6.5 إدارة العناصر الغذائية والبيئة 30

7. إضاءات 33

المراجع 35

مقدمة

تعدّ الإضافة المتوازنة والدقيقة للعنصر الغذائي (من المصادر العضوية وكذلك المعدنية) إلى المحصول أداة ضرورية ومتطلب وثيق الصلة بالهدف الثاني للتنمية المستدامة المتمثل في القضاء على الجوع وتحقيق الأمن الغذائي وتحسين التغذية وتعزيز الزراعة المستدامة، كما أنها تُعتبر حجر الأساس في الزراعة الذكية مناخياً. إن تغذية النبات المحدّدة بخواص التربة والمحصول تزيد من الإنتاجية الزراعية سعياً لتوفير الأمن الغذائي لسكان العالم المتوقع أن يصل عددهم حوالي 10 مليار بحلول عام 2050، لكنها أيضاً تضمن أعلى إمتصاص للعناصر الغذائية من قِبل النباتات مع ما يصاحب ذلك من تقليل فقدان العناصر الغذائية في البيئة ومن ضمنها انبعاثات أول اكسيد النيتروجين. وبالإضافة إلى زيادة الإنتاجية بشكل مستدام في الأراضي الصالحة للزراعة فإن التسميد الفعال ذو الكفاءة يحمي أيضاً الغابات في العالم ويساعد على الحفاظ أو زيادة المادة العضوية في التربة وكلاهما من المصارف الضخمة للكربون (carbon sinks). أخيراً وليس آخراً، نظراً لإعتبار أن أحد آثار تغير المناخ على المدى البعيد سيكون زيادة درجة الحرارة والإجهاد المائي فإن التغذية الصحيحة للمحاصيل ستساعد على بناء قدرة المحاصيل الزراعية على الصمود والتأقلم وهو متطلب أساسي للتكيف مع تغير المناخ.

يقف المزارعون في العالم على الخط الأمامي للتحديات الهائلة التي تواجه القطاع الزراعي، ومع التراجع المؤسف لمستوى خدمات الإرشاد الزراعي الذي يمكن مشاهدته في أجزاء كثيرة من العالم فإن الأمر يتطلب بذل مزيد من الجهود لنقل المعرفة بشأن أفضل الممارسات الإدارية في مجال تغذية النبات. ولتحقيق هذه الغاية يسرّ المنظمة العالمية للمزارعين (WFO) والإتحاد الدولي للأسمدة (IFA) والتحالف العالمي للزراعة الذكية مناخياً (GACSA) اصدار هذا الكتاب الذي يهدف إلى تحديد المبادئ الأساسية للتغذية الدقيقة والمتوازنة للمحاصيل من أجل مساعدة المزارعين في عملهم الثمين في توفير الطعام لسكان العالم المتزايد عددهم، وفي نفس الوقت تحسين وحماية صحة التربة في ظروف التغير المناخي.

وبناءً على فرضيات الزراعة الذكية مناخيا ومبادئ الإدارة المتكاملة لخصوبة التربة التي تدعو إلى دمج مصادر العناصر الغذائية العضوية والمعدنية مع الممارسات المناسبة لإدارة التربة واختيار أصناف المحاصيل، وعلى المبادئ الأربعة للإدارة المتكاملة للعناصر الغذائية "4Rs" التي تحتاج إلى التحديد استناداً إلى أبحاث معينة على التربة والمحصول وهي: 1) المصدر الصحيح للسماد ويعني أن تتناسب أنواع الأسمدة مع احتياجات المحصول، 2) معدل الإضافة الصحيح ويعني أن تتناسب كمية السماد المضافة مع احتياجات المحصول، 3) وقت الإضافة الصحيح ويعني جعل العناصر الغذائية متوفرة وفقاً لدورة انتاج المحصول، 4) المكان الصحيح ويعني وضع العناصر الغذائية في مكان بحيث يمكن للمحاصيل الحصول عليها بأفضل شكل، فإن هذا الكتاب يقدم معلومات مفيدة وعملية بهدف تسهيل استخدام تغذية المحصول الفعالة من قِبل الممارسين الزراعيين.

و هذا الكتاب عن إدارة العناصر الغذائية يزود المزارعين ومنظمات المزارعين بمعلومات عملية مفيدة وبسيطة عن خلط الأسمدة وآثارها على نمو النبات والتربة، ويشمل ذلك المبادئ التوجيهية عن تقنيات إدارة العناصر الغذائية التي يجب أن تتناسب مع خصائص محاصيل معينة والتربة والظروف المناخية.

إن هذا الجهد المشترك من قِبل للمزارعين المنظمة العالمية للمزارعين (WFO) والإتحاد الدولي للأسمدة (IFA) والتحالف العالمي للزراعة الذكية مناخياً (GACSA) يُعتبر مثالاً جيداً على الشراكة المتعددة بين أصحاب المصلحة لتعزيز الهدف الثاني للتنمية المستدامة والزراعة الذكية مناخياً، كما تلتزم منظماتنا الثلاث بنشر توصياتها على المجموعات الزراعية في جميع أنحاء العالم.

1.

فهم تغذية المحصول والأسمدة
(العضوية والمعدنية)

1.1

العناصر الغذائية الأساسية لصحة وجودة المحاصيل

تحتاج النباتات العناصر الغذائية الأساسية (الكبرى والصغرى) بكميات كافية كشرط مسبق لنمو وصحة النبات وإنتاج الأطعمة والمنتجات الزراعية المغذية.

وقد تبين أن سبعة عشر عنصراً تُعتبر أساسية للنباتات وهي: الكربون (C)، الهيدروجين (H)، الأكسجين (O)، النيتروجين (N)، الفسفور (P)،البوتاسيوم (K)، الكبريت (S)، المغنيسيوم (Mg)، الكالسيوم (Ca)، الحديد (Fe)، المنغنيز (Mn) الزنك (Zn) النحاس (Cu) البورون (B) الموليبدنم (Mo) الكلورايد (Cl) والنيكل (Ni). علاوة على ذلك يمكن أن يكون هناك عناصر إضافية ضرورية لعدد قليل من أنواع النباتات مثل الصوديوم (Na) والكوبالت (Co) .

يتم الحصول على عناصر الكربون والهيدروجين والأكسجين من الغلاف الجوي والماء وهي لا تُعتبر عناصر معدنية، أما العناصر الأساسية المتبقية فيمكن تقسيمها إلى ثلاث مجموعات بناءً على معدلات تراكيزها في النباتات وهي: العناصر الغذائية الكبرى الأولية وتشمل النيتروجين والفسفور والبوتاسوم، العناصر الغذائية الكبرى الثانوية وتشمل الكبريت والمغنيسيوم والكالسيوم، والعناصر الغذائية الصغرى وتشمل الحديد، المنغنيز، الزنك، النحاس، البورون، الموليبدنم، الكلورايد والنيكل.

توضيح قانون ليبج للحد الأدنى (Liebig's Law of the Minimum) الذي ينص على أن كمية الإنتاج المحتملة تتحدد من قِبل أكثر عامل محدِد في الحقل والموجود بالحد الأدنى.

وإذا توفر أحد العناصر الغذائية الأساسية بكميات غير كافية للنبات فإن ذلك العنصر سيؤثر على نمو النبات وبالتالي على مستوى الإنتاج. إن نمو النبات يتحدد بالعنصر الأساسي الموجود في الحد الأدنى نسبةً للمستوى المثالي وعموماً تكون عناصر النيتروجين والفسفور والبوتاسيوم الأكثر نقصاً على نطاق واسع، لكن في الوقت الحاضر نرى أن عناصر مثل الكبريت والزنك والبورون تتناقص بشكل متزايد في التربة والنبات معاً وأصبحت هذه العناصر عوامل محدِدة جديدة في جميع أنحاء العالم.

1.2

ما هي المصادر الرئيسية للعناصر الغذائية؟

يمكن أن تأتي العناصر الغذائية من مصادر متنوعة مثل:

- **تجوية الصخور** وهي عملية بطيئة يتحررمن خلالها كميات قليلة من العناصر الغذائية سنوياً كما أنها غير كافية لتحقيق مستوى متوسط إلى عالي من الإنتاج مع مرور الوقت.

- **العناصر الغذائية الموجودة في التربة من الإضافات السابقة** التي لم تمتصها المحاصيل السابقة وهي معرّضة لأن يتم فقدانها في البيئة أو تخزينها في التربة، ومن المحتمل أن تكون متوفرة للمحاصيل اللاحقة. فبعض العناصر الغذائية مثل النيتروجين والكبريت يمكن أن تتعرض للفقد بكميات كبيرة في نفس السنة التي يتم فيها إضافتها تحت ظروف رطبة، في حين أن عناصر غذائية مثل الفسفور والبوتاسيوم تبقى في التربة لفترات زمنية أطول وعادة لعدة سنوات وذلك تبعاً لنوع التربة ومعدل هطول الأمطار والممارسات الإدارية.

- **الترسيب من الجو** الذي يمكن أن يكون كبيراً في بعض المناطق خصوصاً بالنسبة للنيتروجين والكبريت. واستجابةً للقوانين الرامية إلى التقليل من انبعاثات الكبريت بهدف التخفيف من الأمطار الحامضية المرتبطة بها فإن هذه المساهمة آخذة في الإنخفاض مع مرور الوقت، حيث أصبح الكبريت عامل محدِد بشكل متزايد وأصبح الآن التسميد بإضافة الكبريت ممارسة شائعة في الدول المتقدمة و أكثر وأكثر استخداماً في اقتصاد الدول الناشئة والنامية.

- **مياه الري المضافة** يمكن أن تحتوي أيضاً على عناصر غذائية متوفرة للمحاصيل.

- **متبقيات المحاصيل** مثل الأوراق والسيقان والجذور عندما يتم تركها على التربة أو بداخلها فإنها تعمل على اطلاق العناصر الغذائية التي تحتوي عليها. وبقايا المحاصيل غنية أساساً بالبوتاسيوم وهذا السبب وراء اعتبار ترك وخلط متبقيات المحصول المصدر الرئيسي لهذا العنصرعلى مر السنين، غير أن عمليات الحرق والتحويل إلى علف للماشية قد استنفذا تدريجياً كميات البوتاسيوم الإحتياطية في التربة. إن متبقيات المحاصيل تختلف كثيراً في محتواها من العناصر الغذائية، وكمية العناصر الغذائية المتوفرة في النبات التي تنطلق في فترة زمنية محددة يمكن تحديدها فقط من البيانات المحلية.

- **الكمبوست** وهو المادة العضوية التي

تحللت ويمكن إضافتها إلى التربة لتزويدها بالعناصر الغذائية واستخدامها كمحسنات للتربة، وقد تختلف نوعية الكمبوست حسب المواد الأولية والعمليات المستخدمة في التصنيع.

• **روث المواشي** وهو مصدر ثمين للعناصر الغذائية إلا أن محتوى هذه العناصر يختلف إلى حد كبير بين مصادر الروث وممارسات إدارة المزارع. ومن المعروف على نطاق واسع أن علف المواشي ذو النوعية الرديئة يَنتج عنه روث حيواني ذو محتوى منخفض من العناصر الغذائية، لذلك فإن الروث الحيواني ينبغي تحليله لمعرفة محتواه من العناصر الغذائية.

العنصر الغذائي	متبقيات المحصول	روث الدواجن	روث المواشي
N	15-10	30-25	30-20
P	2-1	25-20	10-4
K	15-10	20-11	20-15
Ca	5-2	45-40	20-5
Mg	3-1	8-6	4-3
S	2-1	15-5	50-4

قيم محتوى العناصر الغذائية العامة(غم/كغم) في متبقيات المحصول وروث الدواجن وروث المواشي (مقتبس من Barker et al., 2000).

