



NUTRISI TANAMAN: Diagnosis Defisiensi Nutrisi Tanaman

Prof. Dr. S.M. Sitompul
Lab. Fisiologi Tanaman, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya
Email : smtom@ub.ac.id



Hak cipta dilindungi undang-undang. ©Modul ini tidak boleh digandakan sebagian atau seluruhnya tanpa izin dari penulis

<p>1. PENDAHULUAN</p> <ul style="list-style-type: none"> - Dampak Pembajakan - Definisi <p>2.2 DIAGNOSIS VISUAL</p> <p>2.1 Prinsip</p> <p>2.2 Kecermatan Diagnosis</p> <p>2.3 Faktor Lingkungan</p> <p>2.4 Terminologi</p> <p>3 DISKRIPSI GEJALA</p>	<p>3.1 Unsur hara Mobil dan Imobil</p> <p>3.2 Bagian Diagnosis</p> <p>4. GEJALA DEFISIENSI</p> <p>3.1 Unsur Makro N, P, K, S, Mg & Ca</p> <p>3.2 Unsur Mikro Fe, Mn, Zn, Cu, B, Mo & Cl</p> <p>REFERENSI</p> <p>PROPAGASI</p>
---	--

MODUL

2



SELF-PROPAGATING ENTREPRENEURIAL EDUCATION DEVELOPMENT

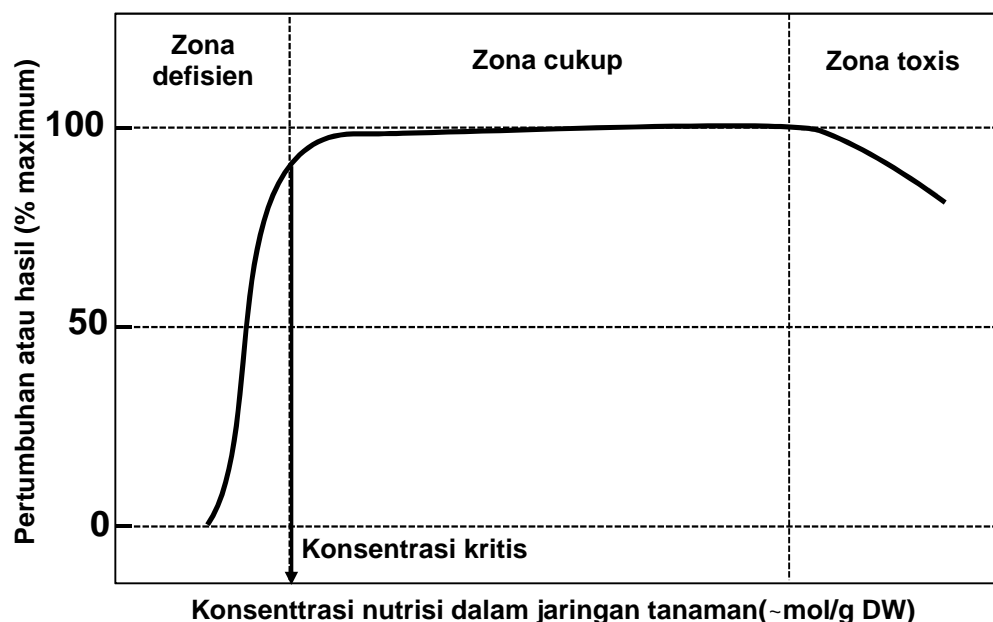
1. PENDAHULUAN

Kehilangan hasil yang besar dengan kualitas produk yang rendah disamping kerusakan lingkungan sering terjadi akibat informasi rekomendasi penggunaan pupuk yang tidak memadai (Römheld & Kirkby, 2010). Rekomendasi penggunaan pupuk yang sesuai dengan keadaan (tanaman & lingkungan) semakin penting dengan beberapa alasan (kualitas produk, biaya produksi pupuk, kerusakan lingkungan, dan perubahan lingkungan yang ekstrim) (Römheld, 2012). Ini memerlukan diagnosis defisiensi unsur hara yang tepat dan harus merupakan bagian dari pendekatan integratif dari manajemen produksi tanaman (Bergmann, 1992; Römheld, 2012). Sehubungan dengan ini, beberapa konsep dasar yang perlu kiranya mendapat perhatian dalam diagnosis defisiensi dan toksitas unsur hara, antara lain, adalah sebagai berikut.

1. Semua unsur hara harus tersedia dalam tingkat optimum untuk pertumbuhan dan perkembangan tanaman dengan hasil yang maksimal (Gambar 2.1). Tanggapan pertumbuhan tanaman terhadap peningkatan penyediaan unsur hara, yang dicirikan oleh konsentrasi defisiensi kritis (Römheld, 2012), dibagi menjadi tiga fase yaitu;
 - Pertumbuhan tanaman (produksi biomassa atau hasil ekonomis) meningkat pesat dengan peningkatan penyediaan unsur hara hingga konsentrasi kritis (fase defisiensi).
 - * Konsentrasi defisiensi kritis adalah konsentrasi yang dibutuhkan untuk mencapai suatu tingkat pertumbuhan yang mendekati maksimal.
 - * Konsentrasi kritis dapat juga dibatasi dengan pengertian konsentrasi unsur hara dalam jaringan tanaman dengan tingkat pertumbuhan tanaman yang tidak meningkat banyak dengan peningkatan konsentrasi unsur hara lebih lanjut, tapi



- menurun sangat besar dengan penurunan sedikit konsentrasi unsur hara.
- * Konsentrasi defisiensi kritis dipengaruhi oleh umur dan bagian tanaman, konsentrasi unsur hara lain, dan faktor lingkungan.
 - Pertumbuhan mencapai tingkat maximum dengan penyediaan unsur hara pada tingkat tertentu, dan tetap pada tingkat maximum dengan peningkatan penyediaan unsur hara (fase optimum).
 - Pertumbuhan menurun dengan peningkatan penyediaan unsur hara lebih lanjut (fase keracunan/toxis).
2. Tanaman dapat menunjukkan kondisi defisiensi atau keracunan unsur hara dengan gejala (symptom) tertentu apabila tanah (media tumbuh) mengandung unsur hara yang terbatas atau berlebihan.
 3. Pada umumnya, tingkat defisiensi unsur hara dengan pertumbuhan dan hasil yang hanya berkurang sedikit tidak mengakibatkan gejala defisiensi visual yang spesifik.
 4. Gejala defisiensi dapat berbeda antara unsur hara, spesies atau varietas tanaman dan lingkungan.
 5. Setiap gejala yang diamati pada tanaman harus disadari sebagai suatu pengaruh sekunder dan dapat akibat lebih dari satu kasus
 6. Gejala yang diamati harus diidentifikasi secara cermat dengan penegasan penyebabnya karena beberapa gejala dapat jelas dan yang lain tidak
 7. Inspeksi visual sistematis harus diterapkan untuk mendapatkan penyebab utama atau paling sedikit mereduksi menjadi satu atau dua penyebabnya yang mungkin
 8. Diagnosis gejala tanaman dapat dilakukan paling tepat pada individu tanaman di lapangan



