

Radio-activiteit en plantengroei

539.157.631.547

door

Dr. F. A. VAN BAREN.

Een juist begrip van de mogelijke betekenis van radioactieve stoffen voor de plantengroei kan niet wel gescheiden worden van een inzicht in het wezen der radioactiviteit zelve. Een korte inleiding moge derhalve hieraan gewijd zijn.

Inleiding.

In 1896 ontdekte de bekende Franse physicus Henri Becquerel een nieuwe eigenschap van een dubbelzout van kaliumsulfaat en uranylsulfaat (UO_2) $\text{SO}_4 \cdot \text{K}_2\text{SO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, door aan te tonen, dat dit zout spontaan en bij voortduring een doordringende straling uitzond. Weldra vond Maria Curie in Parijs en onafhankelijk van haar Schmidt in Berlijn, dat ook thoriumzouten soortgelijke stralingen uitzenden. Stoffen, die dit vermogen bezitten, noemde Becquerel radioactief (radius = straal; actief = werkzaam). De waarde van Becquerel's ontdekking werd ogenblikkelijk ingezien en het vraagstuk der radioactiviteit kon zich dan ook direct in een grote wetenschappelijke belangstelling verheugen, waarbij vooral de fundamentele onderzoekingen van het echtpaar Curie van bijzondere betekenis bleken te zijn. Zij waren het, die, in samenwerking met Bémont, de meest actieve stralen uitzendende substantie, het radium, in het uraanerts van Joachimsthal ontdekten, waarop in 1910 Mme Curie en Debierne er in slaagden dit element in zuivere toestand te isoleren.

Latere onderzoekingen leerden nog, dat ook aktinium, rubidium en kalium dergelijke stralen uitzenden.

Bij het bestuderen van deze stralen kwam naar voren, dat zij naast het vermogen om in het donker op een fotografische plaat in te werken ook positief en negatief geladen lichamen in een gas-atmosfeer kunnen ontladen en tevens, en dit is wel het meest belangrijke, dat een buisje gevuld met bv. RaCl_2 na enige dagen of weken behalve radium en chloor een gasmengsel bevatte van helium en een ander gas, dat op grond van zijn eigenschappen eveneens tot de edelgassen gerekend moet worden en waaraan men de naam emanatie heeft gegeven.

Uit het radiumchloride zijn derhalve twee nieuwe elementen gevormd. Verder onderzoek bracht aan het licht, dat het helium zich bleef vormen, emanatie daarentegen een maximum bedrag niet te boven kwam doch op zijn beurt zich splitste in helium en radium A, dit weer in helium en radium B enz. met als constant eindstadium het radiumlood.

De tijd waarin radium en de opvolgende producten zich splitsen is zeer verschillend; men rekent hierbij met het tijdsverloop waarin de helft zich in het nieuwe product heeft omgezet en noemt dit de halverings-constante. Deze is voor radium 1580 jaar, voor radium-emanatie 3,823 dagen, voor het tussenstadium radium B 26,8 minuten enz..

Het voornaamste kenmerk was zo als gezegd de vorming van

het helium, waardoor de oude theorie, dat de atomen de dragers der elementair eigenschappen zijn, niet meer houdbaar bleek, daar immers uit de atomen van het radium die van helium en emanatie ontstaan. Deze en andere eigenschappen der radioactieve stoffen kunnen nu verklaard worden met behulp van de theorie van het atoomverval.

We onderscheiden drie soorten uitgezonden stralen: α -, β - en γ -stralen. Beide eerste zijn corpusculair in de zin van Newton; de γ -stralen zijn lichtstralen van zeer geringe golflengte, sluiten zich dus aan bij de undulatie-theorie van Huygens.

Zich baserende op de theorie van het atoomverval en de resultaten van het experimentele onderzoek zijn de volgende definities nu mogelijk: α -stralen bestaan uit heliumkernen, die voorzien zijn van twee positieve elementairladingen.

β -stralen zijn in wezen gelijk aan kathode-stralen, bestaan derhalve uit een zwerm negatief geladen deeltjes de z.g. electronen.

γ -stralen zijn lichtstralen van zeer geringe golflengte.

