

①



**KALSIUM, MAGNESIUM DAN PERANANNYA PADA
PERTUMBUHAN DAN PERKEMBANGAN
TANAMAN**

OLEH:

Ir. ELLEN PANGGABEAN, MP.

NIP. : 132 054 252

**STAF PENGAJAR KOPERTIS WILAYAH I
dpk. UNIVERSITAS MEDAN AREA**



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS MEDAN AREA**

M E D A N

2 0 0 1



**KALSIUM, MAGNESIUM DAN PERANANNYA PADA
PERTUMBUHAN DAN PERKEMBANGAN
TANAMAN**

OLEH:

Ir. ELLEN PANGGABEAN, MP.

NIP. : 132 054 252

STAF PENGAJAR KOPERTIS WILAYAH I
dpk. UNIVERSITAS MEDAN AREA



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS MEDAN AREA**

M E D A N

2 0 0 1

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadapan Tuhan Yang Maha Pengasih, karena atas lindungannya maka penulis dapat menyelesaikan karya ilmiah ini .

Adapun tulisan ini disiapkan dalam rangka melengkapi persyaratan untuk memperoleh penyetaraan kepangkatan. Adapun judul tulisan adalah Kalsium dan Magnesium Peranannya Pada Pertumbuhan dan Perkembangan Tanaman. Semoga tulisan ini bermanfaat bagi yang berminat didalam penambahan pengetahuan mengenai peran unsur-unsur hara terutama kalsium dan magnesium di dalam pertumbuhan dan perkembangan suatu tanaman.

Penulis akan sangat berterimakasih apabila ada masukan berupa kritik dan saran yang membangun untuk perbaikan dan kesempurnaan tulisan ini.

Medan, 2001

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
PENDAHULUAN	1
SUMBER KALSIUM DAN MAGNESIUM TANAH	4.
KETERSEDIAAN KALSIUM DAN MAGNESIUM TANAH	7
PERANAN KALSIUM DAN MAGNESIUM DALAM PERTUMBUHAN TANAMAN	10
DINDING SEL	10
PEMANJANGAN SEL	12
MELINDUNGI TANAMAN AKAN EFEK MERACUN DARI UNSUR HARA LAIN	19
PEMBENTUKAN BINTIL AKR PADA TANAMAN LEGUM ...	23
KESEIMBANGAN KATION-NION DAN PENGATURAN OSMOSIS	25
STABILITAS MEMBRAN DAN PENGATURAN ENZIM	26
PENYERAPAN UNSUR HARA YANG LAIN	27
DEFISIENSI KALSIUM DAN MAGNESIUM	28
KESIMPULAN	36
DAFTAR PUSTAKA	38

KALSIUM dan MAGNESIUM , PERANANNYA PADA PERTUMBUHAN DAN PERKEMBANGAN TANAMAN

Pertumbuhan dan perkembangan suatu tanaman dipengaruhi oleh banyak factor yaitu factor tanah, iklim dan tanaman itu sendiri. Faktor-faktor tersebut harus dalam kondisi yang optimal agar tanaman dapat tumbuh dengan baik dan menghasilkan. Faktor-faktor yang mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan tanaman tersebut ada yang dapat dikendalikan oleh manusia dan ada pula yang sedikit bahkan tidak dapat dikendalikan oleh manusia. Sebagai contoh, factor iklim seperti cahaya, temperatur dan udara hanya sedikit yang dapat dikendalikan oleh manusia, sedangkan factor tanah seperti ketersediaan unsure hara dapat ditingkatkan dengan jalan memperbaiki kondisi tanah atau dengan pemupukan.

Pertumbuhanyang baik tergantung dari kombinasi factor lingkungan yang berimbang dan menguntungkan. Bila salah satu factor tidak seimbang dengan factor lain, maka factor ini dapat menekan bahkan dapat menghentikan pertumbuhan tanaman. Selanjutnya factor yang tidak optimum menentukan tingkat produksi tanaman. Prinsip ini

disebut sebagai factor pembatas yang dapat didefinisikan sebagai berikut : Tingkat produksi tidak akan lebih tinggi dari apa yang dapat dicapai oleh tanaman yang tumbuh dalam keadaan dengan factor-faktor lain yang paling minimum. Konsep ini sangat penting dan selalu dipertimbangkan bila membahas persoalan unsure hara. Tidak hanya penyediaan suatu unsure hara yang harus diperhatikan tetapi juga hubungan penyediaan hara tersebut terhadap factor-faktor lain yang mungkin mempengaruhi pertumbuhan tanaman (Hakim dkk, 1986).

Penelitian telah menunjukkan bahwa untuk pertumbuhan normal suatu tanaman diperlukan unsure-unsur tertentu. Unsur hara essential harus ada dalam bentuk yang dapat digunakan oleh tanaman. Serta dalam konsenrasi optimum bagi pertumbuhan. Selanjutnya unsure-unsur tersebut harus berada dalam keseimbangan. Arnon dari California memberikan criteria essential bila :

- 1). Kekurangan unsure tersebut dapat menghambat dan mengganggu pertumbuhan.
- 2). Kekurangan unsure tersebut tidak dapat diganti oleh unsure yang lain
- 3). Unsur tersebut harus secara langsung terlibat dalam gizi makanan (Hakim dkk, 1986).

Tanaman akan menyerap unsur hara dalam bentuk ion yang terdapat di daerah sekitar perakaran. Unsur hara ini harus terdapat dalam bentuk tersedia bagi tanaman. Sehingga sekarang telah dikenal 16 macam unsur hara esensial bagi tanaman. Berdasarkan kebutuhannya bagi tanaman maka ke 16 unsur hara tersebut dibagi dalam dua kelompok, yaitu kelompok unsur hara makro dan kelompok unsure hara mikro. Unsur hara makro dibutuhkan oleh tanaman dalam jumlah banyak sedangkan unsure hara mikro dibutuhkan oleh tanaman dalam jumlah lebih sedikit.

Kalsium (Ca) merupakan unsur hara makro bagi tanaman disamping Nitrogen, fosfor, dan kalium. Kalsium didalam tanah dalam bentuk kation yang sering dihubungkan dengan kemasaman tanah dan pengapuran, karena dapat mengurangi kemasaman atau menaikkan pH tanah (Hakim dkk, 1986). Kalsium merupakan komponen structural dinding-dinding sel tanaman dalam bentuk kalsium pektat dan penting juga dalam pertumbuhan jaringan meristem. Unsur kalsium dijumpai pada tanaman dalam bentuk kalsium oksalat.

Terdapat beberapa kesamaan antara tingkah laku kalsium, dan magnesium di dalam tanah. Semuanya tersedia sebagai kation dapat ditukar dan jumlah yang tersedia berhubungan penting dengan

pelapukan mineral dan tingkat pencucian . Keduanya diadsorpsi sebagai kation dengan kalsium dalam bentuk Ca^{+2} dan Mg^{+2} . Beberapa mineral kalsium yang penting termasuk feldspars, apatite, calcite, dolomite, gypsum dan amphibole. Mineral magnesium yang penting termasuk biotit, dolomit, augit, serpentin, hornblende dan olivin.

