Vol. 1 No. 2, pp. 114-120, October 2026 DOI: https://doi.org/xxxx/xxxx

Agrosys

Journal of Agronomy and Sustainable Crop Systems

P-ISSN: -
E-ISSN: -

Journal homepage: https://agrosys.fp.unila.ac.id/index.php/web

EFFECTS OF ELEVATED CO_2 ON GROWTH, YIELD, AND PHENOLOGY OF SOYBEAN

PENGARUH PENINGKATAN CO_2 TERHADAP PERTUMBUHAN, PRODUKSI, DAN FENOLOGI KEDELAI

Fatima Salshabilla[1*], Tumiar Katarina B. Manik[1], Paul Benyamin Timotiwu[1], dan M. Syamsoel Hadi[1]

[1]Department of Agronomy and Horticulture, Faculty of Agriculture, University of Lampung, Bandar Lampung, Indonesia
[*] Corresponding Author. E-mail address: sashabillaaa10@gmail.com

ARTICLE HISTORY:
Received: 17th May 2026
Revised: 26th October 2026
Accepted: 29th October 2026

KEYWORDS:
Climate Change, CO_2, Growing Degree Days, Phenology, Soybean

ABSTRACT

Increasing atmospheric carbon dioxide (CO_2) concentrations as a consequence of global climate change may affect the physiological responses, growth, and productivity of soybean (Glycine max L.). However, plant responses to elevated CO_2 remain variable, highlighting the need for further research to understand the responses of different soybean varieties. This study aimed to evaluate the effects of elevated CO_2 concentrations above the canopy on the phenology, growth, and yield of three soybean varieties, namely Dena 1, Deja 1, and Grobogan. The experiment employed a strip-plot design within a randomized complete block design (RCBD), comprising two CO_2 treatments, without and with CO_2 enrichment, and three soybean varieties. The observed variables included plant phenology, growing degree days (GDD), growth, and yield components. The results showed that CO_2 treatment had no significant effects on plant height, leaf number, or seed moisture content, but had highly significant effects on root fresh weight, root dry weight, and 1,000-seed weight. Soybean variety significantly affected shoot fresh weight and shoot dry weight, whereas the interaction between CO_2 treatment and variety had no significant effect on any of the observed variables. These results indicate that soybean growth and yield responses to elevated CO_2 varied among the measured parameters. Under the conditions of this study, elevated CO_2 concentrations did not consistently improve soybean growth and yield.

KATA KUNCI:
CO_2, Fenologi, *Growing Degree Days*, Kedelai, Perubahan Iklim

ABSTRAK

Peningkatan konsentrasi karbon dioksida (CO_2) di atmosfer sebagai salah satu dampak perubahan iklim global berpotensi memengaruhi respons fisiologis, pertumbuhan, dan produktivitas tanaman kedelai (*Glycine max* L.). Namun, respons tanaman terhadap peningkatan CO_2 masih bervariasi, sehingga diperlukan penelitian lebih lanjut untuk memahami respons berbagai varietas kedelai. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi pengaruh peningkatan konsentrasi CO_2 di atas kanopi terhadap fenologi, pertumbuhan, dan produksi tiga varietas kedelai, yaitu Dena 1, Deja 1, dan Grobogan. Penelitian menggunakan metode strip plot dalam Rancangan Acak Kelompok (RAK), dengan dua perlakuan CO_2, yaitu tanpa penambahan dan dengan penambahan CO_2, serta tiga varietas kedelai. Variabel pengamatan meliputi fenologi tanaman, akumulasi panas (*growing degree days*, GDD), pertumbuhan, dan komponen hasil. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan CO_2 tidak berpengaruh nyata terhadap tinggi tanaman, jumlah daun, dan kadar air benih, tetapi berpengaruh sangat nyata terhadap bobot segar akar, bobot kering akar, dan bobot 1.000 butir. Varietas berpengaruh nyata terhadap bobot segar dan bobot kering brangkasan, sedangkan interaksi antara perlakuan CO_2 dan varietas tidak berpengaruh nyata terhadap seluruh variabel yang diamati. Hasil ini menunjukkan bahwa respons pertumbuhan dan produksi kedelai terhadap peningkatan CO_2 bervariasi menurut parameter yang diamati, sehingga peningkatan konsentrasi CO_2 pada kondisi penelitian ini belum menunjukkan peningkatan pertumbuhan dan produksi secara konsisten.