Om het verschil in wezen der verschillende stralen duidelijk te demonstrenen zij nog medegedeeld, dat een aluminiumplaatje van 5 mm dikte de γ -stralen praktisch geheel doorlaat, de α - en β -stralen daarentegen tegenhoudt, terwijl een aluminiumplaatjes van 0,1 mm dikte, zo ook een glazen wand dikker dan 10μ de β - en γ -stralen doorlaat, doch de α -stralen niet laat passeren. Is de glazen wand dunner dan gaan ook de α -stralen vrijelijk door.

Ten slotte zij nog als karakteristiek der α -stralen medegedeeld, dat de invloed hiervan slechts over een afstand van 3,39 cm voelbaar is in tegenstelling met die der beide andere stralen, welke over een groter doordringingsvermogen beschikken.

De invloed van radioactieve stoffen op de plantengroei.

Haast parallel met de reeds genoemde onderzoeken naar de aard der radioactieve stoffen loopt het onderzoek naar de invloed dezer stoffen op de levende cel. De eerste resultaten danken wij aan Giesel (1) en Schwarz (2), die reeds in 1899 de physiologische werking der radiumstralen op het protoplasma van levende planten en diercellen onderzochten. Van alle zijden wordt dan het vraagstuk aangepakt, waarbij Koernicke (3) zich in het bijzonder bezighield met de cytologische verhoudingen in de bestraalde objecten, werkende met de stralen uitgezonden door 5 mgr RaBr_2 in een glazen buisje ingesloten. Een duidelijk schadelijke werking op de z.g. chromatische bestanddelen van de kern werd geconstateerd.

Het effect van radiumstralen op de photoenergetische processen in de ademhaling werd bestudeerd door Hebert en Kling (4), die eveneens vonden, dat deze processen ongunstig werden beïnvloed.

Wijzen deze en soortgelijke onderzoeken op een belemmerende, zelfs vernietigende werking der stralen, ook het tegenovergestelde kon worden geconstateerd mits slechts met voldoende kleine hoeveelheden werd gewerkt. De eerste, die een stimulerende werking waarnam, was Stoklasa (5), die in 1906 een begin maakte met zijn tot op heden voortgezette onderzoeken. Hij vond, dat door directe radiumbestraling met 0,1 gr radium in de vorm van RaCl_2 een verstoring van het protoplasma van chlorophyl houdende cellen in het leven werd geroepen, doch dat een door nasturan (uraniniet) opgewekte zwakke radiumemanatie de levensfunctie der cellen stimuleerde. Door potproeven toonde hij aan, dat 0,51 gr dezer stof toegevoegd aan 1 l voedingsoplossing volgens Knop de groei zeer

begunstigde, dat 4—5 gr/l daarentegen een giftige uitwerking hadden.

Een enkel experiment zij hier weergegeven (6):

	Vicia faba		Lupinus angustifolius		Pisum arvense	
	gewoon water	radioact. water	gewoon water	radioact. water	gewoon water	radioact. water
lengte wortels in mm.....	13—22	30—50	4—7	18—32	15—24	23—28
lengte hypocotyl in mm	19—14	34—50	8	57—62	5—13	46
drooggewicht per 10 planten in gr	1.4	6.5	2.9	4.1	2.3	7.7

Bij maisplanten werd bij toediening van nasturan (0,000136 mgr radium per gram) onder gelijke conditie van temperatuur en licht het volgende bereikt:

	drooggewicht na 32 dagen
geen nasturan	20,16 gram
0,5 gr „	36,24 „
1 gr „	3,88 „
2 gr „	3,26 „
4 gr „	2,62 „

Elders beschrijft Stoklasa in samenwerking met Zdobnický (7) de proeven met een waterculture van *Polygonum fagopyrum*. Wordt aan de voedingsoplossing water van 30 Mache-eenheden ¹⁾ toegevoegd dan steeg de opbrengst met 43 %. Bij 60 M.E. werd een toename geconstateerd van 107 %, terwijl bij 600 M.E. een schadelijke werking werd waargenomen. Ook de proeven waarbij de grond in contact werd gebracht met lucht die 10—30 M.E./l bevatte toonden bij alle objecten als *Zea maïs*, *Beta vulgaris* e.a. een gunstig resultaat, dat in een oogstvermeerdering van 30—90 % tot uiting kwam. Niet alleen dat de hogere planten volgens de beschreven experimenten zich gunstiger ontwikkelen, ook het microbenleven ondergaat een activering. Stoklasa (8) beschreef dit reeds in 1913 voor *Azotobacter chroococcum*, waarbij nasturan als bron voor radioactiviteit zowel voor rechtstreekse bestraling in de voedingsvloeistof werd gebracht (α -, β - en γ -stralen), als ook in een glazen buisje in deze vloeistof werd geplaatst (β - en γ -stralen) en ten slotte de cultuur aan bestraalde lucht werd blootgesteld. Het vermogen van deze bacterie om N uit de lucht vast te leggen nam met 100 % toe. Eveneens kon een hogere werkzaamheid van *Bac. denitrificans* en *Bac. subtilis* worden waargenomen.

