

---

DE KOOLSTOF CYCLUS, MONDIAAL EN OP GEWASNIVEAU

---

J. Goudriaan

1. INLEIDING

Het  $\text{CO}_2$  gehalte van de atmosfeer is in de laatste honderd jaar gestegen van ca 290 ppm tot ca 340 ppm. Momenteel bedraagt de toename ongeveer 1,5 ppm per jaar. De oorzaak is grotendeels gelegen in het gebruik van fossiele brandstoffen, en in geringere mate ook in ontbossing. Naar schatting zal in het midden van de volgende eeuw een  $\text{CO}_2$ -gehalte van 500-600 ppm bereikt worden, hetgeen een gemiddeld <sup>verhogend effect</sup> temperatuuroverstijging van 2-3 C met zich mee zal brengen. De snelheid van koolstofvastlegging in natuurlijke en landbouwgewassen zal waarschijnlijk toenemen. Koolstofvastlegging op langere termijn kan optreden in houtige delen en vooral in organisch materiaal in de bodem.

2. DE BASIS VAN DE NETTO PRIMAIRE PRODUKTIE

De produktie van organisch materiaal is gebaseerd op de vorming van glucose uit water en koolzuur onder invloed van licht. Bij landplanten is verlies van waterdamp door huidmondjes niet te voorkomen als de plant  $\text{CO}_2$  uit de lucht opneemt. Wanneer watergebrek optreedt reageert de plant op korte termijn door de huidmondjes te sluiten en op langere termijn door gereduceerde bladgroei of zelfs bladverlies. In alle gevallen worden zowel waterverlies als  $\text{CO}_2$ -opname beperkt. Om deze reden bestaat een zekere evenredigheid tussen de netto primaire produktie en de beschikbaarheid van water.

Het primaire fotosyntheseproduct, glucose, wordt in ander materiaal als zetmeel, cellulose, lignine, vetten aminozuren etc. omgezet onder gebruik van glucose als energiebron en onder gebruik van nutriënten als stikstof, fosfaat en kalium. Indien gebrek bestaat aan één van deze nutriënten zal de netto primaire produktie (NPP) sterk gecorreleerd zijn aan de beschikbaarheid daarvan.

---

De groei bij optimale voorziening van water en nutriënten wordt potentiële groei genoemd, en is dan gedurende het groeiseizoen vooral gerelateerd aan de inkomende straling. Voor onze streken ligt deze groeisnelheid in de buurt van de 200 kg droge stof ha<sup>-1</sup> dag<sup>-1</sup>.

### 3. EFFEKTEN VAN CO<sub>2</sub>-VERHOGING IN DE ATMOSFEER

Het is een klassieke waarneming dat de CO<sub>2</sub>-assimilatiesnelheid toeneemt bij toenemende CO<sub>2</sub>-concentratie. De grootte van het effect hangt af van andere factoren als licht, water, voedingsstoffen, temperatuur en is sterker naarmate de voorziening met deze andere factoren beter is. Als gevolg van een verhoogde assimilatiesnelheid stijgt ook de reservevoorraad aan koolhydraten (suiker en zetmeel) in de plant, waardoor veelal de groei van verschillende organen gestimuleerd wordt.

In de regel profiteren de wortels meer van de verhoging van dit reserveniveau dan de bovengrondsedelen. Vlinderbloemigen reageren vrij sterk op een verhoging van het CO<sub>2</sub>-gehalte, omdat de stikstofbinding in de wortelknolletjes sterk wordt gestimuleerd. Verhoging van het CO<sub>2</sub>-gehalte veroorzaakt vaak een verschuiving in chemische samenstelling naar koolhydraten ten koste van stikstofhoudende verbindingen, zowel van vrij nitraat als van eiwit.

Een overtuigende hoeveelheid literatuurgegevens bewijst dat verhoging van het CO<sub>2</sub>-gehalte onder geconditioneerde omstandigheden, met name in kassen groeistimulerend werkt. Uitzondering hierop vormt de groei van de zg. C<sub>4</sub>-planten, die zich door een hogere fotosynthesesnelheid, een hoger temperatuur optimum, een lager CO<sub>2</sub>-compensatiepunt, een hogere efficiëntie van watergebruik, en vaak ook een lager stikstofgehalte van de grote groep van de C<sub>3</sub>-planten onderscheidt.

Tabel 1 geeft een overzicht van een aantal belangrijke C<sub>3</sub> en C<sub>4</sub> planten.