© 2026 The Author(s). Published by the Department of Agronomy and Horticulture, Faculty of Agriculture, University of Lampung.

1. PENDAHULUAN

Perubahan iklim yang ditandai dengan kenaikan suhu dan pergeseran distribusi hujan adalah hal yang tidak dapat dihindari. Salah satu penyebab utamanya adalah peningkatan emisi gas rumah kaca. Gas rumah kaca yang dominan di atmosfer meliputi karbon dioksida (CO_2), metana (CH_4), dan dinitrogen monoksida (N_2O). Kegiatan manusia, seperti pembakaran bahan bakar fosil dan penggundulan hutan, telah menyebabkan meningkatnya emisi gas rumah kaca. Kondisi ini menyebabkan pemanasan global dan memperkuat efek rumah kaca, yang semakin tinggi dari waktu ke waktu (Irma dan Gusmira., 2024).

Menurut data Badan Penerbangan dan Antariksa Amerika Serikat (2022), tingkat konsentrasi karbon dioksida di atmosfer global sudah mencapai rata-rata 417,6 ppm. Di Indonesia, rata-rata konsentrasi karbon dioksida pada tahun 2021 mencapai 414,2 ppm. Peningkatan konsentrasi karbon dioksida di atmosfer yang menjadi penyebab perubahan iklim dapat mengakibatkan perubahan yang signifikan pada struktur dan fungsi ekosistem alami yang juga memengaruhi pertumbuhan dan produksi tanaman (Zheng *et al*., 2019).

Kedelai (*Glycine max* L.) merupakan komoditas pangan terpenting ketiga setelah padi dan jagung. Berdasarkan data BPS tahun 2023, produksi kedelai nasional hanya mencapai 555.000 ton, sedangkan permintaan dalam negeri mencapai 2,7 juta ton. Sehingga, produksi kedelai di Indonesia baru mampu memenuhi permintaan sekitar 20,56% dari total kebutuhan. Perubahan iklim memberikan dampak signifikan terhadap ketahanan pangan global, terutama pada produksi kedelai. Sebagai tanaman C3, kedelai menunjukkan respons yang beragam terhadap peningkatan konsentrasi CO_2 (Taufiq, 2012). Secara teori, peningkatan CO_2 dapat meningkatkan laju fotosintesis dan efisiensi penggunaan air, namun respons ini sangat bergantung pada interaksi dengan faktor lingkungan lainnya, terutama suhu udara dan ketersediaan hara (Sutoyo, 2011).

Fenologi tanaman menjadi salah satu indikator paling sederhana dan efektif dalam mengukur dampak perubahan iklim. Fenologi tanaman dapat diukur secara kuantitatif menggunakan konsep *Growing Degree Days* (GDD), yaitu ukuran akumulasi suhu yang digunakan untuk memperkirakan kecepatan pertumbuhan dan perkembangan tanaman (Timotiwu *et al*., 2021). Penelitian mengenai respons beberapa varietas kedelai unggul di Indonesia terhadap peningkatan CO_2, khususnya pada kondisi dataran rendah, masih terbatas. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh peningkatan konsentrasi CO_2 di atas kanopi terhadap fenologi, pertumbuhan, dan produksi tanaman kedelai serta mengetahui tanggapan tiga varietas kedelai (Dena 1, Deja 1, Grobogan) terhadap peningkatan konsentrasi CO_2 di atas kanopi.

2. BAHAN DAN METODE

2.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Juli hingga Oktober 2025 di Laboratorium Lapang Terpadu, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung, Bandar Lampung. Lokasi penelitian berada pada ketinggian ±100 m dpl dengan koordinat 5°21'31" LS dan 105°15'16" BT.

2.2 Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi benih kedelai (*Glycine max* L.) varietas Dena 1, Deja 1, dan Grobogan; media tanam (tanah topsoil); pupuk NPK 16-16-16; serta bahan pembuat CO_2 (ragi Saccharomyces cerevisiae, gula pasir, baking soda, dan air). Alat yang digunakan antara lain data logger GM1365 untuk pencatatan suhu harian, timbangan analitik,

polybag ukuran 30×30 cm, sungkup plastik, botol plastik 1,5 L, meteran, CO_2 detektor, dan alat tulis.