• **الحمأة** وهي المخلفات الصلبة الناتجة عن معالجة مياه الصرف الصحي ويمكن إعادة تدويرها لتوفير كميات كبيرة من العناصر الغذائية للنبات. وتختلف العناصر الغذائية في الحمأة من حيث الكمية والشكل وذلك اعتماداً على المصدر وطرق المعالجة وعمليات التخزين والنقل. ويجب تحليل محتوى هذه المواد من العناصر الغذائية ومن الملوثات المحتملة بصورة منتظمة.

• **التثبيت البيولوجي للنيتروجين (BNF)** وهو تحويل الجزيئات الثنائية للنيتروجين الجوي الخامل(N2) إلى أشكال النيتروجين التي يمكن استخدامها من قِبل النباتات. وتثبيت النيتروجين البيولوجي موجود في عدد من المجموعات التشاركية للمحاصيل والبكتيريا وأهميته تكون أكبر في النظم التكافلية التي تطورت بين المحاصيل البقولية (مثل الفاصولياء والبازلاء والبرسيم) وبكتيريا الرايزوبيا (rhizobia). تتراوح معدلات التثبيت البيولوجي بين 20 و 400 كغم نيتروجين/هكتار/سنة وذلك اعتماداً على الأنواع النباتية وطول موسم النمو والظروف المناخية.

• **الأسمدة المصنّعة** التي يتم انتاجها من قِبل قطاع صناعة الأسمدة. ويتوفر لدى المزارعين مجموعة كبيرة من هذه المنتجات التي تزود النبات بعنصر واحد أكثر من العناصر الغذائية الأساسية. وفي المتوسط يقوم المزارعون في العالم بإضافة حوالي 180 مليون طن من الأسمدة سنوياً (على أساس العناصر الغذائية) كمصدر إضافي ومتكامل مع العناصر الغذائية المتوفرة في مزارعهم أو قريباً منها وتحقيق أهدافهم المستدامة بخصوص انتاج وجودة المحصول.

• والأسمدة التي تحتوي على عنصر واحد فقط من العناصر الغذائية الكبرى الأولية يشار إليها بالأسمدة البسيطة (straight fertilizers) والأسمدة التي تحتوي على اثنين أو ثلاثة من العناصر الغذائية الكبرى الأولية تسمى «الأسمدة متعددة العناصر الغذائية». والأسمدة المتعددة قد تكون أسمدة مركبة (معقدة) وجميع العناصر الغذائية موجودة في نفس الحبيبة أو أسمدة مخلوطة (Bulk blends) تَنتج من الخلط الفيزيائي للحبيبات المختلفة. إن كل منتج سمادي له مزاياه الإيجابية والسلبية التي قد تعتمد على الظروف البيئية الزراعية والإقتصادية المحلية (لمزيد من التفاصيل شاهد : Reetz, 2016).

اسم السماد الشائع	%N	$\%P_2O_5$	$\%K_2O$	%S	الحالة الفيزيائية
أمونيا	82	0	0	0	غاز
يوريا	46-45	0	0	0	صلب
كبريتات الأمونيوم	21	0	0	24	صلب
نترات الأمونيوم	34.5-33.0	0	0	0	صلب
نترات الكالسيوم والأمونيا	27.0-20.4	0	0	0	صلب
نترات الأمونيوم واليوريا	32-28	0	0	0	سائل
فوسفات الأمونيوم الأحادية	11	52	0	0	صلب
فوسفات الأمونيوم الثنائية	18	46	0	0	صلب
نترات البوتاسيوم	13	0	44	0	صلب
فوسفات الصخر الأرضي	0	40-20	0	0	صلب
سوبر فوسفات الأحادي	0	20-16	0	12	صلب
سوبر فوسفات الثلاثي	0	46	0	0	صلب
كلوريد البوتاسيوم	0	0	60	0	صلب
كبريتات البوتاسيوم	0	0	50	18	صلب

متوسط محتوى العناصر الغذائية (كنسبة مئوية من المنتج) في بعض الأسمدة الهامة.

من المهم ملاحظة أن المحاصيل تستجيب للعناصر الغذائية في النبات من جميع مصادرها ولكنها تستطيع امتصاص العناصر الغذائية في الأشكال غير العضوية فقط، لذلك فإن المصادر العضوية للعناصر الغذائية يجب أن تتمعدن (تتحول من الشكل العضوي إلى الشكل غير العضوي) قبل أن تمتصها النباتات، كما أن كمية العناصر الغذائية المتوفرة من مصادر مختلفة تتفاوت كثيراً بين الأنظمة البيئية الزراعية وداخلها. عموماً التغذية المستدامة للمحاصيل تُحدِد وتَستخدم جميع المصادر المتوفرة للعناصر الغذائية في النبات.

التسميد بإضافة الكربون

التمثيل الضوئي وبفضل الطاقة الضوئية يجمع بين ثاني اكسيد الكربون (CO_2) والماء لإنتاج الكربوهيدرات وخلال هذه العملية يكون ثاني اكسيد الكربون هو المصدر الوحيد للكربون في كل المادة العضوية التي يتكون نصفها تقريباً من الكربون. وبهذه الخاصية يستحق ثاني اكسيد الكربون أن يُعتبر أهم مادة للحياة من الناحية الكمية،ولكن التمثيل الضوئي الفعال يتطلب أيضاً جميع العناصر الغذائية الأساسية الأخرى.

إن الزيادة في كمية ثاني اكسيد الكربون الجوي منذ بداية التصنيع والتي تقدّر بين 0.03٪ و 0.04٪ لها أهمية عالمية في تحسين كفاءة استخدام المياه وزيادة انتاجية المحاصيل،حيث تقدّر قيمة التسميد العالمية لثاني اكسيد الكربون من صنع الإنسان بحوالي 140 مليار دولار امريكي سنوياً.

تحت ظروف الأنظمة المحدودة مثل البيوت المحمية الحديثة تُعتبر زيادة تركيز ثاني اكسيد الكربون ممارسة شائعة الإستخدام لتحسين الإنتاجية.على أية حال،من الضروري تزويد النباتات بجميع المعادن الغذائية الأساسية (minerals) بطريقة متوازنة وكميات كافية وذلك لتجنب التخفيف في العناصر الغذائية الأخرى في الأنسجة النباتية سريعة النمو وما يرتبط بذلك من فقدان قيمتها الغذائية.

1.3

لماذا تُعتبر الأسمدة ضرورية لصحة وجودة التربة وللمحاصيل المنتجة و المغذية؟

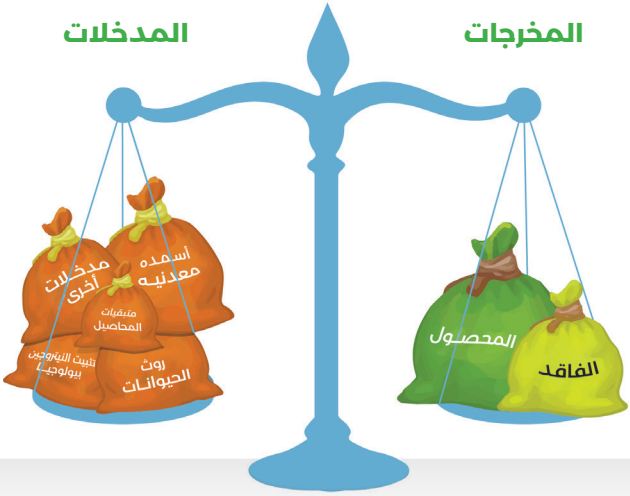
تنتقل العناصر الغذائية من الحقل عند حصاد المحاصيل وهذا ما يسمى بإستنزاف العناصر الغذائية من التربة (soil nutrient mining) وكمية العنصر الغذائي الذي يتم إزالته مع الحصاد تكون محدّدة لكل محصول ولكل جزء من المحصول وهي تتناسب مع معدل الإنتاج. وللحفاظ على خصوبة التربة بهدف تحسين انتاج وجودة المحاصيل بصورة مستدامة يجب تعويض العناصر الغذائية التي انتقلت مع الحصاد وفُقدت في البيئة بمصادر أخرى عضوية ومعدنية أو معدنية فقط.

في الترب التي تظهر فيها الخصوبة أقل من المستوى المثالي وأينما تكون هذه الممارسة مجدية اقتصادياً فقد يكون من المفيد إضافة معدلات أعلى من العناصر الغذائية بالإضافة إلى ممارسات أخرى ضرورية لإدارة خصوبة التربة وذلك للتخفيف من العناصر الغذائية ذات الصلة بالعوامل المحدِدة وتحسين توافر العناصر الغذائية للمحاصيل وتحسين صحة التربة.

ولتحقيق مستويات متوسطة إلى عالية من الإنتاج مع مرور الوقت بُغية تحسين الأمن الغذائي ودخل المزارعين فإن كميات

العناصر الغذائية من المصادر المحلية مثل التربة والترسيب من الجووتثبيت النيتروجين البيولوجي وإعادة تدوير الروث الحيواني قد تكون غير كافية.وللحفاظ أيضاً على الإنتاجية العالية يحتاج المزارعون إلى مدخلات إضافية للعناصر الغذائية على شكل أسمدة مصنعة أو من خلال شراء مصادر عضوية للعناصر الغذائية.

وعادة يتم تعويض العناصر المحدِدة للنمو عن طريق إضافة مدخلات معدنية أوعضوية أو كلاهما. وفي حالة الأسمدة المصنعة يتم التعويض بإستخدام الأسمدة متعددة العناصر الغذائية أو عن طريق الجمع بين مواد مختلفة من الأسمدة التكميلية.



يجب الموازنة بين مدخلات ومخرجات العناصر الغذائية لتحسين انتاج المحصول إلى المستوى المثالي وتعزيز الإنتاجية وتقليل الخسائر في البيئة. فالتوازن الإيجابي يزيد من مخاطر فقدان العناصر الغذائية والتوازن السلبي يؤدي إلى استنزاف المعادن الغذائية من التربة.

إدارة الأسمدة لتحسين القيمة الغذائية

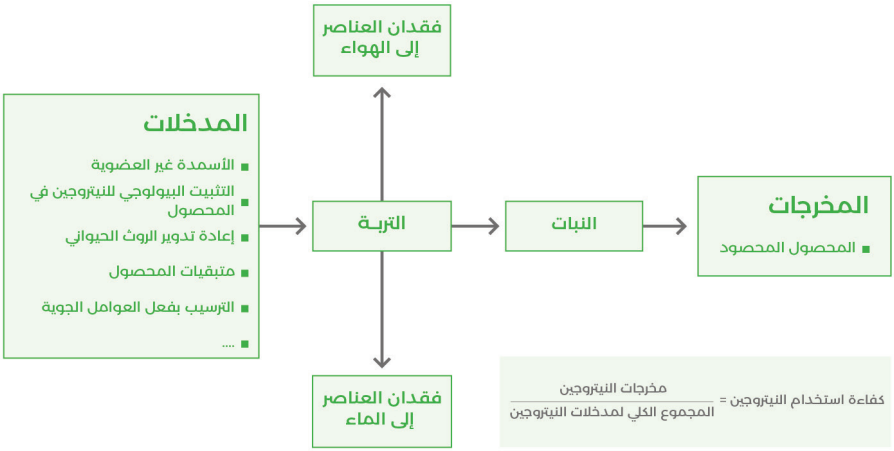
يمكن إدارة الأسمدة أيضاً بطرق من شأنها تعزيز القيمة الغذائية للمحاصيل وبالتالي تحسين صحة الحيوان والإنسان. على سبيل المثال التسميد بإضافة النيتروجين والكبريت يؤثر على محتوى وجودة البروتين، والتسميد البوتاسي يمكن أن يزيد تركيز مضادات الأكسدة، والتسميد بإضافة الزنك يمكن أن يزيد من كثافة الزنك في الحبوب.

