

5. Gaia: Nutrizio minerala. Mineral esentzialak. Urritasuna eta toxikotasuna

Sarrera

Zein mineral agertzen dira landareetan?

Nitrogenoa, Magnesioa, Fosforoa, Kaltzioa, Sufrea, Burdina, Potasioa, Kloroa,... ikusten ugunez, mineral asko.

Lurzorutik hartzen diren mineralak ongarrien bidez gehitu daitezke agortzen badira. Landareen ekoizpen edo hazkuntza hobetzeko gaur egun ongarri kimiko eta organikoak erabiltzen dira. Ongarri gehienek Nitrogenoa, Fosforoa eta Potasioa dute. Ongarri hauek meategietatik (Potasioa adibidez, forma askotan ager daitekeelako, edo Fosforoa) sor daitezke. Gehien bat ongarri kimikoak erabiltzen dira zeinek merkatu handia sortu duten eta diru asko mugitzen duten.

Leguminosoek bakarrik erabili dezakete lurzoruko nitrogeno molekularra eta hau finkatu, gainerako landareek nitrogenoaren barnerapena soilik nitrato edo amonio eran barneratu dezakete, eta bi konposatu horiek materia organikoaren deskonposiziotik sortzen dira. Batzuetan ez denez nahikoa sortzen den konposatuen kantitatea, ongarri askok Habber-Bosh erreakzioaren bitartez lurzoruko nitrogeno molekularra amonio bihurtzen du, eskuragarritasuna eta kantitatea handitu ahal izateko.

Ongarriak garestiak dira eta agortu daitezke. Adibidez, potasioa eta fosfatoa, agortzen diren meategietatik datoz. Gainera, ongarri kimikoek askotan arazoak dakarte. Horrez gain, gehiegizko ongarrien erabilerak bat-bateko nitrato kontzentrazioa dakar landarearen barnean, eta landareak kanporatu egiten ditu, nitratoak lixibiatu egiten dira eta ibaietara doaz, bertako eutrofizazioa sortuz, beste hainbat prozesuren artean. Hau ekiditeko, beharrezkoa da jakitea zenbat nitrato behar duen landareak, soilik hori gehitzeko eta ez gehiago; beharrezkoa da jakitea zein den landarearen nitrato-asetze puntua, hori baino gutxiago gehitzeko.

Honen aurka zer egin daiteke?

- Jakin beharko dugu landareak zenbat N behar duen ongarriari hori baino gehiago ez gehitzeko.

- Alternatiba egokia ongarri organikoak erabiltzea, baina honen arazoa da landareak konposatu organiko hauek inorganiko moduan xurgatzen dituela, ezin ditu modu organikoan xurgatu. Horretarako, lurzoruak bakterio eta onddo saprofitoak behar ditu, materia (konposatu) organikoak degradatu eta landareak inorganiko gisa xurgatu ahal izateko.

1. Landareen konposizio minerala

Landareen %80-%90 tartean H eta O-ak osatzen dute (H_2O) eta gainontzeko %10-a materia da, pisu lehorra.

Pisu lehor hau mantenugai mineralek (%7-10) eta horretatik C, H, O -ak (%90-93) osatzen dute. Mantenugai mineralak lurzorutik hartzen diren mineralak dira eta bi taldetan banatzen dira esentzialak eta ez esentzialak.

- Esentzialen artean P, N, S, Mg, Ca, Mo, Cl, Na, Fe, K, Mn, Zn, Si, Cu, B, Ni daude (16) eta landarearen hazkuntza egokia emateko beharrezkoak dira. Portzentai ezberdinetan agertuko dira landarean, baina guztiak guztiz beharrezkoak. Materia lehorren gainerako %7-10aren barruan sartzen dira mineral esentzial hauek. Oso portzentai txikian egon arren, behar-beharrezkoak dira, eta ez da bizi ziklorik, hazkuntzarik ezta ugalketarik emango landarean mineral esentzial hauek falta direnean.
- Ez esentzialak Ag, Cd, Co, Al... dira eta landarean 60 elementu ezberdin aurkitu dira. C, H, eta O aldiz, landarean agertu (%90-93) eta beharrezkoak izan arren, ez dira mantenugai mineralen taldean sailkatzen.

Landareak C-a fotosintesitik lortzen du eta H eta O lurzorutik. Mineral esentzialak baita lurzorutik lortzen dira. Gai honetan mineral horietaz harituko gara. Mineral hauek nahiz eta proportzioan oso gutxi izan, landareen hazkuntzarako ezinbestekoak dira.

The image shows a periodic table of elements. It is color-coded by groups: Alkalinos (yellow), Alcalinotérreos (orange), Metales de transición (pink), and Lantánidos (light blue). It also includes a legend for physical states: Solid (white), Liquid (green), Gas (blue), and Synthetic (black). The table includes element symbols, atomic numbers, and names. A note at the bottom left states: 'Note: The subgroup numbers 1-10 were adopted in 1984 by the International Union of Pure and Applied Chemistry. The names of elements 112, 114 and 116 are the Latin equivalents of those numbers.' A note at the bottom center states: 'Atomic masses in parentheses are those of the most stable or common isotope.'

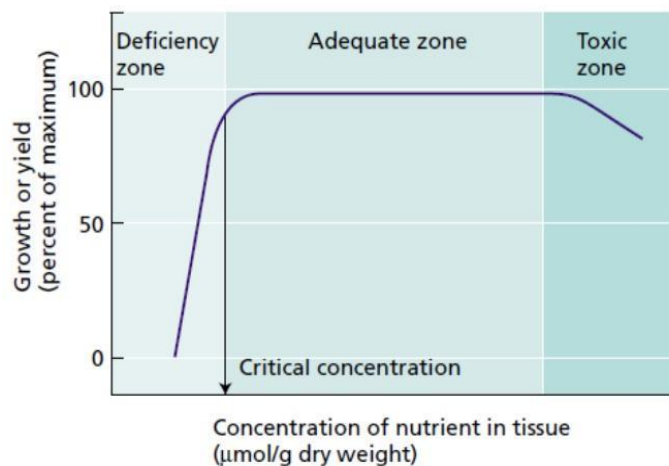
2. Mineral esentzialak eta hazkuntza kurba

Irizpide ezberdinen arabera esan dezakegu mineral bat esentziala dela:

- 1) Minerala ez bada agertzen landareak ezingo du bere bizi-ziklo osoa bete, hazia ez da garatuko. Ezin izango da bizi.
- 2) Mineral hori zuzenean dago inplikaturik landarearen metabolismoan. Metabolismo primarioaren funtzio zuzen batean inplikaturik dago, alegia.
- 3) Elementu esentzial baten funtzioa ezin du beste elementu esentzial batek bete, batak ezingo du bestea ordezkatu.