Kation berdiri bebas dalam pelapukan diadsorpsi pada tempat pertukaran kation. Suatu keseimbangan dimantapkan diantara bentuk dapat ditukar dan bentuk larutan. Difusi kepermukaan akar merupakan suatu proses pengambilan dari tanah. Dibandingkan dengan kalsium, magnesium tidak begitu kuat diadsorpsi pada tempat pertukaran kation, sedikit rendah magnesium dapat ditukar ada dalam tanah, dan defisiensi magnesium lebih sering diketemukan.

Sumber Kalsium dan Magnesium Tanah

Sumber utama kalsium tanah adalah kerak bumi yang didalamnya mengandung 3,6% kalsium. Mineral utama yang banyak mengandung kalsium adalah kalsit dan dolomit yang merupakan penyusun batuan limestone.

Tabel 1. beberapa mineral yang mengandung Kalsium

Mineral	Rumus Kimia
Horblenda	$\text{Ca}_3\text{Al}_2\text{Mg}_2\text{Fe}_3\text{Si}_6\text{O}_{22}(\text{OH})_2$
Augit	$\text{Ca}_2(\text{Al,Fe})_4(\text{Mg}_1\text{Fe})_4\text{Si}_6\text{O}_{24}$
Kalsit	CaCO_3
Dolomit	$\text{Ca Mg}(\text{CO}_3)_2$
Gypsum	$\text{Ca SO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
Apatit	$\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3 \cdot (\text{Cl}_1\text{F})$

(Sumber : Hakim dkk., 1986)

Mineral-mineral yang mengandung kalsium pada umumnya sedikit cepat lapuk daripada mineral-mineral pada umumnya. Oleh karena itu ada kecenderungan kalsium didalam tanah menurun dengan meningkatna pelapukan dan pencucian. Kehilangan kalsium yang lebih besar diakibatkan oleh erosi dan pencucian terutama pada daerah humid dengan curah hujan tinggi. Hal ini dapat menyebabkan pada daerah humid banyak dijumpai tanah-tanah yang masam (Hakim dkk., 1986).

Tabel 2. Perbandingan kehilangan Kalsium akibat tererosi, pencucian Dan diangkut oleh tanaman.

Cara Kehilangan	CaO (kg/ha)	CaCO ₃ (kg/ha)
Oleh erosi (missori) 4 % lereng	120	214
Oleh tanaman, rotasi biasa	35	62
Oleh pencucian dari tanah lempung berdebu	125	223

(Sumber : Hakim dkk, 1986).

Pada daerah dengan curah hujan tinggi diperkirakan bahwa kehilangan kalsium cukup besar sehingga perlu penambahan kalsium dari luar untuk mengimbangi kehilangan kalsium agar kalsium cukup tersedia dalam tanah.

Tiga belas macam unsur hara yang berasal dari tanah dan diperlukan oleh tanaman dalam jumlah banyak yaitu : N, P, K, Ca, Mg dan S. Magnesium dapat bergerak dengan mudah dalam jaringan tumbuhan dan diserap oleh tanaman sebagai ion Mg^{++} . Dalam tubuh tanaman magnesium mempunyai fungsi dalam sistem enzim, merupakan penyusunan utama klorofil dan berfungsi membantu metabolisme fosfor dalam tanaman terutama dalam sintesa ATP dan

ADP dari fosfat. Magnesium juga berperan sebagai aktivator beberapa enzim tumbuhan (Prawiranata dkk, 1981).

Rata-rata kandungan magnesium di dalam kerak bumi sebesar 1,93 %. Magnesium tanah kecuali yang berasal dari bahan kapur dan pupuk yang ditambahkan, berasal dari batuan dan mineral pembentuk tanahnya. Mineral-mineral yang mengandung magnesium seperti amfibol, biotit, dolomit, olivin, serpentin dan hornblende (Anonim, 1985).

Mineral-mineral yang mengandung magnesium pada umumnya sedikit lebih cepat lapuk daripada mineral-mineral pada umumnya. Oleh karena itu ada kecenderungan magnesium di dalam tanah menurun dengan meningkatnya pelapukan dan pencucian.

Ketersediaan Kalsium dan Magnesium Tanah

Kalsium tanah diserap oleh tanaman sebagai Ca^{2+} yang berasal dari bentuk yang dapat dipertukarkan dan atau bentuk larut air. Kedua bentuk tersebut didalam tanah selalu dalam keseimbangan yang dinamis. Jika dalam bentuk larut dalam air berkurang karena pencucian atau penyerapan oleh tanaman, maka akan digantikan oleh bentuk dapat ditukar. Sebaliknya bila bentuk larut dalam air tiba-tiba meningkat, misalnya karena pemupukan maka keseimbangan akan

berubah dengan arah yang berlawanan. Faktor-faktor penting yang mempengaruhi ketersediaan kalsium bagi tanaman adalah :

1. Jumlah kalsium dapat ditukar
2. Derajat kejenuhan unsur-unsur kalsium pada kompleks pertukaran
3. Tipe koloid liat tanah
4. Sifat ion-ion komplementer yang dijerap oleh liat.

Jumlah Ca-dd serta derajat kejenuhan pada kompleks pertukaran pada umumnya kalsium menduduki 75 – 85 % basa-basa dapat ditukar total. Derajat kejenuhan kalsium sangat penting karena apabila jumlah unsur terikat oleh liat dapat ditukar turun sebanding dengan kapasitas tukar total liatnya, maka jumlah kalsium yang dapat diserap oleh tanaman berkurang.

Kalsium dapat ditukar dalam tanah mempunyai ikatan dengan pH tanah dan ketersediaan beberapa unsur hara. Jumlah kalsium dan kation-kation basa yang lain dalam tanah menurun apabila tanah menjadi basis. Kelebihan kalsium akan menyebabkan kalsium karbonat mengendap dan pH penyangga mendekati 8. Kelebihan kalsium biasanya mengakibatkan turunnya kelarutan fosfor, besi,

mangan dan seng, dan kadang-kadang menyebabkan kekahatan satu atau lebih hara-hara tanaman essensial ini.

Tipe koloid larutan tanah mempengaruhi pula tingkat ketersediaan kalsium. Liat tipe 2 : 1 memerlukan derajat kejenuhan yang jauh lebih tinggi dari pada liat tipe 1 : 1 untuk menyediakan unsur kalsium pada tingkat yang dapat diserap oleh tanaman. Sebagai contoh, liat monmorillonit (tipe 2 : 1) memerlukan kejenuhan kalsium sebesar 70 % atau lebih sebelum unsur ini terlepas dan memenuhi kebutuhan tanaman. Sebaliknya liat Kaolinit (tipe 1 : 1) hanya memerlukan derajat kejenuhan 40 – 50 % unsur kalsium.