TABEL I

| <u>C<sub>3</sub>-planten</u>              | <u>C<sub>4</sub>-planten</u>        |
|-------------------------------------------|-------------------------------------|
| inheemse granen, rijst                    | tropische grassen als mais, sorghum |
| suikerbiet, aardappel, zonnebloem         | gierst                              |
| alle vlinderbloemigen met stikstofbinding | suikerriet                          |
| alle bomen                                | enkele zoutminnende planten als     |
|                                           | Engels slijkgras, loogkruid,        |
|                                           | enkele meldesoorten                 |

Bij deze groep induceert stijgend  $\text{CO}_2$  in de buitenlucht sluiting van de huidmondjes zodat het inwendig  $\text{CO}_2$  gehalte en daarmee de assimilatiesnelheid nauwelijks stijgen. De transpiratiesnelheid wordt door deze sluiting van huidmondjes sterk verminderd, zodat de efficiëntie van het watergebruik toeneemt. Hetzelfde geldt voor de  $\text{C}_3$  planten, maar daar ligt de winst meer bij verhoging van assimilatie en in mindere mate bij vermindering van transpiratie. Voor beide groepen van planten zal dus verwacht mogen worden dat minder water nodig zal zijn per eenheid gevormde biomassa.

Vrijwel alle proeven met  $\text{CO}_2$  dosering zijn uitgevoerd onder omstandigheden waarin geen tekort aan water of voedingsstoffen bestond. Het groeibevorderende effect van  $\text{CO}_2$  staat dan buiten twijfel. In de meeste natuurlijke vegetaties, en ook bij veel landbouwgewassen, is de groei over een heel seizoen genomen veelal beperkt door een gebrek aan voedingsstoffen of aan water. Het eind van het groeiseizoen wordt dan ingeluid door een uitputting van de voorraad van bijv. stikstof. Het blijkt dat gewassen de opgenomen hoeveelheid stikstof tot een zeker minimumgehalte kunnen verdunnen voordat de groei stopt. Daardoor bestaat een goed verband tussen opbrengst en stikstofopname (De Wit et al., 1979). Wanneer voor een groeiseizoen een ontoereikende voorraad nutriënten ter beschikking staat zal verhoging van het  $\text{CO}_2$ -gehalte weliswaar de groeisnelheid tijdelijk verhogen, maar of ook de eindopbrengst hoger zal uitvallen is de vraag. Waarschijnlijk is de beschikbare voorraad eerder uitgeput en wordt het groeiseizoen bekort.

Er zijn echter aanwijzingen dat bij verhoogd  $\text{CO}_2$  planten mogelijkterwijs kunnen volstaan met een lager stikstofgehalte in de plant, zodat ook bij stikstoftekort de biomassa toch kan stijgen. Het lijkt erop dat dit effect tot  $\text{C}_3$  planten beperkt zal zijn. De effecten van  $\text{CO}_2$  verhoging zijn samengevat in tabel 2.

TABEL 2

Enkele effecten van  $\text{CO}_2$ -toename bij  $\text{C}_3$  en  $\text{C}_4$  planten.

|                                    | $\text{C}_3$ | $\text{C}_4$ |
|------------------------------------|--------------|--------------|
| Fotosynthese                       | +            | 0            |
| Fotorespiratie                     | -            | afwezig      |
| Transpiratie                       | -            | --           |
| Wortel/spruit verhouding           | +            | ?            |
| Stikstofbinding (vlinderbloemigen) | +            | nvt          |
| Vruchtzetting en groei             | +            | ?            |
| Stikstof (of eiwit) gehalte        | -            | 0            |
| Koolhydraatgehalte                 | +            | ?            |

---

#### 4. DE C-CYCLUS IN EEN TERRESTRISCH ECOSYSTEEM

---

Een vaak gebruikt schema van reservoirs en fluxen is weergegeven in fig. 1. De fluxen, zoals de netto primaire produktie (NPP) worden op jaarbasis uitgedrukt. De netto primaire produktie geeft de aanwas die zou optreden als geen plant-materiaal zou verdwijnen door afsterven, bladval, begrazing, en oogsthandelingen.

De verhouding tussen de grootte van een reservoir (in een vierkant) en de fluxen geeft de gemiddelde verblijftijd in het reservoir. Voor de levende biomassa varieert dit van ca 1 jaar bij een akkergewas tot ca 30 jaar bij een naaldbos. Strooisel heeft een gemiddelde levensduur van ruim een jaar en bodemkoolstof van ca 50 jaar.

#### 5. DE C-CYCLUS OP WERELDSCHAAL

In figuur 2 zijn de voornaamste reservoirs en fluxen weergegeven. ( $1 \text{ Gt} = 10^9 \text{ ton} = 10^{15} \text{ g}$ ) De atmosfeer bevat ca 710 Gt C, overeenkomend met 338 ppm. In een model is getracht de dynamiek van dit systeem onder te brengen. Er is een stimulering van de NPP bij verhoogd  $\text{CO}_2$  in de atmosfeer aangenomen met een relatieve waarde van 0.5.

Eenzijds vindt opslag van koolstof plaats in de biosfeer, anderzijds vloeit er koolstof terug door ontbossing. Momenteel komt het er waarschijnlijk op neer dat tussen 0 en  $1 \text{ Gt C j}^{-1}$  in de biosfeer wordt vastgelegd. Door diffusie en sedimentatie van organisch materiaal verdwijnt in de oceaan ca  $1.5 \text{ Gt C j}^{-1}$ , zodat ca  $3 \text{ Gt j}^{-1}$  in de atmosfeer achterblijft.

