Fare i conti con l'ambiente
Rifiuti acqua energia
Ravenna 2016
18·19·20 maggio

Workshop M – Il Bosco coltivato ad Arte – 2^ edizione, focus biomasse

La nutrizione carbonica: significato per il mondo vegetale

Luigi Mariani

Università degli Studi di Milano - Dipartimento di Produzione Vegetale

www.ravenna2016.it

La nutrizione carbonica: significato per il mondo vegetale

Luigi Mariani

Università degli Studi di Milano - Dipartimento di Produzione Vegetale

Ravenna, 20 maggio 2016

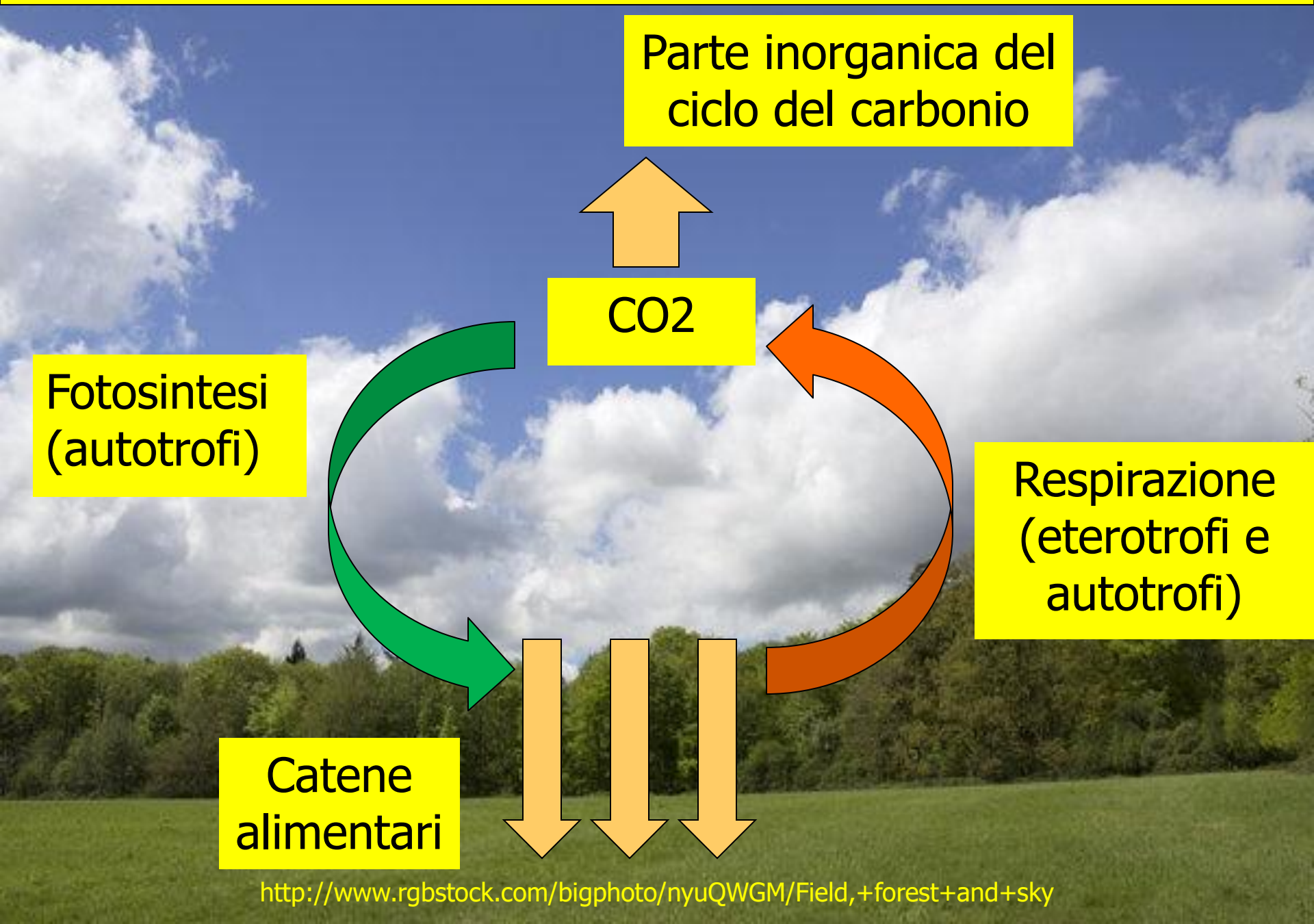
La vita vegetale e animale sul nostro pianeta raggiunge forme di una complessità stupefacente e di una bellezza commovente

http://www.projects-abroad.it/paesi/madagascar-volontariato/

http://www.focusjunior.it/imparo/enciclopedia-animali/volperossa?filter=v

http://japanesemaplesandevergreens.com/store/product/fagus-sylvatica-dawyck-gold-2-year-graft

Vita e ciclo del carbonio



http://www.rgbstock.com/bigphoto/nyuQWGM/Field,+forest+and+sky

l’anidride carbonica

L’anidride carbonica è il gas che, diffondendosi nell’atmosfera, garantisce la chiusura del ciclo del carbonio, connettendo mondo inorganico ed organico.

Potrei raccontare storie a non finire, di atomi di carbonio che si fanno colore o profumo nei fiori… (Primo Levi, Carbonio)

L'anidride carbonica – storia di una demonizzazione

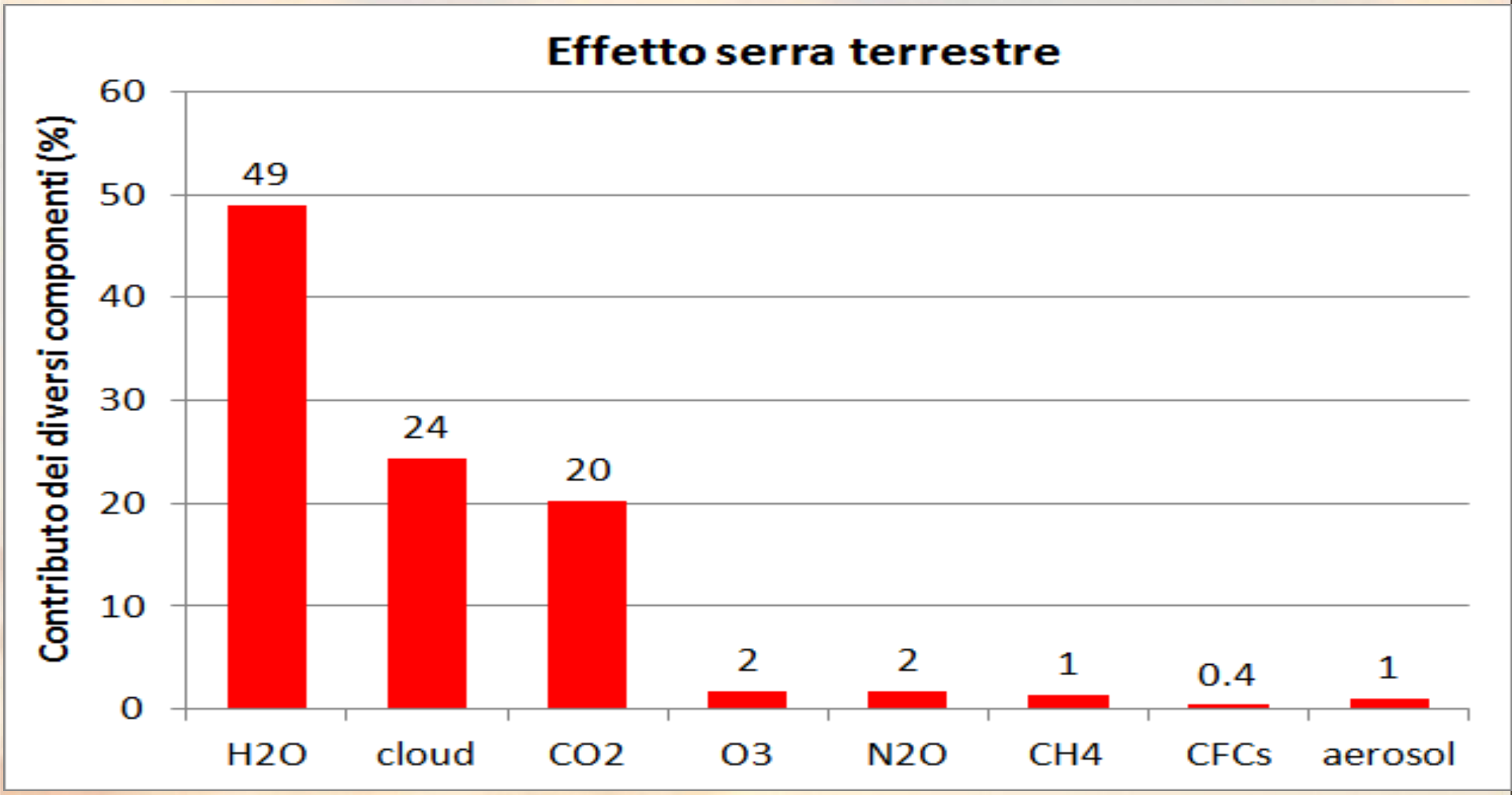
Credo che mai una molecola chimica sia stata così ingiustamente demonizzata quanto la CO_2.
Una demonizzazione che si associa alla demonizzazione di un fenomeno fisico, l'effetto serra.

E' **un duplice errore madornale in quanto senza CO_2 e senza effetto serra non ci sarebbe vita sul pianeta**

Da cosa deriva una tale deriva culturale?
Dalla necessità di ridurre a slogan la complessità dell'ecosistema -> quando si decide di "far marciare la gente" si debbono togliere di mezzo tutti i possibili dubbi e la prima vittima di ogni guerra è la verità…

Atmosfera terrestre: peso delle diverse sostanze a effetto serra

(il gigante dell'effetto serra è l'acqua, responsabile del 73% del fenomeno)



Source - LACIS A.A., Schmidt G.A., Rind D. Ruedy R.A., 2010. Atmospheric CO2: Principal Control Knob Governing Earth's Temperature, Science, 15 OCTOBER 2010 VOL 330.

E il ruolo climatico della CO_2 ?

Sul fatto che CO_2 abbia un effetto sul clima non vi sono dubbi: è responsabile del 18-20% dell'effetto serra complessivo (degli 0.85°C di incremento della temperatura terrestre osservato dal 1850 ad oggi il 60% potrebbe essere dovuto a tale gas).

Questo incremento di temperatura è stato negativo?
-Il XIX secolo come secolo molto freddo e ostile all'agricoltura
-Il mite XX secolo ha moltiplicato x 6 la produzione agricola
-Sul pianeta si muore molto più di freddo che di caldo, per cui da sempre le fasi calde sono chiamate optimum.

In sostanza la CO_2 ha un effetto sul clima ma l'effetto non sta al momento rivelandosi catastrofico.
Se tuttavia tale effetto ci impensierisce possiamo pensare di utilizzare forestazione e agricoltura come strumenti per regolare il ciclo del carbonio.

CO2 mattone della vita sul pianeta

CO_2 -> vita

La vita sul nostro pianeta è fondata sul carbonio che **è il componente principale delle materia vivente vegetale e animale** (40% circa della sostanza secca). Ciò è rispecchiato dalla scienza con discipline come la chimica organica (chimica dei composti del carbonio) e la biochimica (chimica della materia vivente).

Autotrofi= organismi in grado di produrre sostanza organica a partire dalla CO_2 Per organicare il carbonio gli autotrofi attingono energia alla luce solare (**foto-autotrofi** – piante superiori, alghe, batteri) o da reazioni chimiche come la nitrificazione (**chemio-autotrofi** – batteri).

Dagli autotrofi dipendono tutte le catene alimentari del pianeta per cui la nutrizione carbonica degli autotrofi ha un significato unico per l'ecosistema (di qui in avanti parleremo solo di foto-autotrofi e di piante superiori).

Esempi

Per aumentare la produzione in serra si ricorre da decenni alla concimazione carbonica (Moschini, 1960).

Per ottenere 8 t di granella di frumento si devono apportare 24 t di CO_2, 160 kg di N, 70 kg di P_2O_5 e 50 kg di K_2O

Per ottenere 1 t di legname vengono assorbite 1,5 t di CO_2.