Hiru baldintza hauek betez gero, mineral esentzial bat izango dugu.

Mineral esentzialek honako kurba hau erakusten dute.



- **Defizientzia zona:** Mineral esentzial denek fase hau igaroko dute eta zona honetan mineralak esentzialtasuna erakutsiko du. Mineral honen kontzentrazioa geroz eta txikiagoa bada, orduan eta landarearen hazkuntza txikiagoa izango da eta **kontzentrazioa igotzean hazkuntza handituz** joango da.
- **Hazkuntza optimoko fasea (adequate zone):** kontzentrazio kritikora heltzean, nahiz eta mineralaren kontzentrazioa handitu hazkuntza ez da emendatuko, produktibitatea konstante mantenduko da.

Ongarria botatzean zenbat eta gehiago bota orduan eta produktibitate gehiago edukiko dugu, baina puntu jakin batera arte. Puntu edo muga horretan ez da gehiago haziko, elementu hauek lurzoruan galduz eta hauek aprobetxatu ezinez. Hori dela eta, gehiegizko ongarriak erabiltzea ekonomikoki garestia izango da eta ingurumenaren ikuspuntutik beharrezkoa ez izateaz gain, kaltegarria bilakatu daiteke.

Toxikotasun fasea: mineral batzuen kasuan agertuko da toxizitate puntu bat, non gehiegi gehituz gero, landarearentzat egoera kaltegarria sortuko den. Mineral batzuk badute eta beste batzuek ez. Horregatik, bi talde bereiz daitezke, mineral esentzial ez toxiko eta mineral esentzial toxikoak, hurrenez hurren.

Kurba hau, jasangarritasuna eta toxikotasunarena, berdinak dira mineral guztientzat baina mugak ezberdinak dira, eta kurbaren luzera ezberdinak dira.

Mineral ez esentziales, ostera, beste kurba mota bat jarraitzen dute, landarearen hazkuntza ez baita haien kontzentrazioen arabera. Ez esentzialen artean ere kontzentrazio batetik aurrera toxikoak direnak eta ez toxikoak bereiz ditzakegu. Mineral ez esentzial toxiko ezaguna Kadmioa da (Cd) eta horregatik, metal astun gisa sailkatzen da.

3. Mineral esentzialen sailkapena

Hiru irizpide nagusi erabiltzen dira elikagai mineral hauek sailkatzeko: kontzentrazioa, funtzio biokimikoa eta elementuen mugikortasuna.

➤ **Kontzentrazioaren arabera**ko sailkapena:

- **Makromantenugaiak:** kontzentrazio handitan agertzen dira ehunetan: **N, P, Ca, Mg, S, Si** eta **K**
- **Mikromantenugaiak:** kontzentrazio baxutan behar dira eta kontzentrazio txikitik agertzen dira ehunetan. Beste mineral guztiak C, O eta H kenduta: **Cl, Fe, Zn, Cu, Na, Ni, Mo, B**. (Adb: Boro honen %95-an pareta zelularrean agertzen da eta pektinen arteko loturak ahalbidetzen ditu).

➤ **Funtzio biokimikoa**ren arabera: lau talde bereizten dira

- **Konposatu organikon osagai izatea:** N eta S. Hauek eraldatu daitezke.
- **Entzimen egitura eta funtzioan parte hartu eta gradiente osmotikoaren erregulazioa** (kofaktoreak): **Cl, Na, K, Ca, Mn** eta **Mg** (errubisko entzimaren erregulatzailea). Mineral hauek, ez dira eraldatzen lurzorutik zurgatu eta gero, forma ionikoan mantentzen dira. Elikagai hauek entzimen egitura eta funtzioa erregulatzen dute, eta potentzial osmotikoa ere erregulatzen dute.
- **Elektroi garraio kateetan partehartzaileak**, oxidazio-erredukzio erreakzioak: **Fe, Cu, Zn, Mo, Ni**. Elektroi garraioa baimentzen dute bai kloroplasto zein mitokondrioetan.

- **Energia metaketa eta egiturei egonkortasuna eman:** P (energia metaketa) eta B eta Si (egitura funtzioa).

5.2 TAULA Landareen mantentugai mineralen funtzio biokimikoaren arabera sailkapena	
Nutrizio minerala	Funtzioak
1. taldea	Karbonodun konposatuaren osagai diren mantentugaiak
N	Aminoazidoen, amiden, proteinen, azido nukleikoaren, nukleotidoen, koentzimen, hexosaminen eta abarren osagaia.
S	Zisteinaren, zistinaren, metioninaren osagaia. Azido lipoikoa, A koentzima, tiamina pirofosfatoa, glutatona, biotina, 5'-adenililulfatoa eta 3'-fosfoadenosinaren osagaia.
2. taldea	Energia metatzen edo egituraren osotasunari eusten garrantzitsuak diren mantentugaiak
P	Azukre fosfatoen, azido nukleikoaren, nukleotidoen, koentzimen, fosfolipidoen, azido fitikoaren eta abarren osagaia. Gakoa da ATP-erreakzioetan.
Si	Silizio amorfo gisa metatua pareta zelularretan. Pareta zelularren ezaugarri mekanikoetan (besteak beste, zurruntasunean eta malgutasunean) eragiten du.
B	Konplexuak osatzen ditu manitolarekin, mananoarekin, azido polimanuronikoarekin eta pareta zelularren bestelako osagaiekin. Zelulen luzaketan eta azido nukleikoaren metabolismoan parte hartzen du.
3. taldea	Forma ionikoan jarraitzen duten mantentugaiak
K	40 entzima baino gehiagoren kofaktorea da. Zelulen hanpadura lortzeko eta zelulen elektroneutraltasunari eusteko katioi nagusia
Ca	Pareta zelularren tarteko lamelaren osagaia. ATParen eta fosfolipidoen hidrolisian parte hartzen duten entzima batzuek beharrezkoa dute kofaktore gisa. Mezulari sekundario gisa jotatzen du metabolismoaren erregulazioan.
Mg	Beharrezkoa dute fosfatoaren transferentzian parte hartzen duten entzima askok. Klorofila molekularren osagaia da.
Cl	Beharrezkoa da O ₂ -aren parte hartzen duten fotosintesi-erreakzioetarako.
Mn	Beharrezkoa da deshidrogenasa, deskarboxilasa, kinasa, oxidas eta peroxidasa batzuen jarduerarako. Katioiek aktibatutako beste entzimen eta O ₂ -aren askapen fotosintetikoan parte hartzen du.
Na	C ₄ eta CAM landareen fosfoenolpirubatoa leheneratzen parte hartzen du. Potasioaren ordezkaria da, funtzio batzuetan.
4. taldea	Erredox erreakzioetan parte hartzen duten mantentugaiak
Fe	Fotosintesian, N ₂ -aren finkapenean eta arnasketan parte hartzen duten zitokromoaren eta hemorik gabeko burdin proteinen osagaia.
Zn	Alkohol deshidrogenasaren, glutamato deshidrogenasaren, anhidrasa karbonikoaren eta abarren osagaia.
Cu	Azido askorbiko oxidasaren, tirosinasaren, monoamino oxidasaren, urikasaren, zitokromo oxidasaren, fenolasaren, lakasaren eta plastoquinonaren osagaia da.
Ni	Ureasaren osagaia da. Bakterio N ₂ -finkatzailaetan, hidrogenasen osagaia da.
Mo	Nitrogenasaren, nitrato erreduktasaren eta xantina deshidrogenasaren osagaia da.