In 1925 wordt dit door Kayser en Delaval (9) bevestigd voor *Azotobacter agile*. Duidelijk komt ook hierbij de scherpe grens tussen stimulerende en dodende werking tot uiting. Onder invloed

¹⁾ Mache-eenheid = $3,6 \times 10^{-10}$ curie/liter. 1 curie is de eenheid van radium emanatie, die in een afgesloten buisje met 1 gr radium in evenwicht is.

van 4 mgr van een radioactief mineraal uit de Congo vermeerderde het N-vastleggend vermogen van *A. agile* met 215 %, 4,5 mgr bleken ongunstig effect te hebben. Bij andere specimina lag de grens bij 3 mgr. Dit feit, dat niet voor ieder organisme eenzelfde maximale dosis bestaat, deelt ook Stoklasa voor de hogere planten mede.

Deze en soortgelijke (10, 11) gunstige ervaringen omtrent de uitwerking der radiumstralen op de verschillende levensfuncties van lagere en hogere organismen had tot gevolg, dat in Frankrijk de fabricatie van radioactieve kunstmest ter hand werd genomen. Alvorens de resultaten daarmee bereikt nader te beschouwen moge nog een enkel recent onderzoek worden medegedeeld. In 1928 publiceren Stoklasa en Penkava (12) de uitkomsten van meerjarige proeven, waaruit blijkt, dat de stimulerende invloed der stralen zich over meerdere jaren uitstrekt, terwijl zij tevens concluderen, dat een uraanbemesting het weerstandsvermogen tegen zwammen verhoogt. Ten slotte delen in 1934 Lepape en Trannoy (13) het resultaat van een serie terreinproeven mede, waarbij zij zich baseerden op het radiumgehalte van de bouwgrond.

Doses werden gegeven, die het 10-, 100-, respectievelijk 1000-voudige bedroegen van het natuurlijke radiumgehalte groot 0.97×10^{-12} g Ra per gram grond, terwijl voor een voldoende hoeveelheid N, P en K was gezorgd. Slechts bij het proefveld te Versailles kon voor knolrapen een duidelijke meeropbrengst van ca. 70 % worden geconstateerd. In alle andere gevallen vielen de afwijkingen binnen de grenzen der productiecijfers van de controleproefvelden. Onderzoekers komen dan ook tot de conclusie, dat het eenvoudige toedienen van kleine doses radium aan de grond praktisch geen invloed heeft op de plantengroei.

Zij gingen tevens na (14) of het radium, dat in onoplosbare vorm was toegediend, al of niet door de proefplanten was opgenomen. Dit bleek inderdaad het geval te zijn; alle proefplanten bevatten belangrijk meer radium dan de controleobjecten. Toch werd relatief veel minder radium opgenomen. Werd door de controleplant ca 1/10000 van het in de grond aanwezige Ra geadsorbeerd, door de planten van de percelen bemest met een 1000-voudige hoeveelheid radium was slechts 1/100000 aan de grond onttrokken. Hier hebben we dus wederom een negatief resultaat. Het valt natuurlijk moeilijk te beoordelen in hoeverre de bioklimatische verhoudingen in de zin van Stoklasa de resultaten zodanig hebben beïnvloed, dat geen werking kon worden geconstateerd.

Ervaringen met radioactieve kunstmest.

Reeds in 1910 bracht de Banque du Radium te Parijs een radioactieve meststof in de handel onder de naam „Engrais Radioactifs B.D.R.” Over de resultaten ermee bereikt deelt Stoklasa (5 blz. 205) mede, dat door de Franse onderzoekers Malpama en Lefort zowel bij potproeven als in het vrije veld aanzienlijke oogstvermeerdering werd geconstateerd, welke werd verkregen door 5 % Radioaktin B.D.R. (synoniem met de bovengenoemde Engrais Radioactifs) aan een volledige mestgift toe te voegen. Voor rogge bedroeg het surplus 510 kg per hectare.