Moschini E., 1960. Ricerche sulla concimazione carbonica del pomodoro coltivato in serra, Rivista di ortoflorofrutticoltura italiana, Vol. 44, No. 11/12 (Novembre-Dicembre 1960), pp. 436-458

Concimazione carbonica in serra

Producing CO_2 for Commercial Greenhouse Production

- Natural Gas
- Propane
- Flue gases from hot water boiler
- Compressed CO_2

CO_2 Greenhouse Levels

- 1,000 ppm or more have shown to increase tomato yields economically
- However, you must adjust based on plant maturity and environmental conditions
  - Bright, sunny weather 1000 ppm
  - Cloudy weather 750 ppm
  - Young plants 700 ppm
  - During moderate ventilation 350-400 ppm
  - Less needed as temperature and ventilation rates increase

Other Impacts

- Increased sugars (fruit crops)
- Reduced acid:sugar ratio (fruit crops)
- Taste improvement noticeable by consumers (fruit crops)
- Improved growth rates (fruit and ornamental)
- Shorter times to flowering for certain ornamental crops.

http://www.slideshare.net/buddy.tignor/carbon-dioxide-fertilization-181933

Un piatto di pasta

70 g di pasta contengono 28 g di carbonio, per ottenere i quali sono stati necessari 102 g di CO_2

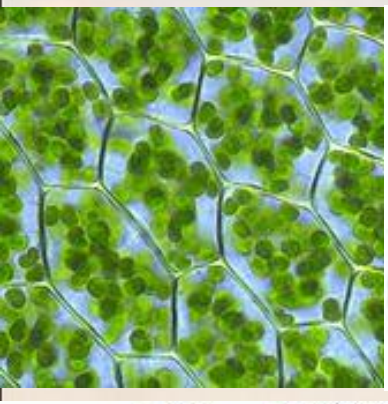
CO_2 e attività agricole e forestali

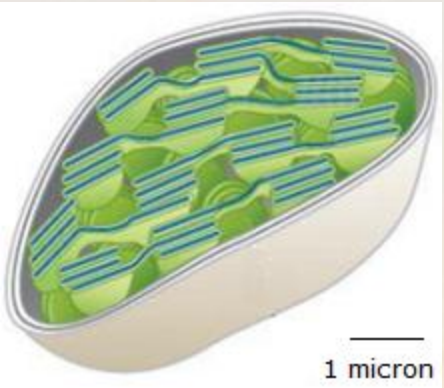
Agricoltura e forestazione = attività umane di governo e rafforzamento del ciclo del carbonio nelle fasi fondamentali di fotosintesi (CO_2 che diventa materia vivente) e respirazione (es. mineralizzazione della materia vivente con liberazione di CO_2) con lo scopo di produrre beni di consumo e cibo per l'umanità.

Fotosintesi (autotrofi)

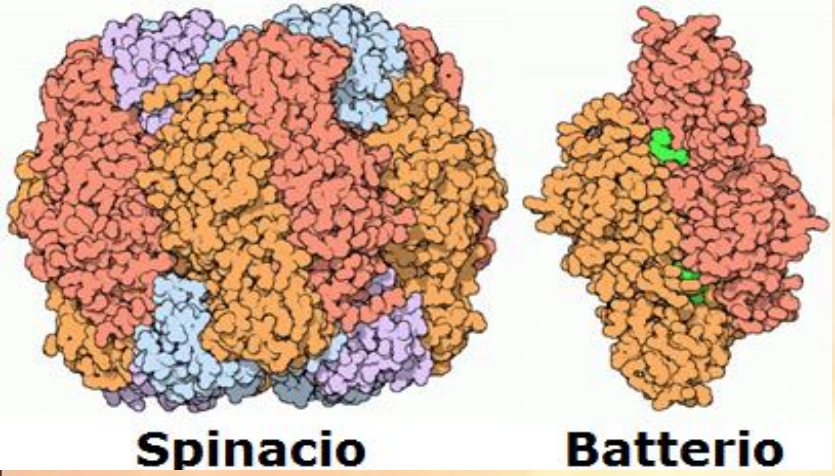
La fotosintesi consta di una fase luminosa che si svolge nei cloroplasti (intercettano energia solare e la trasformano in energia chimica stoccandola in ATP e NADPH) e di una fase oscura ove l'energia chimica è usata per la reazione:

$$6CO_2 + 6H_2O + 48 \text{ fotoni} \rightarrow C_6H_{12}O_6 + 6O_2$$





Cloroplasti (wikipedia)

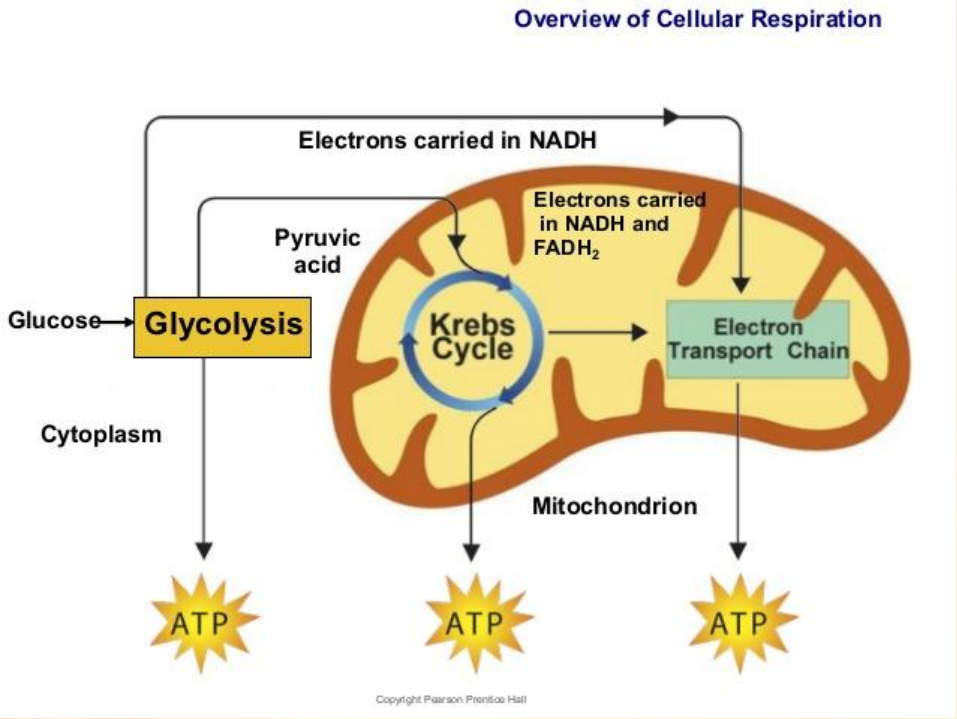


Rubisco = Ribuloso-bifosfato-carbossilasi /ossigenasi (http://pdb101.rcsb.org/motm/11) accettore della CO2 atmosferica per cui è la proteina più diffusa in natura.

La respirazione (autotrofi e eterotrofi)

Respirazione: in autotrofi e eterotrofi fornisce l'energia necessaria ai processi metabolici che portano ad esempio alla sintesi dei prodotti alimentari (amidi, proteine, grassi, vitamine, ecc.).

$$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \rightarrow CO_2 + 6H_2O + \text{energia}$$



http://www.slideshare.net/elmochem/chapter-nine-cellular-respiration-fermentation

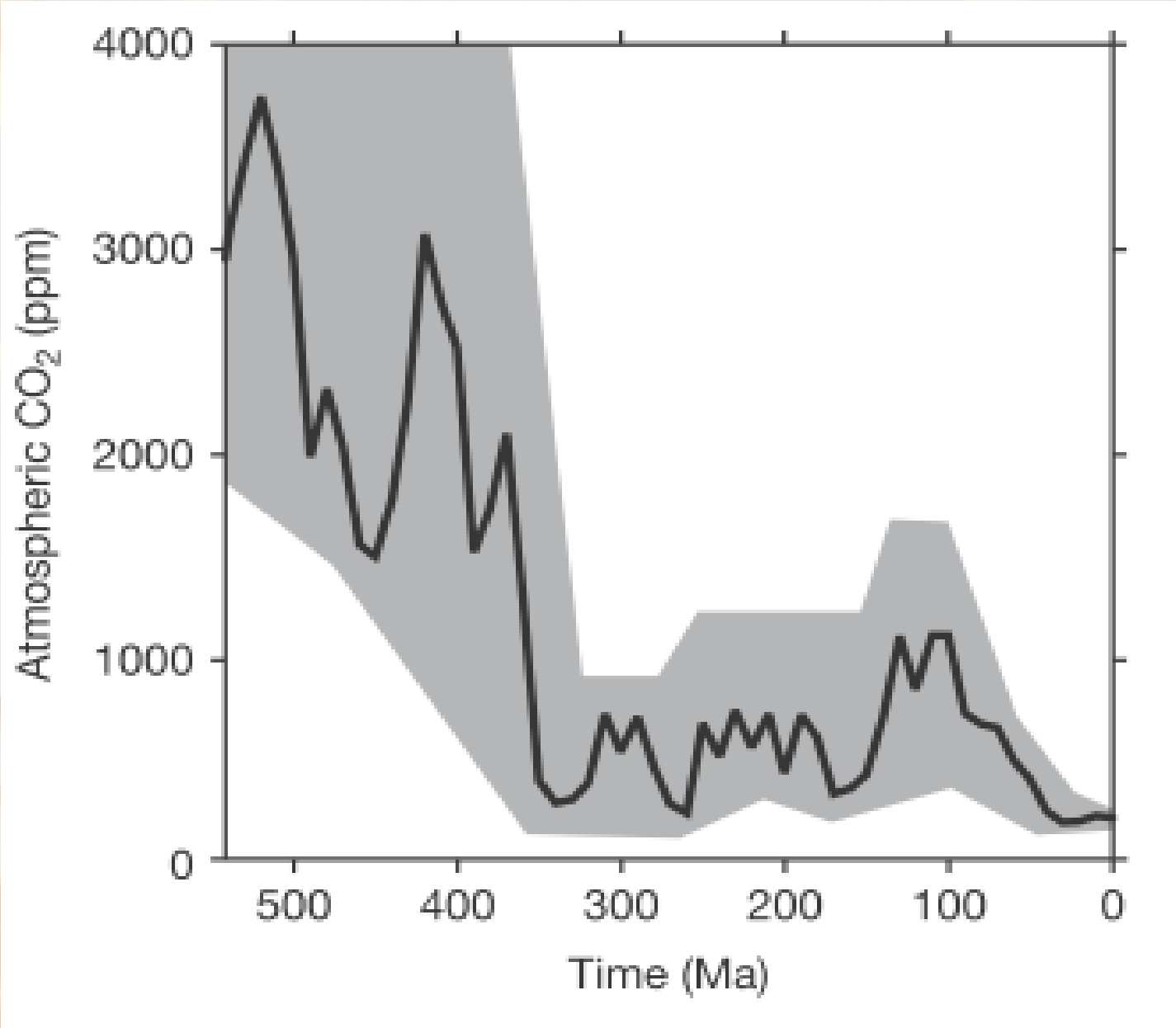
Chiave di lettura evolutiva

3,5-2,7 m.di di anni fa: **primi organismi fotosintetici**
(cianobatteri =alghe verdi-azzurre)

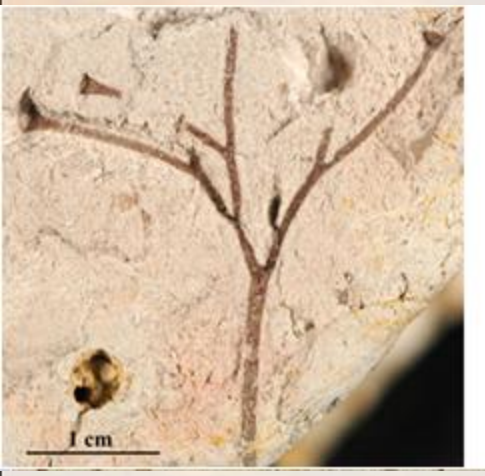
Stromatoliti = strutture sedimentarie, appartenenti al gruppo dei calcari non particellari biocostruiti, finemente laminate e frutto dell'attività di microrganismi fotosintetici bentonici che per miliardi di anni sono stati la forma di vita dominante sul pianeta

Stromatoliti dell'archeano dal Craton di Pilbara (Western Australia)

CO2 negli ultimi 500 milioni di anni (fonte: Royer, 2011)



CO_2 come forzante evolutiva delle piante



Cooksonia paranensis

(https://treasurecoastnatives.wordpress.com/2014/12/19/psilotum-looks-like-a-fossil/)

430-390 milioni di anni fa (siluriano - primo devoniano): **prime piante vascolari** con tessuti xilematici e floematici (Cooksonia) in coincidenza con altissimi livelli di CO_2 -> assenza di stomi e di foglie.

Archeopteris

(http://www.ucmp.berkeley.edu/devonian/devonian.php)

360 milioni di anni fa (fine devoniano – inizio carbonifero): il crollo del 90% dei livelli di CO_2 stimola la **comparsa delle foglie planari ad alta densità di stomi** (Beerling et al., 2001).

