



# De relatie tussen CO<sub>2</sub> en vegetatie

LEAN BAZUIN  
LEANBAZUIN@HOTMAIL.COM

AFBEELDING 1 BOVEN. | Een regenwoud in Frans Polynesië. Foto: Daniel Julie / Flickr / CC BY 2.0

De geosfeer is een belangrijke component van systeem aarde en is ook een onderdeel dat binnen de geologie veelvuldig bestudeerd wordt. Systeem aarde is een samenspel tussen de verschillende sferen en de in- en output van energie. In Grondboor & Hamer wordt veelvuldig aandacht besteed aan de geosfeer maar veel minder aan de hedendaagse biosfeer en hoe deze een rol speelt binnen het klimaat. De biosfeer speelt namelijk een belangrijke rol binnen de koolstofkringloop. Dit artikel richt zich op een heel klein deel van deze kringloop, namelijk de relatie tussen planten en de concentratie CO<sub>2</sub> in de lucht.



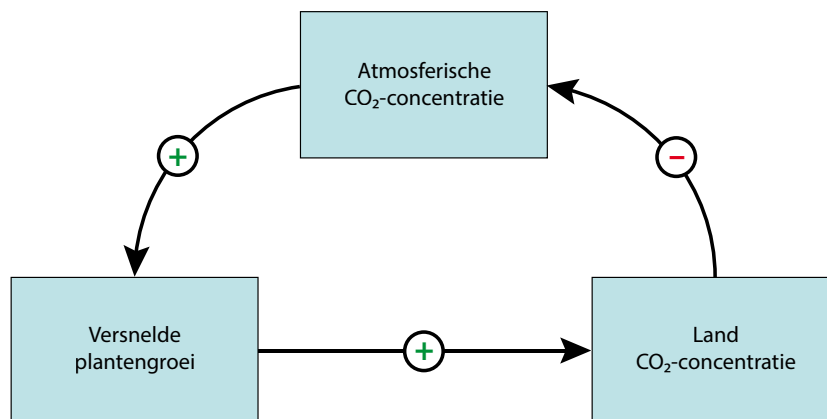
Planten hebben CO<sub>2</sub> nodig als voedingsstof maar sinds de industriële revolutie zijn de CO<sub>2</sub>-concentraties in de atmosfeer hoger dan ze in de laatste 800.000 jaar geweest zijn. Hierdoor is meer voeding voor planten voorhanden waardoor planten sneller kunnen foto-synthetiseren. Bij fotosynthese worden water en CO<sub>2</sub> omgezet in suikers die dienen als voedingsstof voor planten. Het gevolg hiervan is dat vegetatiestructuren wereldwijd aan het veranderen zijn. Het effect van deze snellere groei wordt ook wel het CO<sub>2</sub>-bemestingseffect genoemd.

## CO<sub>2</sub>-vegetatiefeedback

Hoe meer CO<sub>2</sub> er in de atmosfeer terecht komt, hoe sneller planten kunnen foto-synthetiseren en hoe sneller planten kunnen groeien. De antropogene en natuurlijke bronnen van CO<sub>2</sub> vormen daardoor een positieve feedbackloop met de vegetatiestructuren op aarde. Door de toename van de CO<sub>2</sub> concentraties in de atmosfeer wordt de aarde steeds groener. Of in andere woorden, de hoeveelheid plantaardige biomassa neemt toe. Deze feedbackloop is weergegeven in afbeelding 3.

De hoeveelheid CO<sub>2</sub> in de atmosfeer is niet de enige factor van invloed op de plantengroei. Er zijn diverse beperkende en versterkende factoren. Dit hangt samen met het voorhanden zijn van andere voedingsstoffen van planten zoals stikstof en fosfaat. In gebieden met een te hoge stikstofdepositie zal de hoeveelheid plantaardige biomassa sneller, meer en tot een groter hoeveelheid toenemen dan een gebied waar de grond heel voedselarm is. Maar ook landgebruik, de hoeveelheid water en de soort specifieke eigenschappen van planten spelen een rol. Ook is niet alle vergroening een gevolg van een verhoogde atmosferische CO<sub>2</sub>. Zo komt een deel van de vergroening door stikstofdepositie en veranderend landgebruik en niet primair door een toename van atmosferische CO<sub>2</sub>.