- **Mugikortasunaren arabera:** Landarea haztean sustraietatik mineralak jaso eta xilemaren bitartez hostoetara eramango ditu eta mineral honi esker hostoa garatu egingo da, hosto berriak zahar bilakatuz. Behin hostora lehenengo aldiz heldu direla, ikus daiteke elementu horrek mugikortasuna duen ala ez.

- **Elementua mugikorra** izanez gero, hosto zaharretako mineralak birziklatu ahalko dira, hosto gazteetara garraiatuz eta berrerabiliz: **N, P, Mg, Na, Cl, Zn, Mo, K, Si**
- **Elementua ez mugikorra** baldin bada, hosto zahar horietan metatuko da eta gainontzeko hosto berriek sustraietatik jaso beharko dute elementu hau: **Ca, S, Fe, B, Cu**. Hauek ez dira gai hostoetatik xilemara berriz joateko.

Beste elementu batzuk ezingo dira talde hauetan sailkatu, erdiko mugikortasuna aurkeztuko baitute.

Mugikortasun honek garrantzi handia du elementu baten esentzia ikertzeko orduan. Landarearen defizientziari buruz informazioa ematen baitigu.

Elementu ez mugikor baten esentzia badago lurzoruan, hosto zaharrek jasoko dute, baina elementu hau ez da goragoko hosto gazteetara helduko, ez da translokaturiko. Ondorioz, eskasia honen sintomak hosto berrietan agertuko dira. Elementu mugikor baten esentzia badago aldiz, hosto zaharretatik hosto gazteetara eramango da lurzortik eskuratutako gutxi hori eta horregatik, hosto zaharrek erakutsiko dute sintoma.

Adibidez, nitrogenoaren defizientzia baldin badago, hosto zaharretan nabarrituko da lehendabizi, bertara heltzen delako lehenik eta han agertuko direlako sintomak. Bestalde, burdinaren defizientzia baldin badago, hosto berrietan agertuko dira sintomak, ezin direlako hosto zaharretatik berrietara mugitu eta lurzoruan ez dagoelako horrenbeste.

4. Mineral eskuragarritasuna baldintzatzen duten faktoreak

Faktore hauek ulertzeko, lehendabizi elementu bakoitza zein formatan xurgatzen den jakin behar da. Forma jakina lurzoruko pH-aren adierazle izan daiteke eta batzuetan elementua lurzoruan egon arren, ez da forma eskuragarria izango eta landareak ezingo du xurgatu:

- Nitrogenoa: garraiatzaile espezifiko batzuetatik xurgatuko da nitratoa NO_3^- (oxidatua) edo amonio NH_4^+ (erreduzitu) eran. Azkenengo hau energetikoki hobe da 8 elektroia daudelako dagoeneko.
- Sufrea: sulfato bezala $\text{H}_2\text{SO}_4^{2-}$
- Cl^- , Ca^{+2} , Na^+ eta K^+ : ioi bezala
- Fosforoa (P): HPO_4^{--} , H_2PO_4^-
- Molibdenoa: molibdato bezala

Faktoreak:

1) **pHa:**

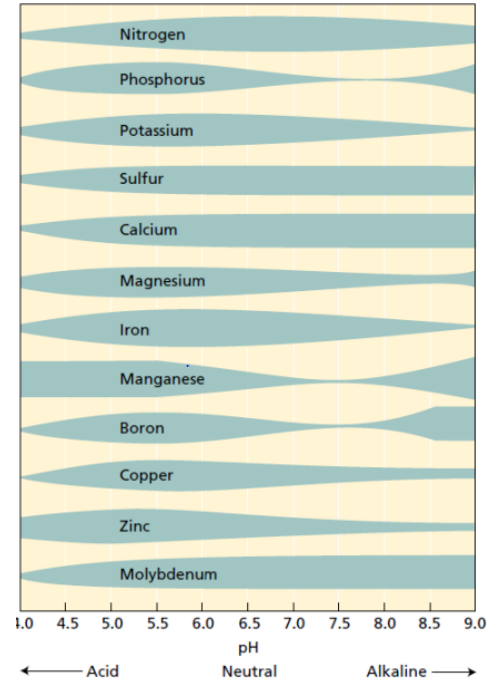
Forma ioniko eta landareak dituen proteina garraiatzailearen arabera, metalen eskuragarritasuna mugatua dago. Forma ioniko hauek ezberdinak izango dira pHaren arabera.

Beheko irudian x ardatzean pHa dago adierazita eta gainean aldiz, pH aren arabera mineral bakoitzaren eskuragarritasuna. Bandako gunerik lodienean izango du eskuragarritasun handiena. Normalean eskuragarritasun maximoa pH=5-6 tartean lortzen da.

Burdinak adibidez pH oso basiko zein oso azidoetan kelatoak eratu ditzake, kelato egitur hauetan daudenean mineralak ez daude landarearentzako eskuragarri. Horrez gain, pH aldaketan ondorioz, zenbait konposatu toxiko eskuragarri egin daitezke. Esaterako, pHa murrizten bada aluminioaren eskuragarritasuna emendatzen da, honek sustraian xurgapena oztopatzen duelarik.