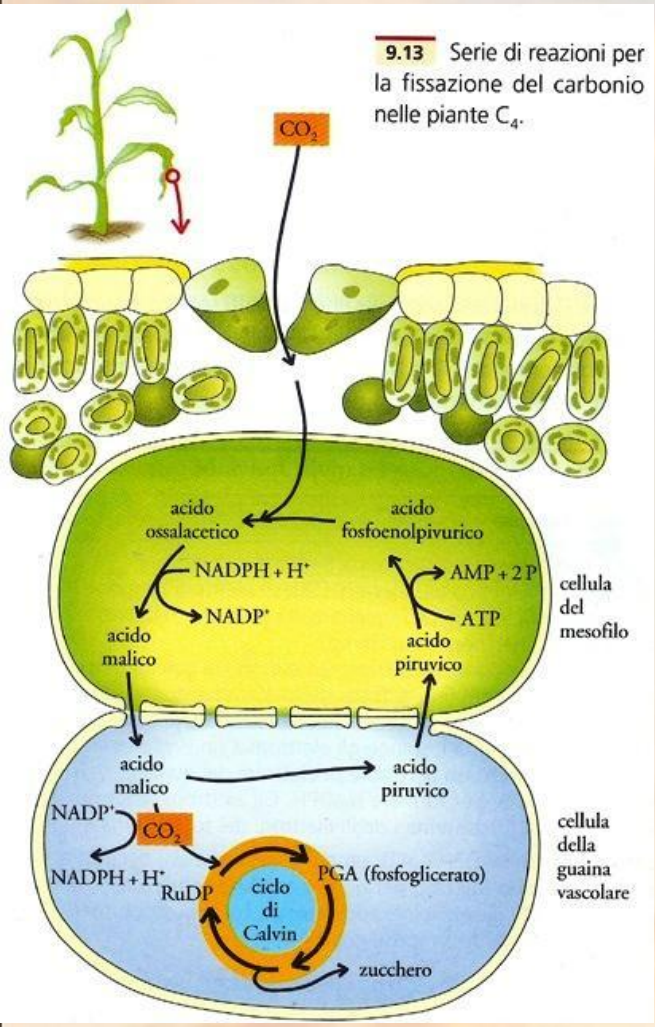
Bassi livelli atmosferici di CO2 problema per le piante C3

Meccanismi di fotosintesi delle piante terrestri: nascono 500 milioni di anni orsono, con livelli di CO_2 altissimi -> **piante C3** (oggi tutte le piante forestali e molte delle piante coltivate - frumento, riso, soia, girasole, patata, ecc.).

Nel carbonifero i livelli CO_2 (400 ppmv) si portano per la prima volta su valori simili a quelli odierni -> in tali condizioni Rubisco si sbaglia assorbendo O_2 e sprecando moltissima energia.

Le piante reagirono creando **foglie con stomi** per assorbire più CO_2. Tuttavia il problema di Rubisco sussiste tuttoggi, con **situazione + critica nelle ere glaciali** (CO_2=180 ppmv).

La soluzione al problema trovata dalle piante C4

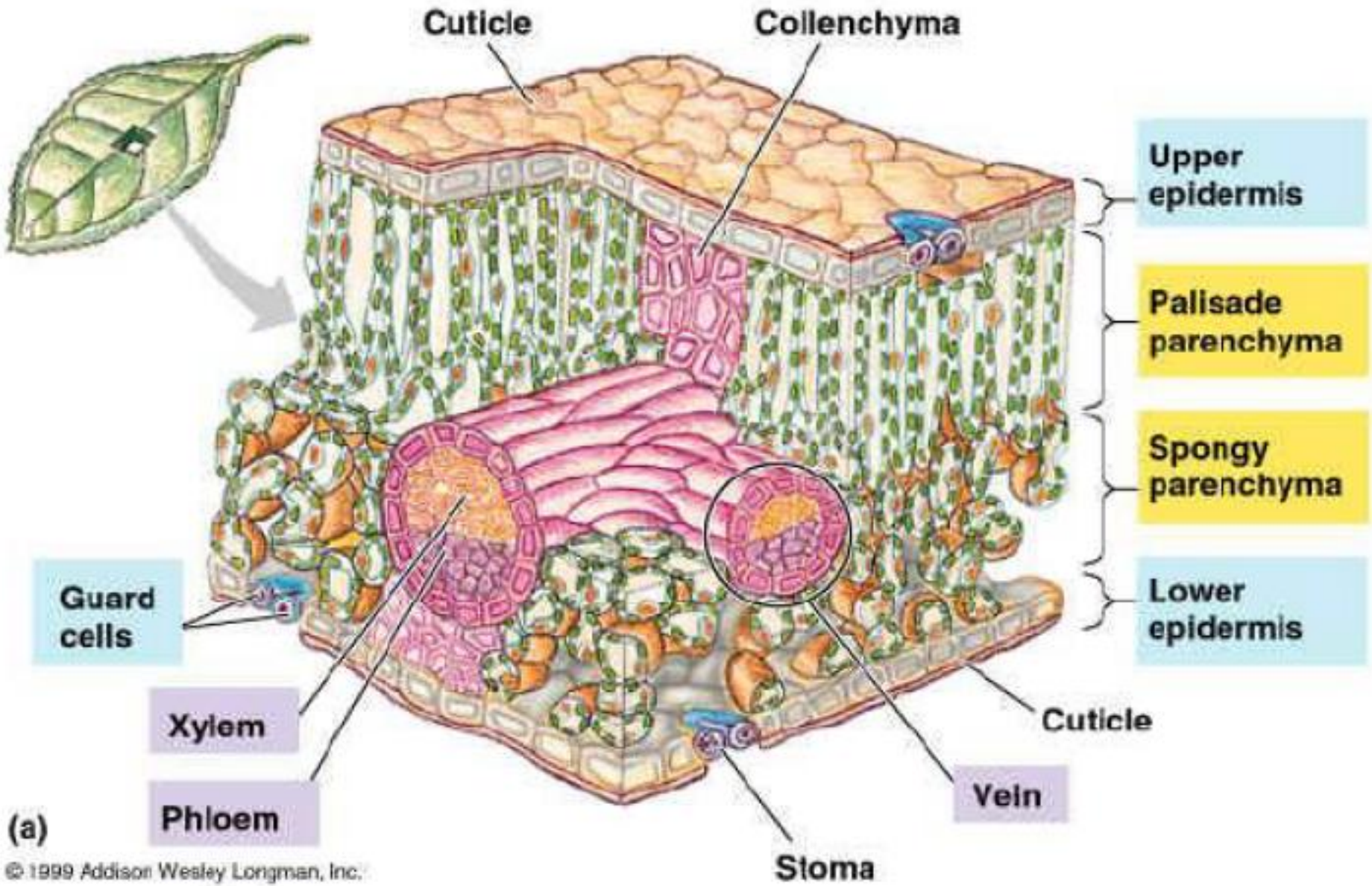


9.13 Serie di reazioni per la fissazione del carbonio nelle piante C_4.

Per superare il problema dei bassi livelli di CO2 alcune piante (le C4 - mais, canna da zucchero, sorgo, ecc.) hanno messo a punto un sistema per concentrare la CO_2.
In sintesi tale piante assorbono CO_2 dall'atmosfera e la convertono in acido malico. Tale acido viene poi trasferito in particolari cellule (cellule della guaina del fascio) ove la CO_2 viene liberata e Rubisco può lavorare al meglio.
Le piante C4 si selezionarono durante le fasi glaciali e sono oggi molto più produttive delle C3; tuttavia il divario cala al crescere del livello di CO_2 atmosferica.

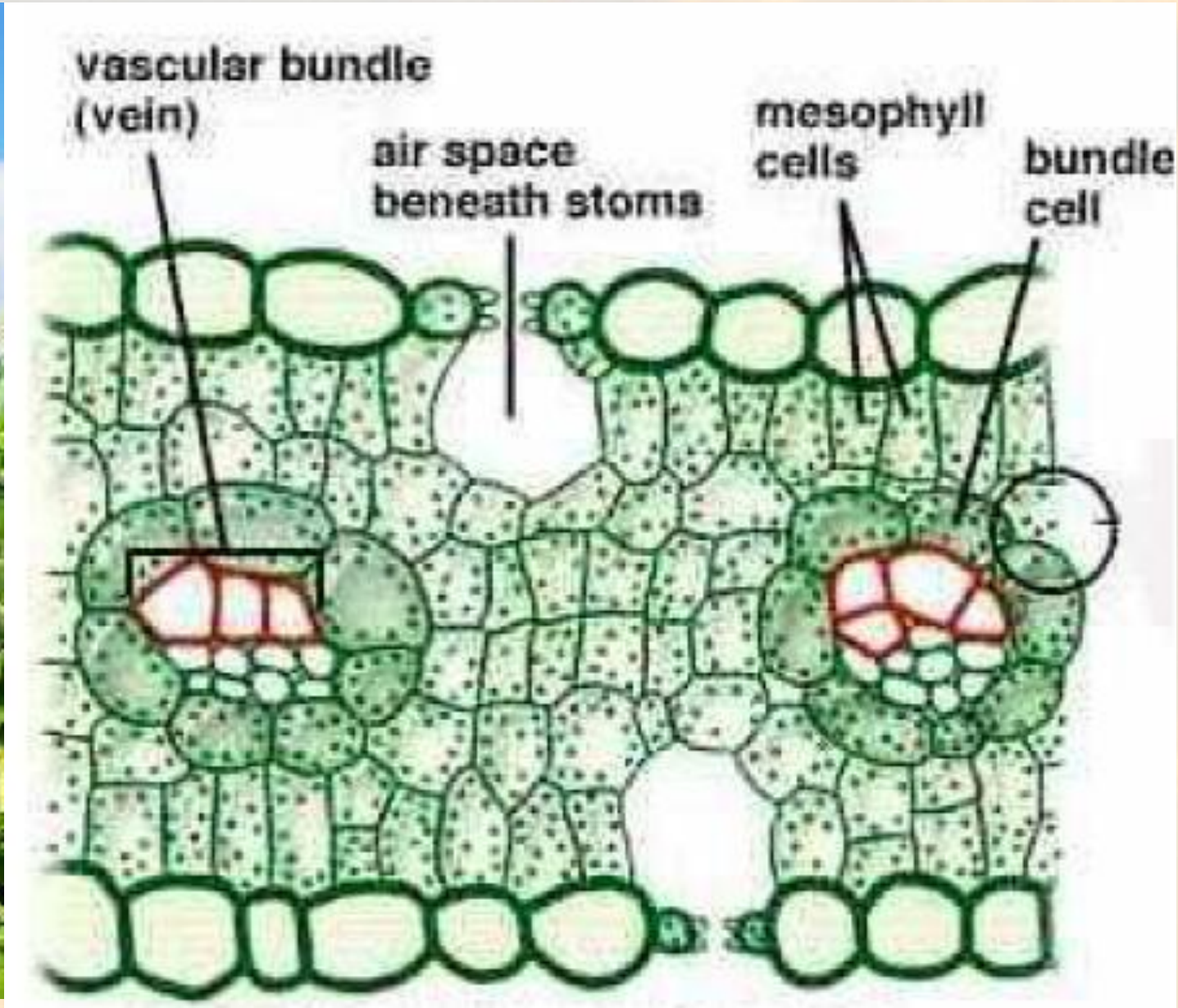
Fonte: http://astrocultura.uai.it/tesi/stella2006/alessandro_sacco/ciclo_di_calvin.htm