Doordat er meerdere factoren zijn die een invloed hebben is er ook geen lineair verband tussen de hoeveelheid atmosferische CO<sub>2</sub> en vergroening. Hierdoor is het lastig in te schatten hoeveel plantaardige biomassa er nu precies bijkomt door de verhoogde atmosferische concentraties. Ook is het niet aannemelijk dat de vergroening



AFBEELDING 2. | Een versimpelde weergave van de CO<sub>2</sub>-vegetatiefeedback.

een oneindig proces is. Het is aannemelijker dat andere voedingsstoffen voor planten als beperkende factor gaan dienen waardoor er een nieuw evenwicht ontstaat.

## Veranderingen in vegetatie

Door de verschillende factoren die van invloed zijn op de daadwerkelijke toename aan biomassa is het lastig om de toename door extra CO<sub>2</sub> goed in kaart te brengen. Zhu *et al.* (2016). Hebben getracht de verandering in vegetatie in kaart te brengen. Hiervoor hebben ze gebruik gemaakt van drie datasets uit de bladoppervlakte-index (leaf area index). Deze index geeft de hoeveelheid blad per oppervlakte-eenheid aan, wat inhoudt dat houtige delen van de plant bij deze index niet meegenomen worden. Een verschil in bladoppervlakte-index kan ook echt een significant verschil maken wat betreft vegetatie. Dit wordt geïllustreerd met afbeelding 3. Deze satellietfoto laat het kleurverschil dat vanuit de lucht zichtbaar is voor verschillende cultuurgewassen met een verschillende bladoppervlakte-index.

Uit het onderzoek van Zhu *et al.* (2016) bleek dat in de periode 1982-2009 zo'n 25% tot 50% van de aarde extra vergroening vertoonde in het groeiseizoen. Ongeveer 70% hiervan kon toegeschreven worden aan een toename van atmosferische CO<sub>2</sub>-concentraties. Hoewel de vergroening aanzienlijk is en de antropogene CO<sub>2</sub>-uitstoot voorlopig geen teruggang laat zien, blijft de toename aan plantaardige biomassa niet in hetzelfde tempo toenemen. Wang *et al.* (2020). hebben met behulp van hun vegetatiemodellen laten zien dat in de periode 1982 tot 2015 wel vergroening plaatsvond maar dat de snelheid afneemt.

De veranderingen in vegetatie zijn zowel op regionale als mondiale schaal waar te nemen. Een verandering op een meer mondiale schaal is waar te nemen in de tropen, waar CO<sub>2</sub> voor vergroening zorgt. In dit gebied zijn zowel water als stikstof geen beperkende factor. Veranderingen in het zuidoosten van China en het oosten van de Verenigde Staten hebben dan weer een meer regionaal karakter. Maar niet in alle gebieden vindt er door de extra atmosferische CO<sub>2</sub> vergroening plaats. Gebieden met weinig stikstof, zoals in het hoge noorden, worden alleen groener als er ook een bron van stikstof is.

Voor de voorspelling van toekomstige veranderingen in vegetatie wordt gebruik gemaakt van zogeheten Earth System Models. Of meer specifiek: CMIP5, de vijfde versie van het Coupled Model Intercomparison Project. De modelberekeningen geven verschillende prognoses voor toekomstige vergroening. De vraag is alleen hoe accuraat de huidige modellen zijn op dit punt. Hararuk *et al.* (2018) hebben het vergroeningseffect onderzocht aan de hand van de jaarringen van bomen in oude subalpiene bossen in West-Canada. Wanneer een boom sneller groeit neemt de afstand tussen de jaarringen toe. Maar in het onderzochte bos zijn de oude bomen niet sneller gaan groeien. Dit is in lijn met wat Zhu *et al.* (2016), die vermelden dat een tekort aan stikstof (en andere voedingsstoffen) een beperkende factor kan zijn, en dit is in de regel het geval in oude bossen.