In Engeland bereikte Foulkes een meeropbrengst bij suikerbieten van 10826 kg per hectare door toegift van een geringe hoeveelheid van het radioactieve product.

In 1911 werd ook in de tuinbouw met het toedienen van radioaktin een begin gemaakt met eveneens uitermate gunstige resultaten.

Daarnaast werden echter ook tegengestelde ervaringen opgedaan.

Zo deelt Soederbaum (15) mede, dat bij proeven met haver op zandgrond geen enkele gunstige invloed kon worden waargenomen, terwijl Stoklasa's onderzoekingen (5 blz. 207) tot de conclusie leidden, dat slechts dan Radioaktin de productie en kwaliteit verbeterde als plantenvoedingsstoffen in optimale hoeveelheid aanwezig waren en wanneer men een grote hoeveelheid van deze meststof bijmengde.

Verder is de natuurlijke radioactiviteit van de grond en vooral ook de radioactiviteit van het gebruikte kunstproduct van doorslaggevende betekenis, terwijl bovendien de werking ervan in sterke mate afhankelijk is van de factoren vochtigheid, warmte en licht. Het staat n.l. vast, dat bij sterke bewolking, als dus de zonnestralen zwak inwerken, de radioactiviteit niet tot uiting komt.

In het algemeen heeft men zich bij de proefnemingen van deze factoren geen voldoende rekenschap gegeven, terwijl de radioactiviteit van bodem en meststof onbekende grootheden waren. Hierop wijst ook Ross (16), die bij een onderzoek naar de betekenis van een in Amerika in de handel gebracht radioactief product, n.l. carnotiet-erts, tot de conclusie komt, dat het gehalte aan Ra in een are grond over een dikte van een voet 100 X groter is dan de hoeveelheid aanwezig in het kwantum radioactieve meststof, dat ter bemesting van een are wordt aanbevolen. Het gemiddelde Ra-gehalte is 3,6 mgr per are/voet, terwijl 1 ton carnotiet-erts 5 mgr bevat.

De mening wordt ook geuit, dat de stimulerende invloed van uranium meer een gevolg zou zijn van de chemische eigenschappen dan van zijn radioactiviteit; Ross verwijst hierbij naar de experimenten van Loew (17, 18), die bij een vergelijkend onderzoek met thorium- en uraniumzouten constateert, dat uraniumzouten zeer giftig, thoriumverbindingen daarentegen onschadelijk zijn. Het schijnt mij echter, dat de spaarzame gegevens van Loew deze conclusie van Ross niet motiveren.

Ook Lipman en Blair (19) waarschuwen tegen een ongemotiveerd vertrouwen in het gunstig effect van Radioaktin B.D.R., welk product in 1914 in Amerika op de markt werd gebracht.

Hopkins en Sachs (20) konden bij een zeer grote serie veldproeven met haver en sojabonen evenmin een positief resultaat boeken, daar de ene helft gunstig, de andere daarentegen ongunstig reageerde op de bijgemengde radioactieve stof.

Op grond van zijn experimenten eveneens met Radioaktin concludeert Schulze (5 blz. 207) wel tot een stimulering doch meent, dat de werking ervan voornamelijk aan thoriumemanatie zou zijn toe te schrijven.

Werden de experimenten naar de invloed van radioactiviteit in het algemeen voortgezet, de pogingen om radioactieve kunstmeststoffen te pousseren schijnen definitief te zijn opgegeven.

Een bepaalde categorie van onderzoekingen en wel die naar de radioactiviteit van een alom verspreid en veel in de vorm van kunstmest toegediend element, n.l. het kalium, verdient aparte bespreking.

De radioactiviteit van het kalium in verband met de betekenis van dit element voor de opbouw van de levende stof.