Sezione di una foglia di pianta C3



Fonte: AP Biology Photosynthesis SUMMARY.pdf

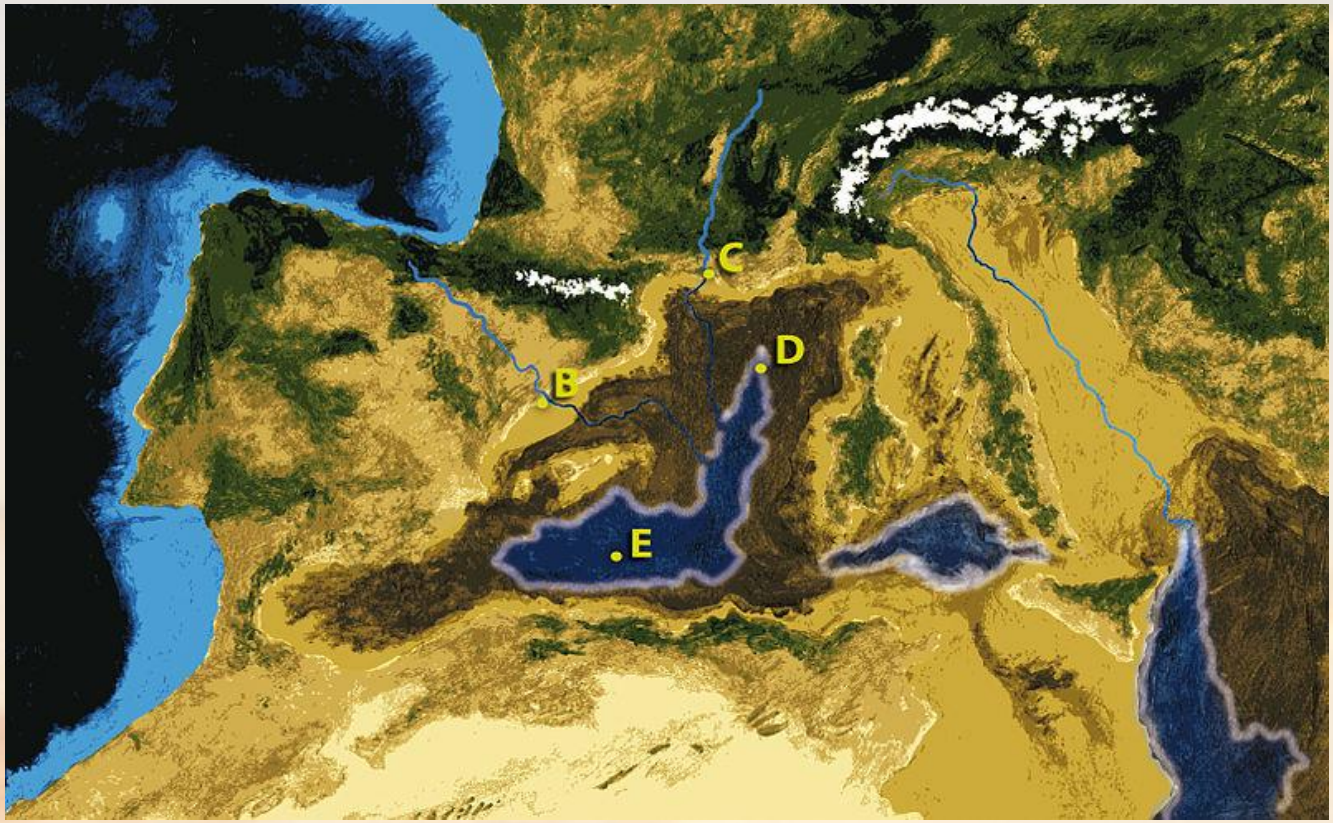
Sezione di una foglia di pianta C4 - mais



Fonte: AP Biology Photosynthesis SUMMARY.pdf

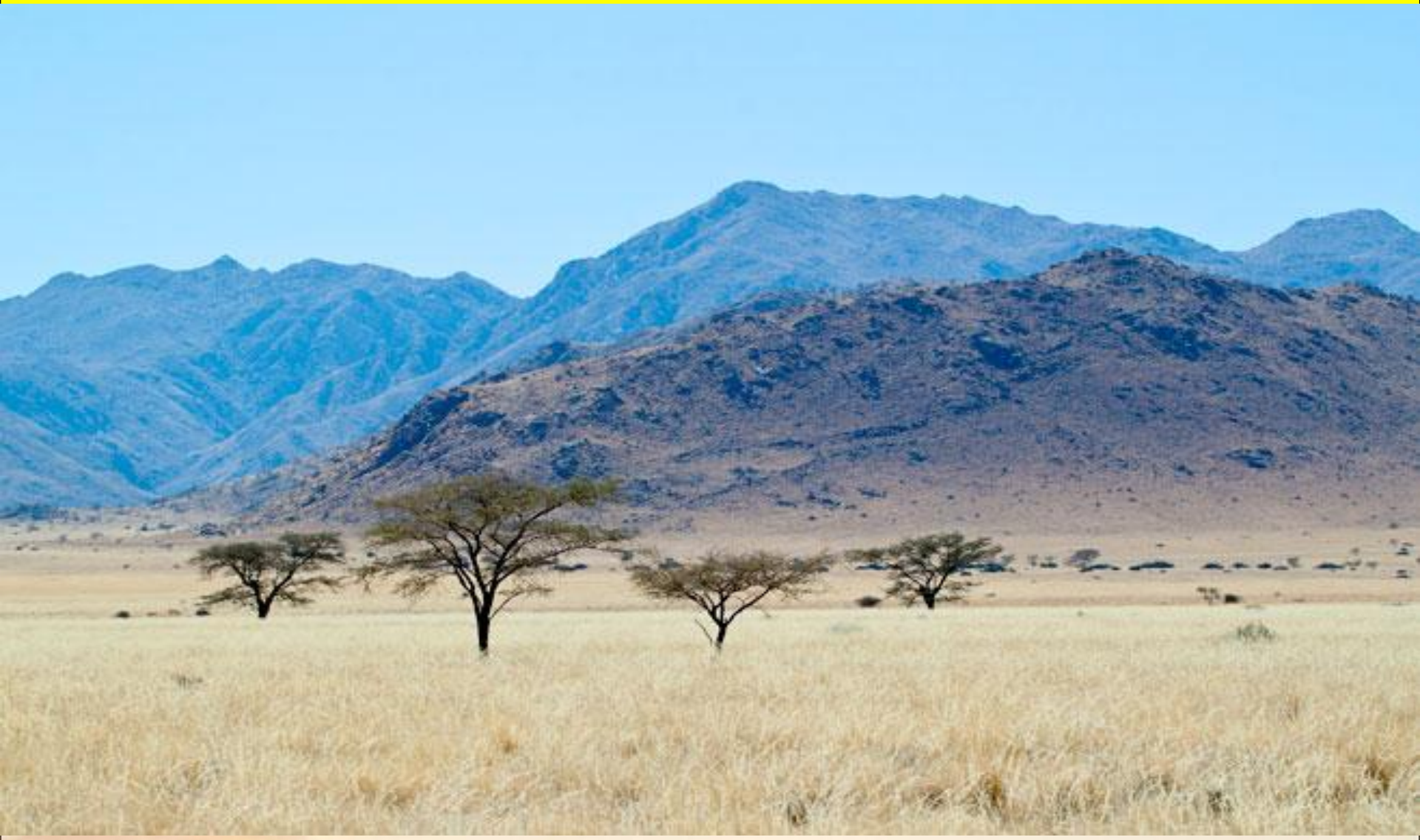
Epoca di comparsa delle C4

tardo miocene, circa 6 milioni di anni BP (per noi l'epoca coincide con il Messiniano, periodo caldissimo in cui il mediterraneo evaporò completamente e a testimoniarlo abbiamo i gessi di Brisighella).



Ricostruzione del bacino del Mediterraneo nel periodo di massima essiccazione (https://it.wikipedia.org/wiki/Crisi_di_salinit%C3%A0_del_Messiniano)

Savana in Namibia - le C4 dominano nettamente sulle C3



Prateria di graminacee C4 e rade piante arboree C3 (Acacia tortilis) nel Pro-Namib plain a ovest delle Naukluft Mountains.
http://www.biodiversityexplorer.org/plants/fabaceae/acacia/acacia_tortilis.htm

Importanza delle savane a C4 per l'evoluzione umana

Il passaggio dalla foresta alla savana (fra 3,5 e 1,5 milioni di anni fa) è stato uno dei momenti più denso di conseguenze nella storia evolutiva degli ominidi (es: specializzazioni per la statura completamente eretta e per la corsa in H. erectus)*.

La nostra capacità intellettiva, la nostra prudenza, il nostro stesso pessimismo (il paradiso terreste è guard'a caso una foresta…) sono evoluti in questo ambiente peculiare in cui trasformarsi da predatore in preda dei grandi carnivori era questione di un istante.

Se al posto delle praterie vi fossero state fitte foreste di piante C4, forse non saremmo qui oggi a parlare…

Homo abilis: per la prima volta nella Savana
http://pikaia.eu/homo-abilis-per-la-prima-volta-nella-savana/

Ambiente mediterraneo a Cipro (quasi unicamente C3)

Taiga - solo C3

Bosco rado di Picea glauca in ambiente di taiga (Alaska)
http://www.newworldencyclopedia.org/entry/Taiga

Ecosistemi agricoli – C4 in grande espansione

http://www.kezarphoto.com/agriculture-photos

Piante C4 che nutrono il mondo

Mais

Sorgo

Canna da zucchero

Importanza odierna delle C4

Le C4 sono oggi responsabili del 25% dell'assimilazione fotosintetica degli ecosistemi terresti e sono presenti in ambienti a alta luminosità, caldi e a volte aridi.

La loro importanza cresce nelle epoche glaciali, quando le C3 sono al limite della morte per fame.

Un piccolo albero C4 - *Euphorbia olowaluana* (Hawaii)

http://www.cpp.edu/~ejquestad/hawaiipropguide/Euphorbia%20olowaluana.html

Perchè non vi sono alberi C4?

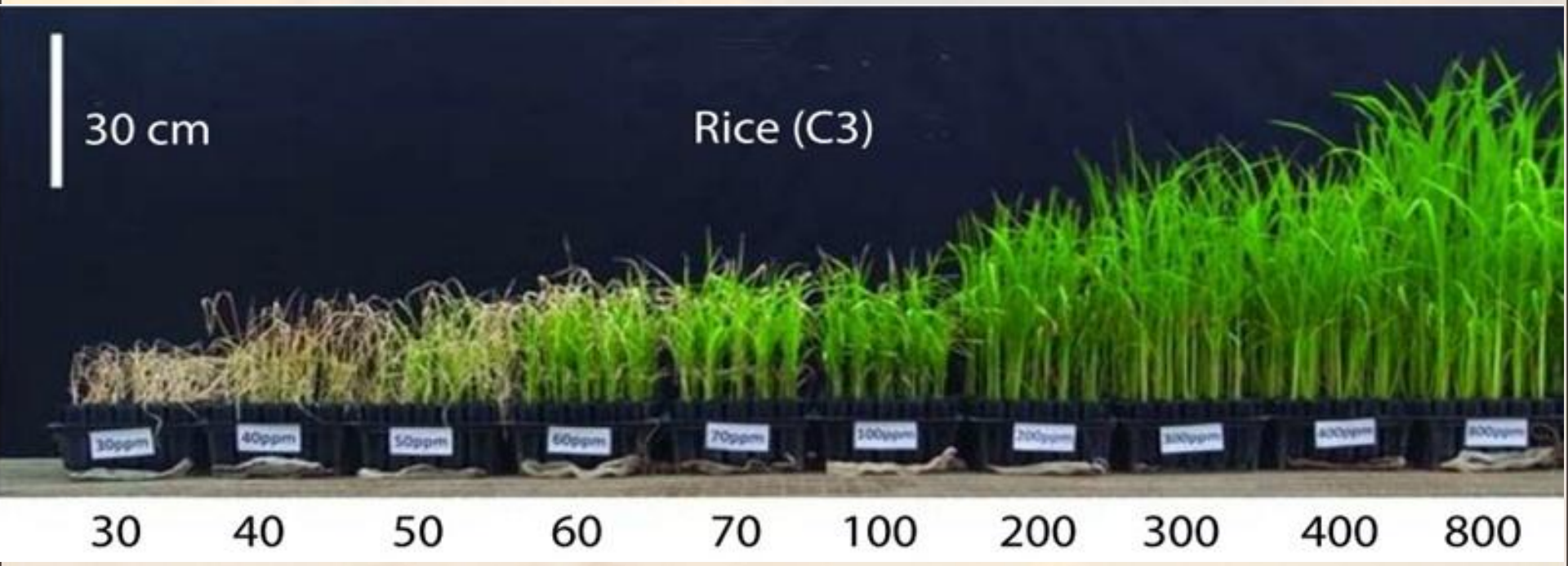
Fra le C4 abbiamo erbe di prateria ed arbusti ma non alberi (tranne poche eccezioni nelle euforbiacee, con scarso successo…).

Perché non ci sono alberi C4? Non è perché non sappiano sviluppare strutture legnose. Alcuni ritengono per il fatto che in ambienti caldi pe C4 non riescono ad adattarsi alle basse luminosità del sottobosco. Tuttavia Sage (2014) destituisce di fondamento tale ipotesi.