2.3 Rancangan Percobaan

Penelitian ini menggunakan Strip Plot dalam Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan dua perlakuan (dengan penambahan CO_2 dan tanpa penambahan CO_2) yang diulang sebanyak 3 kali sehingga memiliki 72 satuan percobaan. Varietas kedelai yang digunakan yaitu Dena 1, Deja 1, dan Grobogan.

2.4 Pelaksanaan Penelitian

Media tanam disiapkan dengan mengisi polybag menggunakan tanah topsoil yang telah diayak. Pembuatan CO_2 dilakukan melalui fermentasi anaerob dengan mencampurkan ragi (0,814 g), gula pasir (1,320 g), baking soda (0,008 g), dan air hangat (0,8 L) dalam botol tertutup yang ditempatkan di dalam sungkup. Benih kedelai ditanam sebanyak 3 biji per polybag dan diseleksi menjadi satu tanaman sehat per polybag pada umur 7 hari setelah tanam (HST). Pemupukan dilakukan dengan pupuk NPK 16-16-16 sebanyak tiga kali (10–15 HST, 30–35 HST, dan 60–65 HST). Pemeliharaan meliputi penyiraman, penyiangan, serta pengendalian hama dan penyakit. Pemanenan dilakukan ketika 95% polong telah berwarna coklat.

2.5 Pengamatan

Pengamatan dilakukan terhadap variabel fenologi (waktu pencapaian fase VE, VC, V1, V2, V3, R1, R2, R3, R4, R6, R7, R8), pertumbuhan (tinggi tanaman dan jumlah daun pada 5 MST), dan produksi (bobot segar brangkasan, bobot kering brangkasan, bobot segar akar, bobot kering akar, bobot 1000 butir, dan kadar air benih). Suhu harian (maksimum dan minimum) dicatat menggunakan data logger untuk perhitungan *Growing Degree Days* (GDD) dengan rumus:

$$GDD = (Tmax + Tmin)/2 - Tbase, \text{ dengan } Tbase = 10°C \text{ untuk kedelai.}$$

2.6 Analisis Data

Data dianalisis menggunakan analisis ragam (ANOVA) pada taraf signifikansi 5%. Jika terdapat pengaruh nyata, dilanjutkan dengan uji Beda Nyata Terkecil (BNT) pada taraf yang sama.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Fenologi

Kadar CO_2 di dalam sungkup selama pengamatan berkisar antara 401–461 ppm. Suhu udara berkisar 30–47°C dengan kelembapan relatif sekitar 40–85%. Perbedaan kadar CO_2 antar sungkup relatif kecil sehingga menunjukkan kondisi lingkungan yang cukup seragam. Konsentrasi CO_2 di atmosfer berada pada kisaran 410-420 ppm, tetapi di udara bebas, konsentrasi CO_2 cenderung lebih rendah dibandingkan di dalam sungkup karena gas mudah tersebar akibat sirkulasi udara dan tiupan angin. Dengan penambahan konsentasi CO_2 pada kanopi tanaman fase fenologi tanaman kedelan terlihat seperti Tabel 1.

Tabel 1. Waktu Pencapaian Fase Fenologi Utama pada Tiga Varietas Kedelai dengan Perlakuan CO_2 (Hari Setelah Berkecambah/HSB)

Varietas	Perlakuan	Pembungaan Awal (R1)	Pengisian Biji Penuh (R6)	Kematangan Panen (R8)
Dena 1	-CO_2	28	60	85
	+CO_2	29	72	89
Deja 1	-CO_2	25	57	82
	+CO_2	29	71	88
Grobogan	-CO_2	28	60	84
	+CO_2	30	71	89

Keterangan: -CO_2 = kontrol (konsentrasi atmosfer ambien); +CO_2 = perlakuan peningkatan CO_2 di atas kanopi.