Het onderzoek naar de radioactiviteit van levende organismen werd reeds in 1904 door Tommasina (21) en door Becquerel (22) in 1905 ingesteld. Was volgens de eerste een zekere radioactiviteit aanwezig in vers geplukte planten als grassen, bloemen en bladen, Becquerel slaagde er niet in met de beschikbare apparatuur te bewijzen, dat in het plantenorganisme inderdaad een bioradioactiviteit aanwezig is. Het was wederom Stoklasa (20), die naar dit verschijnsel een diepgaand onderzoek instelde. In alle gevallen kon een zekere radioactiviteit worden aangetoond, waarbij een duidelijke afhankelijkheid van de bodemsomstandigheden aan het licht kwam. Nu was hem bij andere onderzoeken reeds gebleken, dat op kalirijke planten de radioactiviteit een speciaal schadelijke invloed had uitgeoefend, vooral bij suikerbiet en aardappel, welke, zoals bekend, grote hoeveelheden kalium assimileren. Dit leidde tot een uitvoerige studie, waaruit in de eerste plaats volgde, dat 5 gr KCl per l bronwater de kieming van een groot aantal zaden sterk stimuleert. Kaliumverbindingen als KOH, KCl dan wel K_2SO_4 in een emanatorium van een bepaalde inhoud gebracht, verhoogden de kiemenergie tot 92 % bij *Avena sativa*, terwijl een minimum toename van 50 % werd waargenomen. De kiemenergie werd bepaald door het aantal zaden ontkiemd na 24, 36, 48 en 72 uur. Deze toename kon slechts het gevolg zijn van de door het kalium uitgezonden β - en γ -stralen. Dat dit element inderdaad radioactief is, was reeds door Henriot en Vavon (23) bewezen.

Nader onderzoek naar de invloed van het licht op de werking van radiumemanatie bracht de volgende belangwekkende feiten aan het licht:

1. In het donker gehouden suikerbieten vertoonden na 54 dagen bij begieting met gedestilleerd water een zeer langzame vorming van sterk geëtiolerde bladen, de met radiumhoudend water begoten exemplaren leverden rijkelijk ontwikkelde rozetten. Het gewicht van deze laatste was gemiddeld 36 % hoger.

2. In het licht gekweekte exemplaren ontwikkelden beide normaal blad, doch was dit juist bij de met radioactief water begoten exemplaren kleiner en lichter in gewicht. Dit bedroeg van het blad der met gedestilleerd water begoten 10 exemplaren 57,2 gram en bij de met radioactief water behandelde planten 41,1 gram. In beide gevallen was voor optimum voedingstoestand gezorgd.

Bladanalyse leerde, dat de in het donker gekweekte bieten geen kalium in het blad hadden opgehoopt, bij de onder normale omstandigheden gegroeide exemplaren dit element daarentegen rijkelijk in het blad vertegenwoordigd was.

Uit het op deze wijze geconstateerde feit, dat een verband tussen licht en invloed der emanatie bestaat, mag worden geconcludeerd, dat deze invloed in ieder geval met de dynamiek der photosynthetische assimilatie, derhalve met de productie van organische massa, samenhangt. Een bewijs hiervoor ziet hij mede in de synthese van suiker (hexose) uit koolzuuranhydried en H in statu nascendi bij aanwezigheid van KOH onder invloed der radiumemanatie.

De schadelijke invloed der emanatie op de ontwikkeling der bladen van de in het licht gekweekte suikerbieten zou moeten wor-

den toegeschreven aan een biologische tegenstelling tussen de β -stralen van het kalium en de α -stralen van het radium.

In 1934 compileert Stoklasa (24) ten slotte de resultaten van een aantal nieuwe onderzoekingen met *Nicotiana rustica* en *Vicia faba*, waarbij de invloed van de β - en γ -stralen van het radium vergeleken wordt met die derzelfde stralen van kalium. Hierbij bleek, dat in beide gevallen door bestraling een meeropbrengst van ca 100 % van het drooggewicht werd verkregen, indien de planten dag en nacht waren bestraald en een surplus van ca 80 % bij bestraling overdag alleen. De proef was zo ingericht, dat het radiumhoudende agens als ook het kaliumsulfaat in een glazen buisje boven de proefpotten was bevestigd.

Uit de tot nu weergegeven ervaringen van hen, die zich met de studie van de invloed der radiumemanatie bezig hielden, blijkt wel, dat de radioactiviteit in het algemeen een vegetatiefactor is, die bij de ontwikkeling der planten een bijzondere rol kan spelen en die derhalve bij physiologische onderzoekingen eveneens aandacht verdient. Van betekenis wordt dan eveneens de vraag, hoe het staat met de natuurlijke radioactiviteit der cultuurgronden. Hierop zij nog in het kort ingegaan.

De invloed der natuurlijke radioactiviteit der mineralen, gesteenten en bodemsoorten.