SAGE-2014 New insights into C 4 photosynthesis at low light - about C4 trees, Plant, Cell and Environment (2014) 37, 1037–1041

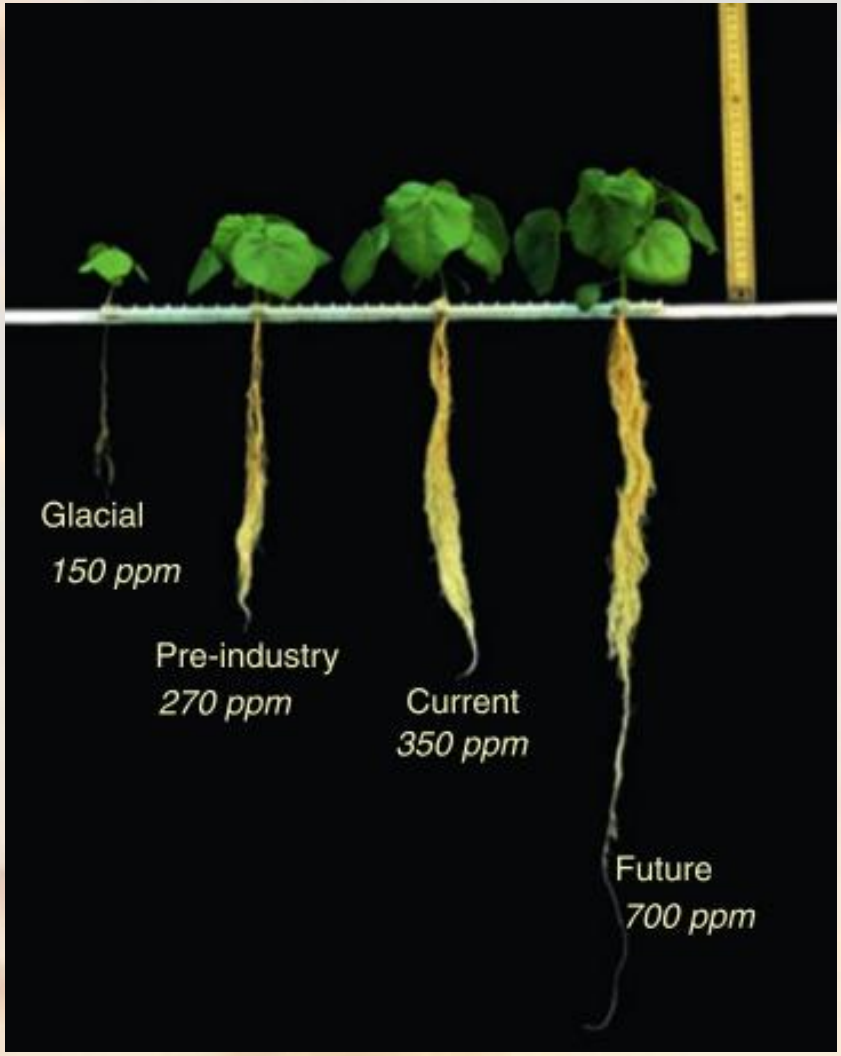
Concimazione carbonica e produttività delle piante

Effetti di CO2 su riso (C3)



von Caemmerer S, Quick WP, and Furbank RT (2012). The development of C4 rice: Current progress and future challenges. Science 336 (6089): 1671–1672.

Effetti di CO2 su una malvacea C3 (*Abutilon theophrasti* Medicus)



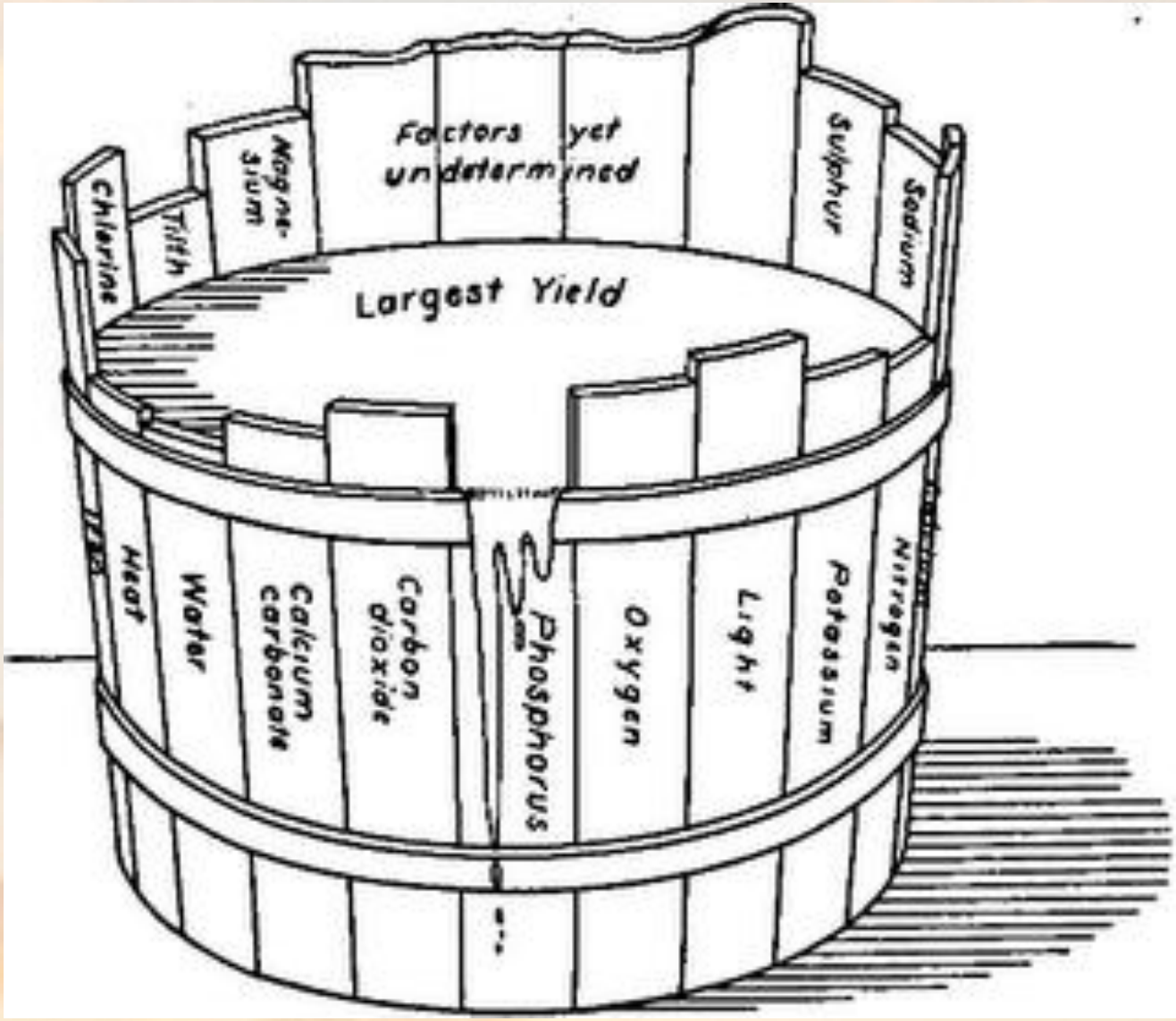
Maggior accumulo nelle radici

Plants di Abutilon theophrasti (C3) of 14 days of age, grown the same conditions of light, waer and nutrients. Photo Dippery et al. (1995), shown in Gerhart e Ward, 2010.

Effetti di CO2 su una conifera

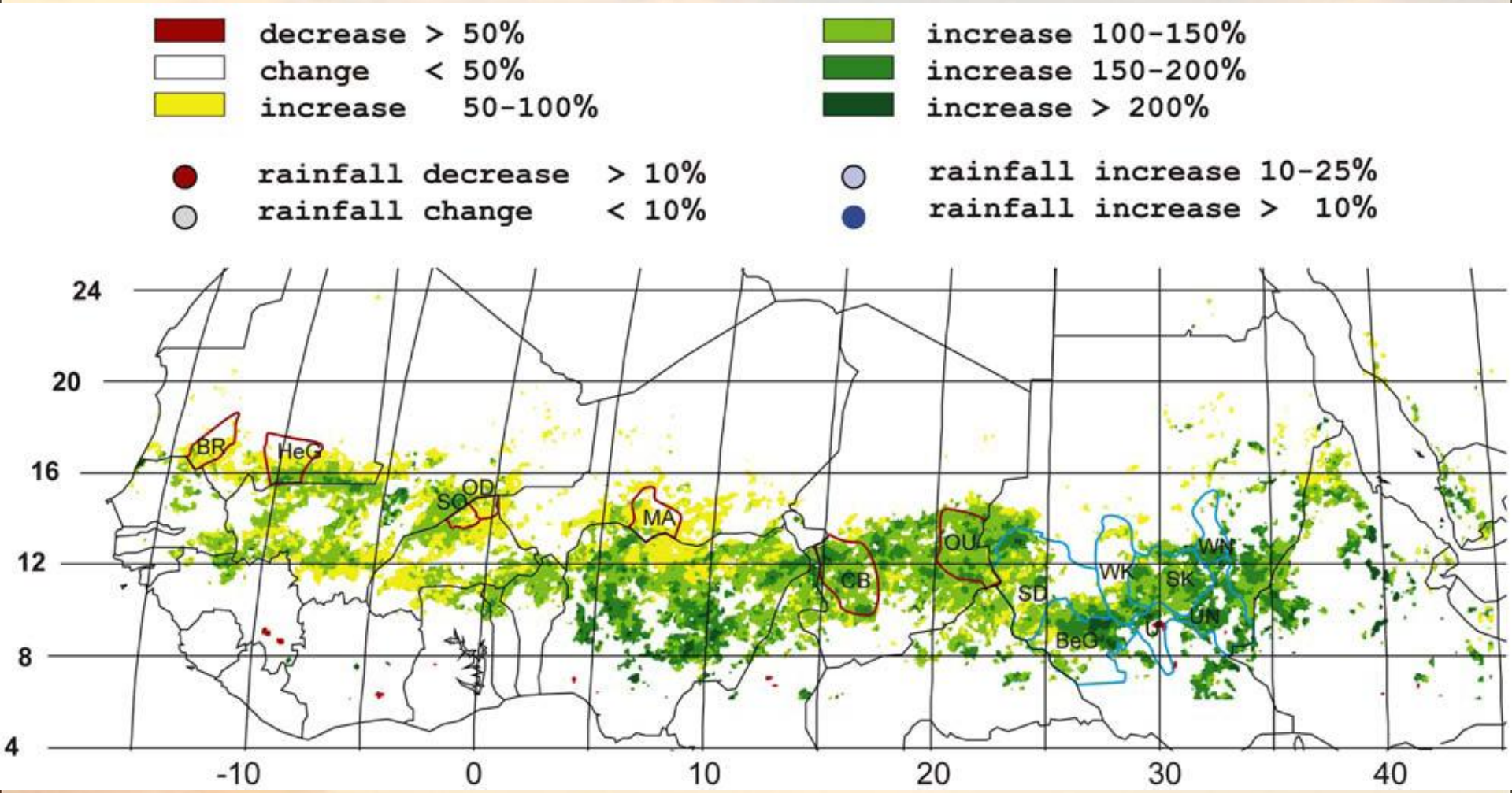
Photography courtesy of Dr. Craig Idso from the Center for the Study of Carbon Dioxide and Global Change.

