

10.1071/CP18424_AC

© CSIRO 2019

Supplementary Material: *Crop & Pasture Science*, 2019, 70, 535–545.

Improvement in photosynthesis, seed yield, and protein content of common bean by the foliar application of 24-epibrassinolide under drought stress

Mahsa Mohammadi^{A,B}, Majid Pouryousef^A, Afshin Tavakoli^A and Ehsan Mohseni Fard^A

^ADepartment of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Zanjan, Iran.

^BCorresponding author. Email: mohammadi.mahsa@znu.ac.ir

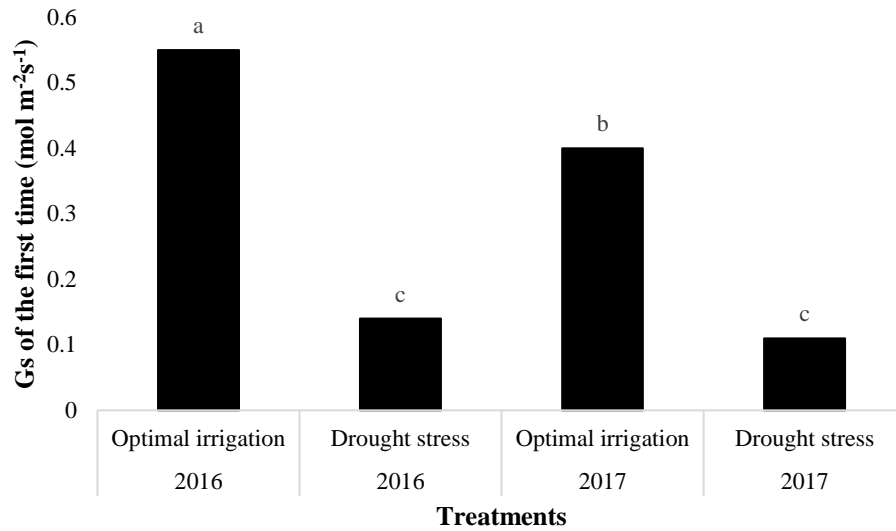
Supplementary Material Table 1. Analysis of variance (mean squares) for different traits of two common bean genotypes (C) evaluated at two levels of irrigation (I) and four concentrations of exogenous EBL (H) in three replicates (R) in two years (Y).