De output van de diverse CMIP5-modellen schuurt met het onderzoek van Hararuk *et al.* (2018), wat doet vermoeden dat de huidige modellen de hoeveelheid vergroening in bossen kan overschatten. Dit maakt het lastig om te voorspellen in welke mate er vergroening plaats gaat vinden in de toekomst, maar ook in hoeverre de door Wang *et al.* (2020) geconstateerde afname in vergroeningssnelheid doorzet.

### Vergroening en de veranderende omgeving

De vergroening brengt ook veranderingen in lokale ecosystemen met zich mee. Deze veranderingen uiten zich door een verandering in energie binnen een ecosysteem. Vegetatie is namelijk een belangrijke schakel in wisselwerkingen tussen de aarde en de atmosfeer. Op lokaal niveau gaat het veelal om veranderende verhoudingen tussen de biosfeer, de bodem en de lagere luchtlagen gezien de verhoudingen tussen de verschillende feedbacks veranderen. Maar ook op een mondiale schaal kunnen er veranderingen optreden, meer vegetatie zorgt voor een afkoelen van de oppervlaktetemperatuur en een verandering in luchtweerstand.

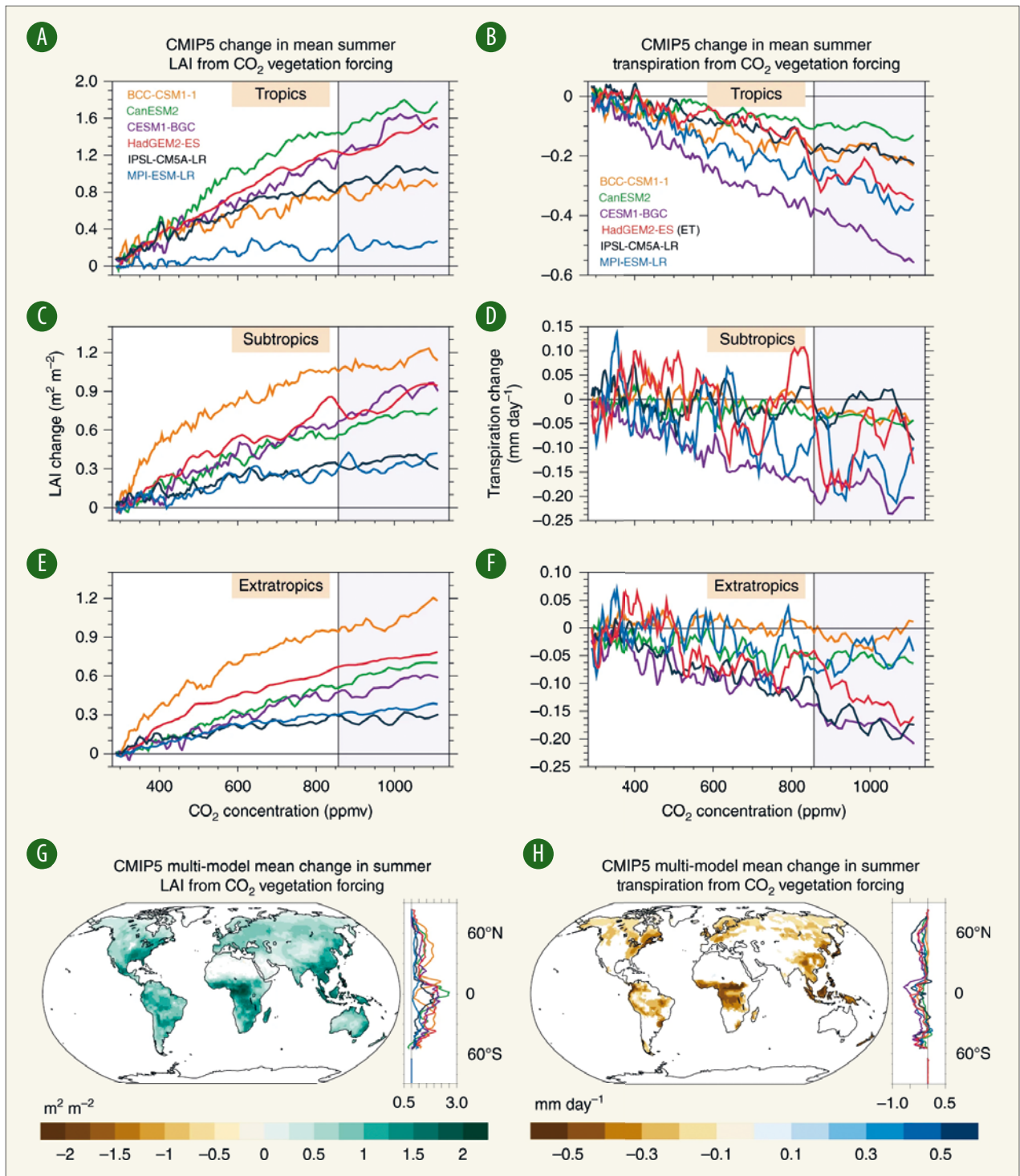
Chen *et al.* (2020) betogen dat vergroening een verkoelend effect heeft op de temperatuur van het landoppervlak. Ze hebben hiervoor gegevens over de periode 2000-2014 geanalyseerd. In gebieden waar de bladoppervlakte-index toeneemt, daar neemt de luchtweerstand af. Meer vegetatie betekent meer obstakels wanneer er lucht verplaatst wordt en daardoor minder wrijving. Een verandering in de luchtweerstand heeft invloed op het transport van zowel de voelbare en latente warmte. Van secundair belang zijn de bodemvochtigheid en de structuur van de vegetatie. Tijdens de fotosynthese zetten planten CO<sub>2</sub> om in water. De meeste planten gebruiken hiervoor water uit de bodem. Na de fotosynthese verdampt een deel van het water via de poriën in de bladeren van planten. Dit zorgt voor veranderingen in de luchtvochtigheid en de bodemweerstand. Dit zou dan voor een afname moeten zorgen. Skinner *et al.* (2018), kwamen tot een andere conclusie. Zij voorspellen dat door de toename aan CO<sub>2</sub> tijdens de zomers juist hittegevolgen versterkt. Dit komt doordat water vaak de beperkende factor is waardoor het verkoelende effect juist teniet doet. In gebieden met waterschaarste onttrekken planten meer water uit de grond omdat er meer water nodig is om hun groei te faciliteren. Hierdoor kunnen gebieden verdrogen, ondanks dat er juist