.2
إدارة العناصر الغذائية بكفاءة وفاعلية

2.1

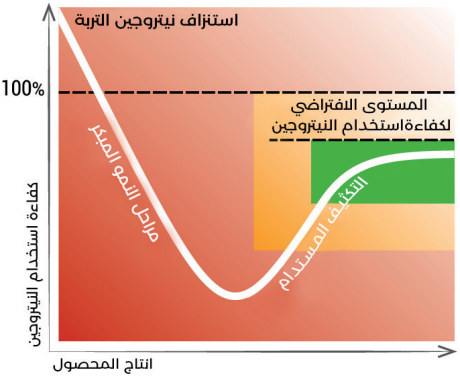
ما هي كفاءة استخدام العنصر الغذائي؟

من منظور المزارعين يمكن تعريف كفاءة استخدام العنصر الغذائي بأنها نسبة العناصر الغذائية المضافة (من جميع المصادر) التي يتم امتصاصها في المحصول، أي بمعنى كيفية الحصول على أفضل مردود من المدخلات من العناصر الغذائية. ويتم حسابها كنسبة المخرجات إلى المدخلات أي نسبة العناصر الغذائية المضافة التي ينتهي بها الأمر أخيراً في المحصول المحصود.



حساب كفاءة استخدام النيتروجين (NUE)

إن انحفاض نسب المخرجات إلى المدخلات (مثلاً أقل من 50٪) غالباً ما يعكس مخاطر فقدان العناصر الغذائي في البيئة، بينما النسب العالية (مثلاً أكبر من 90٪) قد تعكس ممارسات استنزاف العناصر الغذائية من التربة التي من شأنها أن تقلل خصوبة التربة إذا تمت ممارستها على مدى عدة سنوات، وكِلتا الحالتين غير مستدامتين. في «المنطقةالخضراء» من الشكل أدناه حيث مستوى انتاج المحصول عالي ونسبة مخرجات العناصر الغذائية إلى المدخلات تُعتبر قريبة من المستوى المثالي، تكون هذه المنطقة محدّدة لكل نظام زراعي وعنصر غذائي.



كفاءة استخدام النيتروجين نسبة إلى انتاج المحصول.

تنتقل الأنظمة الزراعية من المنطقة الحمراء إلى المنطقة البرتقالية وفي النهاية تصل المنطقة الخضراء التي تعكس مستوى الإنتاج العالي وكفاءة استخدام النيتروجين المثالية

(مقتبس من Zhang et al., 2015).

تتأثر كفاءة استخدام العنصر الغذائي كثيراً بالطريقة التي يتم فيها إدارة كلٍ من الأسمدة غير العضوية ومصادر العناصر الغذائية الأخرى والمحاصيل والتربة. وقد تحسنت كفاءة استخدام العنصر الغذائي لحوالي ثلاثة عقود في الدول المتقدمة حيث يمكن للمزارعين الوصول إلى التكنولوجيا الحديثة والمعلومات. وهيتوضح الإنتقال إلى طريقة «التكثيف المستدام» التيزيد فيها المزارعون الإنتاج الزراعي وفي نفس الوقتيتم الحفاظعلى المصدر الأساسي وتقليل مخاطر الآثار البيئية المرتبطة مع الفائض من العنصر الغذائي لكل وحدة انتاج. مقابل ذلك لا يزال الوضع يتدهور في معظم الدول النامية مما يتطلب الوصول إلى أفضل الممارسات الإدارية واعتمادها (طرق الإدارة المتكاملة للعناصر الغذائية) للرجوع إلى الإتجاه الصحيح في الدول النامية.

ولأن العناصر الغذائية تتفاعل وتتداخل مع بعضها البعض فإن تحسين كفاءة استخدام العنصر الغذائي يمكن تحقيقهامن خلال إدارة العنصر الغذائي المعني بشكل أفضل،إضافةً إلى تحسين إدارة العناصر الغذائية التي تتفاعل معه بصورة أفضل عن طريق التسميد المتوازن. فمثلاً من المعروف أن الكبريت يُحسّن تكوين البروتين وبالتالي تتحسن كفاءة استخدام النيتروجين أيضاً.

أهداف الكفاءة والفعالية مُكملة لبعضها البعض

رغم أن تحسين كفاءة استخدام العنصر الغذائي تُعتبر هدف مهم فإنها ينبغي ألا تكون على حساب مجالات الأداء الرئيسية الأخرى مثل انتاج المحصول[1] وخصوبة التربة وإنتاجية المياه، ... الخ، التي تعكس بدورها فعالية النظام الزراعي.على سبيل المثال يمكن زيادة كفاءة استخدام العنصر الغذائي عن طريق استخراج احتياطي العناصر الغذائية من التربة، لكنه خيارٌ غير مستدام لأن مثل هذه الممارسة ستؤثر على خصوبة التربةعلى المدى المتوسط والطويل.

وبالمثل يمكن تحقيق كفاءة استخدام أعلى عن طريق تخفيض معدلات إضافة الأسمدة لكنه قد يكون على حساب انتاجية المحصول. وما دام أن تتبّع كفاءة استخدام العنصر الغذائي يوفر معلومات مفيدة فإن ذلك يجب أن يكون جزءاً من مجموعة المؤشرات التكميلية لضمان الحصول على تفسير له معنى.

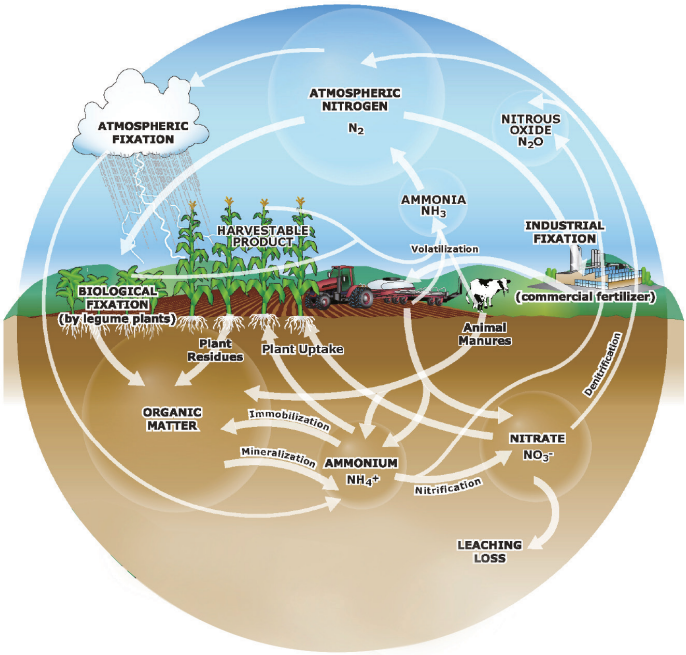
وأفضل الممارسات الإدارية الموصى بها للمزارعين بخصوص ظروفهم الخاصة بالموقع والمحاصيل يجب أن توفر الإختيارات التي تحسن الأداء العام واستدامة النظام الزراعي مع مراعاة الأهداف الإقتصادية والإجتماعية والبيئية التي يحددها المجتمع.

[1] تكون كفاءة استخدام العنصر الغذائي (المقاسة كنسبة المخرجات إلى المدخلات) عادةً أعلى عند إضافة العناصر الغذائية بمعدلات منخفضة جداً مما يؤدي إلى انخفاض انتاجية المحصول.

.3

دورات العناصـــر الغذائيــة الزراعيــة ومســارات فقدانهــا

الأشكال الرئيسية للنيتروجين في التربة هي مركبات النيتروجين العضوية وغير العضوية على شكل امونيوم (NH^+_4) ونترات (No^-_3). والنيتروجين غير العضوي يمثل فقط جزءاً صغيراً من المجموع الكلي للنيتروجين في التربة بينما معظم النيتروجين الموجود في الطبقة السطحية للتربة هو نيتروجين عـضـوي، وهـذه الأجـزاء المختلفة من النيتروجين تخضع لعمليات تحول متعددة قد تؤدي إلى فقدانها بصور متعددة في الهواء والماء.



دورة النيتروجيــن

في حالة الفسفور يحدث الفقدان بشكل رئيسي من خلال تعرية التربة والجريان السطحي لحبيبات التربة، في حين تكون كمية الفسفور المفقودة عن طريق الغسيل صغيرة نسبياً مقارنةً مع كمية النيتروجين وذلك بسبب حركة الفسفور القليلة في التربة. البوتاسيوم أيضاً يتم فقدانه من خلال التعرية والجريان السطحي والغسيل وكمية البوتاسيوم المفقودة عن طريق الغسيل هي أكبر نسبياً من كمية الفسفور وذلك بسبب حركة البوتاسيوم الكبيرة في التربة. دورة الكبريت، وعلى نحوٍ مشابه لدورة النيتروجين، تكون أكثر تعقيداً مع فقدان الكبريت في الهواء والماء. ولأن دورة العناصر الغذائية الزراعية متسربة نجد أن الإنتاج الزراعي المستدام يعتمد على مدخلات العنصر الغذائي الخارجية من خلال إضافة الأسمدة العضوية (إن وجدت) والأسمدة المعدنية والتثبيت البيولوجي للنيتروجين من أجل سد الفجوة الناجمة عن خروج العناصر الغذائية من التربة مع المحصول المحصود وفقدان العناصر الغذائية في مراحل مختلفة من دورة العناصر الغذائية الزراعية. فالتحدي المستمر الذي يواجه المزارعين هو تطبيق المصدر الصحيح للعنصر الغذائي بالمعدل الصحيح والوقت الصحيح والمكان الصحيح بهدف الحفاظ على المستوى المثالي للإنتاج وفي نفس الوقت التقليل من الآثار البيئية. علماً بأن نقص وزيادة العناصر الغذائية على حد سواء قد يؤديان إلى تأثيرات سلبية على صحة الإنسان والبيئة ودخل المزارعين.

الدورة الزراعية الحقيقية للنيتروجين: نظام مفتوح مع فقد لا يمكن تجنبه.

.4

الحاجة إلى الإدارة المتكاملة للعناصر الغذائية ولخصوبة التربة

4.1

المصادر العضوية والمعدنية للعناصر الغذائية مُكملة لبعضها البعض

بصفة عامة محتوى العناصر الغذائية في الأسمدة المعدنية أعلى منه في الأسمدة العضوية، كما أن تركيب الأسمدة المعدنية من العناصر الغذائية محدّد ودقيق، والعناصر الغذائية فيها تكون غالباً متوفرة بسهولة للمحاصيل. أما المصادر العضوية للعناصر الغذائية فهي بطبيعتها غنية بالمادة العضوية التي تساعد على تحسين صفات التربة مثل بناء التربة وترشيح المياه والقدرة على الإحتفاظ بالماء. وبالنظر إلى هذه الفوائد المتخصصة يتبين أن المصادر المعدنية والعضوية للعناصر الغذائية مكملة لبعضها البعض وأفضل الممارسات الإدارية تستفيد من هذا التآزر.