Gambar 2.1. Hubungan antara pertumbuhan atau hasil tanaman dengan ketersediaan unsur hara. Konsentrasi kritis berada diatas konsentrasi yang menyebabkan penurunan hasil yang besar, dan dibawah konsentrasi yang tidak menghasilkan peningkatan yang nyata. Sumber: Ulrich & Hills (1967); Taiz & Zeiger (2010)

Dampak Pembelajaran

Dengan penguasaan materi pembelajaran dalam modul ini pada akhir pembelajaran, peserta didik diharapkan mampu

- Mengidentifikasi dan melakukan diagnosis gejala defisiensi unsur hara yang umum pada tanaman
- Menjelaskan cara diagnosis defisiensi unsur hara, dan potensi keterbatasan diagnosis visual
- Menjelaskan berbagai gejala defisiensi yang dapat muncul pada tanaman
- Menjelaskan penggunaan kunci (diagram) dalam identifikasi gejala defisiensi
- Menjelaskan perbedaan unsur hara mobil dan immobil dalam identifikasi gejala defisiensi unsur hara
- Menjelaskan peranan faktor lingkungan, diluar unsur hara, dalam ragaan gejala defisiensi

Definisi

Diagnosis defisiensi dan toksitas unsur hara pada tanaman adalah studi gejala atau indikator yang ditunjukkan tanaman yang mengalami kekurangan (defisiensi) dan kelebihan (keracunan) unsur hara. Diagnosis ini dapat dilakukan dengan beberapa cara seperti berikut

- Diagnosis Visual
- Uji Jaringan
 - * Analisis Tanaman
- Uji tanah
Tantangan adalah mendapat-kan bagian tanaman dan suatu uji yang berkaitan erat dengan hasil
- Uji Enzim
 - * Peroxidase untuk defisiensi Fe, mis. pada jeruk (defisiensi Fe → aktivitas↓)
 - * Carbonic anhydrase untuk defisiensi Zn pada jeruk, tebu, padi dll.
 - * Alcohol dehydrogenase untuk defisiensi Zn pada padi

2. DIAGNOSIS VISUAL

2.1 Prinsip

Beberapa prinsip dasar dalam diagnosis defisiensi dan toksitas unsur hara yang perlu dicermati disajikan berikut ini (Edwards et al., 1980)

- Diagnosis yang tepat (akurat) sangat penting jika masalah nutrisi akan ditangani secara efektif
- Gejala visual defisiensi dan toksitas unsur hara sering memainkan peranan penting dalam diagnosis pada kondisi lapangan, dan metode visual mempunyai kelebihan yang tidak tergantung langsung pada peralatan atau layanan laboratorium yang mahal
- Dengan masalah nutrisi yang berbeda yang dapat kadang-kadang menghasilkan gejala visual yang agak sama, konfirmasi hasil diagnosis visual dengan analisis tanaman, tanah atau keduanya diperlukan
- Gejala yang dikenali dengan jelas pada banyak tanaman terjadi hanya pada tingkat defisiensi yang tinggi

2.2 Kecermatan Diagnosis

- Kesulitan dapat terjadi dalam interpretasi gejala visual defisiensi unsur hara pada tanaman, sehingga analisis kimia jaringan tanaman atau tanah tidak dapat dihindari untuk penegasan status nutrisi yang dialami tanaman.
- Sikap hati-hati dan kecermatan dalam diagnosis gejala defisiensi dan keracunan unsur hara dan unsur kimia lain (untuk kasus keracunan) perlu dilakukan sehubungan dengan berbagai faktor berikut ini (Tabel 2.1).
 - Kesamaan dari banyak gejala
 - Defisiensi dan/atau toksisitas berganda
 - Perbedaan dalam jenis tanaman
 - Gejala defisiensi palsu (pseudo)
 - Kondisi kekurangan nutrisi tersembunyi
 - Gejala di lapangan

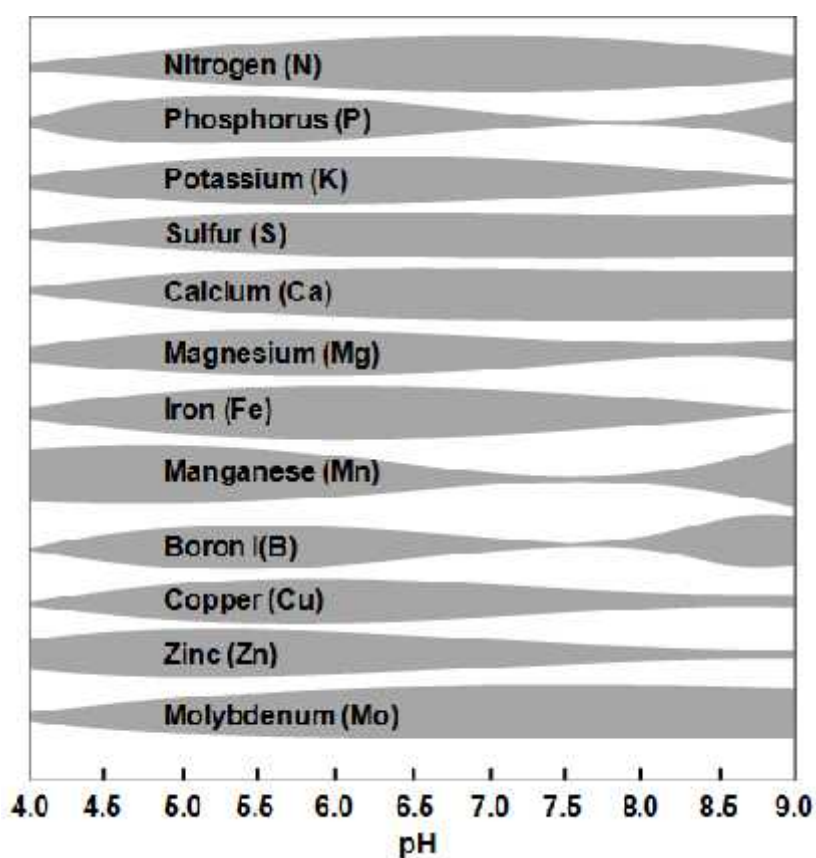
Tabel 2.1 Beberapa keadaan yang perlu dipertimbangkan secara cermat dalam diagnosis defisiensi dan keracunan unsur hara (McCauley et al., 2011)