sprake is van vergroening. Dit effect is voornamelijk lokaal en speelt op in gebieden waar water toch al schaars was. Extra wateropname door planten kan ook verdroging van een gebied door andere factoren, zoals grondwateronttrekking, versnellen. Zonder de evaporatie blijft warme lucht alleen maar tussen de boom hangen. De voorspelde stijgingen in temperatuur worden weergegeven als afbeelding 4. Juist de verschillen van inzicht tussen wetenschappers benadrukken nog maar eens dat vegetatiefeedbacks nog lang niet altijd goed begrepen zijn.

Door de verkoelende effecten van plantengroei is meer groen ook een aantrekkelijke klimaatadaptatiemaatregel. Waar in de praktijk minder rekening mee gehouden wordt is de beschikbaarheid van zoet water. Naast dat groen onder de verkeerde omstandigheden juist voor een verhoging kan zorgen van de temperatuur is er ook het risico is dat mensen en planten gaan concurreren om dezelfde schaarse waterbronnen. Vergroenen is nog steeds een zeer belangrijke klimaatadaptatiemaatregel, maar dient wel binnen de juiste proporties toegepast te worden. Een stad in een jungle veranderen kan bijvoorbeeld onvoorspelbare effecten opleveren.



AFBEELDING 3. | Luchtfoto van het Sentinel-2 project dat onder andere gewassen onderscheidt op basis van de bladoppervlakte-index. Bron: European Space Agency, CC BY-SA 3.0 IGO



AFBEELDING 4. | Voorspelde stijgingen in temperatuur en veranderende vegetatie in de zomer volgens Skinner et al. 2018 (CC-BY-4.0).