4.2

الفوائد المتعددة لأساليب الإدارة المتكاملة للعناصر الغذائية ولخصوبة التربة

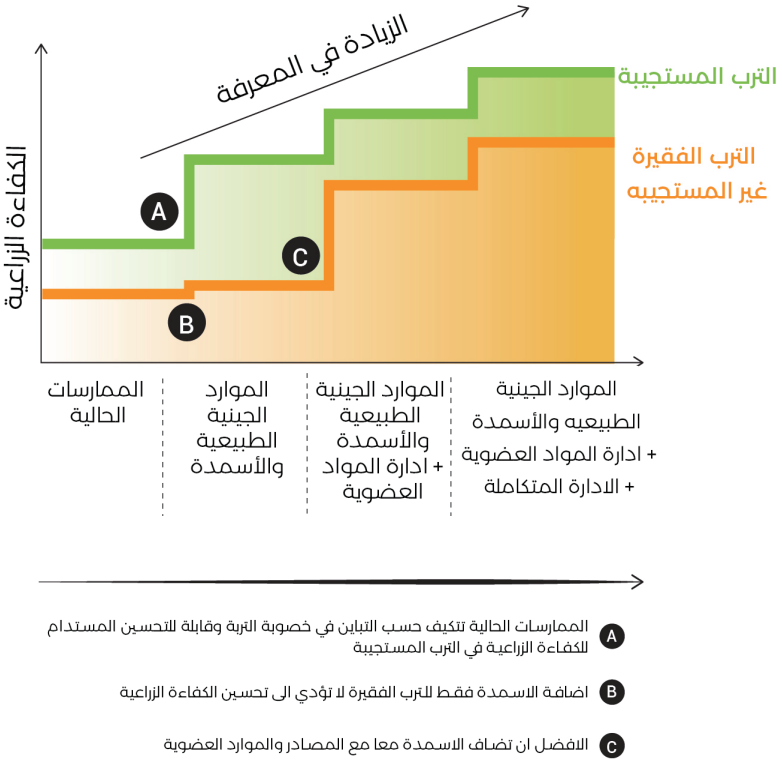
يمكن النظر إلى الإدارة المتكاملة من حيث العنصر الغذائي في مستويين مختلفين:

• تهدف الإدارة المتكاملة للعناصر الغذائية للنبات (IPNM) إلى الجمع بين المصادر العضوية والمعدنية للعناصر الغذائية بناءً على المزايا الخاصة بكِلا المصدرين، وفيها يستخدم المزارعون المصادر العضوية المتوفرة في مزارعهم أو في المناطق المجاورة لها وتضاف كمواد تكميلية مع الأسمدة المصنعة لتحقيق أهداف إنتاجية وجودة المحصول للمزارع واستعادة خصوبة التربة، حيث يشير فحص التربة إلى مستويات منخفضة من العناصر الغذائية المتوفرة للنبات.

الإدارة المتكاملة للعناصر الغذائية للنبات هي طريقة تركز على جوانب تزويد العناصر الغذائية لإنتاج المحاصيل، في حين أن الإدارة المتكاملة لخصوبة التربة (ISFM) تشمل جميع أبعاد إمتصاص العناصر الغذائية في النبات بما في ذلك اختيار

أصناف المحاصيل والأبعاد البيولوجية والفيزيائية لصحة التربة التي يمكن أن تعزز امتصاص العناصر الغذائية. فمثلاً تحت ظروف الإجهاد الجافة يمكن للتربة المغطاة بالمادة العضوية أن تحتفظ بالرطوبة أكثر من التربة غير المغطاة، وهذه الرطوبة الزائدة قد تؤدي إلى تحسين امتصاص العناصر الغذائية الموجودة في الأسمدة المضافة وزيادة انتاج المحاصيل .

إن الإدارة المتكاملة للعناصر الغذائية في النبات وإدارة خصوبة التربة تشتركان في تحقيق أهدافاً متشابهة هي ضمان كفاءة امتصاص العناصر الغذائية ونمو النبات بأقل الآثار السلبية على البيئة.



مفهوم العلاقة بين الكفاءة الزراعية للأسمدة والمصادر العضوية كأن ينتقل أحدهما من منطقة الممارسة الحالية إلى منطقة الإدارة المتكاملة لخصوبة التربة بشكلٍ كامل (Full ISFM). وعند تطبيق الأسمدة بمعدلات ثابتة فإن معدل الإنتاج يرتبط بعلاقة خطية مع الكفاءة الزراعية، ويجب الملاحظة بأن الشكل لا يقترح الحاجة إلى إضافة العناصر بالتسلسل المستخدم في الترتيب المعروض.

.5
الإدارة المتكاملة للعناصر الغذائية «Nutrient Stewardship»

5.1

مبادئ أفضل الممارسات الإدارية الزراعية والإدارة المتكاملة للعناصر الغذائية

تُصنف الممارسات الناتجة عن الأبحاث والخبرات المثبت أنها أكثر إنتاجية وأكثر ربحية وصديقة أكثر للبيئة ومقبولة أكثر اجتماعياً بأنها أفضل الممارسات الإدارية للسماد أو العنصر الغذائي (BMPs) والهدف منها أن يتناسب تزويد النبات بالعناصر الغذائية مع متطلبات المحصول لتحسين الإنتاج إلى أقصى حدّ وفي نفس الوقت تقليل فقدان العناصر الغذائية في البيئة.

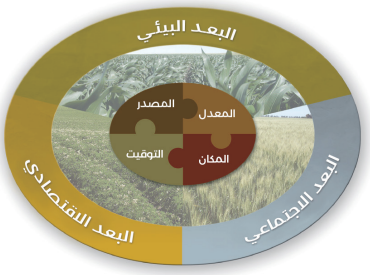
والتطبيقات السمادية من خلال هذه الممارسات في المبادئ الأربعة لإدارة العناصر الغذائية (المصدر والمعدل والوقت والمكان) توفر الأساس للإدارة المتكاملة للعناصر الغذائية «Nutrient Stewardship» والإطار للإستخدام الكفؤ والفعال للعناصر الغذائية في النبات من أجل تحقيق الفوائد الإقتصادية والإجتماعية والبيئية.

إن الممارسة الفردية لواحدة من أفضل الممارسات الإدارية يمكن أن تحسّن الأداء في واحد أو اثنين من مجالات الإدارة. وبما أن عناصر الإدارة الأربعة ينبغي إيلاؤها اهتماماً متساوياً فذلك يتطلب من

الإدارة المتكاملة للعناصر الغذائية اعتماد مجموعة من أفضل الممارسات الإدارية التكميلية التي ستتناول العناصر الأربعة، بحيث إذا تم التغاضي عن أي من العناصر الأربعة فمن غير المرجح أن تكون إدارة

العناصر الغذائية في المزرعة فعالة وناجحة لأن عنصر الإدارة الأضعف سيكون لديها لتأثير الأقوى على الأداء العام لإستخدام هذه الإدارة.

يختلف اختيار أفضل الممارسات الإدارية للعناصر الغذائية حسب اختلاف الموقع ومدى استجابة الممارسات التي تعمل بشكل أفضل في مزرعة معينة لإحتياجات التربة المحلية والظروف المناخية، إضافةً إلى نوع المحصول ونظام الإدارة وعوامل أخرى خاصة بالموقع.



رسم بياني للإطار العالمي للمبادئ الأبعة للإدارة المتكاملة للعناصر الغذائية.

يركز المفهوم على التداخل بين المبادئ الأربعة التي تؤثر على مساهمة نظام المحاصيل في الأبعاد الثلاثة للاستدامة (IFA, 2009; IPNI, 2012)

المبادئ العلمية العامة التالية يتم تطبيقها على أفضل الممارسات الإدارية للسماد:

الإنسجام مع التقنيات الزراعية المفهومة.

أي الأخذ بالإعتبار التخصصات العلمية ذات العلاقة وتشمل خصوبة التربة، تغذية النبات، فيزياء التربة، كيمياء التربة، الهيدرولوجيا وعلم الأرصاد الجوية الزراعية. على سبيل المثال حالة الإجهاد الرطوبي وبالتالي الذبول قد تزداد سوءً تحت الظروف الجافة لأن ر تراكيز العناصر الغذائية حول منطقة الجذور تجذب الماء من النبات من خلال الخاصية الأسموزية. في هذه الحالة يجب أن تكون إضافة السماد في التوقيت المناسب مع توفر الماء أو الرطوبة في التربة.

التعرف على والأخذ بالإعتبار التفاعلات مع العوامل الأخرى للنظام الزراعي.

تشمل الأمثلة على ذلك صنف النبات، تاريخ الزراعة، كثافة المحصول، تناوب زراعة المحاصيل، وغيرها.

التعرف على والأخذ بالإعتبار التفاعلات بين مصدر العنصر الغذائي ومعدل ووقت ومكان إضافته.

مثال ذلك أن المصدر قليل الذوبان ينبغي على الأرجح عدم إضافته في نفس توقيت إضافة المصدر الذائب في الماء.

تجنب الآثار الضاره على جذور النبات والأوراق والشتلات.

مثلاً تحتاج الأسمدة المضافة على خطوط أن تبقى في مسافة آمنة بعيدة عن الجذور لتجنب الأضرار المحتملة على الشتلات.

التعرف والأخذ بالإعتبار التأثيرات على جودة المحصول إضافة إلى الإنتاج.

مثلاً يؤثر النيتروجين على انتاج المحصول ومحتوى البروتين على حدٍ سواء. فالبروتين عنصر مهم في تغذية الحيوان والإنسان وهو يؤثر على جودة القمح عند صناعة الخبزمما يعني أن إضافة النيتروجين بمعدلات أعلى من تلك المعدلات التي يحتاجها المحصول المثالي قد تزيد من محتوى البروتين، لكن الإضافات المفرطة للنيتروجين لها تأثير سلبي على صحة النبات، انتاج وجودة المحصول والإستدامة البيئية. من جهةٍ أخرى يجب إيلاء استخدام

النيتروجين في أصناف النباتات التي لديها كفاءة في امتصاص النيتروجين الإهتمام اللازم، فبعض الأصناف المزروعة تحت مستوى عالي من النيتروجين تميل للنمو بغزارة؛ أي غطاء نباتي أكبر على حساب الجزء المحصود. لذلك يُعد الإختيار الصحيح لأصناف المحاصيل وبرامج التسميد الملائمة لها أمراً ضرورياً للغاية.

5.2

مصدر العنصر الغذائي الصحيح

يجب اختيار مصادر العناصر الغذائية التي تزود النبات بكميات متوازنة من جميع العناصر الغذائية الأساسية المناسِبة والتي تُطلق العناصر الغذائية إلى التربة في الوقت الذي يحتاج النبات إليها .

المصدر الصحيح لنظام إدارة العناصر الغذائية يجب أن يضمن تزويد النبات بكميات متوازنة من جميع العناصر الغذائية الأساسية بأشكال متوفرة للنبات كلما كانت مطلوبة من قِبل المحصول طيلة موسم النمو.واختيار المصدر الصحيح (بما في ذلك المصادر العضوية) يجب أن يأخذ بالإعتبار أيضاً قابلية العناصر للفقدان، أي تفاعلات للعنصر الغذائي أو مسائل متوافقة معه، احتمالية حساسية المحاصيل تجاه المصدر والخطر من أي عناصر غير غذائية يشملها المصدر. والمصدر الصحيح قد يتغير حسب كلٍ من المحصول، خصائص التربة في الحقل، المنتجات المتوفرة، الإعتبارات الإقتصادية وخيارات أخرى لطريقة تطبيق المصدر.

المبادئ العلمية التي يتم اعتمادها عند اختيار المصدر الصحيح للعناصر الغذائية في النبات تشمل ما يلي:

تزويد العناصر الغذائية بالأشكال والصيغ القابلة للإمتصاص للنبات.

يجب أن تكون العناصر الغذائية المضافة ذائبة في الماء ومتوفرة بصورة صالحة للإمتصاص من قِبل النبات، أوتكون بالأشكال التي تتحول بسهولة في التربة إلى أشكال متوفرة للنبات.

مواءمة المصدر مع خصائص التربة الفيزيائية والكيميائية.

تشمل الأمثلة على ذلك تجنب إضافة النترات إلى التربة المشبعة بالماء، وإضافة اليوريا بدون مثبط اليورياز (urease) على سطح التربة التي تكون فيها درجة الحموضة عالية. بعض الأسمدة لها تأثيرات حامضية على التربة لذا يجب إضافتها إلى الترب القاعدية فقط أو تضاف بالإشتراك مع الجير (lime).