Traits	Mean Squares																	Error
	Y	R(Y)	I	Y×I	R×I(Y)	C	H	I×C	I×H	C×H	Y×C	Y×H	I×C×H	Y×I×C	Y×I×H	Y×C×H	Y×I×C×H	
DF	1	4	1	1	4	1	3	1	3	3	1	3	3	1	3	3	3	56
LAI †	1.12 ^{ns}	0.23	30.57 ^{**}	0.001 ^{ns}	0.19	3.21 ^{**}	1.55 ^{**}	2.28 ^{**}	0.02 ^{ns}	0.08 ^{ns}	0.12 ^{ns}	0.09 ^{ns}	0.04 ^{ns}	0.60 ^{ns}	0.09 ^{ns}	0.16 ^{ns}	0.24 ^{ns}	0.20
LAI ††	1.81 ^{ns}	0.32	5.96 ^{ns}	1.57 ^{ns}	0.28	0.75 [*]	1.08 ^{**}	0.18 ^{ns}	0.35 ^{ns}	0.02 ^{ns}	0.15 ^{ns}	0.04 ^{ns}	0.10 ^{ns}	0.08 ^{ns}	0.12 ^{ns}	0.04 ^{ns}	0.08 ^{ns}	0.14
C _i †	3838.01 ^{ns}	1269.21	28050.84 ^{ns}	8269.59 ^{ns}	1967.81	2044.26 ^{ns}	8653.20 ^{**}	9620.01 [*]	582.57 ^{ns}	812.37 ^{ns}	1327.59 ^{ns}	758.68 ^{ns}	792.68 ^{ns}	635.51 ^{ns}	3346.59 ^{ns}	1682.54 ^{ns}	2640.34 ^{ns}	1364.19
E †	11.80 ^{ns}	21.54	485.60 ^{**}	0.002 ^{ns}	10.40	1.39 ^{ns}	10.08 ^{**}	21.46 ^{**}	0.12 ^{ns}	1.37 ^{ns}	1.53 ^{ns}	2.21 ^{ns}	2.15 ^{ns}	3.48 ^{ns}	3.02 ^{ns}	3.71 ^{ns}	0.08 ^{ns}	2.02
G _s †	0.19 [*]	0.01	2.97 ^{ns}	0.10 [*]	0.01	0.02 ^{ns}	0.07 ^{**}	0.04 [*]	0.01 ^{ns}	0.01 ^{ns}	0.004 ^{ns}	0.01 ^{ns}	0.005 ^{ns}	0.001 ^{ns}	0.01 ^{ns}	0.01 ^{ns}	0.004 ^{ns}	0.01
P _N †	18.27 ^{ns}	23.69	1342.51 [*]	7.55 ^{ns}	16.21	31.67 [*]	67.14 ^{**}	1.07 ^{ns}	4.32 ^{ns}	6.65 ^{ns}	22.02 ^{ns}	2.52 ^{ns}	2.39 ^{ns}	2.001 ^{ns}	10.95 ^{ns}	6.08 ^{ns}	6.37 ^{ns}	6.37
C _i ††	112.67 ^{ns}	497.35	1820.04 ^{ns}	3197.04 ^{ns}	1639.54	1027.04 ^{ns}	3930.94 ^{**}	266.67 ^{ns}	95.49 ^{ns}	1365.82 ^{ns}	925.04 ^{ns}	2106.94 ^{ns}	642.28 ^{ns}	0.17 ^{ns}	800.82 ^{ns}	278.49 ^{ns}	327.67 ^{ns}	907.82
E ††	182.88 ^{**}	2.06	6.86 ^{ns}	0.25 ^{ns}	2.82	7.29 ^{ns}	10.14 [*]	1.11 ^{ns}	0.44 ^{ns}	2.39 ^{ns}	1.52 ^{ns}	6.11 ^{ns}	1.37 ^{ns}	7.85 ^{ns}	0.31 ^{ns}	3.41 ^{ns}	5.68 ^{ns}	2.67
G _s ††	0.07 [*]	0.004	0.08 ^{ns}	0.001 ^{ns}	0.01	0.02 [*]	0.03 ^{**}	0.001 ^{ns}	0.001 ^{ns}	0.002 ^{ns}	0.01 ^{ns}	0.01 ^{ns}	0.01 ^{ns}	0.01 ^{ns}	0.001 ^{ns}	0.01 ^{ns}	0.01 ^{ns}	0.005
P _N ††	22.52 ^{ns}	27.72	45.29 ^{ns}	15.50 ^{ns}	5.03	76.40 [*]	133.005 ^{**}	36.21 ^{ns}	12.33 ^{ns}	11.60 ^{ns}	49.54 ^{ns}	31.06 ^{ns}	9.64 ^{ns}	3.79 ^{ns}	8.18 ^{ns}	37.19 ^{ns}	5.38 ^{ns}	15.12
Chl a †	0.11 ^{ns}	0.36	0.11 ^{ns}	0.002 ^{ns}	0.13	0.17 ^{ns}	1.24 ^{**}	1.62 ^{**}	0.16 ^{ns}	0.16 ^{ns}	0.0002 ^{ns}	0.14 ^{ns}	0.10 ^{ns}	0.21 ^{ns}	0.14 ^{ns}	0.05 ^{ns}	0.01 ^{ns}	0.08
Chl b †	0.002 ^{ns}	0.03	0.003 ^{ns}	0.001 ^{ns}	0.01	0.01 ^{ns}	0.11 ^{**}	0.14 ^{**}	0.02 ^{ns}	0.005 ^{ns}	0.01 ^{ns}	0.01 ^{ns}	0.01 ^{ns}	0.01 ^{ns}	0.01 ^{ns}	0.02 ^{ns}	0.002 ^{ns}	0.01
Chl a+b †	0.15 ^{ns}	0.60	0.15 [*]	0.0004 ^{ns}	0.20	0.26 ^{ns}	2.09 ^{**}	2.72 ^{**}	0.29 ^{ns}	0.22 ^{ns}	0.01 ^{ns}	0.21 ^{ns}	0.18 ^{ns}	0.30 ^{ns}	0.22 ^{ns}	0.13 ^{ns}	0.01 ^{ns}	0.12
Car †	0.04 ^{ns}	0.03	0.01 ^{ns}	0.01 ^{ns}	0.02	0.0004 ^{ns}	0.20 ^{**}	0.21 ^{**}	0.02 ^{ns}	0.03 ^{ns}	0.01 ^{ns}	0.03 ^{ns}	0.01 ^{ns}	0.02 ^{ns}	0.01 ^{ns}	0.01 ^{ns}	0.001 ^{ns}	0.01
Chl a ††	0.002 ^{ns}	0.06	0.06 ^{ns}	0.06 ^{ns}	0.06	1.40 ^{**}	0.22 ^{**}	0.01 ^{ns}	0.04 ^{ns}	0.06 ^{ns}	0.001 ^{ns}	0.05 ^{ns}	0.04 ^{ns}	0.11 ^{ns}	0.08 ^{ns}	0.05 ^{ns}	0.09 ^{ns}	0.04
Chl b ††	0.30 ^{**}	0.01	0.02 ^{ns}	0.002 ^{ns}	0.01	0.06 ^{**}	0.02 [*]	0.01 ^{ns}	0.01 ^{ns}	0.01 ^{ns}	0.003 ^{ns}	0.002 ^{ns}	0.0004 ^{ns}	0.002 ^{ns}	0.01 ^{ns}	0.01 ^{ns}	0.01 ^{ns}	0.01
Chl a+b ††	0.25 ^{ns}	0.08	0.14 ^{ns}	0.04 ^{ns}	0.11	2.02 ^{**}	0.36 ^{**}	0.00003 ^{ns}	0.08 ^{ns}	0.10 ^{ns}	0.001 ^{ns}	0.07 ^{ns}	0.04 ^{ns}	0.14 ^{ns}	0.11 ^{ns}	0.09 ^{ns}	0.14 ^{ns}	0.06
Car ††	0.01 ^{ns}	0.003	0.01 ^{ns}	0.004 ^{ns}	0.01	0.26 ^{**}	0.04 ^{**}	0.01 ^{ns}	0.01 ^{ns}	0.01 ^{ns}	0.001 ^{ns}	0.003 ^{ns}	0.001 ^{ns}	0.02 ^{ns}	0.01 ^{ns}	0.004 ^{ns}	0.01 ^{ns}	0.01
No. pods plant ⁻¹	0.40 ^{ns}	1.45	112.23 [*]	0.18 ^{ns}	0.70	13.95 ^{**}	3.95 ^{**}	5.32 ^{**}	0.62 ^{ns}	0.80 ^{ns}	0.51 ^{ns}	0.36 ^{ns}	0.51 ^{ns}	8.28 ^{**}	0.85 ^{ns}	0.02 ^{ns}	1.01 ^{ns}	0.63
No. seeds pod ⁻¹	0.67 ^{ns}	0.20	6.34 ^{ns}	1.34 [*]	0.09	17.10 ^{**}	1.09 ^{**}	0.03 ^{ns}	0.38 ^{ns}	0.07 ^{ns}	2.49 ^{**}	0.11 ^{ns}	0.07 ^{ns}	0.01 ^{ns}	0.10 ^{ns}	0.15 ^{ns}	0.04 ^{ns}	0.18
100 seeds weight	131.99 [*]	12.75	980.82 ^{ns}	73.28 [*]	7.52	1145.46 ^{**}	10.46 ^{ns}	121.44 ^{**}	20.93 [*]	2.79 ^{ns}	20.13 ^{ns}	14.96 ^{ns}	17.58 ^{ns}	132.84 ^{**}	10.16 ^{ns}	1.73 ^{ns}	4.03 ^{ns}	7.05
Seed yield	1772761.64 ^{ns}	787005.16	55641843.82 [*]	34546.52 ^{ns}	321791.57	11109712.25 ^{**}	1723487.51 ^{**}	1195268.09 ^{**}	18944.25 ^{ns}	149973.21 ^{ns}	925657.88 [*]	158252.09 ^{ns}	55601.42 ^{ns}	45922.37 ^{ns}	162542.05 ^{ns}	77337.78 ^{ns}	188299.03 ^{ns}	144779.48
Biological yield	11744675.00 ^{ns}	3440151.54	67150039.69 [*]	374162.97 ^{ns}	1287331.93	9849801.56 ^{**}	2333813.41 [*]	1343249.19 ^{ns}	827590.13 ^{ns}	482174.31 ^{ns}	552961.86 ^{ns}	860585.28 ^{ns}	275951.32 ^{ns}	16682.19 ^{ns}	338151.60 ^{ns}	197301.39 ^{ns}	1059127.56 ^{ns}	755666.1
Harvest index	0.07 ^{ns}	62.02	7441.37 [*]	7.02 ^{ns}	41.88	1813.33 ^{**}	495.38 ^{**}	1.76 ^{ns}	44.97 ^{ns}	9.08 ^{ns}	268.75 ^{ns}	49.48 ^{ns}	44.22 ^{ns}	10.37 ^{ns}	11.05 ^{ns}	30.12 ^{ns}	24.14 ^{ns}	76.64
Protein content	201.28 ^{ns}	29.82	43.44 [*]	0.07 ^{ns}	0.71	7.39 ^{ns}	53.15 ^{**}	0.11 ^{ns}	2.49 ^{ns}	4.24 ^{ns}	4.50 ^{ns}	0.94 ^{ns}	1.81 ^{ns}	1.33 ^{ns}	1.30 ^{ns}	9.81 ^{ns}	1.20 ^{ns}	3.60
Protein yield	191261.40 [*]	22679.12	1153285.50 [*]	6744.97 ^{ns}	2727.49	245441.86 ^{**}	85016.05 ^{**}	28670.48 ^{**}	2543.36 ^{ns}	3920.79 ^{ns}	12281.63 ^{ns}	3106.43 ^{ns}	783.29 ^{ns}	2718.36 ^{ns}	2692.39 ^{ns}	3641.59 ^{ns}	2672.79 ^{ns}	3740.54