Uit de onderzoekingen van Stoklasa (5 blz. 115) blijkt, dat de verschillende gesteentesoorten en de daaruit ontstane cultuurgronden duidelijke verschillen in radioactiviteit vertonen.

Interessant is daarbij, dat de bosgronden in de diepere lagen steeds iets sterker radioactief zijn, dan de uit dezelfde gesteenten ontstane akkergronden. In het bijzonder geldt dit voor de gronden van het podsoltype. Hoezeer de ontwikkeling van verschillende boomsoorten afhangt van de radioactiviteit van het substraat, demonstreert Stoklasa met een aantal foto's o.a. van *Fagus silvatica*, *Quercus sessiflora* e.a.

Ook het onderzoek van A. A. en B. A. Krassink (25) wijst in deze richting, daar zij een grotere vruchtbaarheid van een aantal gronden konden vaststellen in afhankelijkheid van het emanatiegehalte van de bodemlucht. De radioactiviteit bleek verder het grootst te zijn in alluviale gronden, en het geringst in veengronden. In overeenstemming met Stoklasa vonden zij, dat de radioactiviteit met de diepte toeneemt, bovendien afhankelijk is van de hoeveelheid bodemwater en een maximum bereikt bij gronden in droge toestand.

Bovenstaande bewijst ten slotte nog, dat radioactiviteit geacht mag worden een aan alle cultuurgronden gebonden eigenschap te zijn, hetgeen verklaard wordt door het feit dat alle gesteentevormende mineralen zowel uranium als thorium in een disperse vorm, zij het ook in wisselende hoeveelheden, bevatten.

LITERATUUR.

1. F. Giesel: Radioaktive Substanzen. 1902.
2. Schwarz: Ueber die Wirkung der Radiumstrahlen. Arch. f. d. ges. Phys. 1903.
3. M. Koernicke: Die Wirkung der Radiumstrahlen auf die Keimung und das Wachstum. Ber. Deutsch. Bot. Ges. 22. 155 1904.
Idem: Ueber die Wirkung von Röntgen- und Radiumstrahlen

auf pflanzliche Gewebe und Zellen. Ber. Deutsch. Bot. Ges. 23. 404. 1905.

4. A. Hebert en A. Kling: De l'influence des radiations du radium sur les fonctions chlorophylliennes et respiratoires chez les végétaux. Compt. Rend. Ac. Sc. 149, 230, 1909.

5. J. Stoklasa en J. Penkava: Biologie des Radiums und der radioaktiven Elemente. Bd. 1. 1932.

6. J. Stoklasa: Influence de la radioactivité sur le développement des plantes. Compt. Rend. Ac. Sc. 155, 1079. 1912.

7. J. Stoklasa en V. Zdobnicky: Influence des emanations radioactives sur la végétation. Compt. Rend. Ac. Sc. 157, 1082. 1913.

8. J. Stoklasa: Influence de la radioactivité sur les micro-organismes fixateurs d'azote ou transformateurs de matières azotées. Compt. Rend. Ac. Sc. 157, 879. 1913.

9. E. Kayser en H. Delaval: Radioactivité, fixateurs d'azote et leveurs alcooliques. Compt. Rend. Ac. Sc. 181, 151. 1925.

10. J. Stoklasa: De l'influence de l'uranium et du plomb sur la végétation. Compt. Rend. Ac. Sc. 156, 153. 1913.

11. H. H. Rusby: Einfluss radioaktiver Erde und Ernteproduktion. Ref. in Jahresb. Fortschr. Agr. Chem. 18, 138, 1915.

12. J. Stoklasa en J. Penkava: Biologie des Uraniums. Bioch. Zeitschr. 194, 1. 1928.

13. A. Lepape en R. Trannoy: Influence du radium sur les rendements cultureaux de quelques plantes. Compt. Rend. Ac. Sc. 199, 316. 1934.

14. Idem: Fixation par les plantes du radium mis à leur disposition dans le sol. Compt. Rend. Ac. Sc. 199, 803. 1934.

15. H. G. Söderbaum: Versuche mit radioaktiven Düngemitteln. Ref. in Jahresb. Fortschr. Agr. Chem. 15, 125. 1912.

16. W. H. Ross: The use of radioactive substance as fertilizers. U.S. Dept. Agr. Bull. 149. 1914.

17. O. Loew: Ueber die Wirkung des Urans auf Pflanzen. Bull. Coll. Agr. Tokyo Imp. Univ. 5, 173. 1902/3.

18. Idem: On the treatment of crops by stimulating compounds. Bull. Coll. Agr. Tokyo Imp. Univ. 6. 1904.

19. J. J. Lipman en A. W. Blair: Methods and results in vegetation experiments. New Yers. Agr. Exp. Stat. Bull. 269, 6. 1914.