#### LITERATUUR

- G.T.J. Spitters, 1981. Grondslagen Plantaardige Produktie. Landbouwhogeschool, Theoretische Teeltkunde.
- W. Larcher, 1980      Physiological Plant Ecology. Springer-Verlag.
- C.T. de Wit, H.H. van Laar and H. van Keulen, 1979. Physiological potential of crop production. In "Plant breeding perspectives" by J. Sneeep and A.J.T. Hendriksen (Eds). PUDOC, Wageningen.
- 
- B. Bolin, E.T. Degas, S. Kempe, P. Ketner, 1979. The global carbon cycle. John Wiley and Sons. New York.
-

## De C-cyclus in een terreestrisch ecosysteem

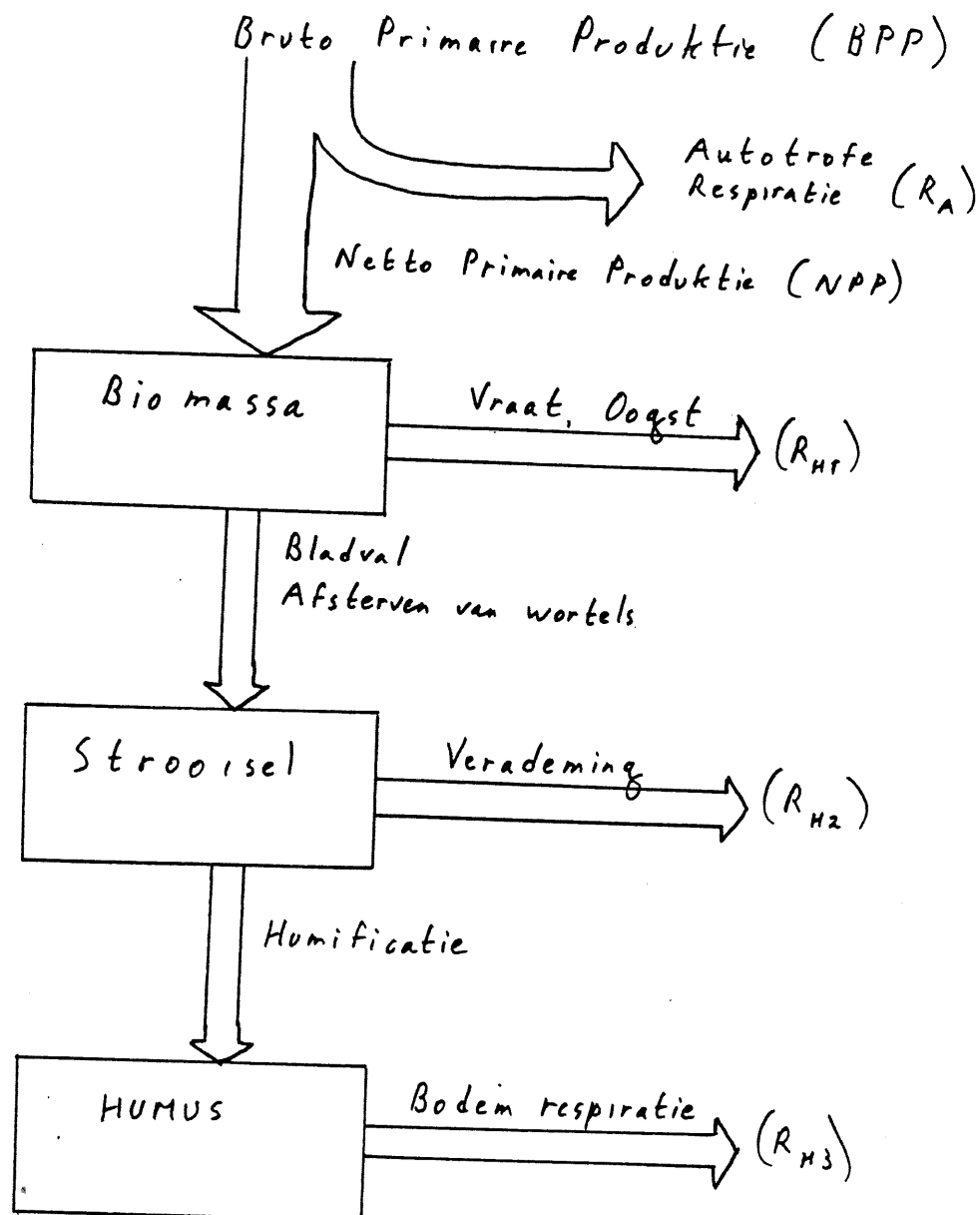


FIG.2 DE C-CYCLUS OP WERELDSCHAAL IN Gt C PER JAAR