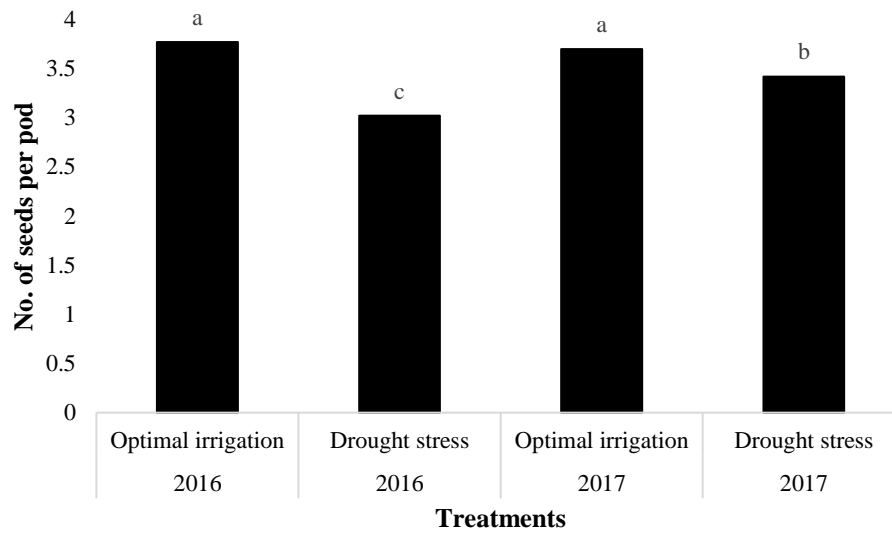
*, ** Significantly different at the 0.05 and 0.01 levels of probability, respectively, and ns not significant at the 0.05 level of probability.