Koloid-koloid tanah menyerap kation-kation bervalensi dua lebih kuat daripada kation-kation bervalensi satu. Jika basa-basa dapat ditukar pada koloid tanah yang terdiri dari kalium dan NH_4 dalam jumlah yang relatif lebih besar dari pada jumlah kalsium, maka ion-ion bervalensi satu akan mudah digantikan dari pada ion-ion bervalensi dua. Dalam keadaan ekstrim dengan nisbah ion-ion bervalensi satu dan ion-ion bervalensi dua sangat besar, maka tanaman dapat kahat ion-ion bervalensi dua. Classen dan Wilcox (1974) dalam Mengel dan Kirby (1978) menyatakan bahwa pemupukan kalium (K^{++}) ataupun

amonium (NH_4) dapat mengurangi pengangkutan kalsium dan magnesium oleh tanaman jagung (*Zea mays*).

Pada umumnya persediaan kalsium dalam tanah cukup sehingga kekahatan unsur ini jarang dijumpai. Hanya beberapa tanah yakni yang berada di daerah lembab atau tanah-tanah yang telah mengalami pelapukan dan pencucian hebat, seperti tanah-tanah podsolik dan laterit. Pada tanah-tanah ini kompleks pertukaran dikuasai oleh ion-ion aluminium yang menyebabkan tanah sangat masam dan aluminium yang menyebabkan tanah sangat masam dan aluminium larut dapat meracuni tanaman.

Melalui proses pelapukan dan hancuran mineral-mineral tersebut membebaskan magnesium ke dalam air di sekitarnya. Magnesium yang terbebaskan ini di dalam tanah akan mengalami peristiwa sebagai berikut :

- 1) hilang terbawa air perkulasi atau air drainase
- 2) diserap oleh organisme hidup
- 3) dijerap oleh partikel-partikel liat
- 4) diendapkan kembali sebagai mineral-mineral sekunder, terutama di daerah beriklim kering (arid).

Peranan Kalsium Dan Magnesium Dalam Pertumbuhan Tanaman

Dinding Sel

Kalsium dijumpai pada tiap-tiap sel tanaman. Kebanyakan unsur ini dijumpai dalam tanaman sebagai kalsium pektat pada dinding sel daun dan batang, sehingga kalsium akan memperkuat bagian-bagian ini. Kalsium begitu pada dengan dinding sel, akibatnya tidak dapat dipindahkan dari sel-sel tua untuk membentuk sel-sel baru (Radjagukguk, 1982). Kalsium sebagai konstituen daripada dinding sel dan kelihatannya berpengaruh dalam menjamin elastisitasnya. Kalsium dibutuhkan dalam pembentukan dinding sel primitif sebagai Ca-pektat yaitu bagian integral dinding sel (Indrianto, 2000). Menurut Kader (1988) salah satu perubahan yang terjadi pada fase pemasakan pada buah adalah lunaknya daging buah karena degradasi pektat dan polisakarida yang lain. Degradasi pektat disebabkan oleh enzim poligalakturonase yang aktivitasnya dapat dihambat oleh pemberian kalsium. Pada jaringan yang kekurangan kalsium aktivitas poligalakturonase meningkat (Konno et al, 1984 dalam Marschner, 1985). Pada percobaan yang dilakukan oleh Rigney dan Wills (1981 dalam Marschner, 1985) dengan menggunakan jaringan pericarp tomat

selama perkembangan buah, kandungan Ca^{++} pada dinding sel meningkat sampai pertumbuhan immature penuh, kemudian diikuti oleh turunnya Ca^{++} begitu memasuki fase pemasakan (ripening). Secara simultan pergeseran tingkat penempelan Ca^{++} terjadi dimana Ca^{++} larut dalam air, terutama Ca^{++} pada batas dinding sel. Pergeseran tersebut dihubungkan dengan peningkatan yang tajam dalam pembentukan etilen dalam jaringan buah. Meningkatnya kandungan kalsium dalam buah sebagai contoh melalui penyemprotan beberapa waktu dengan garam kalsium selama perkembangan atau melalui pencelupan dalam larutan CaCl_2 menimbulkan suatu peningkatan dalam kekerasan buah (Cooper dan Bangerth, 1976 dalam Marschner, 1985). Tarkey dan Paderson (1997) dalam penelitiannya menggunakan bunga mawar dalam pot, meningkatnya konsentrasi dalam larutan hara akan meningkatkan konsentrasi kalsium dalam tanaman mawar sehingga menghasilkan kualitas pasca panen yang lebih baik. Dalam penelitian tersebut pemberian kalsium pada tanaman mawar menghasilkan bnga yang dapat dipasarkan (marketable) lebih tinggi dan mempunyai umur simpan yang lama.

Terlarutnya Ca^{++} yang menempel di dinding sel dan selanjutnya redistribusi Ca^+ dalam sel (mungkin melalui transport ke vakuola)

menekan poligalakturonase dan juga aktivitas etilen dalam kompleks membran plasma dinding sel (Matto dan Lieberman (1977) dalam Marschner, 1985).

Pada tanaman karet, kalsium mutlak diperlukan untuk pembentukan dinding sel akar defisiensinya akan mengakibatkan terhambatnya pertumbuhan pucuk tanaman, pucuk akar dan pembaharuan kulit tanaman (Radjagukguk, 1982).

Pemanjangan Sel

Ketersediaan pemberian Ca^{++} eksogen, pemanjangan akar berhenti dalam beberapa waktu. Pengaruh ini lebih jelas dalam larutan hara yang bebas kalsium daripada dalam air murni (air suling). Fungsi kalsium dalam mengimbangi pengaruh yang berbahaya dari ion lain pada konsentrasi yang tinggi pada membran plasma. Meskipun kalsium terlibat dalam pembelahan sel (Burstrom (1986), Schimt (1981) dalam Marschner, 1985). Berhentinya pertumbuhan akar dengan ketiadaan Ca^{++} terutama disebabkan adanya penghambatan pemanjangan sel. Peran Ca^{++} di dalam pemanjangan akar belum jelas, sebagai indikasi kalsium dibutuhkan untuk penggabungan material didalam dinding sel (Reis dan Hert (1979) dalam Marschner, 1985).

Pembesaran daun membutuhkan kalsium yang tinggi untuk pembentukan dan pengembangan dinding sel (Clarkson (1984) dalam Daniel dkk, 1991). Ketika daun-daun muda menjadi mampu berfotosintesis, laju reduksi nitrat mula-mula tinggi, dalam pembentukan asam-asam organik yang memiliki afinitas tinggi untuk kalsium. Selanjutnya perkembangan jaringan membutuhkan suplai kalsium yang cukup terus menerus (Kirkby dan Knigt (1977) dalam Daniel dan Theodore (1991).