Data pada Tabel 1 menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi CO_2 cenderung memperlambat pencapaian fase generatif, terutama pada fase pengisian biji penuh (R6) dan kematangan panen (R8). Hal ini mengindikasikan bahwa pada kondisi suhu tinggi, peningkatan CO_2 tidak mempercepat perkembangan generatif tanaman kedelai.

Tabel 2. Akumulasi *Growing Degree Days* (GDD) pada Fase Pertumbuhan Kunci Tiga Varietas Kedelai

Varietas	Perlakuan	GDD pada Pembungaan (R1)	GDD pada Pengisian Biji Penuh (R6)	GDD pada Panen (R8)
Dena 1	-CO_2	406,20	878,27	1256,40
	+CO_2	421,58	1053,85	1325,09
Deja 1	-CO_2	362,90	832,20	1207,35
	+CO_2	421,58	1038,52	1307,79
Grobogan	-CO_2	406,20	878,27	1239,46
	+CO_2	436,79	1038,52	1325,09

Keterangan: -CO_2 = kontrol (konsentrasi atmosfer ambien); +CO_2 = perlakuan peningkatan CO_2 di atas kanopi.

Sejalan dengan fenologi yang tertunda, perlakuan +CO_2 membutuhkan akumulasi GDD yang lebih tinggi untuk mencapai setiap fase utama. Hal ini mengonfirmasi bahwa tanaman kedelai memerlukan akumulasi panas yang lebih besar untuk menyelesaikan siklus hidupnya di bawah lingkungan dengan CO_2 tinggi dan suhu yang meningkat.

3.2 Pertumbuhan dan Produksi

Perlakuan CO_2 berpengaruh sangat nyata terhadap bobot segar akar, bobot kering akar, dan bobot 1000 butir, tetapi tidak berpengaruh nyata terhadap parameter pertumbuhan tajuk (Tabel 3). Perlakuan varietas berpengaruh nyata terhadap bobot segar dan bobot kering brangkasan serta kadar air benih. Tidak terdapat interaksi nyata antara CO_2 dan varietas pada seluruh variabel yang diamati.

Tabel 3. Ringkasan Analisis Ragam (Nilai-p) Pengaruh CO_2, Varietas, dan Interaksinya terhadap Variabel Pertumbuhan dan Produksi Kedelai

Variabel	Pengaruh CO_2	Pengaruh Varietas	Interaksi (CO_2 × Varietas)
Tinggi Tanaman (5 MST)	tn	tn	tn
Jumlah Daun (5 MST)	tn	tn	tn
Bobot Segar Brangkasan	tn	*	tn
Bobot Kering Brangkasan	tn	*	tn
Bobot Segar Akar	**	tn	tn
Bobot Kering Akar	**	tn	tn
Bobot 1000 Butir	**	tn	tn
Kadar Air Benih	tn	*	tn

Keterangan: tn = tidak nyata (P>0,05); * = nyata pada α 5%; ** = nyata pada α 1%.

Perlakuan +CO_2 secara signifikan menurunkan bobot 1000 butir (2,62 g) dibandingkan kontrol (3,89 g) dan juga menurunkan bobot segar akar (Tabel 4). Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan CO_2 justru berdampak negatif terhadap komponen hasil utama.

Tabel 4. Rata-rata Parameter Pertumbuhan dan Produksi Tiga Varietas Kedelai pada Perlakuan CO_2

Variabel dan Perlakuan	Dena 1	Deja 1	Grobogan
Tinggi Tanaman 5 MST (cm)			
-CO_2	40,87 a	47,14 a	41,89 a
+CO_2	44,88 a	44,88 a	44,88 a
Bobot 1000 Butir (g)			
-CO_2	3,89 a	3,89 a	3,89 a
+CO_2	2,62 b	2,62 b	2,62 b
Bobot Segar Akar (g)			
-CO_2	1,80 a	1,80 a	1,80 a
+CO_2	1,28 b	1,28 b	1,28 b

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama pada baris yang sama untuk setiap variabel menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji BNT pada α 5%.