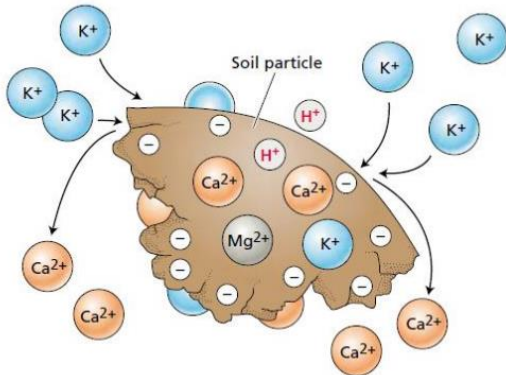
2) **Arroka amaren konposizioa eta meteorizazio abiadura**

Meteorizazioa mineralen edo arroken deskonposizioari deritzo. Meteorizazio abiadura ezberdinek mineralen eskuragarritasun ezberdina ezarriko dute, logikoa denez. Hau da, ez da eskuragarritasun bera mantenduko lurzoruan granitozko harri batekoa bada edo kareharri batekoa. Izan ere, azkenengo honek meteorizazio abiadura oso azkarra du eta ondorioz, bere mineralen eskuragarritasuna handia izango da.



3) **Errizosfera**

Errizosfera sustraian inguruan agertzen den mikroorganismo guztien multzoari deritzo. Zenbat eta mikroorganismo gehiago egon, orduan eta materia organikoaren deskonposizio ugariagoa izango da; eta, beraz, landareentzako mineral gehiago eskuragarri.



Irudia. Lurzor-partikula bateko gainazalako katioi-trukearen printzipioa. Gainazalean karga negatiboa duelako absorbatzen ditu katioiak lurzor-partikula batek. Lurzorura katioi bat gehitzeak —adibidez, potasioa (K^+)— beste katioi batzuk—esaterako, kaltzioa (Ca^{2+})—alboratu ditzake lurzor-partikularen gainazaletik, eta sustraiek xurgatzeko moduan utzi.

4) **Ioien truke ahalmena edo absorzioa**

Lurzoru batek ioiak absorbatzeko eta trukatzeko duen gaitasunari katioiak trukatzeko gaitasun deritzo edo ioien truke ahalmena. Lurzoru mota ezberdinek, katioi truke gaitasun ezberdinak izango dituzte.

Adibidez: buztin lurzoruan katioiak absorbitu edo metatzen dira. Buztina negatiboki kargatuta dago eta ondorioz, ioi positiboak absorbitzeko gaitasuna du (K^+ , Ca^{2+} , Na^+ ...), horrek eragiten du mineral hauek eskuragarri ez egotea landarearentzat. Hala ere, azkeneko hau ez da guztiz egia, izan ere biltegi hauei esker, absorbatutako mantengai mineralak beste katioi batzuekin ordezkatu daitezke, lehen aipatu dugun **katioi-truke** izeneko prozesu horretan; esaterako, kaltzio molekula bat askatu daiteke eta honen tokian bi

potasio molekula lotu, edota alderantziz. Gainera, pH azidoetan protoiak ere lotu daitezke, horrela katioiak askatuz eta landarearentzako erabilgarri izanik. Fenomeno hau garrantzitsua da euri asko egiten duen guneeetan, izan ere lixibiazioa gertatzen da, hau da, ioiak uretan disolbaturik galtzen dira; baina, kargatutako lurzoru bat badago, zenbait ioi lotuko zaizkio eta ez dira lixibiazioz galduko. Horregatik esaten da biltegi funtzioa duela buztinak.

Negatiboki kargatutako lurzoruak ere aurki ditzakegu, esaterako, **kalonita**. Kasu honetan kloroa bezalako ioi negatiboki kargatuak lotuko zaizkio.

5) Sustraien garapen maila

Sustraiak zenbat eta garatuago izan, orduan eta azalera handiagotik izango du zabaltzeko, mineral gehiagorekin topatzeko eta hauek eskuratzeko.

5. Mineral esentzialen defizientzia. Sintomak

Defizientzia sintomak deskriba daitezke hosto eta zurtoin mailan (ageriko aldean) edo landare osoan.

- Hostoetan: Hiru sintoma nagusi daude:
 - **Klorosia**: hostoek berde kolorea galdu eta hori kolorea hartzen dute. Arrazoia klorofilen galera dela uste da.
 - **Nekrosia**: orbain beltzak, erredurak balira bezala.
 - **Deformazioa**: zapalak izateari utzi, tolestu, kiribildu...



Klorosia



Nekrosia



Deformazioa

- Landare osoan: Ematen den sintoma landarearen hazkuntza murriztea da. Murrizketa hau ez da homogeneoa izaten.

- **Tamaina**: tamainaren murrizketa ez homogeneoa, ratio erlatiboan aldaketak ematen dira. Ratio honen arabera bi posibilitate egon daitezke:

$$\text{ratioa} = \frac{\text{ageriko partea}}{\text{sustraiia}}$$

- **Sustraien murrizketa, ageriko partea normal**: K, Mg, Fe, Mn defizientzia ematen denean gertatzen da. Mineralen eskasia karbohidratoen xilemarako garraioa inhibitzen dute eta ondorioz sustraietara ez da karbohidratorik heltzen.
- **Ageriko partearen murrizketa, sustraien parte normala**: P, N, S, Zn defizientzia ematen denean. Sustraietara karbohidrato asko ailegatzen dira hauek hazteko eta mineral gehiago eskura dezaketen.

Normalean sintomak konbinatuta agertzen dira eta zaila izaten da jakitea zein den mineral defizientea, bat baino gehiago izaten direlako.

Espezie batetik bestera sintoma maila aldakorra izango da.

Mineral defizientea zein den jakiteko **analisi kimikoa** egiten da, hau da, zuzenean neurtzen da gune batean, adibidez hostoan, dauden mineralen kontzentrazioa. Kontzentrazio hauek landareak egoera normal batean egonik dituenekin konparatuz jakin daiteke zein den eskasian dagoen minerala.

Mineralen eskasia eta bakoitzaren sintomak:

1) **Nitrogenoa (N)**:

- funtzioa: osagaien egitura, proteina eta azido nukleikoetan batez ere. Baita ere nitrogeno organiko bezala, aminoazidoetan, eta inorganiko bezala, amoniako eta amonio.
- %50 baino gehiago pisu molekular handiko molekuletan
- solugarria den nitrogenoa organiko moduan (aa, amidak, aminak)
- Sintomak:
 - Klorosia, hosto klorotikoak ikusten dira hosto osotik homogeneoki, orbanik gabe. Hosto zaharretan aurkituko dugu, nitrogenoa elementu mugikorra baita.