Magnesium berperan penting pada produksi tanaman, karena ia merupakan salah satu penyusun molekul khlorofil, tempat fotosintesis berlangsung. Kira-kira 10 % magnesium di dalam tanaman dijumpai di dalam khloroplast. Oleh karena itu fungsi terpenting magnesium di dalam tanaman adalah pembentukan khlorofil. Disamping itu magnesium diperlukan dalam mengatur pengangkutan hara tanaman.

Dalam tubuh tanaman, magnesium mempunyai fungsi esensial sebagai elemen untuk penyatuan beberapa sub unit ribosom yang merupakan proses penting dalam proses sintesa protein di kloroplast. Pada saat magnesium berkurang atau dalam keadaan berlebihan, sub unit ribosom tersebut berpisah dan sintesa protein terhambat (Sperraza

and Speremulli, 1983). Magnesium diperlukan untuk berbagai polimerisasi RNA dalam proses pembentukan RNA dalam nukleus. Sintesa protein berhenti apabila defisiensi Mg dan sintesa berlanjut setelah adanya penambahan Mg.

Klorofil merupakan satu-satunya senyawa stabil tanaman yang mengandung atom magnesium sebagai penyusun tetap (tidak dapat mengalami desosiasi). Magnesium mencapai 2,7 % berat molekulnya, tetapi magnesium klorofil hanya sekitar 10 % dari keseluruhan magnesium yang ada pada daun. Karena setengah magnesium daun atau lebih terdapat pada kloroplast (Stocking dan Ongun, 1962). Plastida jelas mengandung banyak magnesium selain yang merupakan bagian klorofil. Hal ini bukan di luar perkiraan, perubahan dan penyimpanan energi merupakan fungsi utama kloroplast. Magnesium selain fungsinya dalam klorofil, adalah aktivator yang paling umum untuk enzim yang terlibat dalam metabolisme energi.

Magnesium sebagai penyusun klorofil dan aktivator berbagai enzim yang mempengaruhi pemindahan fosfat, merupakan unsur yang apabila kekurangan akan segera mempengaruhi setiap sisi metabolisme tanaman. Klorosis adalah gejala awalnya, diikuti dengan menurunnya fotosintesis. Siklus-siklus biosintesis menjadi rusak

sebagai akibat terhambatnya reaksi enzimatik transfosforilasi dan senyawa nitrogen yang larut dalam konsentrasi yang tinggi.

Pada sel-sel daun, terdapat kurang lebih 25 % dari total protein terdapat pada kloroplast. Hal ini dapat menjelaskan bahwa kekurangan Mg akan berpengaruh terutama pada ukuran, struktur dan fungsi kloroplast termasuk transfer elektron selama dalam fotosistem II (Mc Swain *et al.*, 1976). Kandungan klorofil terlihat lebih rendah apabila daun kekurangan Mg disebabkan terhambatnya sintesa protein. Defisien magnesium juga menyebabkan pigmen-pigmen kloroplast dan zat-zat tepung yang mengakumulasi kloroplast berkurang dalam tanaman.

Sintesa ATP (Fosforilasi : $ADP + P_i$ menjadi ATP) memerlukan Mg sebagai penghubung antara ADP dan enzim. Sintesa ATP dalam kloroplast meningkat dengan adanya suplai Mg karena kandungan Mg alami dari kloroplast relatif tinggi. Magnesium berperan juga didalam modulasi karboksilasi RuBP pada stroma kloroplast dan kegiatan enzim ini sangat tergantung pada Mg dan pH. Pada kloroplast, aktifitas karboksilasi RuBP yang digerakkan cahaya berhubungan dengan peningkatan konsentrasi Mg dan pH pada stroma. Proton bergerak dengan cepat dari stroma ke thylakoid dan pH di stroma bertambah dari

6,0 – 6,5 menjadi 7,5 – 8,0. Pengeluaran proton dari stroma diseimbangkan oleh pemasukan Mg dari ruang-ruang thylakoid. Reaksi-reaksi yang digerakkan oleh cahaya meningkatkan konsentrasi Mg dalam stroma dari 2 m pada saat gelap menjadi 4 m pada saat terang (Portis dan Heidt, 1976 ; portis, 1981). Enzim yang memerlukan Mg dan Ph tinggi adalah fruktosa 1,6 – diphosphatase, yang mengatur pembagian asimilasi antarasintesa zat tepung dan suplai triosephosphat dalam cloroplast. Enzim lain yang memerlukan konsentrasi Mg tinggi adalah glutamat sintase (O'Neil dan Joy, 1974). Peningkatan karena cahaya dalam reduksi nitrit untuk memproduksi NH_3 membutuhkan peningkatan kegiatan enzim glutamat sintase.

Dalam sel-sel tervakuolasi, kation Mg berfungsi sebagai ion pembuka anion-anion aam inorganik yang tersimpan dalam vakuola untuk pektat dalam lamella tengah dari dinding-dinding sel. Pada umumnya proporsi Mg dalam berikatan dengan dinding sel lebih rendah daripada Ca. Proporsi Mg bisa meningkat pada tumbuhan yang kekurangan kalsium menjadi lebih dari 25 %.

Rata-rata kebutuhan Mg untuk pertumbuhan tanaman optimal adalah 0,5 % dari berat kering dari bagian-bagian vegetatif. Klorosis dari daun-daun merupakan gejala kekurangan Mg yang dapat terlihat

jelas. Dalam kesesuaian dengan fungsi Mg pada sintesa protein, proporsi protein nitrogen ditekan dan nitrogen non protein meningkat pada daun-daun yang kekurangan Mg.

Transpor fotosintesis yang terganggu dari daun sampai bawah seperti akar, buah atau akar umbi penyimpan merupakan penyebab utama kekurangan Mg. Pada semanggi, pertumbuhan akar dipengaruhi oleh kekurangan Mg sampai jumlah yang lebih besar dari pertumbuhan tunas, terutama pertumbuhan lamina. Saat magnesium berkurang ada suatu penurunan dalam kandungan zat tepung pada jaringan penyimpan seperti pada akar kentang dan pada berat benih tunggal sereal. Efek-efek tersebut terutama dihasilkan dari pembagian asimilasi yang terganggu, namun pada benih sereal Mg mempunyai peran tambahan dalam pengaturan sintesa zat tepung.

Meningkatnya suplai Mg diatas tingkat pembatasan pertumbuhan yang dihasilkan pada Mg tambahan disimpan khusus pada vakuola sebagai garam inorganik. Pada kandungan Mg yang meningkat akan mempengaruhi kualitas gizi makanan. Misalnya kandungan rerumputan makanan ternak meningkat dengan Mg yang cukup. Kekurangan Mg akan menyebabkan juga terjadinya pembusukan tunas pada tanaman anggur.