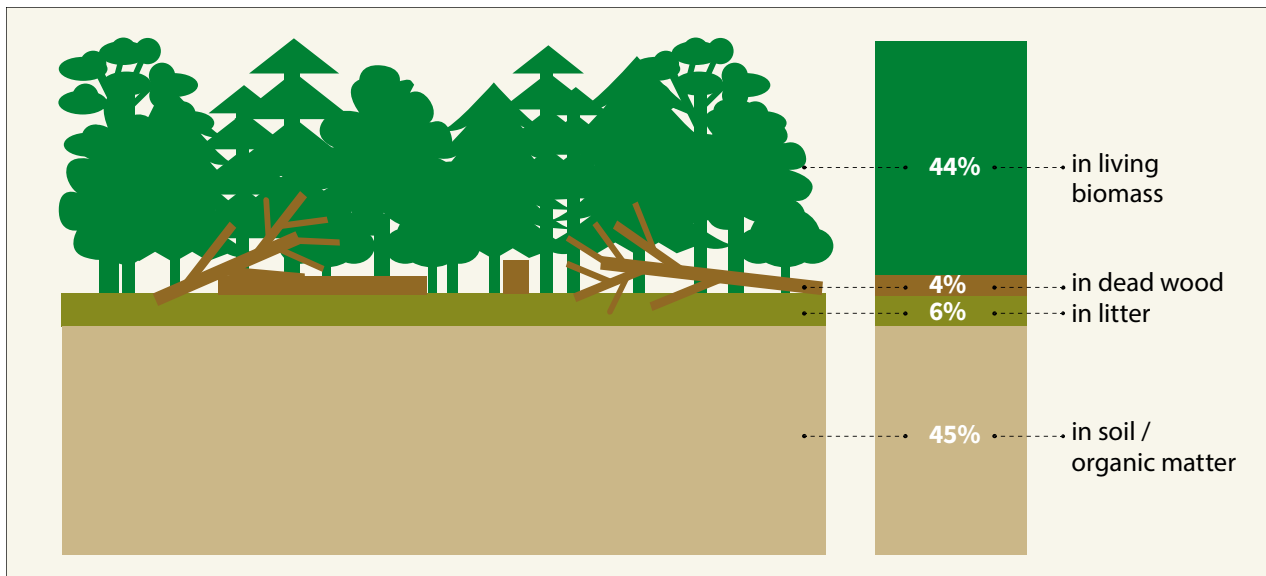
Hoe dan ook, terug naar de luchtweerstand. Doordat vergroening zorgt voor een vermindering van de luchtweerstand ondervinden de turbulente luchtstromen minder hinder. Deze luchtstromen bewegen zich niet horizontaal maar verticaal en gaan daarmee door de verschillende luchtlagen heen. Dit zorgt ervoor dat hoe meer de aarde vergroent, hoe instabieler de grens tussen de verschillende luchtlagen

wordt. Hoe en of deze veranderingen impact hebben op systeem aarde behoeft nader onderzoek, de gevolgen voor de opwarming van de aarde zijn niet helder.

### CO<sub>2</sub>-opslag en het mondiale koolstofbudget

Een betrouwbare kwantificatie van opslag van CO<sub>2</sub> door planten mag dan wel lastig zijn maar het IPCC heeft wel enige projecties gemaakt voor de toekomst. De planten fungeren als opslag voor CO<sub>2</sub>. Dit effect is door de ruim voorhanden zijnde nutriënten voor plantengroei en gunstige temperaturen het grootst in de tropen. De eerder genoemde Earth System Models van het IPCC laten een toename in opslag van CO<sub>2</sub> in land zien in de periode 1860 tot en met 2100. Deze toename is voornamelijk toe te schrijven aan vergroening door CO<sub>2</sub>. Wanneer





AFBEELDING 5. | Schematisch overzicht van de verhoudingen waarin koolstof in een bosecosysteem opgeslagen wordt.  
Bron: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), CC BY-SA 3.0

planten afsterven of delen afsterven (denk aan vallende bladeren) komt een deel van de CO<sub>2</sub> die in de plant opgeslagen lag in de bodem terecht. Afbeelding 5 geeft een globaal overzicht van in welke verhoudingen deze CO<sub>2</sub> opgeslagen wordt.