La legge del minimo e le altre limitazioni



1982-1999 Trend in NDVI yearly integral

(areas with trends < 95% probability are in white)



Olsson L., Eklundh L., Ardo J., 2005. A recent greening of the Sahel—trends, patterns and potential causes, Journal of Arid Environments 63 (2005) 556–566

Desertificazione? (trend NDVI 1982-2003)

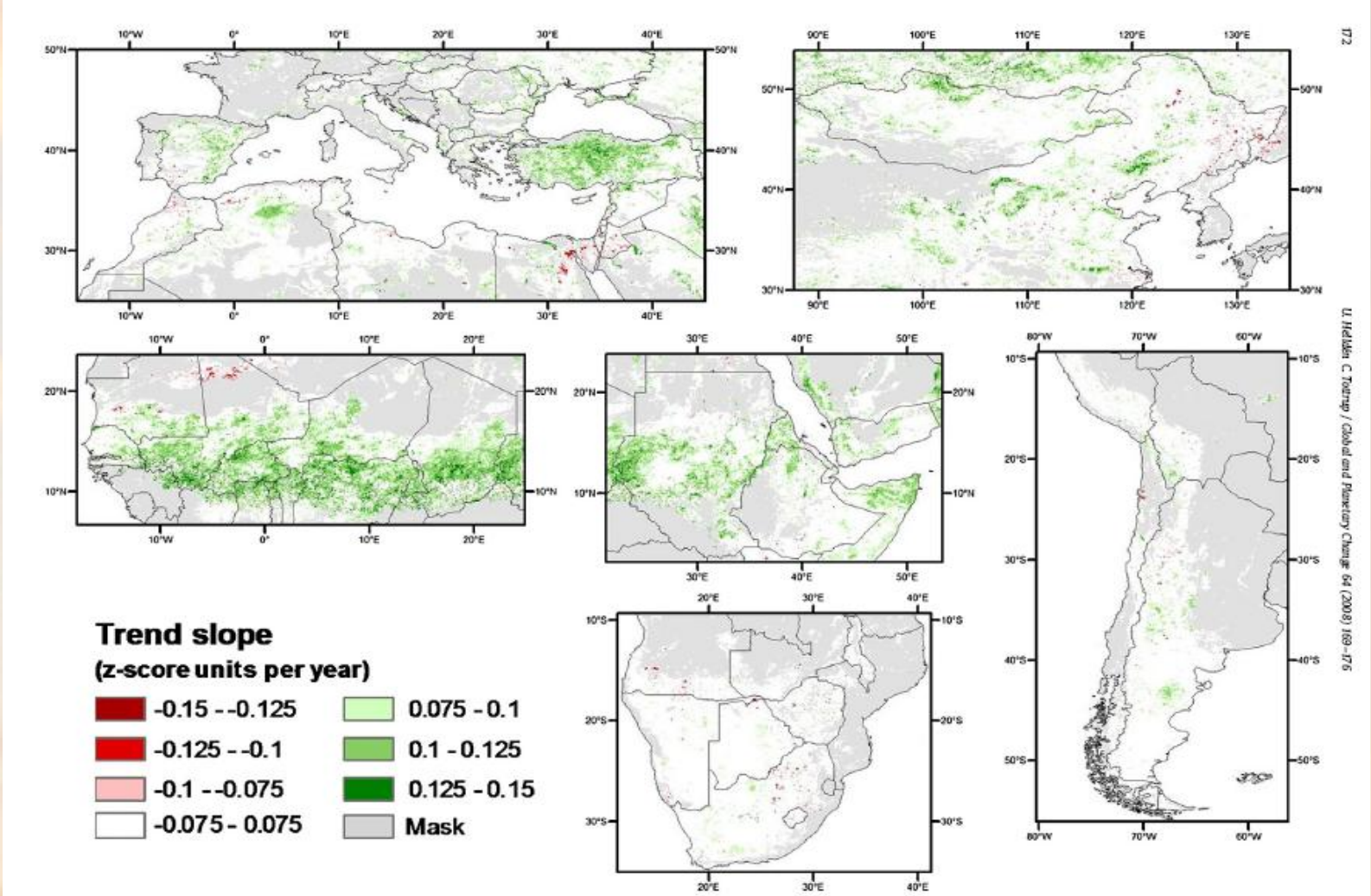
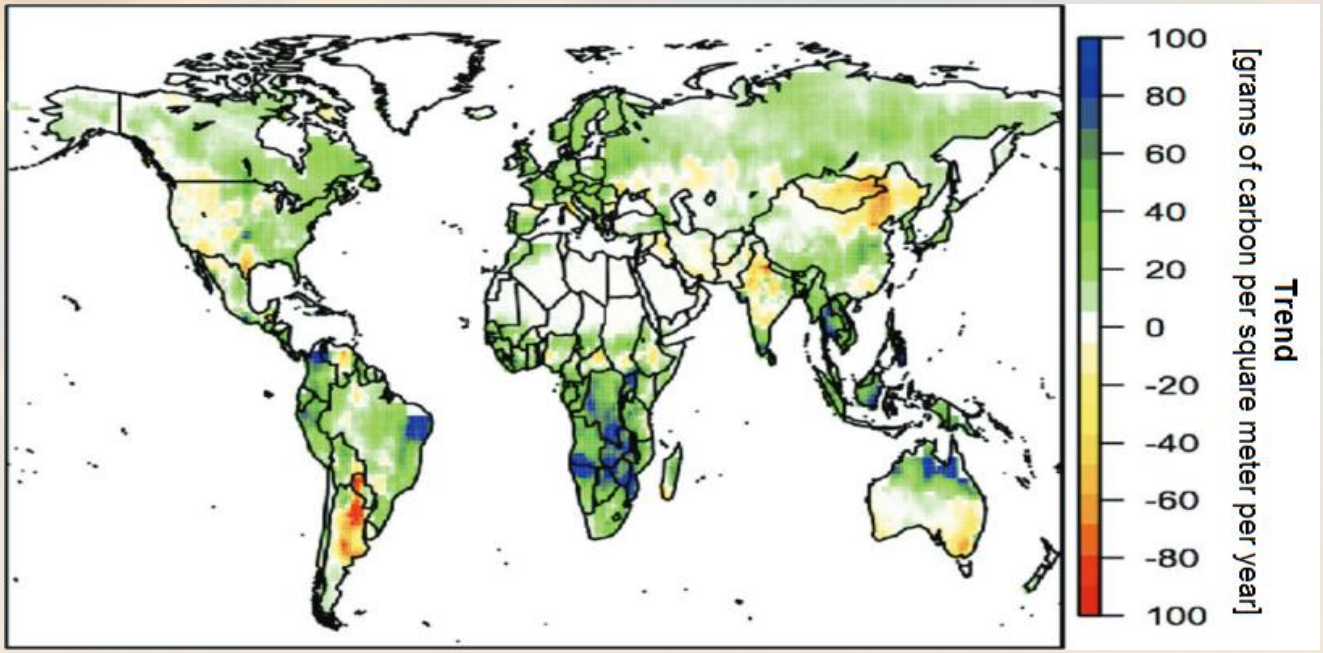


Fig. 2. 1982–2003 trends in standardized z-scores. Due to the standardization these maps can be compared across regions. The strongest greening is in the Sahel (West to East), hereafter comes the Mediterranean and East Asia while the greening in both South Africa and South America is rather insignificant. But perhaps more importantly for all cases is the absence of significant negative trends.

FONTE: Ulf Helldén e Christian Tottrup, 2008. Regional desertification: A global synthesis. Global and Planetary Change 64 (2008) 169–176

Global greening



Corroborating satellite images, models simulate greening 1990–2011 with growing net primary production spanning tropical, temperate, and boreal regions and all vegetation types but also some areas with losses. Trend measured in grams of carbon per square meter per year. (Sitch et al. 2015).

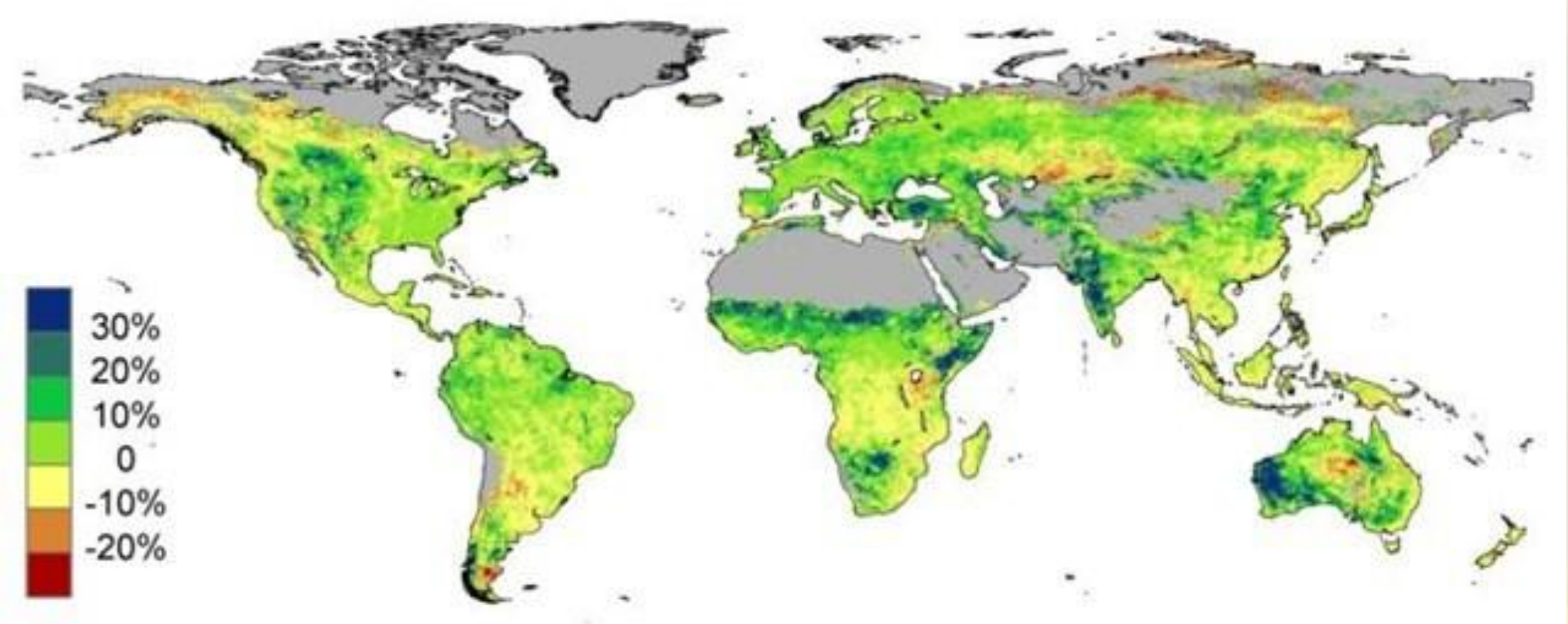
References

Herrmann S.M., Anyambab A., Tucker C.J., 2005. Recent trends in vegetation dynamics in the African Sahel and their relationship to climate, Global Environmental Change, Volume 15, Issue 4, December 2005, Pages 394-404

Helldén U. and Tottrup C., 2008. Regional desertification: A global synthesis. Global and Planetary Change 64 (2008) 169–176

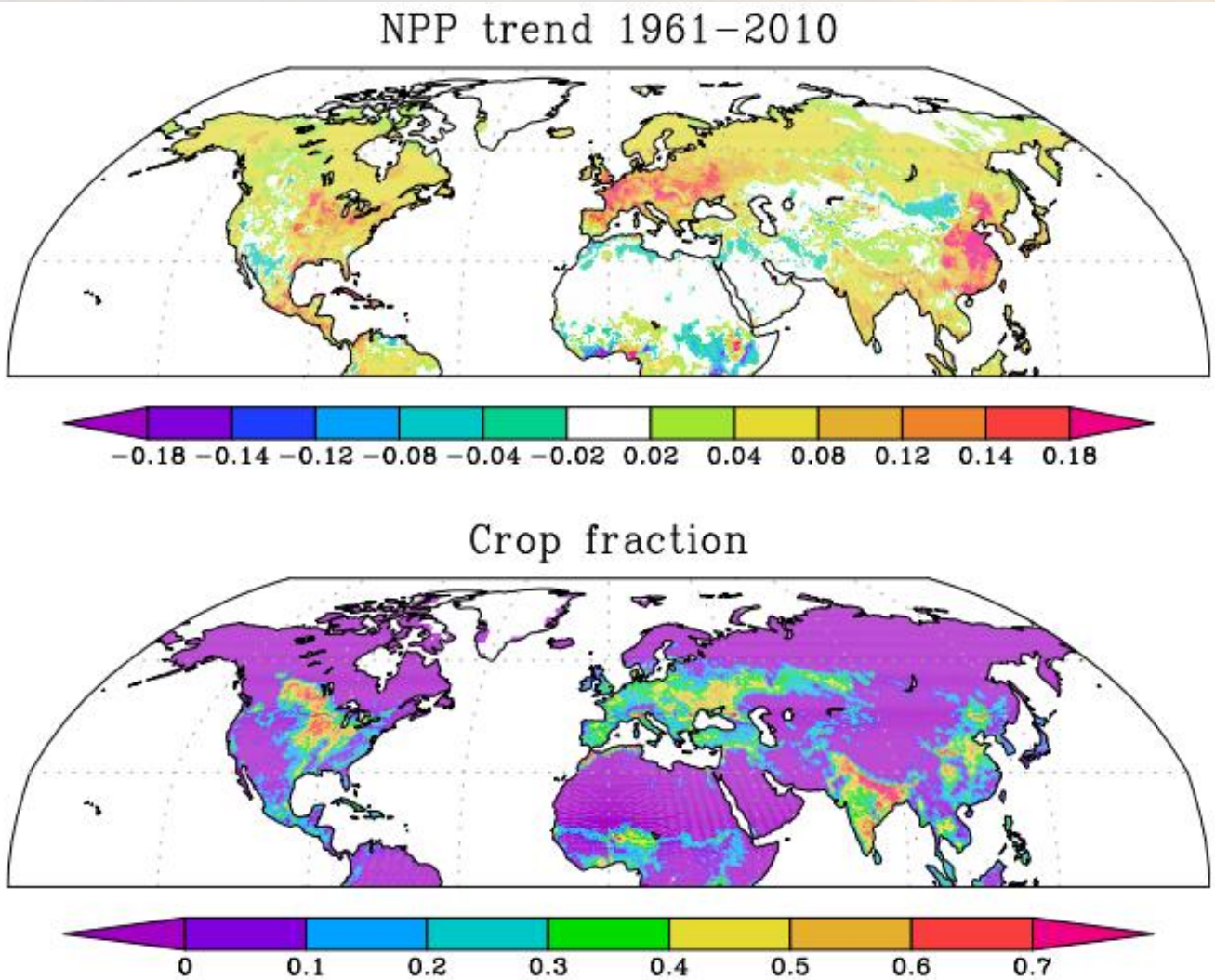
Sitch, S., et al. 2015. "Recent trends and drivers of regional sources and sinks of carbon dioxide." Biogeosciences 12:653–679. http://www.biogeosciences.net/12/653/2015/