3.3 Pembahasan

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi CO_2 di atas kanopi belum mampu memberikan pengaruh positif terhadap pertumbuhan maupun hasil produksi tanaman kedelai. Kondisi ini diduga dipengaruhi oleh beberapa faktor. Konsentrasi CO_2 di dalam sungkup hanya mencapai kisaran 401–461 ppm, sehingga nilainya masih mendekati konsentrasi CO_2 atmosfer. Pada tanaman C3 seperti kedelai, peningkatan konsentrasi CO_2 berpotensi meningkatkan laju fotosintesis, tetapi respons pertumbuhan dan hasil juga dipengaruhi oleh faktor lingkungan lain, seperti suhu, ketersediaan air, dan unsur hara (Ainsworth dan Rogers, 2007). Oleh karena itu, belum meningkatnya pertumbuhan dan hasil tanaman pada perlakuan +CO_2 diduga berkaitan dengan besarnya peningkatan konsentrasi CO_2 serta kondisi lingkungan selama penelitian yang mungkin membatasi respons tanaman.

Selain itu , penggunaan sungkup plastik selama penelitian menyebabkan suhu udara di dalam sungkup meningkat hingga 30–47°C dengan kelembapan relatif berkisar 40–85%. Suhu tersebut melebihi kisaran optimum pertumbuhan kedelai yaitu berkisar 25–30°C. Kondisi ini diduga memicu cekaman panas yang berdampak pada terganggunya aktivitas fisiologis tanaman. Peningkatan suhu dapat memperbesar laju respirasi sehingga hasil fotosintesis digunakan untuk mempertahankan proses metabolisme dibandingkan untuk pertumbuhan dan pembentukan biji.

Selain itu, suhu tinggi juga dapat menurunkan efisiensi enzim fotosintesis serta meningkatkan kehilangan air akibat proses transpirasi (Soleh dan Kokubun, 2018). Oleh karena itu, peningkatan konsentrasi CO_2 pada penelitian ini belum mampu meningkatkan pertumbuhan dan hasil tanaman secara optimal.

Pengaruh kondisi tersebut juga tampak pada hasil pengamatan fenologi dan nilai *Growing Degree Days* (GDD). Perlakuan +CO_2 menunjukkan kecenderungan memiliki akumulasi GDD yang lebih tinggi dibandingkan perlakuan tanpa penambahan CO_2. Hal ini mengindikasikan bahwa tanaman memerlukan akumulasi panas lebih besar untuk mencapai fase pertumbuhan tertentu. Meskipun suhu yang lebih tinggi dapat meningkatkan akumulasi GDD, kondisi suhu yang melampaui kisaran optimum berpotensi mengganggu proses fisiologis dan perkembangan tanaman sehingga perkembangan menuju fase generatif menjadi kurang efisien. Pada beberapa fase pertumbuhan, perlakuan +CO_2 bahkan menunjukkan kecenderungan mengalami keterlambatan dibandingkan perlakuan tanpa CO_2, yang mengindikasikan bahwa peningkatan akumulasi GDD tidak selalu diikuti oleh percepatan perkembangan fenologi. Kondisi suhu tinggi selama penelitian diduga menjadi salah satu faktor yang membatasi respons tanaman terhadap penambahan CO_2. Namun, pengaruh suhu tersebut perlu ditafsirkan secara hati-hati karena perbedaan akumulasi GDD dan waktu pencapaian fase fenologi belum cukup untuk membuktikan bahwa cekaman suhu merupakan faktor yang lebih dominan dibandingkan manfaat peningkatan konsentrasi CO_2.

Penurunan bobot 1000 butir pada perlakuan +CO_2 dalam penelitian ini sejalan dengan hasil penelitian Kanemoto *et al*. (2009) yang menyatakan bahwa peningkatan konsentrasi CO_2 pada kondisi suhu yang tidak optimum dapat menurunkan fotosintesis daun kedelai secara signifikan. Suhu tinggi pada fase generatif diduga menghambat proses pembentukan dan pengisian biji sehingga distribusi asimilat menuju biji menjadi kurang optimal. Selain itu, meningkatnya respirasi pada kondisi panas menyebabkan sebagian besar hasil fotosintesis digunakan untuk mempertahankan aktivitas metabolisme tanaman. Akibatnya, akumulasi bahan kering pada biji menjadi lebih rendah sehingga bobot 1000 butir, cenderung menurun pada perlakuan penambahan CO_2.