20. C. G. Hopkins en W. H. Sachs: Versuche von Radiumdüngemitteln auf Feldern. Ref. in Int. Mitt. Bodenk. 6, 71. 1916.

21. Th. Thommasina: Constatation d'une radioactivité propre aux êtres vivants végétaux et animaux. Compt. Rend. Ac. Sc. 139, 730. 1904.

22. P. Becquerel: Recherche sur la radioactivité végétale. Compt. Rend. Ac. Sc. 140, 54. 1905.

23. E. Henriot en G. Vavon: Sur la radioactivité des sels de potassium. Compt. Rend. Ac. Sc. 149, 30. 1909.

24. J. Stoklasa: Neue Forschungen über die Bedeutung des Kaliums beim Aufbau neuer lebender Pflanzenmasse. Ern. d. Pfl. 30, 209. 1934.

25. A. A. en B. A. Krassink: Radioactivité de l'air du sol dans la zone des podsols. Pedology 4, 437, 1932.

Radio-activiteit en plantengroei

door

Dr. F. A. VAN BAREN.

539.153.631.547

Een juist begrip van de mogelijke betekenis van radioactieve stoffen voor de plantengroei kan niet wel gescheiden worden van een inzicht in het wezen der radioactiviteit zelve. Een korte inleiding moge derhalve hieraan gewijd zijn.

Inleiding.

In 1896 ontdekte de bekende Franse physicus Henri Becquerel een nieuwe eigenschap van een dubbelzout van kaliumsulfaat en uranylsulfaat (UO_2) $\text{SO}_4 \cdot \text{K}_2\text{SO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, door aan te tonen, dat dit zout spontaan en bij voortduring een doordringende straling uitzond. Weldra vond Maria Curie in Parijs en onafhankelijk van haar Schmidt in Berlijn, dat ook thoriumzouten soortgelijke stralingen uitzenden. Stoffen, die dit vermogen bezitten, noemde Becquerel radioactief (radius = straal; actief = werkzaam). De waarde van Becquerel's ontdekking werd ogenblikkelijk ingezien en het vraagstuk der radioactiviteit kon zich dan ook direct in een grote wetenschappelijke belangstelling verheugen, waarbij vooral de fundamentele onderzoekingen van het echtpaar Curie van bijzondere betekenis bleken te zijn. Zij waren het, die, in samenwerking met Bémont, de meest actieve stralen uitzendende substantie, het radium, in het uraanerts van Joachimsthal ontdekten, waarop in 1910 Mme Curie en Debierne er in slaagden dit element in zuivere toestand te isoleren.

Latere onderzoekingen leerden nog, dat ook aktinium, rubidium en kalium dergelijke stralen uitzenden.

Bij het bestuderen van deze stralen kwam naar voren, dat zij naast het vermogen om in het donker op een fotografische plaat in te werken ook positief en negatief geladen lichamen in een gasatmosfeer kunnen ontladen en tevens, en dit is wel het meest belangrijke, dat een buisje gevuld met bv. RaCl_2 na enige dagen of weken behalve radium en chloor een gasmengsel bevatte van helium en een ander gas, dat op grond van zijn eigenschappen eveneens tot de edelgassen gerekend moet worden en waaraan men de naam emanatie heeft gegeven.

Uit het radiumchloride zijn derhalve twee nieuwe elementen gevormd. Verder onderzoek bracht aan het licht, dat het helium zich bleef vormen, emanatie daarentegen een maximum bedrag niet te boven kwam doch op zijn beurt zich splitste in helium en radium A, dit weer in helium en radium B enz. met als constant eindstadium het radiumlood.

De tijd waarin radium en de opvolgende producten zich splitsen is zeer verschillend; men rekent hierbij met het tijdsverloop waarin de helft zich in het nieuwe product heeft omgezet en noemt dit de halverings-constante. Deze is voor radium 1580 jaar, voor radium-emanatie 3,823 dagen, voor het tussenstadium radium B 26,8 minuten enz..

Het voornaamste kenmerk was zo als gezegd de vorming van