Magnesium dibutuhkan untuk mengaktifkan enzim-enzim yang berhubungan dengan metabolisme karbohidrat dan terutama dalam siklus asam sitrat (siklus Krebs) yang penting untuk respirasi sel. Banyak reaksi-reaksi fosforilasi yang ada hubungannya dengan metabolisme nitrogen dalam tanah dikatalisator oleh unsur ini. Magnesium juga dihubungkan dengan sintesa minyak, bersama-sama dengan sulfur (S) dapat dinaikkan kadar minyak berbagai tanaman.

Magnesium termasuk unsur hara yang mobil dengan demikian dapat ditranslokasikan dari bagian-bagian yang tua ke bagian-bagian yang muda apabila mulai terjadi defisiensi. Oleh sebab itu gejala defisiensi berupa klorosis diantara tulang-tulang daun sedangkan tulang daun sendiri tetap berwarna hijau. Pada tingkat yang lebih lanjut seluruh jaringan daun menjadi kuning kemudian coklat dan akhirnya nekrosis. Gejala demikian sering dilihat pada tanaman tembakau atau kedelai yang ditanam di tanah asam. Untuk spesies yang lain seperti kapas, gejalanya berupa warna merah pada daun-daun yang tua yang berangsur-angsur berubah menjadi coklat dan akhirnya nekrosis.

Melindungi Tanaman akan Efek Meracun Dari Unsur Hara Lain

Ca diketahui merangsang laju penyerapan K dan NH_4 oleh tanaman. Peningkatan penyerapan NH_4 merangsang pertumbuhan dan

perkembangan tanaman (Fenn dkk, 1995). Taylor (1985) dan Bailey (1992) dalam Fenn dkk (1995) menunjukkan bahwa Ca dapat digunakan untuk menaikkan penyerapan NH_4 dan meningkatkan hasil tanaman. Ion ammonium dapat menjadi raun bagi tanaman pada tanah dengan pH rendah, sifat meracun dari ammonium berkurang pada pH mendekati 7 dengan menggunakan CaCO_3 pertumbuhan normal dapat terjadi.

Pada tanah-tanah masam kekurangan kalsium dan keracunan Al merupakan beberapa factor yang membatasi produktivitas tanaman. Pemberian kalsium (gypsum) yang diikuti dengan pencucian asam pada sub soil menghasilkan peningkatan penyerapan air dan hara oleh akar tanaman Pengaruh tersebut secara umum dihubungkan dengan peningkatan kalsium dan penurunan toksik Al di sub soil. Al yang berlebihan sebanding dengan kekurangan kalsium mengganggu perkembangan akar (Ritchey dkk (1982) dalam Carvalho dkk, 1997). Pada hasil penelitian Carvalho dan Van Raij (1997) Calcium carbonat menurunkan aktivitas Al^{3+} karena meningkatkan pH. Pemberian kalsium efektif meningkatkan perkembangan akar dengan menurunkan aktitas Al.

Penurunan sifat meracun Al di dalam subsoil oleh gypsum dihubungkan dengan kompleks set mekanisme meliputi :

- 1) Pengendapan aluminium sebagai hasil pembebasan ion OH^- dari permukaan oksida oleh pertukaran ligan dengan SO_4^{2-} dalam suatu proses yang disebut sebagai self-liming (Reeve dan Sumner, 1972 dalam Carvalho dkk, 1997).
- 2) Pembentukan Al Sulfat yang tidak larut (Alva dkk, 1991 dalam Carvalho dkk, 1997).
- 3) Pembentukan pasangan ion di dalam larutan tanah seperti AlSO_4 dan AlF^{2+} dimana kurang bersifat oksidasi dari pada Al yang tidak dapat dalam bentuk yang kompleks (Cameron dkk, 1986 dalam Carvalho dkk, 1997).
- 4) Penurunan aktivitas ion Al^{3+} dalam larutan karena meningkatnya kekuatan ion dalam larutan. Fosfogypsum nampaknya lebih efektif dalam menurunkan sifat meracun dari Al dari pada kalsium fosfat murni karena adanya ion F^- , suatu anion yang membentuk kompleks dengan Al yang lebih stabil dari pada dengan SO_4^{2-} (Cameron dkk, 1986 dalam Carvalho dkk, 1997). Dalam suatu kasus tanah dengan kandungan Al yang sangat rendah tetapi dengan kandungan Ca yang rendah, pemberian Ca merupakan

faktor utama yang bertanggung jawab terhadap perbaikan perkembangan akar (Ritchey dkk, 1982 dalam Carvalho dkk, 1997).

Salinitas menurunkan pertumbuhan dan hasil tanaman pada tingkatan yang bervariasi tergantung spesies tanaman, tingkat salinitas dan komposisi ion di dalam media pertumbuhan. Pemanjangan akar merupakan kemampuan yang vital bagi tanaman untuk bertahan terhadap salinitas (Asraf dkk, 1986 dalam Uri Yermiyahu, 1997). Laju pemanjangan akar digunakan untuk mengukur tingkat ion yang toksik di dalam larutan har. Di dalam media yang mengandung konsentrasi Ca^{2+} yang rendah dan konsentrasi ion Na^+ yang tinggi, pertumbuhan dan pemanjangan akar tanaman menurun. Penambahan Ca^{++} di dalam larutan hara, stress garam dikurangi (Cramer dkk, 1990 dalam uri Yermiyahu, 1997). Mekanisme pengurangan tidak diketahui, tetapi Ca^{2++} memegang peranan yang penting di dalam banyak proses fisiologi di dalam tanaman.

Kalsium di dalam tanaman terdapat dalam bentuk berikatan , mempunyai peran diapoplastik, meningkatkan perkembangan dinding sel sebagai konstituen dan mencegah kerusakan dan kebocoran membran (Hanson dkk (1986) dalam Uri Yermiyahu, 1997).

Penghilangan Ca^{++} dari membran plasma oleh EDTA menyebabkan kebocoran K di intraseluler dan fenomena yang sama terjadi di media yang mengandung konsentrasi Na yang tinggi (Ben Hasyim dkk (1987) dalam Uri Yermiyahu, 1997). Penambahan Ca^{++} pada medium mencegah kebocoran K^+ dari sel jeruk yang dikulturkan dibawah kondisisalin (kegaraman) dan membantu menjaga konsentrasi K^+ intra sel tinggi di daerah pemanjangan akar tanaman kacang.

Menurut Uri Yermiyahu (1997) didalam membran plasma akar, Na menggantikan tempat Ca pada sel-sel membran, dan oleh sebab itu permeabilitas membran berubah dan pemanjangan akar diturunkan. dari hasil penelitian Uri Yermiyahu dkk (1997) dengan menggunakan tanaman melon, penambahan CaCl_2 pada medium eksternal mengurangi penghambatan pemanjangan akar oleh konsentrasi Na yang tinggi. Pemanjangan akat di dalam media yang mengandung konsentrasi NaCl yang tinggi dihubungkan dengan Ca yang membatasi membran plasma.