Banyak gejala sama	Sebagai contoh, gejala defisiensi nitrogen (N) and sulfur (S) dapat sangat serupa tergantung, antara lain, pada fase pertumbuhan, dan tingkat defisiensi
Kondisi kompleks	Defisiensi dan/atau toksisitas lebih dari satu jenis unsur hara dapat terjadi pada waktu yang sama, dan kemungkinan defisiensi dari suatu unsur hara dapat menyebabkan kelimpahan dari yang lain (mis. kelimpahan P akibat defisiensi Zn)
Spesies tanaman	Kemampuan adaptasi dari spesies dan bahkan varietas tanaman dari spesies yang sama dapat berbeda pada kondisi defisiensi dan toksisitas. Sebagai contoh, jagung lebih sensitif pada defisiensi Zn dari barley
Gejala defisiensi palsu (pseudo)	Gejala defisiensi palsu (gejala visual lain yang nampak sama dengan gejala defisiensi unsur hara). Faktor potensial yang menyebabkan defisiensi palsu mencakup, antara lain, penyakit, kekeringan, kelebihan air, abnormalitas genetik, herbisida dan pestisida, hama, dan kepadatan tanah
Defisiensi tersembunyi	Tanaman dapat mengalami defisiensi unsur hara tanpa menunjukkan gejala visual
Gejala lapangan	Gejala defisiensi di lapangan dapat nampak berbeda dari gejala ideal. Foto (gambar) dari berbagai tanaman dalam keadaan defisiensi unsur hara tertentu berasal dari tanaman yang ditanam pada kondisi nutrisi terkendali, dan gejala defisiensi/toxisitas yang diamati dapat tidak sama dengan gejala di lapangan

2.3 Faktor Lingkungan

- Faktor lingkungan diluar unsur hara perlu diperhatikan dalam diagnosis karena defisiensi dan toksisitas nutrisi pada tanaman terjadi tidak hanya melulu karena kuantitas nutrisi dalam media perakaran (tanah), tapi juga karena keadaan lingkungan yang mempengaruhi ketersediaan nutrisi dalam media perakaran.

- Beberapa faktor lingkungan yang mempengaruhi ketersediaan unsur hara dalam tanah termasuk air, suhu, jarak unsur hara dari akar, dan pH. Faktor unsur hara yang mempengaruhi ketersediaan unsur hara, disamping kuantitas unsur hara, adalah bentuk unsur hara.
- Ketersediaan unsur hara dengan perubahan tingkat kemasaman (pH) tanah (media perakaran) bervariasi antara jenis unsur hara (Gambar 2.2). Fakta ini dapat membantu diagnosis gejala defisiensi unsur hara. Sebagai contoh, ketersediaan unsur N (nitrogen) berkurang pada pH 6,0 dan pH 8,0, sementara ketersediaan P (fosfor) dan K (kalium) yang tinggi berkisar secara berturut-turut diantara $\text{pH} \geq 4,5 - \leq 6,0$ dan $\text{pH} \geq 4,5 - \leq 7,0$.
- Dengan demikian ketersediaan sebagian besar hara, kecuali P khususnya Mn dan Zn, menjadi masalah pada tanah masam yang tersebar luas di Indonesia (di luar Jawa).



Gambar 2.2 Ketersediaan unsur hara sebagai fungsi dari pH. Sumber: diadaptasi dari Lucas & Davis (1961); Hoefl et al. (2000)

2.4 Terminologi

Terminologi yang digunakan untuk menyatakan gejala defisiensi tertentu disajikan berikut ini (Tabel 2.2)

Tabel 2.2 Terminologi gejala defisiensi unsur hara

Terbakar (burning)	Gejala seperti terbakar (coklat hitam)
Khlorosis (menguning)	Jaringan tanaman menguning dan kekurangan khlorofil yang merata (N), dan antar tulang daun (K, Mg)
Merata	Gejala tidak terbatas pada satu daun atau satu bagian dari daun atau tanaman, tapi agak merata pada seluruh bagian tanaman

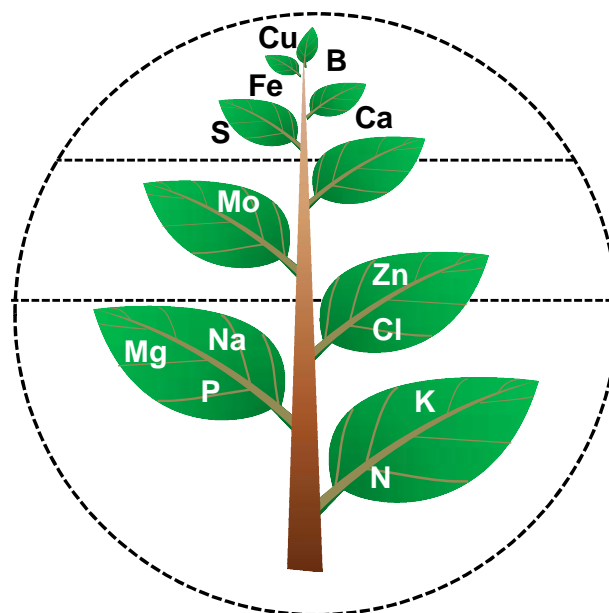
Khlorosis antar tulang daun	Gejala menguning antar tulang daun, sementara tulang daun tetap hijau
Setempat	Gejala terbatas pada satu daun atau satu bagian dari daun atau tanaman
Bintik (mottling)	Pola setempat yang tidak teratur dan konsisten
Nekrosis (coklat/hitam)	Kematian jaringan tanaman (jaringan coklat dan mati) pada ujung dan tepi daun (toksisitas B) dan antar tulang daun (K, Zn)
Kerdil (stunting)	Penurunan pertumbuhan sehingga tanaman pendek (N, P)
Kurang pertumbuhan baru	Kematian titik tumbuh (Ca), tunas buku batang, dan daun dengan daun melingkar (Zn)
Akumulasi Anthocyanin	Pangkal batang (P), antar tulang daun (Mg)

Sumber: McCauley et al. (2011)

3 DISKRIPSI GEJALA

3.1 Unsur hara Mobil dan Imobil

- Unsur hara yang dibutuhkan tanaman dapat dibagi dua kelompok berdasarkan mobilitasnya dalam tubuh tanaman yang menentukan letak gejala defisiensi unsur hara pada tanaman. Ini adalah unsur hara mobil (mobile) yang dapat pindah dari suatu ke bagian lain tanaman, dan unsur hara imobil (immobile) yang tidak dapat pindah dalam tubuh tanaman.
- Gejala defisiensi terdapat pada daun yang tua (bagian bawah) untuk unsur hara mobil, dan pada daun muda (bagian atas) untuk unsur hara imobile (Gambar 2.3). Ini tentu sangat membantu diagnosis gejala gejala dari kedua kelompok unsur hara tersebut (mobil & imobile), dan berhubungan dengan pertumbuhan tanaman dan sifat (mobilitas) unsur hara tersebut.
- Bagian tanaman yang baru dibentuk membutuhkan unsur hara dan diperoleh dari bagian tanaman yang tua untuk unsur hara mobil apabila media perakaran (tanah) tidak mengandung cukup unsur hara. Apabila unsur hara yang dibutuhkan imobil, bagian yang baru dibentuk akan kekurangan unsur hara tersebut dan menunjukkan gejala defisiensi.