Tidak ditemukannya interaksi antara perlakuan CO_2 dan varietas menunjukkan bahwa ketiga varietas kedelai memberikan respons yang relatif serupa terhadap kondisi lingkungan penelitian. Hal ini diduga karena pengaruh lingkungan, terutama suhu tinggi di dalam sungkup, lebih dominan dibandingkan pengaruh perbedaan genetik antar varietas. Kondisi cekaman lingkungan yang cukup tinggi dapat menutupi potensi genetik masing-masing varietas sehingga respons pertumbuhan dan hasil tanaman menjadi hampir sama. Hal tersebut diperkuat oleh hasil pengamatan yang menunjukkan bahwa nilai rata-rata bobot 1000 butir dan bobot segar akar antar varietas pada perlakuan +CO_2 cenderung tidak berbeda jauh. Selain itu, peningkatan konsentrasi CO_2 yang masih relatif rendah kemungkinan belum cukup untuk memunculkan perbedaan respons fisiologis pada masing-masing varietas kedelai.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa peningkatan konsentrasi CO_2 di atas kanopi pada kondisi dataran rendah tidak meningkatkan pertumbuhan dan produksi tanaman kedelai, melainkan justru menurunkan bobot 1000 butir dan bobot akar dibandingkan kontrol. Ketiga varietas kedelai (Dena 1, Deja 1, Grobogan) menunjukkan respons yang relatif seragam terhadap peningkatan CO_2, tanpa adanya varietas yang secara nyata lebih unggul, dan tidak terdapat interaksi nyata antara perlakuan CO_2 dan varietas terhadap seluruh variabel pertumbuhan dan produksi yang diamati.

5. DAFTAR PUSTAKA

Ainsworth, E. A. dan Rogers, A. (2007). The response of photosynthesis and stomatal conductance to rising CO_2: Mechanisms and environmental interactions. *Plant, Cell & Environment, 30*(3), 258–270. https://doi.org/10.1111/j.1365-3040.2007.01641.x

Irma, M. F. dan Gusmira, E. (2024). Tingginya kenaikan suhu akibat peningkatan emisi gas rumah kaca di Indonesia. *JSSIT: Jurnal Sains dan Sains Terapan, 2*(1). https://doi.org/10.30631/jssit.v2i1.49

Kanemoto, K., Yamashita, Y., Ozawa, T., Imanishi, N., Nguyen, T. N., Suwa, R., Mohapatra, P. K., Kanai, S., Moghaieb, R. E., Ito, J., El-Shemy, H. dan Fujita, K. (2009). Photosynthetic acclimation to elevated CO_2 is dependent on N partitioning and transpiration in soybean. *Plant Science, 177*(5), 398–403. https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2009.06.017

Soleh, M. A. dan Kokubun, M. (2018). Peningkatan konsentrasi CO_2 dan suhu menyebabkan penurunan laju pembukaan stomata serta hasil berat kering tanaman kedelai. *Jurnal Agrotek Indonesia, 3*(1), 34–38. https://journal.unsika.ac.id/index.php/agrotek/article/view/1164

Sutoyo. (2011). Masalah dan peranan CO_2 pada produksi tanaman. *Buana Sains, 11*(1), 83–90. https://doi.org/10.33366/bs.v11i1.183

Taufiq, A. dan Sundari, T. (2012). Respons tanaman kedelai terhadap lingkungan tumbuh. *Buletin Palawija*, (23), 13–26. https://doi.org/10.21082/bulpa.v0n23.2012.p13-26

Timotiwu, P. B., Manik, T. K., Agustiansyah dan Pramono, E. (2021). Fenologi dan pertumbuhan tanaman strawberry di dataran rendah sebagai kajian awal dampak perubahan iklim terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman. *Jurnal Agrotropika, 20*(1), 1–8. https://doi.org/10.23960/ja.v20i1.4596

Zheng, Y., Li, F., Hao, L., Yu, J., Guo, L., Zhou, H., Ma, C., Zhang, X. dan Xu, M. (2019). Elevated CO_2 concentration induces photosynthetic down-regulation with changes in leaf structure, non-structural carbohydrates and nitrogen content of soybean. *BMC Plant Biology, 19*, Article 255. https://doi.org/10.1186/s12870-019-1788-9