التعرف على والأخذ بالإعتبار التفاعلات بين العناصر الغذائيةومصادرها.

الأمثلة تشمل تفاعل الفسفور والزنك والتداخل السلبي بينهما والتداخل الإيجابي بين النيتروجين والفسفور حيث يزيد النيتروجين من امتصاص الفسفور، وكذلك الأسمدة المكملة للروث الحيواني.

التعرف على والأخذ بالإعتبار قابلية المصادرللخلط.

هناك مجموعات معينة من المصادر تعمل على امتصاص الرطوبة عند خلطها مع بعضها البعض مما يحدّ من التجانس عند إضافة المواد المخلوطة، وكذلك

حجم الحبيبات يجب أن يكون متماثلاً لتجنب فصل الحبيبات ذات الأحجام المختلفة عن بعضها البعض، وبعض المصادر السائلة قد تترسب عند إضافتها في درجات الحرارة المنخفضة أو تتفاعل مع مكونات أخرى لتكوين مواد هلامية أو رواسب.

التعرف على والأخذ بالإعتبار حساسية المحاصيل للعناصر المرافقة للعنصر الغذائي الرئيسي.

معظم العناصر الغذائية في المصادر يكون لديها أيون مرافق قد يكون مفيداً أو متعادلاً أو ضاراً لبعض المحاصيل. مثلاً يُعتبر أيون الكلورايد المرافق للبوتاسيوم في موريات البوتاس (كلوريد البوتاسيوم) مفيداً لمحصول الذرة ولكنه يمكن أن يكون ضاراً على جودة بعض الفاكهة والخضراوات.

السيطرة على والحد من تأثيرات العناصر غير المغذية.

على سبيل المثال قد تحتوي المواد الخام المستخدمة في إنتاج الأسمدة على معادن نادرة غير مغذية ولذلك يجب أن تبقى إضافة هذه العناصر ضمن حدودٍ آمنة.

5.3 معدل الإضافة الصحيح

يجب ضمان إضافة كمية كافية من جميع العناصر الغذائية المحدِدة للنمو لتلبية متطلبات النبات لزيادة الإنتاج وتحسين جودته.

المعدل الصحيح لإضافة العنصر الغذائي يجب أن يأخذ بالإعتبار كميات العناصر الغذائية المتوفرة للنبات من جميع المصادر بما يتوافق مع متطلبات النبات من العناصر الغذائية. وفهم احتياجات المحصول للعناصر الغذائية خلال مراحل النمو المختلفة يعدّ الخطوة الأولى لتحديد وتزويد المعدل الصحيح، حيث يجب اختيار معدل الإضافة ليحقق التوازن بين كمية العنصر الغذائي المضافة واحتياج المحصول خلال موسم النمو لتجنب حدوث نقص أو زيادة في كمية العنصر الغذائي. فالمعدل المنخفض جداً سيؤدي إلى انخفاض الإنتاج والجودة بينما المعدل الزائد يمكن أن يؤدي إلى تلف المحاصيل وآثار بيئية سلبية، مما يعني أن كِلا الإضافتين الزائدة وغير الكافية للعنصر الغذائي ستعملان على تقليل الربح الإقتصادي.

تقييم كمية العناصر الغذائية في التربة.

يمكن أن يشمل هذا التقييم تحليل التربة أو النبات، إجراء تجارب الإستجابة الحقلية وتجارب المقاطع المحذوفة أوخطوط المرجع المشبعة.

تقييم جميع مصادر العناصر الغذائية المتاحة.

يتضمن هذا التقييم تحديد كمية ومدى توفر العناصر الغذائية في كلٍ من متبقيات المحاصيل، الأسمدة الخضراء، الروث الحيواني، الكمبوست، الحمأة، مياه الري، الرواسب من الجو والأسمدة المصنعة.

تقييم حاجة النبات من العناصر الغذائية.

تعتمد كمية العناصر الغذائية التي يتم امتصاصها في الموسم الواحد على مستوى انتاج المحصول ومحتوى العناصر الغذائية. ومن المهم إجراء تقييم دقيق للإنتاج الممكن تحقيقه وبناءً عليه

يتم تصميم برامج شاملة لتحقيق ذلك الإنتاج المحاصيل بهدف تحقيق العوائد المراد الحصول عليها.

التنبؤ بكفاءة استخدام السماد.

بعض الفقد في الأسمدة لا يمكن تجنبه، وفي الوقت الذي ينبغي فيه التقليل من الفقد ما أمكن يجب الأخذ بالإعتبار الفقد الذي لا يمكن تجنبه عند تقدير معدل إضافة السماد الذي يلبي حاجة النبات من العناصر الغذائية.

الأخذ بالإعتبار التباين في الحاجة للعناصر الغذائية من موسم لآخر.

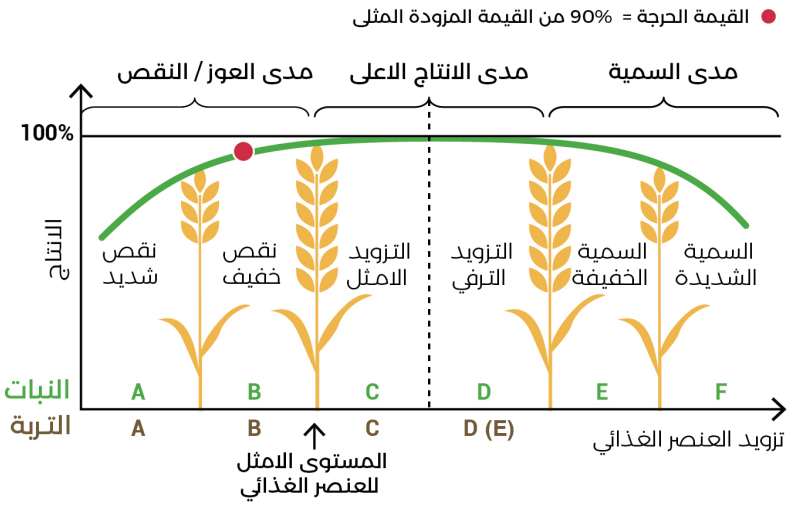
تتأثر كمية الإنتاج المحتملة والحاجة إلى العناصر الغذائية بتغير المناخ من موسم لآخر وبعوامل أخرى من ضمنها الإدارة وتوفر الفرص لإدارة العناصر الغذائية في الوقت المناسب لمعدلات إضافة الأسمدة المتغيرة (التقنيات تشمل جهاز قياس الكلوروفيل، ودليل لون الورقة وطرق أخرى لتقييم العناصر الغذائية في المحصول).

الأخذ بالإعتبار ميزانيات العناصر الغذائية.

إذا تجاوزت مخرجات العناصر الغذائية من نظام زراعي ما المدخلات فإن خصوبة التربة تنخفض على المدى الطويل. وفي الوضع المعاكس إذا فُقدت العناصر الغذائية في حالة الإضافةالزائدة عن الحاجة فإنها ستؤدي إلى نتائج سلبية على البيئة وعلى الجدوى الإقتصادية.

الأخذ بالإعتبار المردود الإقتصادي لمعدل الإضافة.

مع مراعاة التباين المكاني والزماني للإنتاج يكون معدل الإضافة مُجدي إقتصادياً أكثر عندما تتساوى قيمة معدل الأسمدة المضافة مع قيمة الزيادة في الإنتاج نتيجة إضافة هذا المعدل (قانون العوائد المتناقصة) كما يجب الأخذ بالإعتبار أيضاً القيمة المتبقية من العناصر الغذائية في التربة للمحاصيل المُقبلة.



تأثير معدلات إضافة العناصر الغذائية على مستوى انتاج المحصول ويظهر فيها النقص المحتمل حدوثه وآثار السمية الناتجة عن عدم إضافة المعدل الصحيح للعناصر الغذائية.

وقت الإضافة الصحيح

الوقت الصحيح لإضافة العناصر الغذائية يضع بالإعتبار التداخل بين إمتصاص العناصر الغذائية من قِبل المحصول ومخزون التربة من العناصر الغذائية والمخاطر البيئية والخدمات اللوجستيةللعمليات الحقلية.

تتغير معدلات امتصاص العناصر الغذائية من قِبل المحصول خلال مراحل النبات ابتداءً من مرحلة الإنبات إلى مرحلة النمو الخضري ومراحل التكاثر إلى مرحلة النضج. ولتحقيق الإنتاجية المثالية يجب أن تكون كميات العناصر الغذائية الكافية المتوفرة للنبات موجودة بحيث تستطيع النباتات الوصول إليها لتلبي حاجة المحصول في جميع المراحل خلال موسم النمو، بينما إذا كانت العناصر الغذائية موجودة في التربة لفترة طويلة قبل أن يمتصها المحصول فإنها قد تنتقل بعيداً عن المنطقة الجذرية أو تتحول إلى أشكال غير متوفرة للنبات. وفي هذه الحالات فإن اختيار التوقيت الصحيح لإضافة العناصر الغذائية سيزيد من انتاجية المحصول ويحسّن الجودة والقيمة الغذائية للمنتج ويقلل من فقدان العناصر الغذائية.

تقييم وتحديد توقيت إمتصاص المحصول للعناصر الغذائية.

ويعتمد ذلك على عوامل مثل تاريخ الزراعة وخصائص نمو النبات وحساسية النبات لنقص العناصر الغذائية في مراحل معينة من النمو. وتزويد النبات بالعناصر الغذائية يجب أن يتزامن مع حاجات المحصول من العناصر الغذائية التي عادةً تتبع منحنى على شكل S وتتباين حسب مراحل النمو المختلفة.

تقييم وتحديد ديناميكية تزويد التربة بالعناصر الغذائية.

إن معدنة المادة العضوية في التربة سيحول العناصر الغذائية فيها من صيغتها العضوية إلى المعدنية الصالحة لإمتصاص النبات ويوفر كميات كبيرة من العناصر الغذائية، لكن إذا كانت حاجة المحصول للإمتصاص تسبق انطلاق العناصر خلال عملية المعدنة فإن نقص العناصر الغذائية قد يحدّ من الإنتاجية.

تقييم وتحديد انطلاق العناصر الغذائية وتوفرها من الأسمدة.

يتأثر معدل انطلاق العناصر الغذائية وتوفرها في السماد بظروف الطقس ورطوبة التربة عند الإضافة مما يؤدي إلى احتمال وجود كمية كبيرة من العناصر الغذائية وخسائر في الإنتاج إذا لم يكن انطلاقها متزامناً مع حاجة المحصول.

التعرف على والأخذ بالإعتبار التوقيت الذي تؤثر فيه عوامل الطقس على فقدان العناصر الغذائية.

يمكن لأشكال محددة من العنصر الغذائيأن تعمل بشكل أفضل من غيرها تحت ظروف مناخية معينة وفي مواسم معينة. على سبيل المثال فقدان العناصر الغذائية عن طريق الغسيل في المناطق الرطبة يميللأن يكون أكثر تكراراً في الربيع والخريف.

تقييم الخدمات اللوجستية للعمليات الحقلية.

مثلاً الإضافات المتعددة للعناصر الغذائية قد تتوافق أو لا تتوافق مع مركبات وقاية النبات، وكذلك إضافة العناصر الغذائية ينبغي أن لا تؤجل العمليات الرئيسية الضرورية مثل وقت وتاريخ الزراعة أو الحاجة إلى مكافحة الحشرات أو الأمراض. تحت هذه القيود يمكن استخدام الأسمدة الورقية كونها تتوافق مع معظم مركبات وقاية المحاصيل.