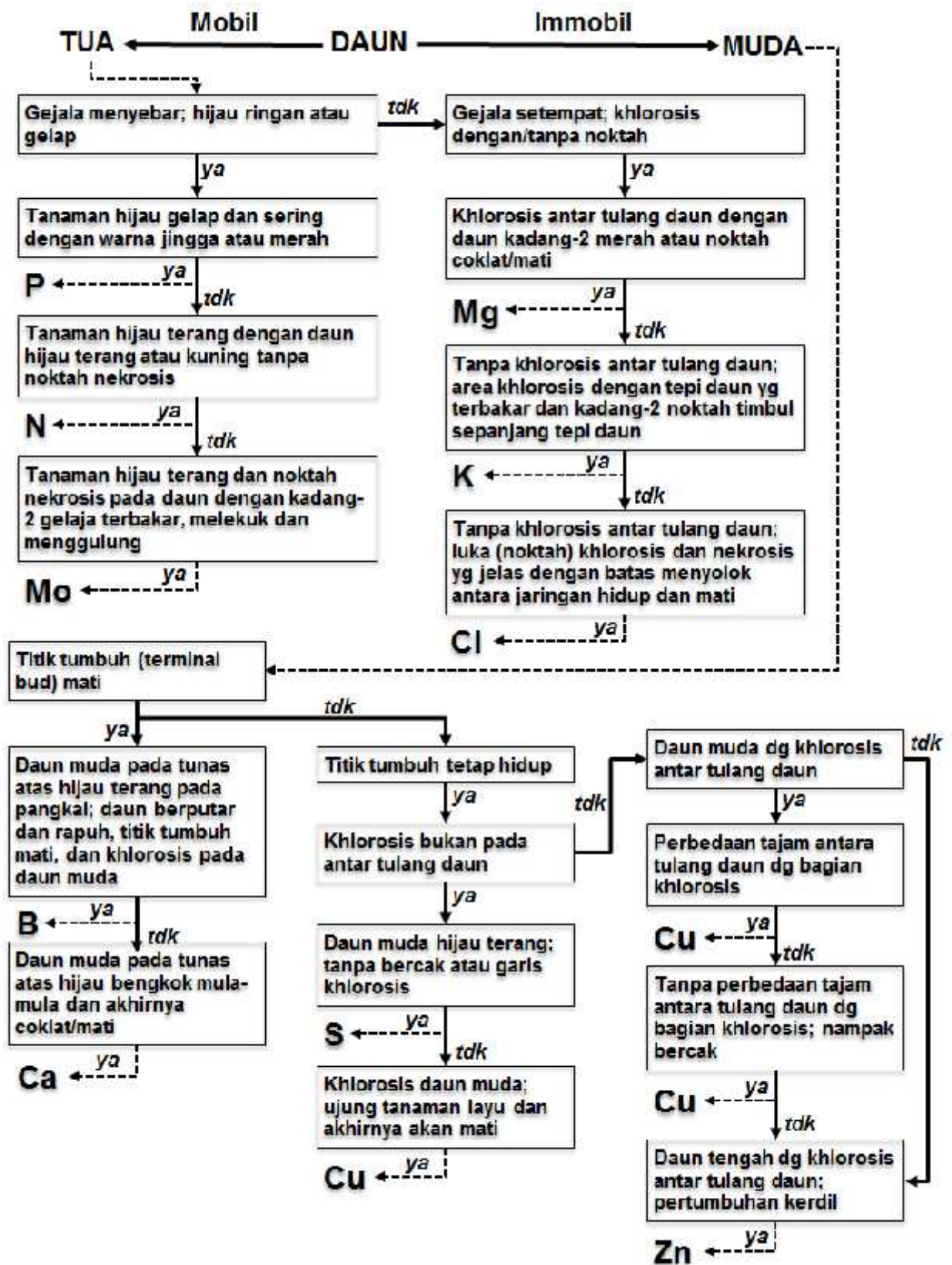


Gambar 2.3. Gejala defisiensi unsur hara terdapat pada daun yang lebih tua untuk unsur hara mobil, dan pada daun muda untuk yang imobile

3.2 Bagan Diagnosis

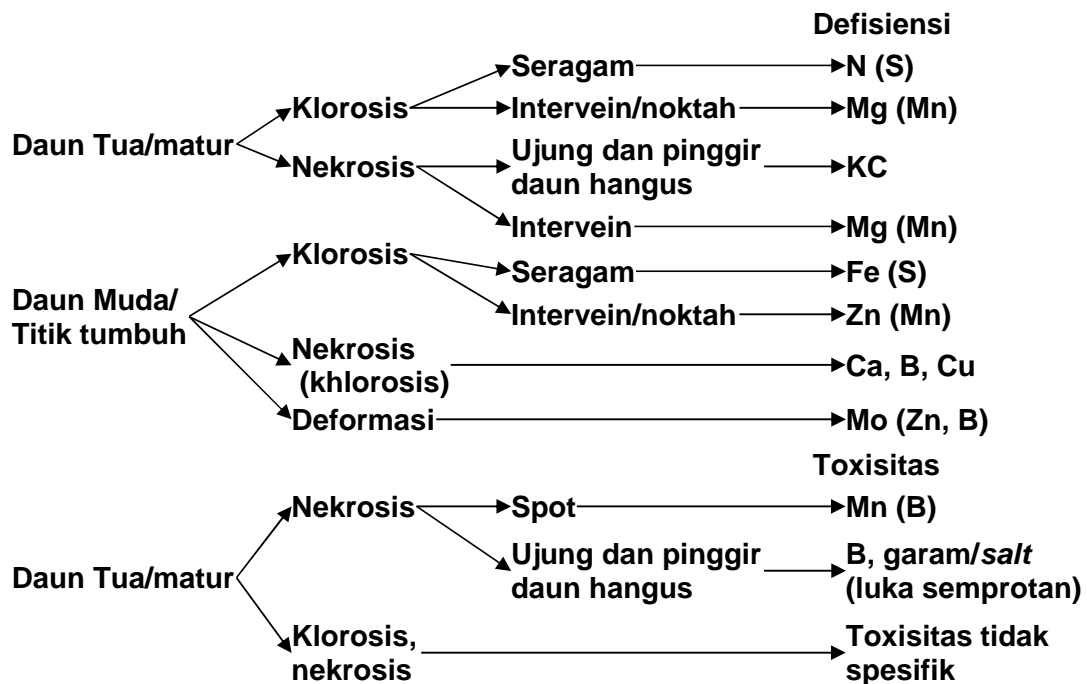
- Diagnosis gejala defisiensi unsur hara dapat dirancang dalam bentuk diagram alir untuk memudahkan secara sistematis indentifikasi unsur hara yang

menjadi penyebab gejala defisiensi yang ditampilkan tanaman sebagaimana disajikan berikut ini (Gambar 2.4).



