

DIE ROL VAN DIE FOSFOR IN DIE PLANT, EN DIE FOSFOR BEHOEFTE VAN DIE BELANGRIKSE AKKERBOUWASSE

N GROBBELAAR, Margaretha Mes Instituut vir Plantfisiologie en
Plantbiochemie Universiteit van Pretoria

Omdat fosfor in die vorm van fosfaat 'n uiters essensiële funksie in alle lewende sisteme vervul, is dit 'n noodsaaklike voedingstof van alle lewende organismes. Ons kan die funksies van fosfaat in lewende sisteme onder twee hoofde bespreek, nl

- (a) bestanddeel van selmembrane, en
- (b) energievloei in lewende sisteme.

Selmembrane

Alle vorme van lewe kan grootliks gesien word as 'n verskeidenheid van ingewikkelde chemiese prosesse wat op 'n subtiele wyse geïntegreer en gekoördineer is. Vir die behoorlike funksionering van hierdie sisteem moet sekere voedingstowwe teen bepaalde tempo's en in bepaalde relatiewe verhoudings opgeneem word terwyl ander stowwe in die omgewing uitgesluit moet word. So ook moet daar voorsiening wees vir metaboliese afvalstowwe om die sisteem te verlaat terwyl metaboliese belangrike stowwe verhoed word om die sisteem te verlaat. Kortom, om sy funksionele integriteit en doeltreffendheid te handhaaf moet die sisteem enersyds op 'n effektiewe wyse van sy omgewing geïsoleer word terwyl dit tegelykertyd op 'n gedifferensieëerde wyse in ope verbinding met sy omgewing moet wees. Wat hierbo gesê is vir die lewende sisteem as geheel, bv vir 'n sel geld ook vir die subcellulêre organelle waaruit die sel saamgestel is en waarin die verskillende chemiese prosesse plaasvind.

Die verskillende selmembrane soos die plasmalemma, tonoplast, membrane van die selkern, mitochondria, ribosome, endoplasmiese retikulum, chloroplaste, ens. is die selstrukture wat hierdie onmisbare funksie van gedifferensieëerde isolering moet handhaaf. Dit is dan ook geen wonder nie dat een van die mees betroubare wyses om vas te stel of 'n sel of organel nog funksioneel doeltreffend is (nog lewend is) daaruit bestaan dat 'n mens vasstel of die selmembrane hul kenmerkende differensieel-deurlatende eienskappe besit. Verlies aan hierdie differensieel-deurlatende eienskappe beteken die dood deur chaos. So ook lei die dood dadelik tot die verlies van membrane se differensieel-deurlatende eienskappe wat maak dat stowwe nou vryelik vermeng en uitlek. So 'n uitlekking stimuleer op sy beurt mikro-organismes in die omgewing tot groei en werk so-doende verrotting in die hand.

Nieteenstaande die feit dat effektiewe selmembrane so kenmerkend van lewe is, weet ons vandag nog bitter min van die molekulêre organisasie van selmembrane en die wyse waarop hulle hul funksie vervul. Daar is tans heelwat teorieë oor dié saak en daar word teenswoordig, veral dmv elektron-mikroskopiese tegnieke soos vriesetsing, ens. besonder baie navorsing op dié gebied gedoen. Wat

ons egter wel weet en wat hier van belang is, is dat waarskynlik alle selmembrane grootliks uit fosfolipiede bestaan en dat hierdie organiese fosfate 'n onmisbare funksie in selmembrane beklee. Afgesien van moontlike energie-oordragingsfunksies wat die organiese fosfate by veral voedingstof-inname en -akkumulering mag vervul, verleen dit ongetwyfeld polariteit aan die fosfolipiede en hierdie polariteit is van groot funksionele belang. Waar die grootste gedeelte van die fosfolipied vetagtig en nie-polêr is, dra die fosfaat-gedeelte vanweë sy ionisasie en inherente elektroniese samestelling 'n netto elektriese lading wat polêre eienskappe aan hom verleen.