مكان الإضافة الصحيح

يجب وضع العناصر الغذائية في المكان المناسب لديناميكية وحركة الجذور في التربة ويأخذ بالإعتبار حركة العنصر الغذائي والتباين المكاني داخل الحقل وامكانية تقليل فقدان العناصر الغذائية من الحقل.

يضمن وضع العناصر الغذائية في المكان الصحيح - عمودياً وأفقياً - أن تستطيع جذور النبات امتصاص كمية كافية من كل عنصر غذائي في جميع الأوقات خلال موسم النمو، ويمكن وضع الأسمدة في مكان مناسب لطبيعة نمو الجذور. إن توفر تكنولوجيا الزراعة الدقيقة في السنوات الأخيرة جعل من الممكن أيضا ضبط إضافة العناصر الغذائية ومعدلات الإضافة المتفاوتة داخل الحقل وذلك لتتناسب مع التباين في خصوبة التربة والعوائد المحتملة.

التعرف على والأخذ بالإعتبار ديناميكية الجذور والتربة.

تستكشف جذور المحاصيل الحولية التربة تدريجياً خلال الموسم وطريقة وضع السماد تحتاج أن تضمن اعتراض الجذور للعناصر الغذائية حسب الحاجة لها. فمثلاً وضع سماد الفسفور على شكل خطوط في محصول الذرة يضمن وجود تغذية كافية للشتلات الصغيرة وزيادة مستويات الإنتاج إلى حد كبير حتى ولو كانت كميات السماد التي تم إضافتها وامتصاصها صغيرة.

إدارة التباين المكاني للتربة داخل الحقول وبين المزارع.

تؤثر التربة على العوائد المحتملة للمحاصيل وتختلف الترب فيما بينها في المقدرة على توفير العناصر الغذائية أو احتمال فقدان العناصر الغذائية.

التوافق مع طبيعة نظام الحراثة.

وذلك بالتعرف على الخدمات اللوجستية لإعداد التربة. فمثلاً الإضافات السمادية تحت سطح الأرض في نظام الزراعة الحافظة تضمن المحافظة على تغطية التربة ببقايا المحاصيل وعدمتشكيل خطر على مهد البذور وجودتها.

الحد من إمكانية نقل العناصر الغذائية خارج الحقل.

وذلك بتحديد الحقول والمناطق الحقلية الأكثر عُرضة لفقدان العناصر الغذائية والحفاظ على العناصر الغذائية من الفقدان خلال عمليات التعرية والجريان السطحي والغسيل والتطاير والنترجة وعكس النترجة ضمن حدود مقبولة.

الحد من سمية العناصر الغذائية على الشتلات.

يجب تجنب السمية على الشتلات الناتجة من التراكيز الزائدة للعناصر الغذائية في حالة إضافتها مع البذور أو بالقرب منها.

معالجة وتصحيح نقص العناصر الغذائية الحاد من خلال إضافة الأسمدة الورقية.

خلال فترات الجفاف أو ذروة النمو يمكن معالجة الأعراض المؤقتة لنقص المغنيسيوم أو الكبريت من خلال إضافة الأسمدة الورقية. ويمكن تلبية احتياجات المحاصيل من العناصر الغذائية الصغرى بشكل كامل عن طريق الرش على الأوراق، كما يحدث مثلاً في حالة الزنك أو البورون أو المنغنيز.

6.

إدارة العناصر الغذائية وعلاقتها مع الإعتبارات الرئيسية للإستدامة

6.1

إدارة العناصر الغذائية والأمن الغذائي والتغذوي

عندما تكون العناصر الغذائية متوفرة بكميات غير كافية فإنها تحِد من إنتاج المحصول. ولإنتاج كميات كافية من الغذاء لتلبي الطلب المتزايد على الغذاء والأعلاف والألياف والطاقة الحيوية لسكان العالم الآخذين بالنمو بشكل سريع وأكثر ثراءًوفي ذات الوقت التقليل من أثر الزراعة على البيئة، يكون من الضروري للغاية تحسين إدارة العناصر الغذائية.من المعروف أن النيتروجين هو أكثر عنصر غذائي محدِد على مستوى العالم وفي ظل غياب الأسمدة وخاصة الأسمدة النيتروجينية تشير التقديرات إلى أننا سنكون قادرين على إنتاج فقط نصف انتاج العالم اليومي من الغذاء (Erisman et al., 2008). ومع توقع أن يتجاوز عدد سكان العالم تسعة مليارات نسمة بحلول عام 2050 بالإضافة إلى التحول المستمر إلى المزيد من المنتجات الحيوانية في النظم الغذائية، فإن استخدام الأسمدة بكفاءة وفعالية سوف يلعب دوراً رئيسياً في تغذية كوكب الأرض في العقود القادمة، ويشمل ذلك التسميد الأكثر توازناً بما فيه الإستخدام المناسب للعناصر الغذائية الثانوية والصغرى.

في الآونة الأخيرة أُستخدم التسميد لمعالجة نقص العناصر الغذائية الصغرى في الحيوانات والإنسان على حدٍ سواء. بالنسبة للزنك تُقدر نسبة الأشخاص المعرضين لخطر سوء التغذية بالزنك، وهي تتفاوت إقليمياً، بنحو 21% على مستوى العالم (Hotz and Brown, 2004). وحيث أن مستويات الزنك المنخفضة في التربة هي سبب نقص الزنك في الإنسان فإن التسميد يوفر بدوره خيارات مثيرة للاهتمام لزيادة كل من انتاج المحصول ومستوى الزنك في الحبوب، مما يعزز من امتصاص الزنك لدى الأشخاص الذين يزرعون المحاصيل في تلك الترب (التفاصيل موجودة على موقع: www.harvestzinc.org).

إدارة العناصر الغذائية وصحة التربة

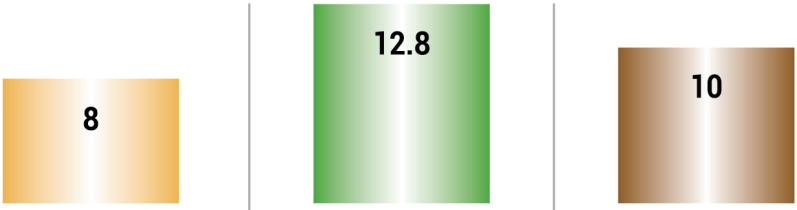
تساهم عوامل كثيرة في جودة أو صحة التربة والخاصية الرئيسية لصحة التربة هي القدرة على توفير جميع العناصر الغذائية الأساسية بكميات ونِسب كافية لنمو النبات وغالباً تُعرّف لخصوبة التربة. يتم الحفاظ على خصوبة التربة بإضافة مدخلات العناصر الغذائية التي تعوض انتقال وفقدان العناصر الغذائية. والعوامل الفيزيائية مثل القوام والبناء هي أيضا مكونات مهمة لجودة التربة، وفيما يمكن لتدخلات الإنسان أن تغير بناء التربة فإن قوام التربة غير قابل للتغيير إلى حدٍ كبير. العامل الرئيسي لجودة التربة هوالمادة العضوية في التربة التي لديها تأثيراً قوياً على بناء التربة وبصفة عامة على صحة التربة و وظائفها المفيدة على الرغم من أنها تشكل جزءً صغيراً نسبياً.

تؤثر المادة العضوية في التربة على المجتمعات الميكروبية ونشاطها في التربة ووظائفها العديدة في التربة مثل تحلل المادة العضوية ودورات العناصر الغذائية.ويمكن للمادة العضوية أن تساعد على زيادة الإستقرار الكلي للتربة وبالتالي تساهم في تحسين معدل رشح الماءفي التربة والقدرة على الاحتفاظ به، مع ما يرتبط بذلك من تحسين مقاومة التربة من الإنجراف والتدهور في خواصها.

إن إستخدام الأسمدة يمكن أن يكون له آثاراً إيجابية على صحة التربة عند تطبيق أفضل الممارسات الإدارية، في حين أن سوء استخدام الأسمدة يمكن أن يؤثر سلبياً على بعض صفات التربة. واعتماداً على نظام الحراثة المستخدم فإن الإضافات المنتظمة من الأسمدة يمكن أن تعزز مستويات المادة العضوية في التربة من خلال تحفيز إنتاج الجذور وبقايا المحاصيل. من جهةٍ أخرى هناك نقاش بخصوص تأثير استخدام الأسمدة غير العضوية على المادة العضوية في التربة تحت الظروف الزراعية في البيئة الاستوائية، وما إذا كان ذلك يحفز تحول المادة العضوية ويؤدي بالتالي إلى تحللها بشكل أسرع في التربة. على كل حال تشير تحاليل التجارب طويلة الأمد من جميع أنحاء العالم إلى أن إستخدام كميات كافية ومتوازنة من الأسمدة غير العضوية يؤدي إلى زيادة كمية المادة العضوية في التربة مقارنةً مع قِطع الأراضي التي لا تتلقى أي اضافات من الأسمدة.

إذا تم استخدام منتج سمادي أوسماد مخلوط خاطئ كما يحدث مثلاً عند إضافة كمية غير متوازنة من النيتروجين والعناصر الغذائية الأساسية الأخرى، فإن ذلك يمكن أن يؤثر سلبياً على صحة التربة من خلال استنفادالعناصر الغذائية غير المضافة بشكل أسرع. ومع استخدام بعض المنتجات السمادية يوجد هناك أيضاً خطورةعلى التربة الحامضية بينما قد يكون ذلك مفيداً للتربة القاعدية/ الجيرية، ولكنه قد يكون ضاراً على التربة في درجة الحموضة المنخفضة إذا لم يتم إضافة الجير لتعويض التأثير الحامضي.

النسبة المئوية لزيادة الكربون العضوي في التربة بسبب إضافة الأسمدة بالمقارنة مع معاملة الشاهد بدون سماد



20 تجربة طويلة المدى في اوروبا
مدتها 16-108 عام
Korschens et al., 2013

64 تجربة طويلة المدى
مدتها 5-130 عام
Geiseller and Scow, 2014

104 تجربة طويلة المدى
مدتها 6-158 عام
Ladha et al., 2011

إن تأثيرات الأسمدة على نشاط المجتمعات الميكروبية في التربة يعتمد على كل من مصدر العنصر الغذائي، معدل وطريقة إضافة العنصر الغذائي، درجة الحموضة للتربة والإطار الزمني الذي تم اعتباره، وغالباً تكون التأثيرات السلبية محلية وقصيرة الأمد.على سبيل المثال يمكن تخفيض النشاط الكلي للميكروبات الموجودة قرب حبيبات الأسمدة لبضعة أسابيع وبعدها تعود مستويات النشاط إلى الوضع الطبيعي. تشير التجارب طويلة الأمد إلى أن استخدام الأسمدة على المدى الطويل يؤدي عموماً إلى زيادة الوزن الحيوي للميكروبات في التربة (مع تغير محتمل في التنوع الميكروبي) وعادة يتم تعزيز النشاط الميكروبي بشكل أكبر عن طريق الإستخدام المتكامل للمحسنات العضوية إلى جانب الأسمدة غير العضوية.

العنصر الغذائي	عدد مجموعات البيانات	الوزن الحيوي للكربون في ميكروب التربة (ملغم/كغم)	
		بدون سماد النيتروجين	مع سماد النيتروجين
جميع بيانات المجموعات	107	238	268
درجة الحموضة في معاملة سماد النيتروجين أقل من 5	17	240	213
درجة الحموضة في معاملة سماد النيتروجين بين 5 و 7	39	234	253
درجة الحموضة في معاملة سماد النيتروجين 7 أو أكثر	17	139	205
فترة التجربة طويلة الأمد: 4-10 سنوات	18	300	239
فترة التجربة طويلة الأمد: 10-20 سنة	34	227	270
فترة التجربة طويلة الأمد: 20 سنة أو أكثر	55	224	276

الوزن الحيوي للميكروب في التربة في معاملات التسميد بإضافة النيتروجين وبدون نيتروجين.
معدلات المجموعات غير الموزونة تستند إلى تحليل 107 مجموعة من البيانات من 64 تجربة طويلة الأمد لمحصول الأرز في الأراضي غير المنخفضة من جميع أنحاء العالم (مقتبس من Geiseller and Scow, 2014).