Crescita della biomassa dal 1981 al 2010



http://www.csiro.au/en/Portals/Media/Deserts-greening-from-rising-CO2.aspx

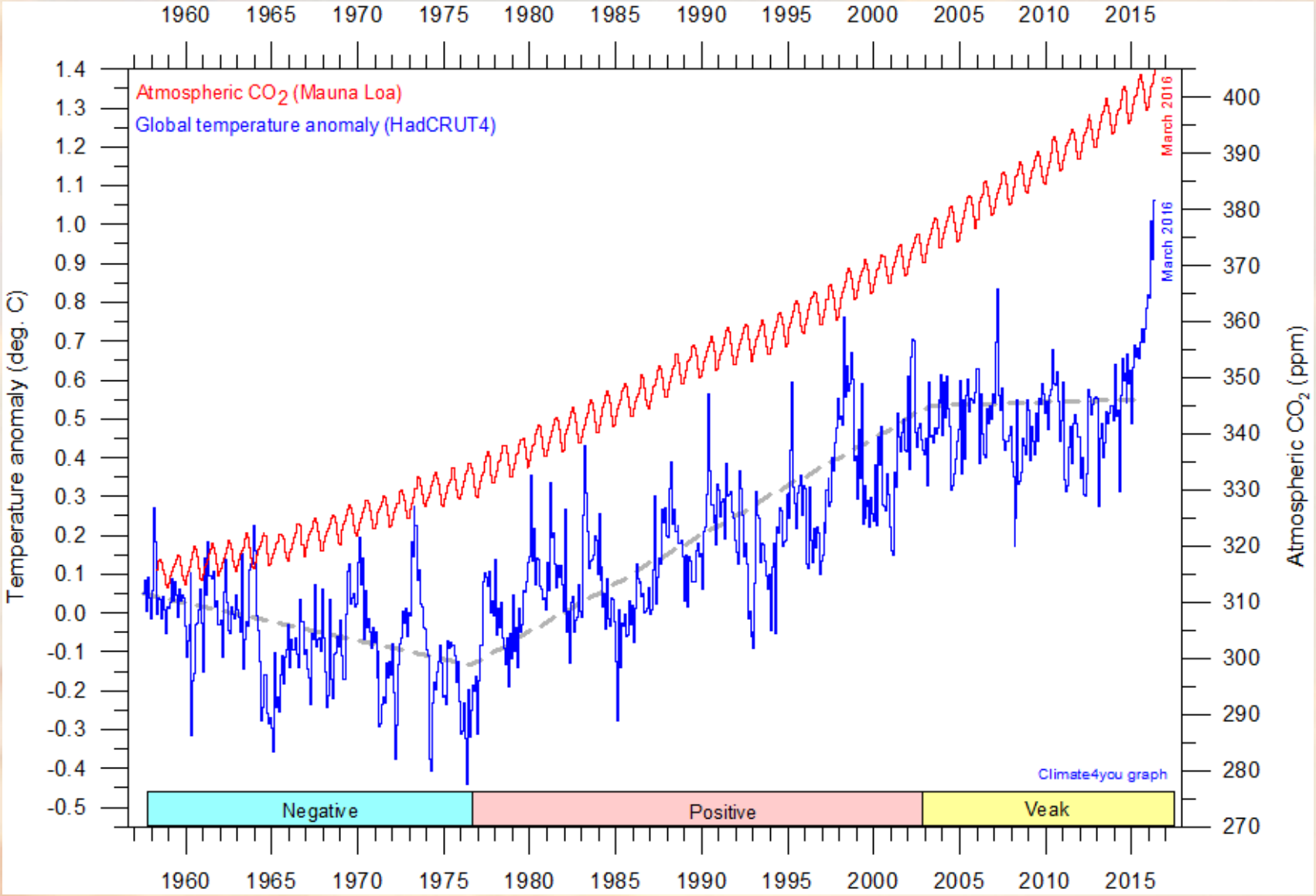
Crop fraction of the global greening



Extended Data Figure 5 | Trends in NPP. Modelled linear trends (in units of kg C m^{-2} over 50 years, upper panel) from 1961 to 2010 show major increases in the agricultural areas of North America, Europe and Asia (the lower panel shows the crop fraction in 2000). There are also widespread increases in much of the Northern Hemisphere, especially the high-latitude regions in response to warming and the CO_2 fertilization effect. Together, they are mostly responsible for the increase in F_{TA} and the CO_2 seasonal amplitude. Decreases in some regions are due to climate trends. Detailed regional patterns may not be well captured, for example, in the former Soviet Union, because of the simplified model representation of temporal changes.

Zeng et al 2014. Agricultural Green Revolution as a driver of increasing atmospheric CO 2 seasonal amplitude, Nature, vol 5015, 20 nov. 2014,

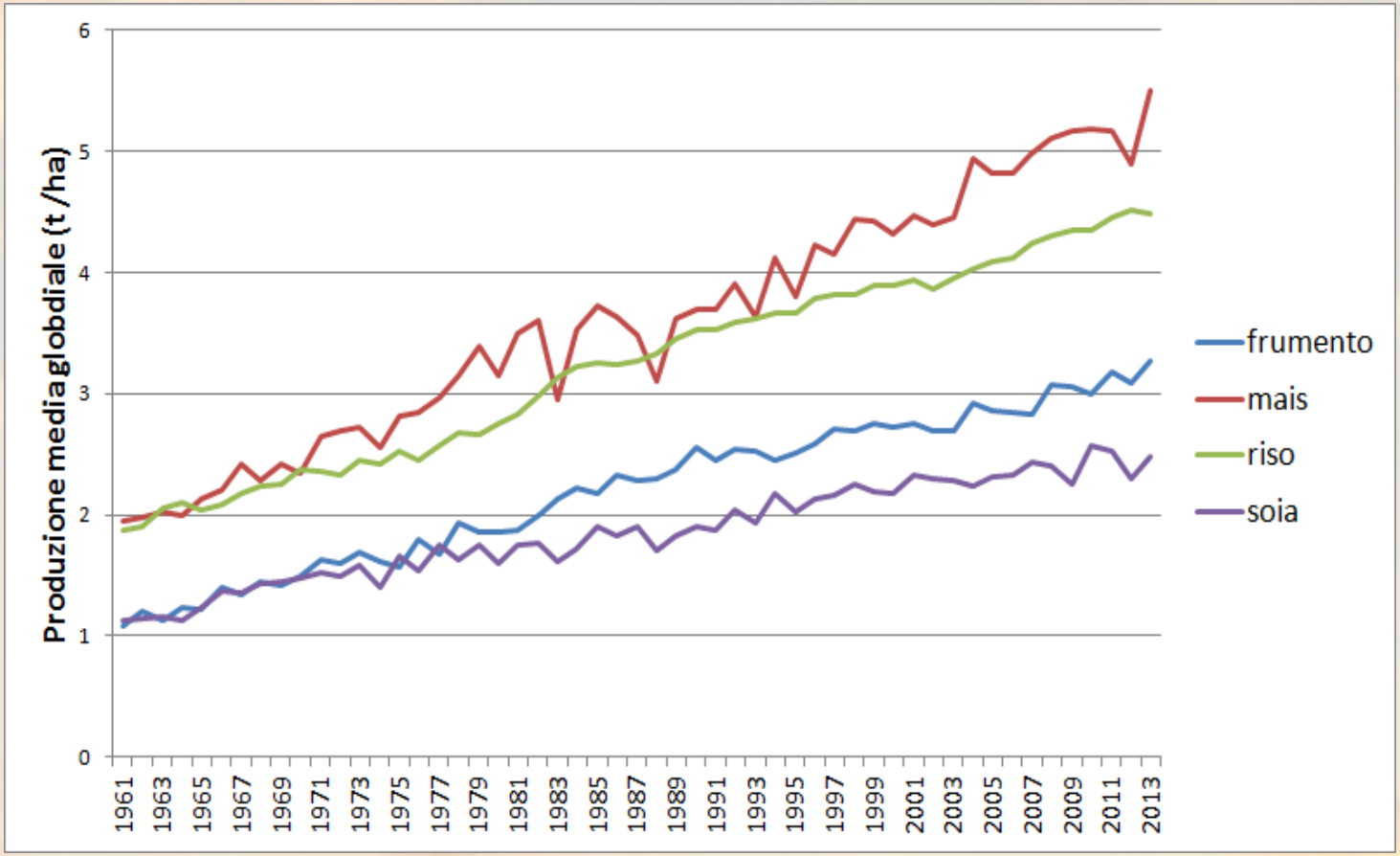
Serie mensile di Mauna Loa dei livelli atmosferici di CO_2



Fonte: Ole Humlum

http://www.climate4you.com/images/HadCRUT4%20GlobalMonthlyTempSince1958%20AndCO2.gif

La produzione delle 4 colture che nutrono il mondo
(fonte: faostat3 - http://faostat3.fao.org/download/Q/QC/E)



Resa media ettariale del 2013 rispetto al 1961:

<u>Frumento</u>: triplicata (da 1.24 a 3.26 t/ha = +200% = +3.8% l'anno)

<u>Mais</u>: quasi triplicata (da 1.9 a 5.5 t/ha =+183% = +3.5% l'anno)

<u>Riso</u>: più che raddoppiata (da 1.9 a 4.5 t/ha =+140% = +2.6% l'anno)

<u>Soia</u>: più che raddoppiata (da 1.2 a 2.5 t/ha =+119%=+2.3% l'anno)

Deduzioni dall'ultimo diagramma

Contrariamente a quanto molti dicono, il clima non è diventato più difficile per fare agricoltura.

I cali ci sarebbero se il clima virasse verso il freddo.

Se con una bacchetta magica riportassimo la CO_2 atmosferica ai livelli pre-industriali (280 ppmv9) la produzione agricola globale calerebbe del 20/40%, causando una crisi alimentare da cu la civiltà umana si risolleverebbe con grande difficoltà.

Chiave di lettura storica

Se il tema vi interessa vi esorto ad una prospettiva storica

Logica di tipo vichiano (non si può pretendere di analizzare e comprendere il fenomeno se non se ne indagano le origini e l'evoluzione nel tempo).

Innovazioni fra XVIII e XIX secolo

Antoine Laurent de Lavoisier – legge di conservazione della massa nelle reazioni chimiche (Traité élémentaire de Chemie-1789) -> Per ottenere 80 q di granella di frumento si devono apportare 24 t di CO_2 e 160 kg di N, 70 kg di P_2O_5 e 50 kg di K_2O

Nicolas-Théodore de Saussure.

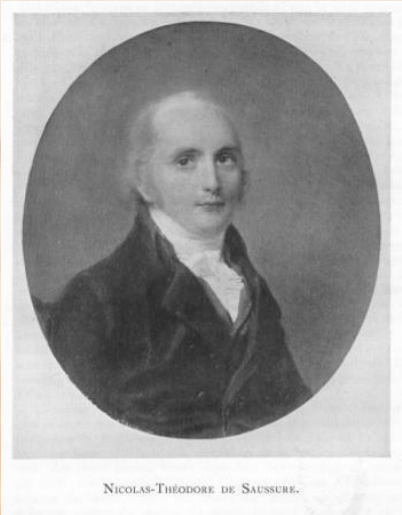
N. Theodore de Saussure (1767-1845) – dimostra che la nutrizione carbonica dei vegetali si fonda sulla CO2 atmosferica (Recherches chimiques sur la végétation - 1804)

Friedrich Wöhler (1800-1882) – Nel 1828 sintetizza l'Urea. Nasce la chimica organica

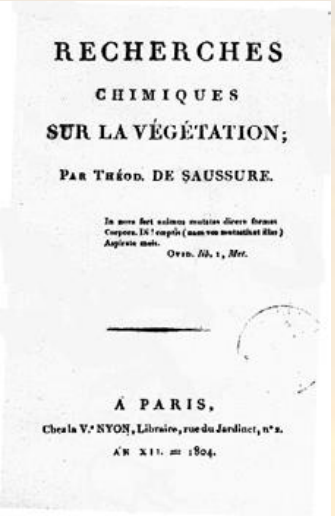
La scoperta chiave per il ciclo del carbonio
Nicolas Theodore De Saussure (Ginevra, 1767-1845)

Il nostro debito culturale nei suoi confronti è enorme. Nel 1804, a Parigi, pubblica il libro *Recherches chimiques sur la végétation,* in cui riassume e verifica le ricerche compiute da vari botanici e chimici nel XVIII secolo.