2) **Azufrea (S)**:

- Egitura funtzioa, zenbait aminoazido, koentzima eta sulfolipidoetan aurkitzen da eta fitokelatinaren osagaia da.
- Fitokelatina sustraietan aurkitzen den kelato bat da, metal astunak baitzen ditu. Modu honetan landarea metal astun ugariko lurzoruan bizitzeko gai izango da.

- Sintomak (goiz detektatzen badira desberdindu daitezke):
 - Nitrogenoaren antzekoak (klorosia), baina kasu honetan hosto gazteetan, elementu ez mugikorra baita.
 - Nitrogeno eta sulfuroaren arteko defizientzia ezberdintzeko analisi kimikoa beharrezkoa izango da. Ez baditugu goiz detektatzen ezin dira bereiztu.

3) Fosforoa (P):

- Fosfato moduan
- ATP moduan (energia handiko loturak eratuz)
- Egitura funtzioa → fosfolipidoen osagaia denean
- Metabolismo energetikoan funtzio gakoa: fotosintesia eta arnasketa.
- Sintomak:
 - Hasieran hostoek berde kolore iluna, eta amaieran kolore gorrixka hartzen dute (ez beltza, ez nekrosia) eta azkenean, hostoak sikatu egiten dira. Oso ezberdinak Nren sintomekin konparatzen baditugu.

4) Boroa (B):

- Funtzio ugari, horien artean: paretaren zelularren osagai izatea (oso garrantzitsua, hemen sekulako hazkuntza), zelularen zatiketa eta luzapenean parte hartzen eta hozidurarekin, zein hormonaren erregulazioarekin lotuta dago.
- Ikusi da boroaren gehikuntzak onura asko ekartzen dizkiola landareari, eta beste mineralen eskasiei aurre egiteko ahalmena ematen dio.
- Sintomak:
 - Zurtoin labur eta nahiko zurrinak eta hauskorak.
 - Puntu nekrotiko bereizgarriak hosto gazteetan eta zaharretan.

5) Silizioa (Si):

- Printzipioz ez da mineral esentziala, landareetan hazkuntza eman daitekeelako siliziorik gabe. Berez, bizi-ziklo osoa ematen da, neurri txikiago batean den arren. Hau da, nahiz eta esentziala ez izan, silizioak hazkuntza asko faboratuko du.
- Salbuespena: Ekizeto familiakoentzat (azeri buztanak) esentziala da.
- Batez ere, paretan agertzen da. Polifenolekin lotzean kristalak eratuko dira eta zurruntasuna emango dio, ligninaren funtzioa betetz. Gainera, erretikulu endoplasmatikoa eta zelularen zirkuituetan metatu egiten da.
- Metal astunen kasuan, silizioa gehituta hauetako zenbaiten toxikotasuna murriztu daiteke.
- Egitura funtzioa: Ligninaren ordezkari bezala agertu daiteke, zurruntasuna emanez. Zelularen arteko zirkuituetan metatu.
- Sintomak:
 - Ez dago urritasun sintomarik, siliziorik gabe landareak bizi ziklo osoa bete baitezake.
 - Oso zaila honen falta izatea. Lurzoruan silizio asko dago eta.

6) Potasioa (K):

- Osmoerregulatzaile funtzioa dute (estomen erregulazioan parte hartu) eta landareen mugimenduan parte hartu, turgentzia erlazonaturiko mugimenduak. Landareak bi mugimendu egin ditzake: tropismoaren bidezkoa eta nastiaren bidezkoa. Tropismoetan bi punturen arteko hazkuntza diferentziala ematen da, mugimendua ahalbidetuz, nasteitan ez da hazkuntza diferentzialik ematen, soilik bapateko ur mugimendu bortitzak, mugimendua ahalbidetzen dutenak).
- Zenbait entzimen aktibatzailea
- Sintomak: hosto gazteetan emango dira biak, potasioa elementu mugikorra delako.
 - Hasieran klorosia puntu askotan
 - Klorosia eta gero, Hosto zaharren ertzak eta puntak sikatzen dira.

7) Kaltzioa (Ca):

- Pareta zelularrean eta mintz plasmatisikoaren osagaia
- Oso garrantzitsua, pareta zelular berriak egiteko erabiltzen da, bereziki zelula zatitu berriak banatzen dituen tarteko lamela sintetizatzeke.
- Mitosi-ardatzean.
- Bigarren mezulari oso garrantzitsua da, hainbat seinale transdukziotan parte hartzen du. Zitoeskeletoko kaltzio kontzentrazioa erregulatzea ezinbestekoa da. Oso garrantzitsua da kaltzio kontzentrazioa zitosolean tarte oso estuki baten bitartean egotea.
- Sintomak: aldaketa nabariak espeziaren arabera. Hosto gazteetan agertzen dira:
 - Klorosi orokor bat eman daiteke nekrosi baino lehen
 - Puntu nekrotikoak, konkretuki, meristemoko eskualde gazteen muturren nekrosia.
 - Deformazioak hosto gazteetan

8) Magnesioa (Mg):

- Klorofilaren osagaia
- Magnesio ioiek zeregin zehatza dute arnasketarako, fotosintetiko eta DNA eta RNAREN sintesiko entzimen aktibazioan
- Errubisko, fosfoenol pirubato karboxilasa (PEPc) eta glutamato sintasa entzimen aktibatzailea
- Energiari lotuta: ATP konplexuaren osagai eta ADP-tik ATP lortu
- Sintomak:
 - Hosto-nerbioen arteko klorosia → hosto zaharretan lehenik
 - Urritasunak denbora asko irauten badu, hostoen horitzea edo zuritzea
 - Hostoen absizio-goiztiarra ere eman daiteke

9) Kloroa (Cl):

- Estomen erregulazioan parte hartu
- Uraren fotolisiaren eragilea
- Lurzoruan oso zaila da kloro defizientzia topatzea, oso ugaria baita
- Sintomak: kloro gehiegi dago defizientzia egoteko, hau da, oso arraroa da Cl urritasua izatea.
 - Hosto muturren zimeltzea
 - Klorosi eta nekrosi orokorra

10) Manganesoa (Mn):

- Elektroi garraio katearen osagaia fotosintesian , 2. Fotosisteman
- Krebs zikloko zenbait entzimen aktibatzailea
- Sintomak (hosto gazte zein zaharretan):
 - Deformazioa: hosto zapalak ez
 - Nerbioen arteko klorosia, nekrosi-orban txikien garapenarekin lotuta

11) Burdina (Fe):