Dit is 'n welbekende feit dat nie-polêre stowwe oplosbaar in mekaar is en 'n affiniteit vir mekaar het en so ook polêre stowwe. Aangesien die fosfolipiede dus deels polêr en deels nie-polêr is, dien hulle as uitstekende stowwe om polêre stowwe soos proteïene, en nie-polêre stowwe soos gewone lipiede, trigliseriede, chlorofil, ens op 'n ordelike wyse aan mekaar te koppel in 'n funksionele eenheid.

Energievloei

'n Uitsers belangrike funksie van fosfaat waarvan baie meer bekend is as die aspek waaroor daar hierbo gepraat is, is dié van energieoordrag.

Alle lewende organismes moet van buite van energie voorsien word om hul hoogs ingewikkelde struktuur instand te hou en te groei.

Materie is georganiseerde energie en dus is chemiese stowwe 'n vorm van energie. Die grootste gedeelte van die energie waaruit materie bestaan is opgesluit in die kerne van die atome waaruit die materie bestaan. Kernenergie is egter nie vir lewende organismes bruikbaar nie. Plante en diere het nie meganismes ontwikkel om kernenergie uit atome te onttrek nie. 'n Klein persentasie van die energie waaruit materie bestaan is opgesluit in die chemiese bindings van molekule. Energie word benodig (opgevang) wanneer 'n chemiese binding gevorm word en dieselfde hoeveelheid energie kom vry as daardie chemiese binding verbreek word.

Lewende organismes kan met hierdie soort chemiese energie speel. Hulle kan die bindingsenergie uit sekere stowwe vrystel deur die bindings van daardie stowwe deur ensiemgekataliseerde reaksies te breek. Hulle kan ook energie in sekere stowwe opberg deur bindings tydens ensiemgekataliseerde reaksies te vorm.

Waar diere hulle energie feitlik uitsluitlik as chemiese bindingsenergie in die vorm van organiese voedingstowwe kry, kry hoër plante feitlik al hulle energie as sonlig-

energie. Die sonligenergie, nadat dit geabsorbeer is, word dadelik tydens fotosintese omvorm tot chemiese bindingsenergie. Aanvanklik grotendeels vir die vorming van ATP.

ATP ontstaan uit die koppeling van ADP en fosforsuur of 'n fosfaat ion. Vir hierdie koppeling om plaas te vind word heelwat energie benodig. As die ATP gehidroliseer word tot ADP en fosfaat, kom daardie energie as hitte vry. Ons kan dus aan ATP as 'n gelaai battery dink wat energie-ryk is relatief tot ADP + fosfaat wat dan sal ooreenstem met 'n ontlaaide en energie-arme battery.

Afgesien van ligenergie, kan plante egter net soos diere die bindingsenergie uit sekere organiese stowwe tap en gebruik om ATP te vorm. ATP is dus 'n stof wat universeel deur lewende organismes gebruik word om nuttige energie in op te vang. Dit is interessant dat hulle metabolisme so ontwikkel het dat hulle oor meganismes beskik wat hulle in staat stel om die energie wat uit talle verskillende soorte reaksies vrykom te gebruik vir ATP vorming. Dit is verder netso belangrik en interessant dat hulle die bindingsenergie van ATP op velerlei wyses kan benut of toepas. As ATP gehidroliseer word gaan die energie wat vrykom normaalweg as hitte verlore. Lewende organismes het egter meganismes ontwikkel waarop hulle talle soorte energie-benodigende reaksies direk kan koppel aan ATP se 'ontlating'. Die energie van ATP is dan die dryfkrag wat die reaksie moontlik maak en 'n gedeelte van die ATP se energie wat andersins as hitte verlore sou gaan word nou in die vorm van chemiese bindingsenergie in die produk van die energie-benodigende reaksie vasgevang.