De Saussure dimostra in modo rigoroso che il carbonio non è assorbito dalle piante tramite le radici (teoria umista) ma tramite gli stomi fogliari in forma di anidride carbonica. Si tratta della rivoluzione fisiologica e agronomica più importante di tutti i tempi e **cambia (o dovrebbe cambiare) per sempre il nostro modo di ragionare**.



Portrait conservé dans la bibliothèque de Chambéry


RECHERCHES
CHIMIQUES
SUR LA VÉGÉTATION;
PAR THÉOD. DE SAUSSURE.

Ovid. lib. 1, Met.

A PARIS,
Chez la V.e NYON, Libraire, rue du Jardinet, n.o 2.
AN XII. = 1804.

http://www-scd.univ-rennes1.fr/themes/scd/culture-patrimoine/expositions/expo_chimie2011/chimie_agriculture/

Piccola nota di colore

"In Italia sotto i Borgia, per trent'anni, hanno avuto assassinii, guerre, terrore e massacri, ma hanno prodotto Michelangelo, Leonardo da Vinci e il Rinascimento. In Svizzera hanno avuto amore fraterno, cinquecento anni di pace e democrazia, e che cos'hanno prodotto? Gli orologi a cucù."

E' una delle frasi ad effetto più stupide della storia del cinema e la pronuncia uno dei protagonisti de Il terzo uomo, interpretato da Orson Welles.

Stupida perché erano svizzeri Borromini, Le Corbusier, Eulero, Bernouilli, la famiglia De Saussure, Paracelso, Muller, ecc.

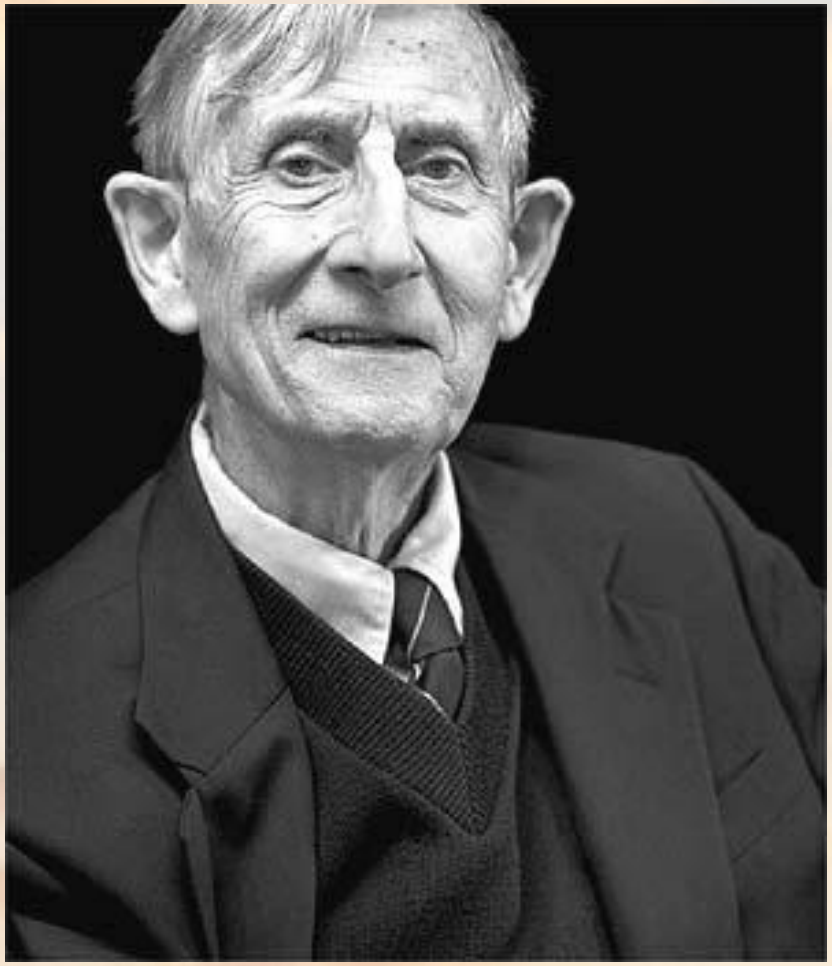
L'AGW come fenomeno positivo

Svante Harrenius (Vik, 1859 – Stoccolma ottobre 1927)

Nobel per la chimica nel 1903 e padre nobile della teoria AGW.
Da svedese riteneva l'aumento di CO2 operato dall'uomo come un fatto positivo perché avrebbe reso più ospitali le terre del nord.

Spingersi alcune leghe più avanti rispetto al luogo comune

Freeman Dyson (Crowthorne, 1923)



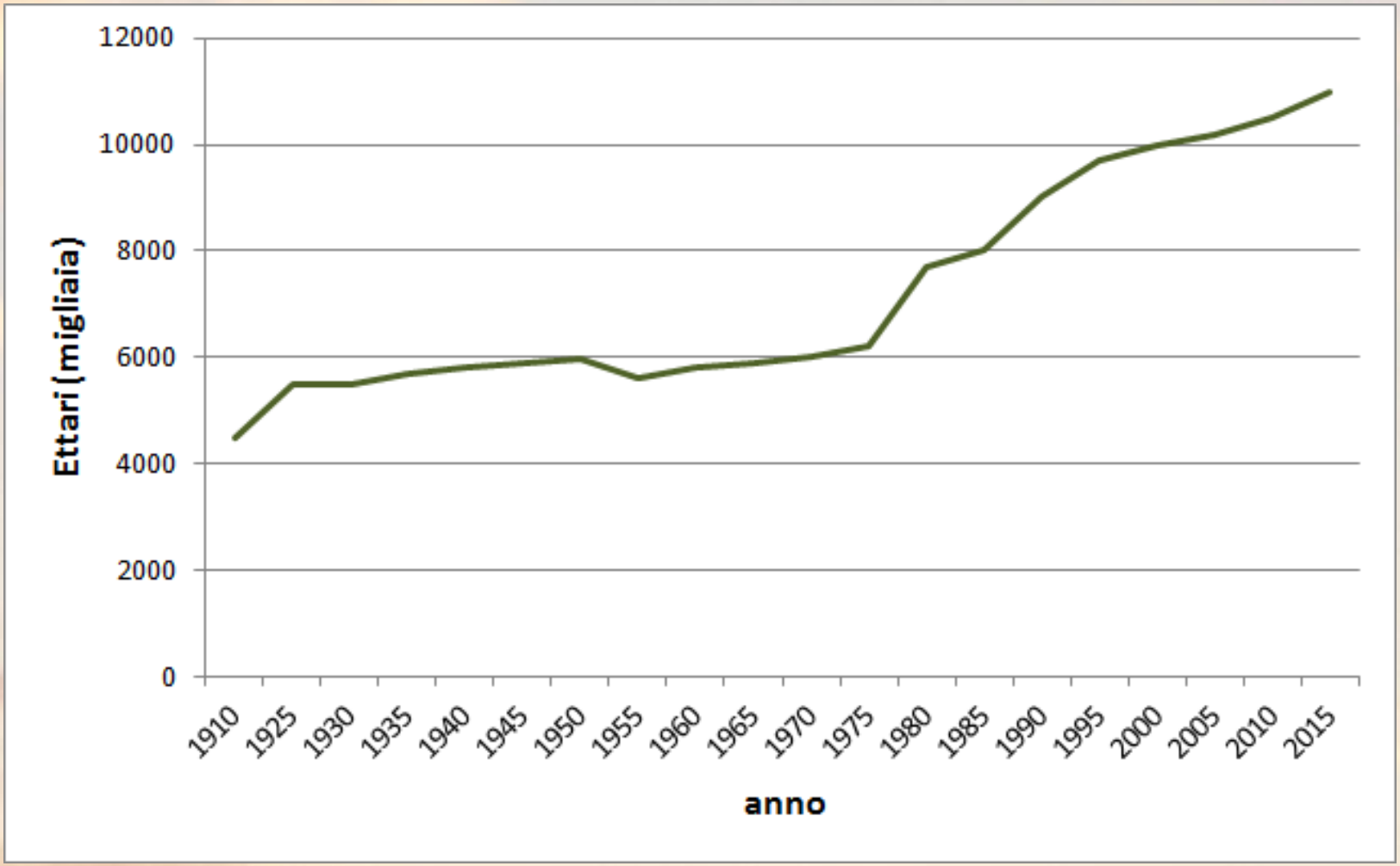
The problem of carbon dioxide in the atmosphere is a problem of land management, not a problem of meteorology.

HERETICAL THOUGHTS ABOUT SCIENCE AND SOCIETY An essay by Freeman Dyson [8.7.07] - https://www.edge.org/conversation/freeman_dyson-heretical-thoughts-about-science-and-society

Il bosco in Italia

Boschi in Italia

Superficie forestale italiana – 2015 su 1910 (+240%)



Dati 1910-1985: Conti G, Fagarazzi L., 2005. Avanzamento del bosco in ecosistemi montani: "sogno degli ambientalisti o incubo per la società"?

Dati 1990-2015: http://blog.zonageografia.scuola.com/2015/litalia-diventa-sempre-piu-verde-oltre-200-alberi-testa

Possibili cause del fenomeno

1. Fino agli anni '50 la gente era povera e aveva fame, per cui coltivava fino ad alte quote, in zone che producevano molto poco.

2. Dagli anni 60 si è avuta la fuga dalle campagne verso le città, in cerca di benessere

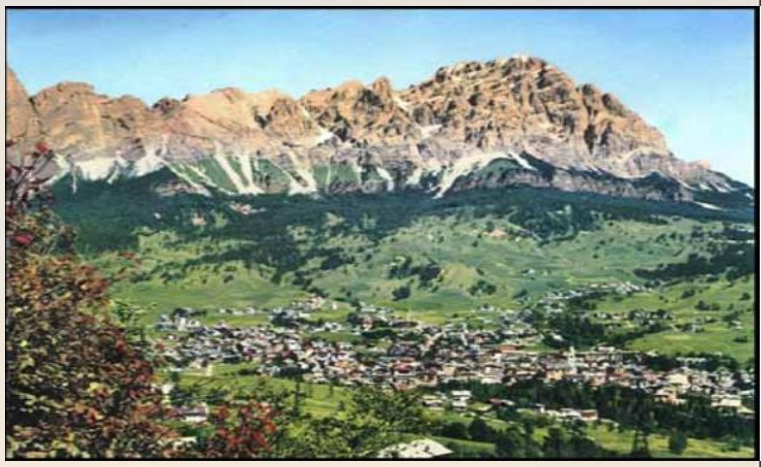
3. l'agricoltura è rimasta solo nelle pianure, ove oggi produce 5-6 volte quel che produceva agli inizi del 900

4. Le montagne si sono spopolate ed il bosco è avanzato

Cortina d'Ampezzo

1903

1958



2004

Fonte: Conti G, Fagarazzi L., 2005. Avanzamento del bosco in ecosistemi montani: "sogno degli ambientalisti o incubo per la società"?

Cencenighe (BL)

1900

Fonte: Conti G, Fagarazzi L., 2005. Avanzamento del bosco in ecosistemi montani: "sogno degli ambientalisti o incubo per la società"?

2004

Ma allora tutto va per il meglio?

Più boschi significa maggiori problemi di gestione.

Il bosco necessita di cure, non può esser lasciato a sé stesso

Cure= regimazione delle acque, manutenzione dei corsi d'acqua, prevenzione degli incendi, difesa dalle malattie (processionaria, cancro del castagno....), tagli periodici con rinnovamento, ecc.

Il bosco è un assorbitore netto di CO2 finche è giovane e in attiva crescita. Quand'è maturo è in equilibrio (tanto assorbe tanto emette)

Per i forestali oggi c'è moltissimo lavoro!

Verso un futuro veramente verde

Iniziare a pensare a sostituire le catene carboniose provenienti dal fossile con catene carboniose di origine vegetale (agricola o forestale) ai fini di:

- conservare le risorse fossili per il futuro
- stabilizzare i livelli di CO2 in atmosfera.

Nel settore agricolo considerare anche le colture di alghe.