التداخل والتفاعل بين الماء والعناصر الغذائية

يمكن لأفضل ممارسات إدارة السماد أن تعزز إنتاجية المياه(كفاءة استخدام الماء) تماماً مثلما يكون تزويد الماء بكمية كافية متطلباً لتحسين كفاءة استخدام العنصر الغذائي، وغالباً يتم معالجة إدارة المياه وإدارة العناصر الغذائية بشكل منفصل على الرغم من ارتباطهما الوثيق مع بعضهما البعض. عموماً يجب عدم النظر إلى التحسينات في كفاءة استخدام العنصر الغذائي كمسألة تتعلق بإدارة السماد فقط، وهذا المبدأ صحيح أيضاً بالنسبة للماء.

يُعيق الإجهاد المائي انتقال العناصر الغذائية من التربة إلى جذور المحاصيل وكذلك العمليات الكيميائية والبيولوجية في التربة المطلوبة لإمتصاص العناصر الغذائية بكميات مثالية من قِبل النباتات، وبات معروفاً أن نقص العناصر الغذائية يقلل نمو الجذور وبالتالي قدرة المحاصيل على استخدام الماء بكفاءة. تُعتبر التحسينات في الممارسات الزراعية أمراً ضرورياً لزيادة الإنتاج الزراعي لكل وحدة من الأراضي إلى جانب المياه والعناصر الغذائية، وهذا بدوره يساهم في التكثيف الزراعي المستدام.

يعتمد تأثير العناصر الغذائية على المحصول على كمية المياه المتوفرة وغالباًهناك تداخل إيجابي بين هذين العنصرين وأهميتهما تختلف بشكل نسبي اعتماداً على درجة الإجهاد التي يفرضها كل عاملٍ منهما. وفي كثير من الأحيان يكون للتفاعلات بين العناصر الغذائية والماء تأثيراً على المحصول أكبر من تأثير كل عاملٍ على حِدة، ولذلك ينبغي معالجة هذين العاملين بطريقة متكاملة.

إدارة العناصر الغذائية وتغير المناخ

يمكن للمزارعين من خلال إدارة العناصر الغذائية بكفاءة وفعالية العمل على ما يلي:

- تحسين التأقلم مع تغير المناخ.
- منع التوسع في زراعة المحاصيل في البيئات الطبيعية الهشة والحساسة لعوامل التغير المناخي.
- تقليل شدة انبعاثات اكسيد النيتروجين الثنائي (N_2O).
- تثبيت الكربون في التربة.

يؤدي توسع الأراضي الزراعية بإتجاه الغابات والمراعي أو الأراضي الرطبة إلى إنطلاق كميات كبيرة من ثاني أكسيد الكربون (CO_2) ويُعزى سبب الإنبعاثات الكبيرة لهذا الغاز إلى حرق الشجيرات المزالة وتدمير مصارف الكربون.والأسمدة لديها القدرة، من خلال تعزيز الإنتاجية، على منع التوسع في زراعة المحاصيل في المناطق الحساسة وما يرتبط بذلك الأمر من انبعاث للغازات الدفيئة وفقدان التنوع الحيوي.

عند إضافة أسمدة النيتروجين تمتص المحاصيل جزءً منها، وجزءً آخر يبقى في التربة حيث يتحد بعضه مع المادة العضوية في التربة، وجزءً آخر يُفقد في البيئة. تُعد عملية عكس النترجة (Denitrification) أحد الطرق لفقدان النيتروجين والتي ينطلق منها النيتروجين الثنائي(N_2) واكسيد النيتروجين الثنائي (N_2O) وهو غاز الدفيئة (البيت الزجاجي) المسؤول عن إحتمالية حدوث ظاهرة الإحتباس الحراري وتأثيره يعادل حوالي 300 مرة أكثر منتأثير غاز ثاني اكسيد الكربون.

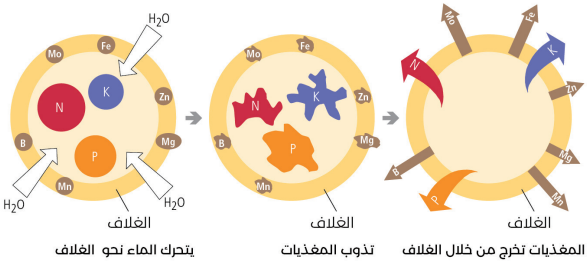
إنبعاثات اكسيد النيتروجين الثنائي من الأنظمة البيئية الخاضعة للإدارة وعلاقتها مع مدخلات النيتروجين

تفترض الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ (IPCC) في طريقة «المستوى رقم 1» لحساب انبعاثات اكسيد النيتروجين الثنائي من الترب الخاضعة للإدارة أن نسبة 1% من كمية النيتروجين المضافة (العضوي أو غير العضوي) تُفقد اخيراً في البيئة على شكل اكسيد النيتروجين الثنائي.ورغم أن هذه الطريقة تُعتبر تبسيطاً للحقائق إلا أنها تعتمد على بعض مجموعات البيانات واسعة النطاق ذات الصلة بالكمية المقاسة لإنبعاثات اكسيد النيتروجين الثنائي ونسبتها من مدخلات النيتروجين، وعلى ذلك يبدو من الصعب تقليل إجمالي إنبعاثات اكسيد النيتروجين الثنائي إذا تم زيادة تكثيف الأنظمة الزراعية.

بعض أفضل الممارسات الإدارية (مثل تجنب تطبيقات أسمدة النيتروجين في الترب المغمورة بالمياه، واستخدام الأسمدة التي تنطلق منها العناصر بشكل بطيء أو مسيطر عليه أو الأسمدة الثابتة مع مثبطات النترجة) يكون لديها القدرة على تقليل فقدان النيتروجين على شكل اكسيد النيتروجين الثنائي، وفي نفس الوقت تحسين كفاءة وفعالية استخدام النيتروجين بصفة عامة.

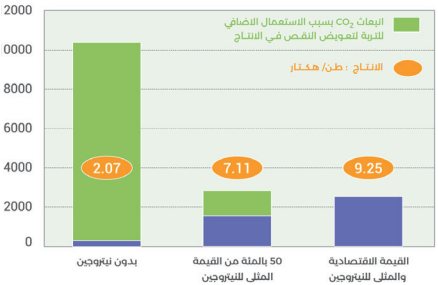
الأسمدة التي تنطلق منها العناصر بشكل بطيء أو مسيطر عليه والأسمدة الثابتة

يتم تسويق العديد من الإضافات والمعاملات السمادية بهدف تعديل توافر العناصر الغذائية ويشمل ذلك: «الأسمدة التي تنطلق منها العناصر بشكل بطيء» وهي تتحلل تدريجياً لإطلاق العناصر الغذائية المتوفرة للنبات (مثل ميثيلين اليوريا)، «الأسمدة المسيطرة على انطلاق العناصر» وهي مغلفة طبيعياً بطبقة واقية (مثل الأسمدة المغلفة بالبوليمر) و «الأسمدة الثابتة» التي تبطء دورة النيتروجين في التربة (مثل الأسمدة المعاملة مع انزيم اليورياز ومثبطات النترجة معاً أو مع مثبطات النترجة فقط). وجميع هذه المنتجات تهدف إلى توسيع نطاق انطلاق العناصر الغذائية من المواد السمادية لتلبي متطلبات المحاصيل بشكل أفضل.



طريقة عمل السماد المغلف المسيطر على انطلاق العناصر الغذائية

علاوة على ذلك، هناك إمكانية لتقليل شدة الانبعاثات أي مجموع انبعاثات الغازات الدفيئة (المكافئ لثاني أكسيد الكربون) لكل طن من المنتج المحصود، وحتى إذا زادت كمية انبعاثات اكسيد النيتروجين الثنائي فإن معدل الزيادة في هذه الحالة قد يكون أقل من الزيادة المصاحبة لإنتاج المحاصيل التي تكون مقسّمة لكل محصول تِلو الآخر وتقلل شدة الانبعاثات. ومن خلال الجمع بين تقليل شدة الإنبعاثات وعدم التوسع أو التوسع المحدود في أنظمة زراعة المحاصيل يمكننا في المستقبل إنتاج الغذاء مع انبعاثات أقل نسبياً لغازات الدفيئة.



انبعاثات غازات الدفيئة (كغممن الغاز المكافئ لثاني اكسيد الكربون/هكتار) لإنتاج 9.25 طن من القمح الشتوي في المملكة المتحدة تحت ثلاثة أنظمة مختلفة للتسميد بإضافة النيتروجين.

النتائج مستندة إلى تجربة (Broadbalk) في أبحاث (Rothamsted) خلال الفترة من 1996 إلى 2000 (مقتبس من:Brentrup and Pallière, 2008).

يستطيع التسميد زيادة كمية المادة العضوية في التربة عن طريق تحفيز نمو النباتات والجذور إذا تُركت مخلفات المحاصيل في الحقل. ونظراً لأن دورات النيتروجين والكربون في التربة مرتبطة مع بعضها ارتباطاً وثيقاً فإن زيادة مدخلات الكربون من خلال المخلفات قد تثبّت النيتروجين في التربة وتقلل من توفره للنباتات،لكن من جهة أخرى يمكن للإضافات الزائدة من أسمدة النيتروجين أن تُسرّع تحلل المادة العضوية في التربة. تشير تحاليل التجارب طويلة الأمد من جميع أنحاء العالم إلى أن إستخدام كميات كافية و متوازنة من الأسمدة غير العضوية يؤدي إلى زيادة كمية المادة العضوية في التربة مقارنةً مع قِطع الأراضي التي لا تتلقى أي اضافات من الأسمدة. عموماً يتم تحقيق أعلى زيادة في كمية المادة العضوية في التربة عند دمج مصادر العناصر الغذائية العضوية وغير العضوية.

إن إعادة التحريج (التشجير) يمكن أن يثبّت كميات كبيرة من الكربون بيولوجياً خصوصاً في الدول النامية، والخيار الوحيد لإنقاذ الأراضي التي تحتاج إلى تثبيت الكربون بيولوجياً دون تهديد الأمن الغذائي في هذه الدول هو تكثيف الإنتاج الزراعي في بعض أفضل الأراضي عن طريق زيادة مدخلات الأسمدة واستخدام أصناف المحاصيل المحسنة واعتماد ممارسات جيدة في إدارة المحاصيل والتربة. وتشير الحسابات إلى أن تثبيت الكربون بيولوجياً يفوق كثيراً الإنبعاثات المرتبطة مع إنتاج واستخدام الأسمدة الإضافية اللازمة (Vlek et al., 2004).

إدارة التربة وخاصة التغيرات في ممارسات الحراثة تؤثر أيضاً بشكل كبير على مستويات المادة العضوية في التربة، كما أن ممارسات التسميد المناسِبة تقدم خياراً مثيراً للإهتمام لتثبيت الكربون بيولوجياً في الترب الزراعية وتحسين خصوبة التربة في آنٍ واحد، وبالتالي التخفيف من تغير المناخ وتحسين الأمن الغذائي.

من المتوقع أن يؤدي تغير المناخ إلى زيادة درجة الحرارة والإجهاد المائي، وإدارة العناصر الغذائية توفر في هذا الشأن عدة خيارات لمعالجة بعض هذه المشاكل.مثلاً تطبيق أسمدة الفوسفات يحفز نمو الجذور وتبعاً لذلك تستطيع الجذور التكيف مع الجفاف، والأيونات الموجبة مثل البوتاسيوم والزنك تعمل على تحسين القدرة على تحمل الإجهاد من خلال آلياتٍ مختلفة. إن التسميد المتوازن بالنتيجة هو أداة هامة متاحة للمزارعين للتكيف مع تغير المناخ.