Gambar 2.4 Bagan diagnosis gejala yang ditunjukkan tanaman dalam pelacakan unsur hara yang mengakibatkan gejala tersebut. Sumber: Diadaptasi dari McCauley et al. (2011); Taiz & Zeiger (2002)

- Belakangan ini, Römheld (2012) membuat bagan yang lebih sederhana untuk pelacakan unsur hara penyebab gejala defisiensi (Gambar 2.5).



Gambar 2.5 Bagan sederhana diagnosis gejala defisiensi dan toxistas unsur hara. Sumber: Römheld (2012). Intervein = antar tulang daun

4. GEJALA DEFISIENSI

4.1 Unsur Hara Makro

Nitrogen (N)

- Nitrogen dibutuhkan tanaman untuk pembentukan berbagai senyawa seperti asam amino, protein, asam inti atau nukleat (DNA dan RNA), dan klorofil.
- Gejala defisiensi N adalah klorosis (hijau pucat sampai kuning) pada daun tua, pertumbuhan yang terhambat (kerdil), dan nekrosis pada daun yang lebih bawah pada kasus kekurangan N yang berat (Gambar 2.6)



Gambar 2.6 Perkembangan gejala defisiensi N (Nitrogen) pada tanaman jagung yang menghasilkan bentuk V (kiri), dan gejala defisiensi N dilapangan (kanan). Sumber: http://www.gov.on.ca/OMAFRA/english/environment/efp/infosheet_16.htm (kiri), dan Sawyer (2004), Iowa State

University (kanan)

Phosphorus (P)

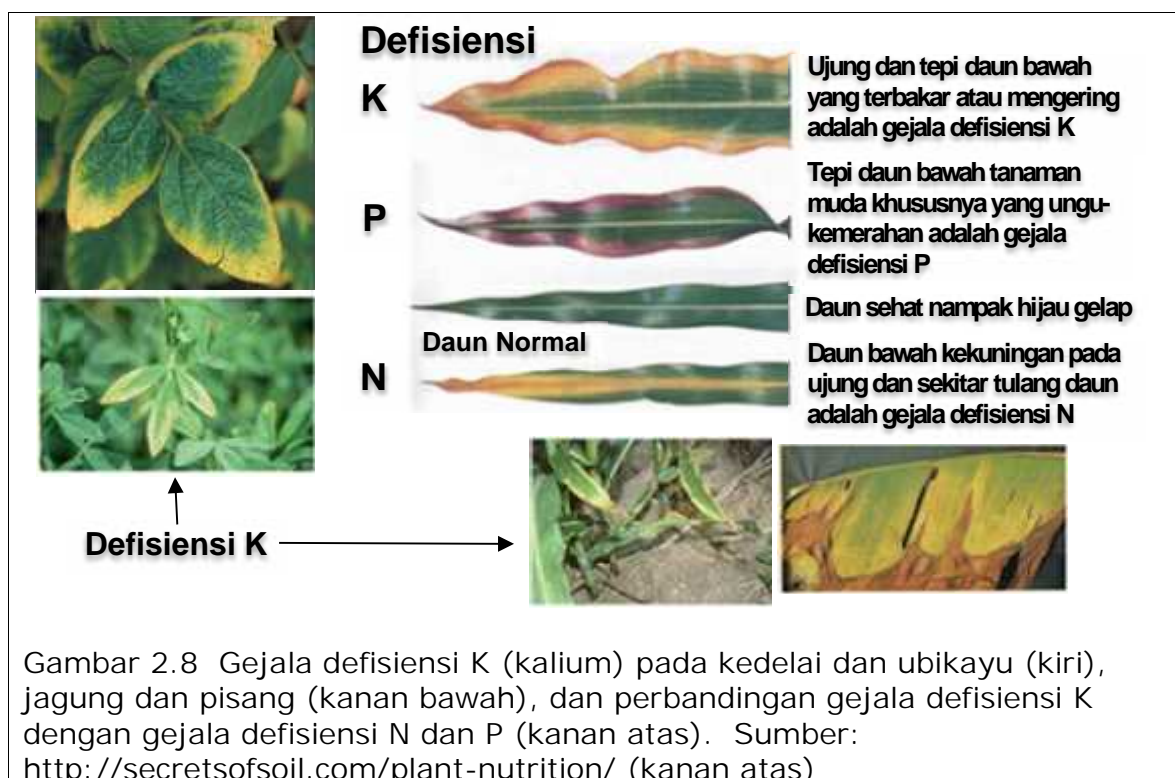
- Tanaman membutuhkan P untuk pembentukan ATP (energi), fosfat gula, dan asam nukleat. Gejala defisiensi P biasanya lebih dapat diamati pada tanaman muda (Gambar 2.7) yang membutuhkan P lebih banyak dari tanaman yang sudah berkembang penuh.
- Defisiensi P mempengaruhi daun yang tua pertama-tama yang dapat menunjukkan warna jingga akibat akumulasi gula pada tanaman yang kekurangan P yang menguntungkan sintesis anthocyanin.



Gambar 2.7 Gejala defisiensi P (fosfor) pada tanaman jagung. Sumber: Sawyer (2004)

Kalium (K)

- Kalium digunakan tanaman untuk aktivasi enzim (protein khusus yang berfungsi sebagai katalis dan co-factor), fotosintesis, pembentukan protein, dan transport gula. Unsur K juga dibutuhkan untuk pergerakan stomata dan memelihara netralitas muatan (electroneutrality) dalam sel.
- Gejala defisiensi K adalah khlorosis mulai terutama pada ujung daun dan berkembang pada tepi daun ke arah bawah (pangkal daun) dengan tulang daun utama pada bagian tengah daun tetap hijau yang membentuk V untuk warna kuning (Gambar 2.8).
- Daun yang mengalami defisiensi K dapat juga menunjukkan bercakbercak kecil setempat atau area khlorosis dengan daun terbakar pada bagian tepi.