So by fotosintese, word die energie van ATP gebruik om uit energie-arme CO_2 , energie-ryke organiese stowwe soos stysel, vette en olies te vorm wat in hoë konsentrasies as reserwe nuttige energie opgeberg kan word vir latere gebruik.

ATP word nooit in hoë konsentrasies in lewende organismes aangetref nie, waarskynlik omdat:

- (a) dit relatief onstabiel is;
- (b) dit weens sy relatiewe lae molekulêre massa en oplosbaarheid in water, 'n sterk osmotiese invloed sal hê as dit in hoë konsentrasies sou voorkom;
- (c) hoë konsentrasies daarvan en grootskaalse omsettings daarvan tot ADP en fosfaat 'n groot invloed op die sel se pH sal hê.

Stysel, vette en olies is vanweë hul onoplosbare vorm osmoties onaktief en daarby neutraal.

Tydens respirasie word reserwe organiese voedingstowwe afgebreek en 'n groot deel van die chemiese bindingsenergie word by verskillende stappe in die proses direk aangewend vir die vorming van ATP.

ATP is 'n soort nukleotied. Afgesien van ATP is daar verskeie ander nukleotiede soos GTP, UTP, ens wat by energie-oordrag 'n rol vervul. Hierdie stowwe is egter meer beperk as ATP in hul funksie.

Die nukleiënsure (polinukleotiede) is ook ryk aan fosfor. Hulle vervul belangrike basiese funksies in die lewe van plante en diere. Ons onderskei tussen twee klasse van nukleiënsure, die DNA en RNA verbindings. Die DNA molekule is die vernaamste draers van die genetiese kode (oorerflikheidskenmerker). In die kode is die inligting opgesluit vir die vorming van spesifieke ensieme. Inligting is 'n vorm van energie en DNA molekule is oa dus ryk aan inligtingsenergie sowel as chemiese bindingsenergie.

Die genetiese kode in die DNA molekule beheer die aktiwiteite en sodoende die karakter van die sel deurdat dit bepaal watter soort ensieme die sel kan vorm wat op hul beurt weer bepaal watter soort reaksies sal plaasvind. So word die sel se soort metabolisme bepaal.

In die sintese van ensieme speel die RNA tipe nukleiënsure wat ook ryk aan fosfaat is, 'n belangrike rol. Hulle maak hoofsaaklik die inligting wat in die genetiese kode van die DNA opgesluit is, beskikbaar vir ensiemsintese. Tydens ensiemsintese word groot hoeveelhede energie, wat deur ATP verskaf word, gebruik om die proses aan te dryf.

Ons sien dus dat feitlik alle energie-benodigende reaksies in plante deur 'n organiese fosfaatverbinding (ATP) aangedryf word. So ook word talle energie-benodigende prosesse soos die akkumulering van minerale soutione deur die energie in ATP aangedryf. By swemmende plante soos by sekere alge en bakterieë is dit weereens ATP wat die nodige energie vir die beweging van die organisme se sweepbare voorsien — 'n verskynsel wat 'n mens herinner aan die spierbewegings van diere wat ook deur ATP van energie voorsien word.

As ATP 'n reaksie aandryf is die meganisme gewoonlik sodanig dat verskeie ander soorte organiese fosfaatverbindinge ontstaan. By die kanalisering van die bindingsenergie van organiese voedingstowwe na ATP toe, is die meganisme gewoonlik ook sodanig dat organiese fosfate, buite ATP, in die meganisme betrokke is. So kry ons talle sleutel-metaboliete in plante en diere wat fosfaatgroepe bevat en wat weereens die onmisbare funksie van fosfaat vir lewe as suiks beklemtoon.

Bespreking

Mnr O G Smith

Hoe beweeg groot molekule deur 'n plantsel?