- Erredox erreakzioetan parte hartzen duten entzimen gune katalitikoaren osagaia: zitokromoa, katalasa eta peroxidasa
- Sulfoferroproteinen osagaia: Fd
- Sintomak:
 - Nerbioen arteko klorosia→ hosto gazteetan, elementu ez mugikorra baita

12) Zinka (Zn):

- Auxinen sintesian parte hartzen du, triptofanoaren sintesian beharrezkoa (auxinen aitzindari dena)
- klorofilaren egonkortzailea da
- Adierazpen genetikoaren erregulatzailea da, parte hartzen duelako RNA polimerasaren aktibitatean, RNA mezularia sortzeko prozesuan.
- Zenbait entzimen aktibatzailea ere bada
- Sintomak:
 - Orbain marroxxak, gero nekrotikoak bihurtuko direnak
 - Auxinekin erlazionatuta dagonenez
 - Hazkuntza arazoak
 - Adabegiak laburtu eta hauen hostoak erroseta eran
- Lehortzea
- Fruitu arboletan ohikoak

13) Kuprea. (Cu):

- Fotosintesi eta arnasketarekin erlazionatuta, oxidazio-erredukziko prozesuetan parte hartzen duten entzima eta proteinetan

- Fotosintesiko plastoianina
- Arnasketa mitokondrialeko zitokromo c oxidasa
- Sintomak:
- Orbain nekrotikoak
- Hostoen malformazioak eta hosto kurbatuak

14) Nikela (Ni):

- Entzima bakarrean behar da, UREASAn, ureidoen metabolismoan eta uraren hidrolisian parte hartzen duen entziman, hain zuzen.
- Defizientzia oso arraroa da, lurrean normalean beti egoten delako eta gainera, landareak oso kantitate txikian behar duelako.
- Sintomak: oso zaila eskasiak ematea oso kontzentrazio txikiak behar direlako.

15) Molibdenoa (Mo):

- Nitrato erreduktasa eta nitrogenasa entzimen kofaktorea
- Urritasuna ematea zaila, baina gertatzekotan nitrogeno eskasiarenak bezalakoak, Nitrogenoa ezingo delako finkatu.
- Sintomak: oso zaila eskasiak ematea oso kontzentrazio txikiak behar direlako.

6. Defizientzia sahiesteko mekanismoak

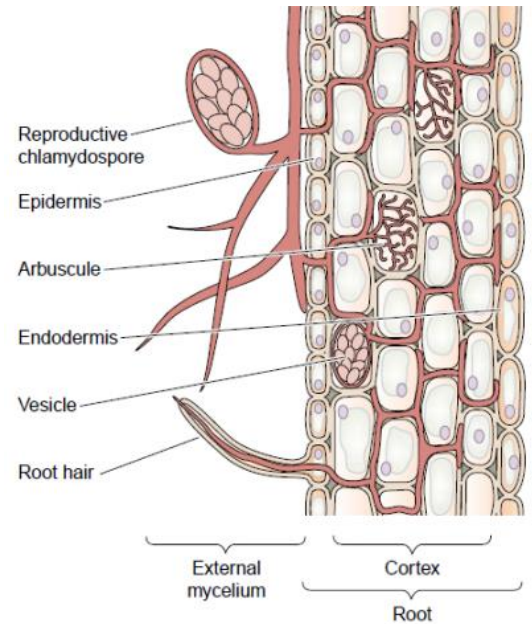
Landareak mugitu ezin direnez, lurzoruan mineralen urritasuna ematean, mekanismo batzuk garatu dituzte honi aurre egiteko:

- 1) **NODULUAK**: landare leguminosoek lurzoruko bakterioekin osatutako sinbiosia, zeinaren bidez atmosferako nitrogenoa finkatzea lortzen duten.
- 2) **MIKORRIZAK**: landare eta onddoen arteko sinbiosia. Sinbiosia izateak adierazten du parte hartzen duten bi organismoek onurak lortzen dituztela. Landareak onddoari bizilekua eta karbohidratoak eskaintzen dizkio, eta onddoak landareari xurgapen azalera handiagoa. Honez gain, onddoek mineral eskuragarrien kontzentrazioa emendatzen dute. Hifen inguruan, hifosfera dago, eta bertan bakteria asko dagoenez, materia organikoa degradatzeko probabilitate eta ahalmen handiagoa dago. Mikorrizatu gabeko sustraien inguruan errizosfera dago, eta bertan ere bakteria komunitateak daude mineralen eskuragarritasuna handituz, esaterako, nitrogenoaren eta fosforoarena. Onddoek exoenzima batzuk kanporatzen dituzte, fosfatasa batzuk, fosforo eskuragarriaren kontzentrazioa emendatuz.

Mikorrizak motak:

a. Endomikorrizak:

- Onddo-hifak kortexeko zelulen artean hazten dira, eta zelula kortikaletan ere sartzen dira. Bi egitura osatzen dituzte:
- Arbuskuluak, onddo hifa sustraiaren kortexa zeharkatzean, ez dute zelularen mintza apurtzen; horrez gain, zelularen mintzak hifa inguratzen du eta egitura hauek sortzen dira. Hauen funtzioa mantenugai-trukean aritzea da.



- Besikulak: biltegi funtzioa dutenak

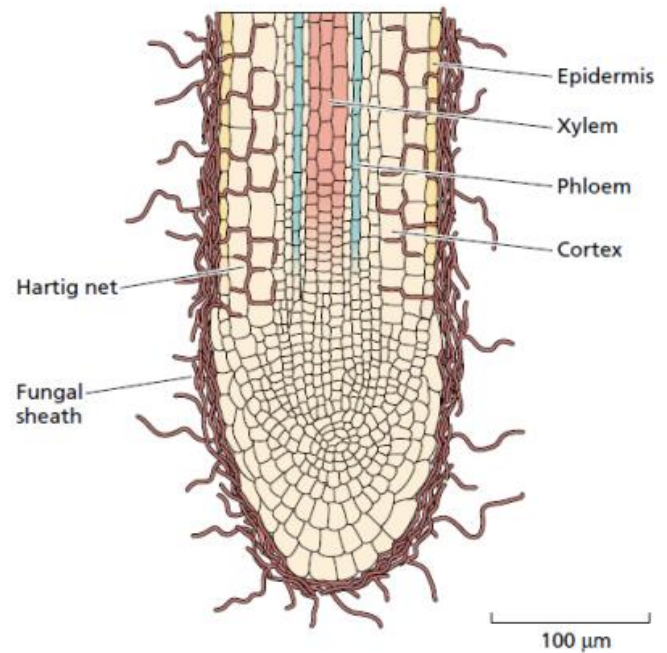
- Landareetan %90ean ematen dira, hau da, landare gehienek endomikorrizak dituzte (landare apaingarriak, nekazaritzan garrantzia). Oso abantailotsuak dira landararentzat, ia mikorrizatu gabeko landare bat baino lau bider azkarrago garraiatzen dutela fosfatoa.
- Gehienak derrigorrezko sinbionteak izaten dira, ezin dira isolatu ezta aske bizi ere
- Onddo hauen fruitu gorputza mikroskopikoak dira
- Sustraietan barneratzen dira hifak, kortexa zeharkatuz, baina ez dute endodermisa igarotzen.
- Sustraiaren morfologia ez da aldatzen, ile xurgatzaileak mantentzen dituzte.