Pembentukan Bintil Akar Pada Tanaman Legum

Kemasaman tanah akan mempengaruhi pertumbuhan tanaman, disamping itu pengaruh negatif rendahnya pH, tingginya konsentrasi Al ,

Mn bebas dan kekurangan fosfat, sulfat, Ca atau Mg akan menurunkan pertumbuhan tanaman pada tanah masam (Franco dan Munns, 1986 dalam Schubert dkk, 1990). Penghambatan pertumbuhan tanaman legum tergantung pada Rhizobial penambat nitrogen. Pada stadia pembentukan simbiosis legum – rhizobium, pengaruh kemasaman yaitu membatasi perbanyakan bakteri di dalam rhizosphere atau menghambat perkembangan bintil akar (Munns, 1978 dalam Scubert, 1990). Dari hasil penelitian huert dkk (1990) menyatakan pengaruh pH dapat dikurangi dengan penggunaan kalsium dan pH rendah terutama membatasi pertumbuhan pada tanaman inang yang bersimbiosis dengan bakteri penambat N_2 . Pada pH yang rendah (pH 4.7 sampai 5.4) secara nyata menurunkan bobot kering hasil biji dan fiksasi nitrogen pada tanaman *Vicia faba* dibanding pada pH yang lebih tinggi (pH 6.2 dan 7). Pada pH yang rendah menghambat perkembangan aktivitas nitrogenase.

Dari hasil penelitian Buerkert dkk (1990) pada tanaman *Phaseolus vulgaris* pengapuran memperbesar ketersediaan Ca yang mungkin mendukung peningkatan pembintilan. Proses infeksi *Rizhobium* dihambat dengan rendahnya Ca dan pH, tidak tergantung pada toksisitas Al. Pemberian kapur meningkatkan pembintilan dan

fiksasi N_2 sehingga meningkatkan hasil tanaman yaitu jumlah polong per tanaman, jumlah biji per polong dan berat biji.

Keseimbangan Kation – Anion dan Pengaturan Osmosis

Pada sel-sel daun khususnya proporsi Ca yang terbesar di dalam vacuola, dimana mendukung keseimbangan kation – anion yang perannya sebagai counterion untuk anion anorganik dan organik. Di dalam spesies tanaman dimana sintesis oksalat digunakan dalam merespon reduksi nitrat. Pembentukan kalsium oksalat di dalam vakuola membantu menjaga Ca^{2+} bebas di sitisol dan kloroplas pada tingkatan yang rendah (Marschner, 1974). Pembentukan kalsium oksalat juga penting untuk pengaturan osmosis (osmoregulation) pada sel dan merupakan suatu cara mengakumulasi garam di dalam vakuola pada penyerapan nitrat tanpa meningkatkan tekanan osmosis di dalam vakuola (Osmond, 1967 dalam Marschner, 1985). Sebagai contoh pada daun dewasa bit gula lebih dari 90 % total kalsium berikatan dengan oksalat. Kalsium oksalat juga terdapat berlimpah di daun pada kebanyakan tanaman halophyte.

Stabilitas Membran Dan Pengaturan Enzim

Kalsium menstabilkan membran melalui ikatan dengan fosfat dan gugus karboksilat pada fosfolipid dan protein pada permukaan membran (Legge dkk, 1982 dalam Marschner, 1985). Pada tempat tersebut antara kalsium dapat bertukar tempat penempelan dengan kation lain seperti kalium, natrium atau hidrogen. Peran kalsium di dalam stabilitas membran tidak dapat digantikan meskipun dengan Mg yang sama-sama kation divalen. Fungsi kalsium dalam membran plasma adalah harus selalu berada dalam larutan eksternal, yang mana mengatur selektivitas penyerapan ion dan mencegah kebocoran larutan dari sitoplasma. Pengaruh kalsium dalam melindungi membran yang menonjol adalah pada berbagai kondisi stress seperti suhu rendah dan anaerobiosis (Zsoldos dan Karvaly, 1978 dalam Marschner, 1985).

Hubungannya dengan aktivitas enzim, Ca^{2+} meningkatkan aktivitas hanya beberapa enzim seperti alfa amylase, fosfolipase dan ATPase. Pada enzim alfa amylase, peran Ca^{2+} tergantung pada kehadiran GA. Secara umum kalsium merangsang ikatan membran enzim terutama ATPase pada membran plasma akar spesies tanaman tertentu.

Penyerapan Unsur Hara Yang Lain

Kalsium dapat ditukar mempunyai kaitan penting dengan pH tanah dan ketersediaan beberapa unsur hara. Pada tanah-tanah yang masam terdapat kelarutan Al, kandungan mangan dan besi tinggi sehingga menyebabkan tidak tersedianya unsur hara yang lain seperti unsur p, Ca, Mg dan Mo juga penghambatan fiksasi N oleh tanaman legum. Pemberian kapur dapat meningkatkan ketersediaan kalsium dan unsur hara yang lain di dalam tanah juga menurunkan kandungan Al-dd dan kejenuhan Al.

Dari hasil penelitian LB Fenn dkk (1995) dengan tanaman berbiji kecil seperti gandum, oat dan Barley. Kalsium dapat digunakan untuk meningkatkan penyerapan NH_4 dan meningkatkan hasil tanaman. Peningkatan kalsium yang dapat larut meningkatkan hasil tanaman. Peningkatan kalsium yang dapat larut meningkatkan penyerapan NH_4 dan kalium oleh tanaman sehingga meningkatkan translokasi metabolit untuk pembentukan malai dan meningkatkan laju fotosintesis. Dari hasil penelitian tersebut penambahan kalsium dengan adanya NH_4 meningkatkan hasil tanaman seperti hasil biji, pembentukan anakan, bobot kering tanaman, bobot kering biji per tanaman.

Defisiensi Kalsium dan Magnesium.

Jika tanah berhasil menghasilkan tanaman dengan baik, pasti mempunyai sesuatu yang lain, sesuatu penyediaan yang cukup dari semua unsur-unsur yang penting (essensial) atau unsur-unsur hara. Tidak hanya harus ada unsur-unsur dalam bentuk yang dikehendaki tanaman, tetapi juga harus ada unsur-unsur dalam keadaan agak seimbang diantara mereka, sesuai dengan jumlah yang dibutuhkan tanaman. Bila setiap unsur-unsur ini kurang atau jika terdapat dalam imbalanced yang tidak cukup, pertumbuhan secara normal tidak akan terjadi.

Gejala defisiensi yang nampak dapat dilihat dari fungsi unsur hara yang bersangkutan. Dan gejala defisiensi menentukan status kekhawatiran tanaman dan kekurangan suatu unsur hara.