Sulfur (S)

- Tanaman membutuhkan S (Sulfur) untuk pembentukan asam amino dan karenanya protein tertentu serta beberapa senyawa lain.
- Diagnosis gejala defisiensi S dapat sulit dilakukan dengan gejalanya yang menyerupai gejala defisiensi N dan Mo
- Berbeda dengan defisiensi N dan Mo, gejala defisiensi S mula-mula terjadi pada daun muda yang menunjukkan corak garis dengan warna hijau muda hingga kuning (Gambar 2.9)
- Pada tanaman ubikayu, gejala defisiensi S nampak pada daun muda dengan warna hijau kuning hingga kuning (Gambar 2.10)



Gambar 2.9 Gejala defisiensi S (Sulfur) pada tanaman jagung



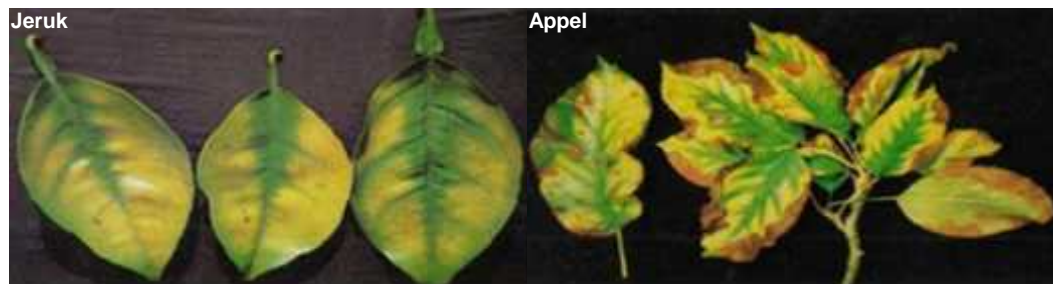
Gambar 2.10 Gejala defisiensi S pada tanaman ubikayu

Magnesium (Mg)

- Magnesium adalah unsur sentral dalam molekul khlorofil dan merupakan suatu kofaktor penting untuk pembentukan ATP.
- Defisiensi Mg tidak umum, dan gejala defisiensi Mg termasuk khlorosis antar tulang daun pada daun tua. Tepi daun nampak kuning atau jingga kemerah-merahan sedang tulang daun tengah tetap hijau.
- Pada tanaman tomat, gejala defisiensi Mg pada daun yang lebih tua adalah bercak-bercak putih antar tulang daun dan seperti berkarat pada tepi daun (Gambar 2.11). Ini berbeda dengan gejala defisiensi Mg pada tanaman lain (Gambar 2.12 & 2.13) seperti jeruk dan apel yang menunjukkan secara berurutan warna daun yang kuning dan coklat terbakar.



Gambar 2.11 Gejala defisiensi Mg (Magnesium) pada tanaman tomat. Sumber: Epstein & Bloom (2004)



Gambar 2.12. Gejala defisiensi Mg pada tanaman jeruk dan apel



Gambar 2.13. Gejala defisiensi Mg pada tanaman ubikayu

Kalsium (Ca)

- Kalsium umumnya adalah kation utama dalam lamella tengah dari dinding sel dengan kalsium pektat (calcium pectate) sebagai bahan penyusun utama.
- Konsekuensinya adalah bahwa Ca berperan penting dalam kekuatan mekanis jaringan. Sebagai tambahan, Ca nampaknya memainkan peranan penting dalam organisasi membran sel dengan mempertahankan selektivitas terhadap berbagai ion.
- Dengan peranan Ca sebagai bahan struktural, unsur ini sangat tidak mobil dalam tanaman dan gejala defisiensi nampak pada bagian tanaman yang baru tumbuh. Dalam beberapa kasus, jaringan tanaman yang lebih tua dapat mengandung Ca yang cukup banyak sedang bagian yang baru terbentuk mengalami defisiensi Ca.
- Tanaman jagung jarang menunjukkan gejala defisiensi Ca. Jika defisiensi Ca terjadi, ujung daun muda dapat seperti menempel pada daun yang lebih bawah yang menunjukkan tampilan seperti tangga (Gambar 2.14).
- Pada tanaman ubi kayu yang ditanam pada kondisi terkendali, ujung daun nampak coklat seperti menggulung dengan pertumbuhan akar yang sangat



Gambar 2.14 Gejala defisiensi Ca pada tanaman tomat. Sumber: Epstein & Bloom (2004)

terhambat. Penghambatan pertumbuhan akar dengan defisiensi Ca jauh lebih besar dari yang dengan defisiensi N, P dan K (Gambar 2.15 & 2.16).



Gambar 2.15 Posisi lamella tengah dan defisiensi Ca pada tanaman ubikayu. Sumber: Copyright © Pearson Education, Inc., publishing as Benjamin Cummings (kiri),



Gambar 2.16 Gejala defisiensi Ca pada akar dan daun tanaman ubikayu

4.2 Unsur Hara Mikro Besi (Fe)

- Tanaman membutuhkan Fe (Iron) yang memainkan peranan penting dalam reaksi respirasi dan fotosintesis. Defisiensi Fe mengakibatkan penurunan pembentukan klorofil yang dicirikan oleh khlorosis antar tulang daun dengan perbedaan yang jelas antara area khlorosis dan tulang daun pada daun muda (Gambar 2.17 & 2.18).
- Daun dengan defisiensi Fe sering menunjukkan khlorosis pada antar tulang daun yang menghasilkan jejingan warna hijau. Dengan tingkat defisiensi yang semakin tinggi, seluruh daun akan nampak kuning-memutih yang kemudian berubah menjadi nekrosis. Tanaman yang mengalami defisiensi unsur hara Fe sering dijumpai pada tanah berkapur akibat presipitasi Fe pada pH tinggi yang mengurangi ketersediaan Fe, dan sering diikuti dengan defisiensi unsur mikro seperti Mn, Cu dan Zn.



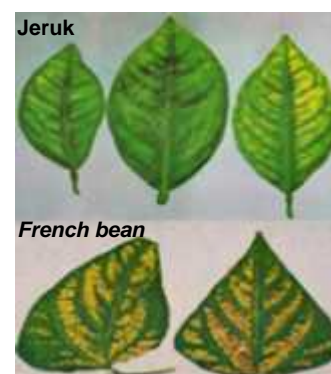
Gambar 2.17 Gejala defisiensi Fe (besi) pada tanaman kacang tanah dan jagung. Sumber: Bennett (1993)/kiri, dan Sawyer (2004)/kanan



Gambar 2.18 Gejala defisiensi Fe pada tanaman kedelai (atas) dan ubikayu (bawah)

Mangan (Mn)

- Tanaman membutuhkan Mn (Manganese) untuk aktivitas beberapa enzim, dan untuk proses fotosintesis khususnya evolusi O₂.
- Kloroplast adalah organella sel yang paling sensitif terhadap defisiensi Mn (Mengel & Kirkby, 2001). Sebagai konsekuensinya, suatu gejala defisiensi Mn adalah khlorosis antar tulang daun pada daun muda (Gambar 2.19).
- Tanaman membutuhkan Zn (Zinc) untuk pembentukan hormon tumbuh yang penting terutama untuk perpanjangan ruas. Mobilitas Zn dalam tubuh tanaman tergolong sedang sehingga gejala defisiensi mula-mula akan nampak pada daun tengah. Daun yang mengalami defisiensi Zn menunjukkan khlorosis antar tulang daun khususnya setengah bagian daun antara tepi daun dan tulang daun tengah (midrib), yang menghasilkan corak garis-garis, dan beberapa bercak kecil dapat juga timbul (Gambar 2.20).
- Area khlorosis dapat juga nampak hijau pucat, kuning, dan bahkan putih. Defisiensi Zn berat akan mengakibatkan daun menjadi putih kelabu dan mati atau gugur prematur.
- Dengan peranan penting Zn pada perpanjangan ruas, tanaman yang mengalami defisiensi Zn akan nampak pendek kerdil.
- Pada tanaman ubikayu, defisiensi Zn dapat menunjukkan gejala daun terbalik dengan warna hijau pucat (Gambar 2.21).