De hoeveelheid CO<sub>2</sub> die door de extra plantengroei uit de lucht gehaald kan worden is van een veel kleinere orde dan de CO<sub>2</sub> die door de mens uitgestoten

wordt en de hoeveelheid CO<sub>2</sub>-uitstoot die gereduceerd moet worden. Hoewel de vergroening zorgt voor extra opname zorg deze vergroening niet voor het afkoelen van de wereldwijde gemiddelde temperatuur.

## LITERATUUR

Canadell, J.G., P.M.S. Monteiro, M.H. Costa, L. Cotrim da Cunha, P.M. Cox, A.V. Eliseev, S. Henson, M. Ishii, S. Jaccard, C. Koven, A. Lohila, P.K. Patra, S. Piao, J. Rogelj, S. Syampungani, S. Zaehle, and K. Zickfeld, 2021. *Global Carbon and other Biogeochemical Cycles and Feedbacks*. In *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 673–816, doi:10.1017/9781009157896.007.

Chen, C., Li, D., Li, Y., Piao, S., Wang, X., Huang, M., Gentine, P., Nemani, R.R. & Myneni, R.B. (2020, 20

november). *Biophysical impacts of Earth greening largely controlled by aerodynamic resistance*. *Science Advances*, 6(47). <https://doi.org/10.1126/sciadv.abb1981>

Hararuk, O., Campbell, E.M., Antos, J.A. & Parish, R. (2019, februari). *Tree rings provide no evidence of a CO<sub>2</sub> fertilization effect in old-growth subalpine forests of western Canada*. *Global Change Biology*, 25(4), 1222–1234. <https://doi.org/10.1111/gcb.14561>

Terrer, C., Jackson, R.B., Prentice, I.C., Keenan, T.F., Kaiser, C., Vicca, S., Fisher, J.B., Reich, P. B., Stocker, B.D., Hungate, B. A., Peñuelas, J., McCallum, I., Soudzilovskaia, N.A., Cernusak, L.A., Talhelm, A.F., Van Sundert, K., Piao, S., Newton, P.C.D., Hovenden, M.J., . . . Franklin, O. (2019, 12 augustus). *Nitrogen and phosphorus constrain the CO<sub>2</sub> fertilization of global plant biomass*. *Nature Climate Change*, 9(9), 684–689. <https://doi.org/10.1038/s41558-019-0545-2>

Skinner, C.H., Poulsen, C.J., &

Mankin, J.S. (2018). *Amplification of heat extremes by plant CO<sub>2</sub> physiological forcing*. *Nature Communications*, 9(1). <https://doi.org/10.1038/s41467-018-03472-w>

Wang, S., Zhang, Y., Ju, W., Chen, J.M., Ciais, P., Cescatti, A., Sardans, J., Janssens, I.A., Wu, M., Berry, J.A., Campbell, E., Fernández-Martínez, M., Alkama, R., Sitch, S., Friedlingstein, P., Smith, W.K., Yuan, W., He, W., Lombardozzi, D., . . . Peñuelas, J. (2020, 11 december). *Recent global decline of CO<sub>2</sub> fertilization effects on vegetation photosynthesis*. *Science*, 370(6522), 1295–1300. <https://doi.org/10.1126/science.abb7772>

Zhu, Z., Piao, S., Myneni, R.B., Huang, M., Zeng, Z., Canadell, J.G., Ciais, P., Sitch, S., Friedlingstein, P., Arneeth, A., Cao, C., Cheng, L., Kato, E., Koven, C., Li, Y., Lian, X., Liu, Y., Liu, R., Mao, J., . . . Zeng, N. (2016, 25 april). *Greening of the Earth and its drivers*. *Nature Climate Change*, 6(8), 791–795. <https://doi.org/10.1038/nclimate3004>