Salah satu informasi yang telah dipelajari bahwa mobilitas unsur hara merupakan ciri efisiensi unsur hara pada jaringan tua atau jaringan muda. Mengenai fungsi dan gejala defisiensi unsur tersebut ini berlaku untuk semua jenis tanaman. Kita mengatakan bahwa gejala defisiensi merupakan salah satu informasi untuk menentukan status kekhawatiran tanaman, kadang-kadang gejala tersebut sangatlah khas. Misalnya

ekor cambuk (whip tail) pada tanaman Crucifera yang merupakan defisiensi molibdenum.

Kegunaan gejala-gejala defisiensi ini tergantung sejauh mana gejala-gejala tersebut di diskripsikan oleh peneliti-peneliti sebelumnya. Untuk spesies atau bahkan varietas-varietas bersangkutan biasanya menentukan defisiensi secara tepat berdasarkan gejala-gejala visual dan gejala pertumbuhan tidak selalu dapat dilakukan, tetapi paling tidak pengamatan gejala-gejala dapat memberikan informasi yang sangat berguna untuk memisahkan unsur hara yang diduga kurang atau defisiensi.

Dahulu defisiensi Ca agak jarang ditemukan, karena waktu itu digunakan pupuk super fosfat yang mengandung sekitar 20 persen Ca, dan Ca ini mempunyai mobilitas yang sangat rendah pada tanaman sehingga gejala defisiensinya terutama terlihat pada jaringan muda.

Ca mempunyai beberapa fungsi yang sangat vital dalam pertumbuhan tanaman yaitu :

- 1) Menjamin ketahanan membran-membran sel
- 2) Dalam pembelahan sel pada jaringan-jaringan meristematik, pada pucuk akar berperan dalam diferensiasi sel.

- 3) Melindungi akar dari keracunan kation-kation logam berat misalnya : Fe, Mn, Ni, dsb.
- 4) Sebagai salah satu anasir dari dinding sel, yaitu berpengaruh dalam menjamin elastisitasnya, dimana diketahui bahwa Ca^{2+} berikatan pada middle lamella.
- 5) Sebagai Ko-faktor dalam enzim-enzim yang berperan dalam hidrolisis (hidrolitik)
- 6) Dalam pembentukan bintil akar pada tanaman kacang-kacangan (dalam simbiosis tanaman legum).

Calcium kalau berlebihan akan bersaing dengan kation-kation lain dalam penyerapan aktif. Defisiensi kalsium dicirikan dengan suatu bentuk yang cacat pembentukan yang kurang dan diintegrasikan bagian ujung dari tanaman yaitu dari matinya kuncup pada bagian ini menjadi rusak dan klorosis dan pada tingkat yang lanjut dapat terjadi nekrosis pada tepi-tepi daun. Ujung-ujung akar mati sehingga pertumbuhan terganggu. Unsur kalsium tidak mobil dalam tanaman sehingga bila terjadi defisiensi unsur ini tidak diangkut dari bagian tua ke bagian yang muda dari tanaman. Karena mobilitas Ca rendah maka daun lebih banyak mensuplai Ca dari tanah.

Pada tanaman tembakau yang kahat kalsium daun-daunnya berlekuk-lekuk dan keriting. Pada tanaman tomat ditandai dengan penyakit yang disebut busuk buah. Pada tanaman jagung, kekahatan kalsium menghalangi pemunculan dan pemebaran daun-daun baru, daun-daun tertutup oleh gelatin yang menyebabkan daun-daun tersebut berlekatan satu dengan lainnya, sedangkan pada tanaman kacang tanah menyebabkan terjadinya polong kosong karena buah tidak berkembang (Dinas Pertanian).

Pada tanaman karet gejala pertama kekahatan kalsium adalah shorching yang bermula pada pucuk dan tepi daun. Pada pohon-pohon muda gejala ini biasanya kelihatan pada daun-daun yang muda dan pada kekahatan yang parah bisa terjadi dieback (Rajagukguk, 1982).

Pada tanaman kopi, kekahatan kalsium kelihatan sebagai klorosis pada tepi daun dan diantara vena-vena utama daun, sehingga daun-daun berwarna kuning keemasan dengan tulang-tulang daun berwarna hijau. Pada kekahatan yang parah pucuk-pucuk tanaman mati, pembentukan bunga dan daun juga terhambat oleh kekurangan kalsium (Rajagukguk, 1982).

Lebih lanjut Rajagukguk (1982) menyatakan tentang penelitiannya bahwa untuk tanaman kakao gejala-gejala defisiensi

terhadap unsur kalsium adalah timbulnya jaringan-jaringan yang nekrotik, yang bermula pada bagian tepi daun. Jaringan-jaringan nekrotik ini menjadi nekrotik yang meliputi seluruh tepi daun.

Pada tanaman Lettuce (*Lactuca sativa* L) kekurangan kalsium menyebabkan penyakit yang disebut Tipburn yaitu nekrosis pada titik tumbuh dan melipat-lipatnya tepian daun yang aktif tumbuh. Tipburn terjadi pada awal perkembangan tanaman ketika daun tertutup selama stadia awal pembentukan crop (Daniel dkk., 1991).

Fungsi Mg sebagai ko-faktor dari beberapa enzim yang berperan dalam glycolysis dan siklus krebs. Selain itu Mg adalah komponen (anasir) dari molekul klorofil, sehingga mempunyai pengaruh dalam fotosintesa. Gejala-gejala defisiensi lebih dahulu kelihatan pada daun-daun tua, karena mobilitasnya sedang sampai tinggi dalam jaringan tanaman.

Magnesium termasuk unsur hara yang mobil dengan demikian dapat ditranslokasikan dari bagian-bagian yang tua ke bagian-bagian yang muda apabila mulai terjadi defisiensi. Oleh sebab itu gejala defisiensi berupa klorosis diantara tulang-tulang daun sedangkan tulang daun sendiri tetap berwarna hijau. Pada tingkat yang lebih lanjut seluruh jaringan daun menjadi kuning kemudian coklat dan akhirnya

nekrosis. Gejala demikian sering dilihat pada tanaman tembakau atau kedelai yang ditanam di tanah asam. Untuk spesies yang lain seperti kapas, gejalanya berupa warna merah pada daun-daun yang tua yang berangsur angsur berubah menjadi cokelat dan akhirnya nekrosis (Marschner, 1986).

Nilai ambang terjadinya kekahatan magnesium di dalam jaringan tanaman adalah sekitar 2 mg per gram berat kering. Meskipun hal ini tergantung kepada sejumlah faktor, termasuk jenis tanaman. Ward dan Miller (1969) dalam Mengel dan Kirby (1988) mengamati gejala-gejala kekahatan pada daun-daun tomat pada saat kandungan magnesium turun dibawah 3 mg berat kering. Klorosis pada tembakau (*Nicotiana tabacum*) yang dikenal dengan "sand droom" adalah disebabkan karena kahat hara Mg. Pada tanaman kapas, kekahatan Mg menyebabkan daun berwarna merah lembayung dengan tulang-tulang daun tetap hijau. Daun-daun sorghum dan jagung yang kahat Mg akan menunjukkan kenampakan seperti daun-daun bergaris-garis dengan tulang daun tetap hijau, akan tetapi pada tanaman sorghum daerah antara tulang daun berwarna lembayung dan pada jagung berwarna kuning.