Gambar 2.19 Gejala defisiensi Mn pada tanaman jeruk, dan gejala toksitas pada tanaman French bean



Gambar 2.20 Gejala defisiensi Zn (seng, Zinc) pada tanaman jagung dan kedelai (kiri), serta pada tanaman ubikayu (kanan)

Copper (Cu)

- Tanaman membutuhkan Cu (tembaga) untuk pembentukan khlorofil dan sintesis protein serta untuk mendukung proses respirasi.
- Tanaman yang mengalami defisiensi Cu menunjukkan khlorosis pada daun muda, pertumbuhan yang terhambat, pemasakan yang lambat (pembentukan anakan yang sangat lambat pada tanaman biji-bijian), rebah, dan warna coklat (melanosis) pada beberapa kasus.
- Pada tanaman serealia, hasil biji sering sangat rendah (Gambar 2.21), dan biji dapat tidak terbentuk pada kasus defisiensi Cu yang sangat berat.



Gambar 2.21. Gejala defisiensi Cu (tembaga, Copper) pada tanaman gandum. Sumber: Solberg et al. (1999)

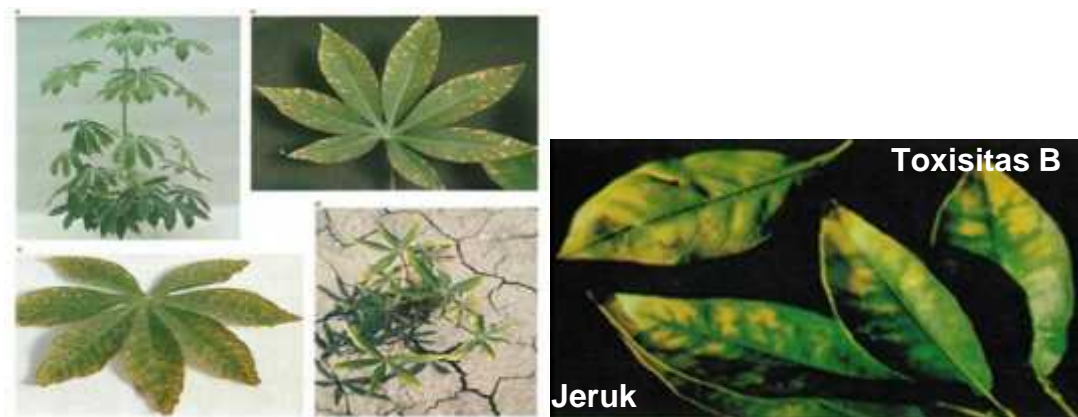
Boron (B)

- Fungsi utama B (boron) pada tanaman berhubungan dengan pembentukan dinding sel dan jaringan reproduksi.
- Tanaman yang mengalami kekurangan defisiensi B menunjukkan khlorosis pada daun muda dan kematian titik tumbuh utama atau titik tunas atas (terminal bud) (Gambar 2.22).
- Daun dapat menunjukkan warna coklat gelap, luka yang tidak teratur yang berkembang menjadi nekrosis pada kasus berat. Bercak kuning pucat dapat juga dijumpai pada pangkal daun.
- Dengan gangguan pada pertumbuhan dinding sel, daun dan batang dari tanaman yang mengalami defisiensi B menjadi rapuh dan mengalami distorsi dengan ujung daun cenderung menebal dan melengkung seperti pada daun kelapa sawit (Gambar 2.22).

- Tanaman yang mengalami defisiensi B tumbuh perlahan dan nampak kerdil sebagai akibat dari ruas yang pendek. Gejala defisiensi dengan toksitas B dapat hampir sama seperti pada tanaman ubikayu (Gambar 2.23).



Gambar 2.22 Gejala defisiensi Cu (tembaga, copper) pada tanaman ubikayu (kiri), gejala defisiensi B (boron) pada beberapa tanaman (kanan)



Gambar 2.23 Gejala toksitas B pada tanaman ubikayu (kiri) dan jeruk (kanan)

Molybdenum (Mo)

- Molybdenum dibutuhkan untuk aktivitas enzim pada tanaman dan untuk fixasi nitrogen pada tanaman leguminosa (kacang-kacangan).
- Dengan hubungan yang cukup erat antara fungsi N dan Mo pada tanaman leguminosa, gejala defisiensi Mo sering menyerupai gejala defisiensi N dengan pertumbuhan yang terhambat dan khlorosis (Gambar 2.24).
- Gejala awal tanaman yang mengalami defisiensi Mo adalah khlorosis secara umum, yang hampir sama dengan gejala defisiensi N, yang dapat diikuti dengan noktah belang-belang bersama dengan khlorosis intervein (antara tulang daun).
- Gejala lain dari defisiensi Mo disamping warna pucat pada daun adalah gejala seperti terbakar, melekuk dan menggulung. Daun dapat juga nampak tebal atau rapuh dan akhirnya layu yang meninggalkan hanya tulang daun.



Gambar 2.24 Gejala defisiensi Mo (Molybdenum) pada tanaman rockmelon (kiri), dan tomat (kanan), dan tomat (kanan). Sumber: Weir (2004)/kiri, dan Epstein & Bloom (2004)/kanan

Khlor (Cl)

- Tanaman membutuhkan konsentrasi Cl (klor) yang cukup tinggi dalam jaringannya untuk turgiditas dan fotosintesis. Tanah umumnya mengandung Cl cukup banyak terutama pada area salin, dan defisiensi Cl dapat terjadi pada tanah daerah pedalaman yang mengalami pencucian tinggi.
- Gejala defisiensi Cl yang paling umum adalah khlorosis dan layu untuk daun muda. Khlorosis terjadi pada bagian depresi datar antar tulang daun dari helai daun.
- Layu pada bagian tepi daun dan system perakaran yang bercabang banyak juga merupakan ciri spesifik dari defisiensi Cl yang dijumpai pada tanaman serealia (Mengel & Kirkby, 2001).
- Bercak khlorosis dan nekrosis dapat dijumpai sepanjang daun dengan batas yang jelas antara bagian jaringan yang mati dan hidup (Gambar 2.25).
- Pada kasus dengan tingkat defisiensi yang lebih tinggi, ciri berkarat sering nampak pada bagian atas daun dewasa sebagaimana yang ditunjukkan daun tomat (Gambar 2.25). Tanaman umumnya toleran pada Cl, tapi beberapa spesies seperti tanaman avocado dan anggur sensitif terhadap Cl dan dapat menunjukkan toksitas pada konsentrasi Cl yang rendah dalam tanah.
- Sensitivitas terhadap defisiensi Cl dapat berbeda antara varietas, dan gejala penyakit daun tertentu yang hampir sama dengan gejala defisiensi Cl sering ditafsirkan salah sebagai bercak daun fisiologi (Engel et al., 2001).