إدارة العناصر الغذائية والبيئة

بالإضافة إلى احتمالية حدوث الإحتباس الحراري العالمي بسبب أكسيد النيتروجين الثنائي فإن إضافة العناصر الغذائية (من المصادر المعدنية والعضوية) يمكن أن تؤثر على البيئة بالطرق التالية:

- تكوّن الأحماض من إنبعاثات ثاني أكسيد الكبريت وأكاسيد النيتروجين والأمونيا التي تكون من صنع الإنسان وهطولها مع الأمطار.
- ظاهرة الإثراء الغذائي (Eutrophication) عن طريق زيادة تدفق النيتروجين والفسفور من الأراضي الزراعية إلى المسطحات المائية.
- استنزاف طبقة الأوزون من طبقة الستراتوسفير في الغلاف الجوي بسبب انبعاثات أكسيد النيتروجين الثنائي.
- تكوين الجسيمات بعد انبعاثات الأمونيا.
- تراكم النترات في المياه الجوفية.

مع أخذ المقايضات بالإعتبار، يعمل المهندسون الزراعيون بِجد لتطوير الأسمدة المستخدمة في أفضل الممارسات الإدارية التي تقلل من الآثار البيئية عموماً وفي نفس الوقت تعظيم الفوائد. من خلال تطوير ونشر مجموعة من أفضل ممارسات الإدارة (في المبادئ الأربعة لإدارة العناصر الغذائية) التي تعالج تنوع الأنظمة البيئية الزراعية والأنظمة الزراعية فإنه لا يزال هناك مجال هائل لزيادة الكفاءة والفعالية على مختلف المستويات.

وكمثال على ذلك يوضح الجدول التالي مزايا ومحدِدات ممارسات إضافة أسمدة الفسفور المختارة وتوليفات من المصدر والمعدل والوقت والمكان لنباتات الذرة الصفراء وفول الصويا المزروعة بالتناوب في مساقط المياه في بحيرة إيري (Lake Erie) في أمريكا الشمالية (Bruulsema et al., 2012).

ممارسات إضافة سماد الفسفور	المزايا	المحدِدات
الخيار الأول المصدر – MAP أو DAP المعدل – معدل إزالة الفسفور من المحصولين بالتناوب الوقت – الخريف بعد الصويا وقبل الذرة المكان – نثراً على التربة	- يوفر الحد الأدنى لرصّ التربة - يسمح بالزراعة في الوقت المناسب في الربيع - أدنى تكلفة لشكل السماد المستخدم - تكلفة التطبيق منخفضة	- خطر ارتفاع مستوى الفسفور في الجريان في أواخر الخريف والشتاء - أقل كفاءة استخدام للنيتروجين
الخيار الثاني المصدر –MAP أو DAP المعدل – معدل إزالة الفسفور من المحصولين بالتناوب الوقت –الربيع قبل الذرة المكان – نثراً على التربة	- يوفر الحد الأدنى لرصّ التربة - أفضل كفاءة استخدام للنيتروجين - أدنى تكلفة لشكل السماد المستخدم - تكلفة التطبيق منخفضة	- خطر ارتفاع مستوى الفسفور في الجريان في الربيع قبل التأسيس - تأخير موعد الزراعة - القدرة على تجزئة تسليم المحصول في الربيع
الخيار الثالث المصدر – MAP أو APP السائل المعدل – معدل إزالة الفسفور من المحصولين بالتناوب الوقت – الربيع المكان – على خطوط الزراعة	- أفضل كفاءة استخدام للنيتروجين - يقلل خطر ارتفاع مستوى الفسفور في الجريان - أقل توزيع للفسفور في طبقات التربة	- توافق التكلفة و معدات الزراعة العملية مع قدرة الأسمدة على الإنتاج - تأخير موعد الزراعة - القدرة على تجزئة تسليم المحصول في الربيع - تكلفة السماد السائل مقابل سماد الفسفور الحبيبي
الخيار الرابع المصدر – MAP أو DAP المعدل – معدل إزالة الفسفور من المحصول أو المحصولين بالتناوب الوقت – الخريف بعد الصويا وقبل الذرة المكان – وضع الحُزم في خطوط	- يقلل خطر ارتفاع مستوى الفسفور في الجريان - أفضل كفاءة استخدام للنيتروجين والفسفور - الحفاظ على بعض التغطية لسطح التربة ببقايا المحاصيل - يسمح بالزراعة في الوقت المناسب في الربيع - أقل توزيع للفسفور في طبقات التربة	- تكلفة نظام الإرشاد (RTK GBS) - تكلفة المعدات الجديدة - تتطلب وقتاً أطول من النثر
الخيار الخامس المصدر – APP السائل المعدل – معدل إزالة الفسفور من المحصول أو المحصولين بالتناوب الوقت – الخريف بعد الصويا وقبل الذرة المكان – الحقن على شكل نقاط أو من خلال عجلة دوارة	- يقلل خطر ارتفاع مستوى الفسفور في الجريان - أفضل كفاءة استخدام للنيتروجين والفسفور - الحفاظ على بعض التغطية لسطح التربة ببقايا المحاصيل - يسمح بالزراعة في الوقت المناسب في الربيع - أقل توزيع للفسفور في طبقات التربة	- تكلفة نظام الإرشاد (RTK GBS) - تكلفة المعدات الجديدة - تكلفة السماد السائل مقابل سماد الفسفور الحبيبي - تتطلب وقتاً أطول من النثر

MAP = سماد فوسفات الأمونيوم الأحادي الحبيبي
DAP = سماد فوسفات الأمونيوم الثنائي الحبيبي
APP= سماد أمونيوم الفوسفات المتعددة السائل
RTK GPS = نظام تحديد المواقع العالمي في الوقت الحقيقي المستمر

.7
إضـــاءات

العناصر الغذائية الأساسية مطلوبة وضرورية لزراعة وإنتاج المحاصيل الصحية والمنتجة والمغذية.

دورات العناصر الغذائية الزراعية هي أنظمة مفتوحة مع فقد لا يمكن تجنبه ولها آثار سلبية على إنتاجية المحاصيل والربحية الزراعية والخدمات البيئية. إذاً الهدف هو الحد من تلك الخسائر وفي نفس الوقت زيادة إنتاج المحاصيل بصورة مطردة. واستخدام العناصر الغذائية بكفاءة عالية من خلال اعتماد أفضل ممارسات إدارة العناصر الغذائية يؤدي إلى تحسين الفوائد ويقلل المخاطر المرتبطة بتدخل الإنسان في دورات العناصر الغذائية الزراعية.

هناك مجموعة من أفضل ممارسات إدارة الأسمدة تكون متاحة للمزارعين وهـذه الممارسات يجب أن تعالج المبادئ الأربعة لإدارة العناصر الغذائية (المصدر والمعدل والزمان والمكان) وأن توفر الخيارات التي تستجيب مع تنوع الظروف الخاصة بالموقع والمحصول من أجل تحسين الاستدامة الشاملة لأنظمة زراعة المحاصيل التي تأخذ بالإعتبار الأبعاد الإقتصادية والإجتماعية والبيئية (نهج «الإدارة المتكاملة للعناصر الغذائية»).

ينبغي عدم النظر إلى الأسمدة المعدنية بمعزلٍ عن غيرها، وفي هذا السياق يجب جمع الأسمدة المعدنية مع استخدام المصادر العضوية للعناصر الغذائية سوياً مع اختيار أصناف المحاصيل المناسبة وممارسات إدارة المحاصيل والمياه والتربة من أجل تحسين استخدام وأداء السماد بشكل مستدام (نهج «الإدارة المتكاملة لخصوبة التربة»).

إضافة إلى الأمن الغذائي والدخل الزراعي (العائد) فإن إدارة العناصر الغذائية في النبات يمكن أن تؤثر على عدد من أهداف الإستدامة مثل تغذية الإنسان، صحة التربة، إنتاجية المياه، التخفيف من تغير المناخ والتكيف معه والصحة البيئية إجمالا .

المراجـــع

Barker, A.V., M.L. Stratton and J.E. Rechcigl (2000). p. 169-213. In J.M. Bartels (ed.) Land Application of Agricultural, Industrial, and Municipal By-Products. Soil Science Society of America. Madison, Wisconsin, USA.

Brentrup, F. and C. Pallière (2008). GHG emissions and energy efficiency in European nitrogen fertiliser production and use. Proceedings 639, International Fertiliser Society, York, UK.

Bruulsema, T.W., R. Mullen, I.P. O'Halloran and H. Watters (2012). Reducing loss of fertilizer phosphorus to Lake Erie with the 4Rs. IPNI Insights, International Plant Nutrition Institute, Norcross, GA, USA.

Erisman, J.W., M.A. Sutton, J. Galloway, Z. Klimont and W. Winiwarter (2008). How a century of ammonia synthesis changed the world. Nature Geoscience 1, 636 – 639.

Geiseller, D. and K.M. Scow (2014). Long-term effects of mineral fertilizers on soil microorganisms – A review. Soil Biol. Biochem. 75: 54-63.

Glatzle, A. (2014). Severe Methodological Deficiencies Associated with Claims of Domestic Livestock Driving Climate Change. Journal of Environmental Science and Engineering B 2: 586-601.

Hotz, C. and K.H. Brown (2004). Assessment of the risk of zinc deficiency in populations and options for its control. Food Nutr. Bull. 25: 94–204.

IFA (2009). The Global "4R" Nutrient Stewardship Framework for Developing and Delivering Fertilizer Best Management Practices. International Fertilizer Industry Association, Paris, France.

IPNI (2012). 4R Plant Nutrition Manual: A Manual for Improving the Management of Plant Nutrition, metric version. Bruulsema, T.W., P.E. Fixen and G.D. Sulewski (eds.), International Plant Nutrition Institute, Norcross, GA, USA.

Körschens, M., E. Albert, M. Armbruster, D. Barkusky, M. Baumecker, L. Behle-Schalk, R. Bischoff, Z. Čergan, F. Ellmer, F. Herbst, S. Hoffmann, B. Hofmann, T. Kismanyoky, J. Kubat, E. Kunzova, C. Lopez-Fando, I. Merbach, W.Merbach, M.T. Pardor, J. Rogasik, J. Rühlmann, H. Spiegel, E. Schulz, A. Tajnsek, Z. Toth, H. Wegener and W. Zorn (2013). Effect of mineral and organic fertilization on crop yield, nitrogen uptake, carbon and nitrogen balances, as well as soil organic carbon content and dynamics: results from 20 European long-term field experiments of the twenty-first century. Arch. Agron. Soil Sci. 59: 1017-1040.

Ladha, J.K., C. Kesava Reddy, A.T. Padre and C. van Kessel (2011). Role of nitrogen fertilization in sustaining organic matter in cultivated soils. J. Environ. Qual. 40: 1756-1766.

Reetz, H.F. Jr. (2016). Fertilizers and their Efficient Use. International Fertilizer Industry Association, Paris, France.

Vlek, P.L., G. Rodriguez-Kuhl and R. Sommer (2004). Energy use and CO_2 production in tropical agriculture and means and strategies for reduction or mitigation. Environment, Development and Sustainability 6: 213-233.

Zhang X., E.A. Davidson, D.L. Mauzerall, T.D. Searchinger, P. Dumas and Y. Shen (2015). Managing nitrogen for sustainable development. Nature, doi: 10.1038/nature15743.

afa
الإتحاد العربي للأسمدة
Arab Fertilizer Association
Since 1975