Mikorrizak onddo arbuskular baten eta landare-sustrai baten arteko asoziazioa.

b. Ektomikorrizak:

- Hifak sustrai zelulen artean garatzen dira, baina hauetan barneratu gabe (arbuskulurik ez).
- Sustraiaren morfologia aldatzen da. Ile xurgatzaileak desagertzen dira, onddoak deuseztatu egiten ditu eta hifek hartzen dute xurgapen funtzio hori.
- %5-10-ean agertzen dira, endomikorrizak baino urriagoak dira eta goi-mailako landareetan azaltzen dira.

- Fruitu gorputz makroskopikoak garatzen dituzte onddoek, esaterako, boletusa. Horregatik, garrantzi handia dute bai basogintzan zein perretxikogintzan.
- Onddoak ez dira derrigorrezko sinbionteak, hau da aske ere bizi daitezke.
- Sustriaren inguruko hifen multzoa=Hartig sarea=Mantua: xurgapen azalera emendatuko dute, azalera horretan mikroorganismo gehiago sartzen direlarik. Kasu honetan errizosferaz gain, hidrosfera ere izango dute. Hidrosfera hau hifekin kontaktuan dagoen lurzoru zatiak osatzen du. Mikroorganismo gehiago hartzen baditu sustriaren azalerak materia organikoaren degradazioa handiagoa izango da eta, beraz, landareak ioi eta materia inorganiko gehiago izango ditu eskuragarri.



Orokorrean onddoak emendatu egiten du bai nitrogeno zein fosforo xurgapena.

Fosforoaren kasuan, onddoek fosfatasa exoenzimak askatzen dituzte fosforo organikoa inorganikora pasatzen duena, horrela landareak xurgatzea ahalbidetuz.

Nitrogenoaren kasuan onddoak glutamina sintasa eta nitrato erreduktasaren kontzentrazioa emendatzen du eta era horretan nitratotik nitritora oso azkar pasatzen da. Nitrito horretatik erreduzituz landareak amonioa lortzen du, ondoren amino azidoak ekoizteko erabiliko duena.

Zink, kupre eta sufreak eskuragarritasuna ere emendatzen ditu.

3) LANDARE HARAGIJALEAK: Tropiko, Taiga zein Tundrako lurzoru txiroetan landare oso espezializatuak bizi dira, mekanismo oso espezifikoak garatu dituztenak mineralen lorpena lurzorutik at bermatzeko.

Landare karniboro hauek ingurune txiroetan bizitzeko moldapenak aurkezten dituzte. Barnean sulkua dute, ura zein entzima hidrolitiko osatua. Intsektuak erakartzen dituzte eta behin sartzean barnean harrapatuta geratzen dira. Bertan, intsektua degradatzen da entzima hidrolitikoaren bitartez eta hauetatik hartzen dituzte beharrezko konposatu mineralak.

Landare txikiago batzuk kanpokaldean izaten dituzte ur tantatxo batzuk, baina helburu berberarekin, hau da, intsektua erakarri, itsatsi eta bertan hidrolizatzen dute honen mineralak aprobetxatuz.



Landare karniboroak



Landare txikia

Oso mekanismo espezializatuak dira, kolore zein forma oso deigarriak garatu dituzte.

7. Mineralen toxikotasuna. Sintomak

Zenbait mineral kontzentrazio altuetan kaltegarriak dira landarearentzako.

- Beste talde batzuetan sailkatzen direnak: Cd, Al, Pb, Cr eta I
- Mineral esentzialen artean, metal astunak: Fe, Zn, Cu, eta Mn
- Na eta Cl nahiz eta esentziala izan eta metalak ez izan, kontzentrazio altutan toxikoak izan daitezke.

Mineral hauek kontzentrazio altuetan toxikoak dira landarearentzako, izan ere, askotan entzimen inaktibazioa eragiten dute eta gainera, kloroplastoko eta mitokondrioko elektroio garraio katean parte hartzen dutenez mintzak desegonkortzen dute. Ondorioz, metabolismo energetikoa ere desegonkortzen da, eta, azkenean, landarearen hazkuntza murrizten da.

Toxikotasunari aurre egiteko mekanismo ezberdinak garatu dituzte landareek, guztiak energetikoki garestia izanik (ATP gastua).

- 1) Konpartimentalizazioa: metal toxikoa bakuoloan metatu eta horrela ez die entzimei kalterik eragiten. Prozesu honek energia gastua suposatzen du, baina era berean onurak ekar diezazkioke landareari, uraren xurgapena bultzatu baitezake. Konpartimentalizazioaren ondorioz barneko potentzial osmotikoa negatiboa egingo da eta

honekin batera, baita ur potentziala ere. Ur potentziala murrizten bada kanpo eta barne arteko gradientea emendatuko da, honek uraren xurgapenean lagundu dezakeelarik.

- 2) Espezifitatearen emendioa (= xurgapena selektiboagoa egitea): Garraiatzaileetatik tamaina antzekoa duten zenbait konposatu barneratzen dira. Hauen espezifikotasuna emendatzen bada, oztopatu daiteke mineral toxikoen sarrera.
- 3) Bahitzea: Bai barnean zein kanpoan kelatoak eratu. Horrela landareak ezingo ditu metal horiek erabili. Barnera sartzean zitosolean geratuko dira bahituta. Hortan aritzen diren molekulei fitokelatinak esaten zaie eta egonkortasuna lortuko dute. Beste zenbaitetan konposatu batzuk kanporatzen dira, metala landarean barneratu aurretik bahitzeko.
- 4) Kanporaketa aktiboa: Behin barneratuta metalak aktiboki kanporatzean datza, baina ez da aurrekoak bezain errentagarria, kanporatzean landarearen inguruan geratzen delako eta berriro barneratu daiteke.