Prof Grobbelaar

By die hoër plant word dit aanvaar dat 'n groot molekuul soos proteïen en stysel nie deur die membraan van die plantsel kan gaan nie. 'n Virus wat 'n reuse molekuul is kan egter deur die membraan beweeg aangesien dit 'n proteïen is wat geen dwarswande het nie, slegs porieë. By bakterieë word proteïen oor die algemeen nie opgeneem nie maar daar word tog soms 'n groot proteïen molekuul opgeneem.

Dr P J Möhr

Kan fosfor in die plantwortels translokasie van ander voedingstowwe verhoed of vertraag? Ek dink spesifiek aan die kwessie van geïnduseerde sinkgebreke.

Prof Grobbelaar

Daar is gevalle bekend waar 'n mens 'n antagonisme van sekere ione het; by fosfate kom dit ook definitief voor. Radio-aktiefgemerkte stowwe kan aantoon dat daar 'n direkte invloed is tussen die fosfaatpeil en die vervoer van ander mineralesoute.

Mnr A S van Jaarsveld

Met inagneming van die toevoeging van fosfaat in die landbou, wat is die moontlikheid van luukse konsumpsie? Is dit moontlik dat die metabolisme van die plant versteur kan word indien hy te veel fosfaat kry in vergelyking met ander voedingstowwe?

Prof Grobbelaar

Luukse opname van P sal nie die metabolisme van die plant versteur nie; dit mag hoogstens die stimulering van sekere prosesse veroorsaak. In die geval van respirasie is dit die konsentrasie van sekere fosfate wat die tempo van respirasie bepaal. Wanneer daar 'n grootskaalse verbruik van energie is, waar die beskikbare ATV baie gebruik vir fotosintese, sal dit tot gevolg hê dat respirasie vinniger verloop. Koördinerings tussen die tempo van respirasie wat energielewerend is en die proses van energieverbruik verloop nie lukraak nie. Wanneer 'n hoë konsentrasie van fosfaat beskikbaar is, word verskeie prosesse gestimuleer om vinniger te verloop, maar dit sal nog steeds op 'n gekoördineerde wyse wees. Dit mag vir die landbouer miskien nie wenslik wees nie deurdat dit moontlik die vegetatiewe groei stimuleer ten koste van die reproduktiewe groei. Dit is dus nie 'n versteuring van metabolisme nie maar slegs 'n kanalisering in 'n ander rigting.

Mnr O van der Walt

Vind daar geen verlies van fosfor uit die plant plaas nie? Kan dit aanvaar word dat wanneer die vegetatiewe groei van die plant verby is, dat daar nie meer selverdeling plaasvind nie en die fosfaatbehoefte van die plant dan ook afneem?

Prof J H Grobler

Indien die plant slegs lewendig is maar nie verder groei nie, sal daar nog 'n fosfaatbehoefte wees maar baie geringer as gedurende die groeistadium. Wat deur die plant opgeneem word bly nie noodwendig alles binne die plant nie. Daar vind 'n grootskaalse uitlekking by plante plaas. Hierdie uitlekking van voedingstowwe, waaronder fosfate ingesluit is, vorm 'n lagie op die plantblaaroppervlakte en word dan deur reënwater afgewas. As gevolg van hierdie verlies sal daar steeds 'n P-behoefte by die plant wees.

Dr E V E Wolf

Na aanleiding van proewe wat in verband met sitrusvoeding in die Kaap gedoen is, bestaan die vermoede dat daar 'n aktiewe fosfaat in die plant bestaan en moontlik ook 'n onaktiewe. Is dit moontlik?

Prof Grobbelaar

Dit is heeltemal waarskynlik. Afgesien van die fosfaat wat struktureel in die plant is — in die membrane ens — is al die ander fosfaat gewoonlik in 'n aktief-metaboliserende vorm in organiese verbindings gekoppel. As daar aangeneem word dat fosfaat in die vakuole met soute van yster en aluminium verbind, kan so 'n plantdeel baie ryk wees aan fosfate en ander voedingstowwe, maar tog nie metabolies aktief nie.