Kekahatan magnesium paling mungkin dijumpai pada lingkungan yang mempunyai kombinasi keadaan-keadaan berikut :

- (1). Tanah berpasir tercuci lanjut kandungan magnesiumnya rendah
- (2). Tanaman mempunyai kebutuhan magnesium tinggi
- (3). Tingkat pemupukan nitrogen dan kalium tinggi dan atau pengapuran dengan batu kapur kalsit (sangat rendah kandungan magnesiumnya).

Mengenai unsur mikro, kekahatannya banyak dihadapi atau dilaporkan karena berbagai hal :

- (1) Adanya praktek perluasan pertanian ke lahan-lahan yang tingkat kesuburannya rendah sampai marginal.
- (2) Penanaman jenis-jenis unggul yang berproduksi tinggi sehingga mengakibatkan angkutan hara (removal) yang juga tinggi.
- (3) Pemakaian pupuk makro yang berkonsentrasi tinggi dan mempunyai kontaminasi / ikutn unsur hara mikro dalam jumlah rendah (high analysis fertilizer) termasuk didalamnya Urea, TSP, dll.

- (4) Praktek pengapuran tanah-tanah bereaksi masam untuk menaikkan pH (menetralisir Al) dapat menimbulkan defisiensi hara mikro yang kelarutannya menurun tajam dengan meningkatnya pH. Misalnya : zn menurun kelarutannya 1000 kali untuk peningkatan setiap satu satuan pH. Begitu juga dengan Cu.

KESIMPULAN

1. Untuk pertumbuhan dan perkembangannya tanaman memerlukan unsur-unsur hara baik unsur hara makro maupun unsur hara mikro.
2. Unsur hara makro yaitu : C, H, N, O, P, Ca, Mg dan S diperlukan dalam jumlah yang banyak dan termasuk dalam unsur yang esensial. Unsur Mg berasal dari tanah dan diserap oleh tanaman dalam bentuk ion Mg^{++} dan unsur hara Ca di dalam tanah dalam bentuk ion Ca^{++} .
3. Magnesium banyak berperan dalam pertumbuhan dan perkembangan tanaman antara lain : sintesa protein, sintesa ATP dalam kloroplast, aktivasi karboksilase RuBP, mengaktifkan enzim yang berhubungan dengan metabolisme karbohidrat (dalam siklus Krebs) yang penting untuk respirasi sel, katalisator reaksi-reaksi fosforilasi dan sintesa minyak.
4. Unsur hara Ca berperanan dalam pertumbuhan tanaman terutama pada pemanjangan sel, Ca dapat dijumpai pada dinding sel pada proses pembelahan sel.

5. Unsur hara Ca melindungi tanaman dari efek meracun dari unsur hara yang lain terutama keracunan Al.
6. Unsur Ca mendukung peningkatan pembintilan pada tanaman legum.
7. Unsur Ca terbesar di dalam vakuola, dimana mendukung keseimbangan kation – anion.
8. Gejala defisien Mg akan memperlihatkan klorosis yang khas (interveinal klorosis) diantara tulang daun. Pada tingkat yang lebih lanjut daun menjadi kuning kemudian coklat dan akhirnya nekrosis.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 1985. Kesuburan Tanah. Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi. Depdikbud. Palembang.
- Barta, D.J. dan Theodore W. Tibbits, 1991. Calcium Localization in Lettuce Leaves With and Without Tipburn: Comparasion of Controlled – Enviroment and Field Grown Plants. Journal American Horticulture Science. 116 (5) : 870 – 875.
- Buckman and Brady , 1974. The Nature and Properties of Soils. Cornell University.
- Bueerkert,A., K.G. Cassman, R. De la Piedra dan D.N. Munns, 1990. Soil Acidity and Liming Effects on Stand, Nodulation and Yield of Common Bean, Agronomy Journal. 82 : 749 – 754.
- Carvalh, M.C.S. and B Van Raij, 1997. Calcium Sulphate, Phosphogypsum and Calcium Carbonat in teh amelioration of acid subsoil for root growth. Plant and Soil. 192 : 37 – 48.
- Fenn, LB., B. Hassanein dan C.M. burcks, 1995. Calcium – Ammonium Effects on Growth and Yield of Small Grain. Agronomy Journal 87 : 1041 – 1046.
- Foth, H.D., Ellis and Boyd, G. 1998. Dasar-daar ilmu Tanah. Gajah Mada University Press. 782 Hal.
- Hakim, N., Nyakpa, M.Y., Lilis, A.M., Nugroho, S.G., Saul, M.R., Diha, N.A., Hong, G.B., dan H.H. baily, 1986. Dasar-Dasar Ilmu Tanah. Universitas Lampung. 488 hal
- Indrianto,A., 2000. Medium Kultur In Vitro Tumbuhan. Laboratorium Kultur Jaringan Fakultas Biologi UGM.
- Kader,A.A., 1988. Postharvest Biology and Technology : An Overview.

- Marscher, H., 1985. Mineral Nutrition in Higher Plants; Academic Press.
- McSwain, B.D., Tsujimoto, H.Y. and Arnon, D.L., 1976. Effects of Magnesium and Chloride Ions on Light Induced Electron Transport in Membrane Fragments from a Blue Green Alga. *Biogchim. Biophys. Acta* 423, 313-322.
- O'Neil D. and Joy, K.W., 1974. Glutamine Synthetase of Pea Leaves. Divalent Cations Effect, Substrate Specificity and other Properties. *Plant Physiology* 4 : 775 – 779.
- Portis, A.R. and H.W. Heldt, 1976. Light Dependent Changes of The Mg Concentration in The Stroma in Relation to The Mg Depending of CO₂ Fixation in intact Chloroplast. *Biochim. Biophys. Acta*. 449 : 434 – 446.
- Radjagukguk, R., 1982. Unsur-unsur Hara Makro : Peranannya dan Gejala-Gejala Defisiensi Pada Karet, Kopi dan Coklat. Seminar Lembaga Pendidikan Perkebunan Yogyakarta.
- Schubert, E., Konrad Mengel dan Sven Schubert, 1990. Soil pH and Calcium Effect on Nitrogen Fixation and Growth of Broad Bean. *Agronomy Journal*, 82 : 969 – 972.
- Sperrazza, J.M. and L.L. Spemulli, 1983. Quantitation of Cation Binding to Wheat Germ Ribosome : Influences on Subunit Association Equilibria and Ribosome Activity. *Nucleic Acid Res.* 11 : 2665 – 2679.
- Yermiyahu, Uri, 1997. Root Elongation in Saline Solution Related to Calcium Binding to Root Cell Plasma Membranes. *Plant and Soil*. 191 : 67 – 76.