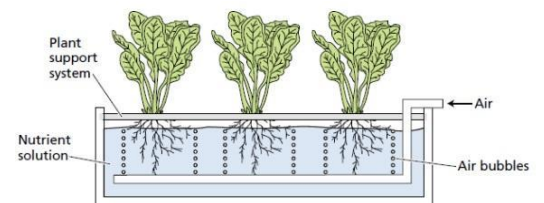
Metalak ez diren konposatu toxikoak landarean kontzentrazio kaltegarrietan aurkitzea nahiko arraroa izaten da. Hala ere, badaude bi konposatu aipatzekoak direnak, Na eta Cl (gatzak). Elementu hauek toxikoak izateaz gain ur eskuragarritasuna murrizten dute eta arazo larria bihur daitezke. Izan ere, gatzek ura erretentitzen dute, landarearentzako eskuragarri ez utziz. Gainera, beste ioien artean konpetentzia sortzen dute. K^+ eta Na^+ ioi biak garratzaile berdinetatik barneratzen dira (modu honetan konpetentzia egoera bat sortzen da), antzeko tamaina dutelako. Beraz, sodio gehiegi egoteak potasio defizientzia sortuko du, ondorioz, zenbait entzimen inaktibazioa emango delarik. Era berean, kloroa nitratoaren garraiatzaileetatik sar daiteke, nitrato urritasuna sortuz gune gazietan. Beraz, modu ez zuzenean gune gazietan landareek potasio eta nitrogeno eskasiaren sintomak pairatuko dituzte. Gazitasuna mundu mailako arazo larria da.

Gatzen toxikotasunekiko kontra garatu dituzten mekanismoak metalekikoen antzekoak dira. Bakuoloetan metatze, kanporatzea...

8. Toxikotasun, eskasi eta antzekoen ikerketa

Kultibo hidroponikoa

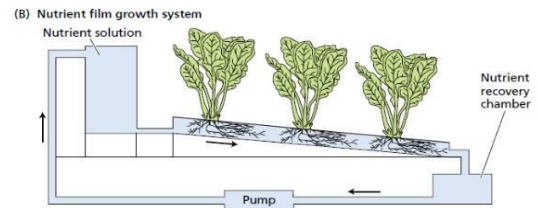
-Purua: Landareak irletan kultibatzen dira. Urak guk nahi ditugun mineral guztiak izango ditu eta guk nahi dugun kontzentraziotan. Sustraien aldean, ezin da argirik sartu bakterioak ez hazteko. Uretan oxigeno burbuilekin oxigenatzen da, landareak arnasketa egin dezan. Oxigenoa ere landareak urez saturatzea ekiditen du. Landare hauek ur eskuragarritasun maximoan daude, asko hazi daitezten.



- **Mantenugai geruzaren bidezko hazte- sistema**

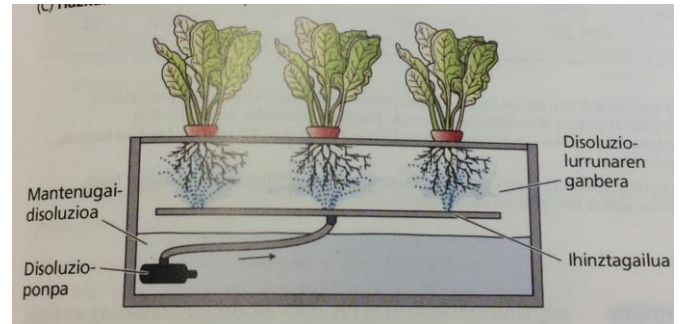
- Ura eta guk nahi ditugun mineralen kontzentrazioak jarri landareari

- Aire burbuilak: ura etengabe aireztatuta mantendu, oxigenoaren eskuragarritasun altua mantenduz.



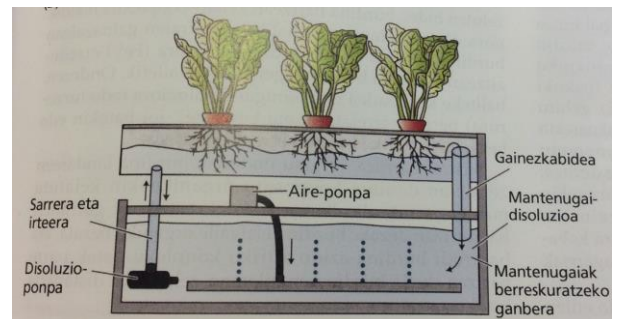
- **Hazkuntza-sistema aeroponikoa:**

Etengabe biratzen dagoenez, uraren parte bat lurrunduko da (mineralak dituelarik) eta ondorioz, hezetasuna emendatuko da.



- **Gora eta beherako sistemak**

Ponpa batek noizean behin betetzen du landare sustraiak dituen ontzia mantenugai-disoluzioz



-Lurzoru artifizialak

Area (puritak ez askatu ezer ez) eta kultibo hidroponikoko ura eta elikagai mineralak. Dena kontrolatu.

-Lurzoru naturalak

Analisi kimikoa: lurzorua ez da eraldatzen, baina kontrolak ezartzen zaizkio. Ioi bakoitzaren kontzentrazioak neurtzen dira. Horrelakoetan erabiltzen diren diluzioak:



Hoagland mantenugai diluzioa

Landareek azkar hazteko behar dituztela dakigun elementu mineral guztiak ditu Hoagland disoluzio eraldatu batek. Elementu horien kontzentrazioak toxikotasun-sintomarik edo gazitasun-estresik gabe izan daitezkeen handienak izango dira.

Normalean diluzio hau erabiltzen da mantenugai urriak dituzten landareetan. Lurzorutik hartzen diren mineralak ongarrien bidez gehitu daitezke agortzen badira. Gorotzak, gatzak,...gehitu daitezke ongarri moduan.

Nitrogenoa adibidez, KNO_3 , $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ eta $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ -tik lortuko da eta konposatu horietatik gainera, potasioa, kaltzioa eta fosforoa lortuko dira. Hauetako bat faltaz gero, nitrogeno defizientzia sortuko da.

Normalean, gehien behar diren elementuak potasioa, fosforoa eta nitrogenoa direnez, ongarrietan NPK-ak aurkitzen dira.

Potasioa produzitzea zaila izatez gain, landareak hau agortzeko aukera handiak izan ohi ditu. Ondorioz, mehategietatik eskuratu beharko da.

Nitrogenoa energetikoki ez da komenigarria, izan ere, nitrogenoa kimikoki finkatuko da Haber Bosch-en bidez: $\text{N}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) \rightarrow 2\text{NH}_3(\text{g})$