Gambar 2.25 Gejala defisiensi Cl (Chlorine) pada tanaman tomat dan gandum (WB881 durum wheat) yang ditanam secara hidroponik. Sumber: Epstein & Bloom (2004)/tomat; Engel et al. (2001)/gandum

REFERENSI

- Bennett, W.F., 1993. Nutrient Deficiencies and Toxicities in Crop Plants. St. Paul, MN. APS Press. 202 p.
- Bergmann, W., 1992. Nutritional Disorders of Plants-Development, Visual and Analytical Diagnosis. Gustav Fisher, Verlag Jena, Germany
- Engel, R, L.J. Bruebaker, and T.J. Ornberg. 2001. A chloride deficient leaf spot of WB881 Durum. Soil Sci. Soc. Am. J. 65: 1448-1454
- Epstein, E. and Bloom, A., 2004. Mineral nutrition of plants. Sunderland: Sinauear Associates. 403p.
- Evans, H.J. and Sorger, G.J., 1966. Role of mineral elements with emphasis on the univalent cations. Annu. Rev. Plant Physio., 17: 47-76
- Hoefst R.G., E.D. Nafziger, R.R. Johnson, and S.R. Aldrich. 2000. Modern Corn and Soybean Production. MCSP Publications. Champaign, IL. 353p.
- Lucas, R.E. and Davis, J.F., 1961. Relationships between pH values of organic soils and availabilities of 12 plant nutrients. Soil Sci., 92: 171-182.
- McCauley, N., Jones, C. and Jacobsen, J., 2011. Plant Nutrient Functions and Deficiency and Toxicity Symptoms. Nutrient Management Module No. 9. Montana State University. <http://landresources.montana.edu/nm/documents/NM9.pdf>
- Mengel, K. and E.A. Kirkby. 2001. Principles of Plant Nutrition, 5th edition. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht Netherlands. 849 p.
- Römheld, V. and Kirkby, E.A., 2010. Research on potassium in agriculture: Needs and prospects. Plant Soil, 335: 155-180
- Römheld, V., 2012. Diagnosis of deficiency and toxicity of Nutrients. In "Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants", P. Marschner (ed.). Third Edition, Elsevier, Academic Press. 299-312 pp.
- Sawyer, J., 2004. Nutrient Deficiencies and Application Injuries in Field Crops. Iowa State University
- Solberg, E., Evans, I. and Penny, D., 1999. Copper Deficiency: Diagnosis and Correction. Agdex 532-3, September. Retrieved April 7, 2003 from Alberta Agriculture, Food, and Rural Development web site: <http://www.agric.gov.ab.ca/agdex/500/532-3.html>.
- Taiz, L. and Zeiger, E., 2002 Plant Physiology Online, a companion to [Plant Physiology, Third Edition](#), published by [Sinauer Associates](#)
- Ulrich, A. and Hills, F.J., 1967. Principles and practice of plant analysis, In: Soil Testing and Plant Analysis. Part H. Soil Science Society of America, Special Publications Series 2. Madison, Soil Science Society of America Inc. 11-24.
- Weir, R.G., 2004. Molybdenum deficiency in plants. Agfact AC.4, second edition 1984. NSW Department of Primary Industries. www.dpi.nsw.gov.au

PROPAGASI

A. Penguasaan Materi (Membaca dan Menulis kembali)

Penguasaan materi dapat dilakukan dengan membaca modul ini secara cermat yang diikuti dengan membuat catatan/ringkasan dari setiap bagian dengan cara dan bahasa sendiri.

B. Pendalaman Materi (Studi Literatur)

Pendalaman materi dapat dilakukan dengan studi literatur untuk materi yang dianggap perlu didalami lebih lanjut baik karena tidak jelas atau menarik untuk mendapat informasi lebih rinci.

C. Pemantapan (Latihan/Evaluasi Mandiri)

Pemantapan dapat dilakukan dengan membuat pertanyaan yang dapat timbul dari setiap bagian materi pembelajaran seperti yang disajikan dibawah ini, dan menjawab pertanyaan tersebut. Ini dapat diikuti dengan pemecahan masalah atau permasalahan (problematik) yang relevan.

Pertanyaan

1. Apakah yang dimaksud dengan konsentrasi kritis?
2. Sebutkan beberapa faktor yang mempengaruhi ketersediaan unsur hara dalam tanah?
3. Apakah yang dimaksud dengan nekrosis?
4. Apakah yang dimaksud dengan unsur hara mobil?
5. Unsur hara apakah yang tidak cukup tersedia dalam tanah pada kondisi basa (alkalin)?
6. Apakah fungsi unsur hara Ca (kalsium) pada tanaman?
7. Apakah perbedaan spesifik antara gejala defisiensi unsur hara N (nitrogen) dengan gejala defisiensi unsur hara K (kalium)?
8. Pada bagian tanaman manakah gejala defisiensi Fe kemungkinan dijumpai?
9. Mengapa gejala defisiensi P menunjukkan warna jingga pada umumnya?
10. Pada lingkungan apakah defisiensi Fe kemungkinan terjadi?

Problematic

Masalah atau problematik untuk dipecahkan sendiri atau dalam diskusi kelompok dapat berasal dari materi pembelajaran, studi pustaka dan dari lapangan yang berhubungan dengan topik pembelajaran seperti contoh berikut ini.

D. Pengembangan (Diskusi Kelompok)

Pengembangan kompetensi dapat dilakukan dengan diskusi kelompok (kelompok studi) untuk

- (a) evaluasi kemampuan yang berkembang dengan upaya yang telah dilakukan,
- (b) mengembangkan kemampuan mengemukakan apa yang telah diketahui secara ilmiah (logis dan sistematis), dan
- (c) untuk membagi kemampuan/pengetahuan antara anggota kelompok diskusi

E. Entrepreneurship

Kompetensi entrepreneurship dapat dilakukan secara mandiri dan diskusi untuk menggali (explorasi) kegiatan yang dapat dilakukan sebagai bidang usaha (entrepreneurship) seperti

- (a) Usaha Jasa/Konsultasi
- (b) Usaha Kreatif (E-Commerce)
- (c) Usaha Produksi/Lapangan