†, †† First time (peak of the drought stress) and second time (one week after recovery), respectively.

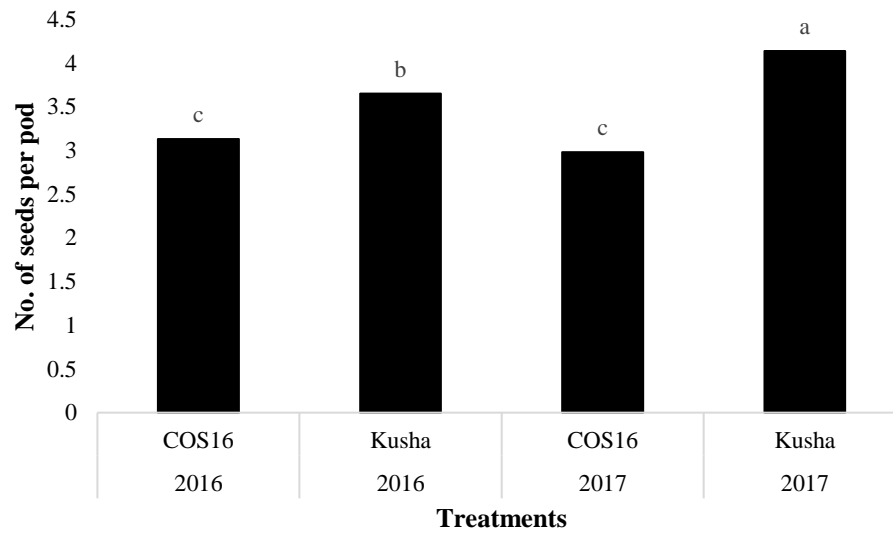
DF, degree of freedom; LAI, leaf area index; C_i, intercellular CO₂ concentration; E, transpiration rate; G_s, stomatal conductance; P_N, net photosynthetic rate; Chl, chlorophyll content; Car, carotenoid content.



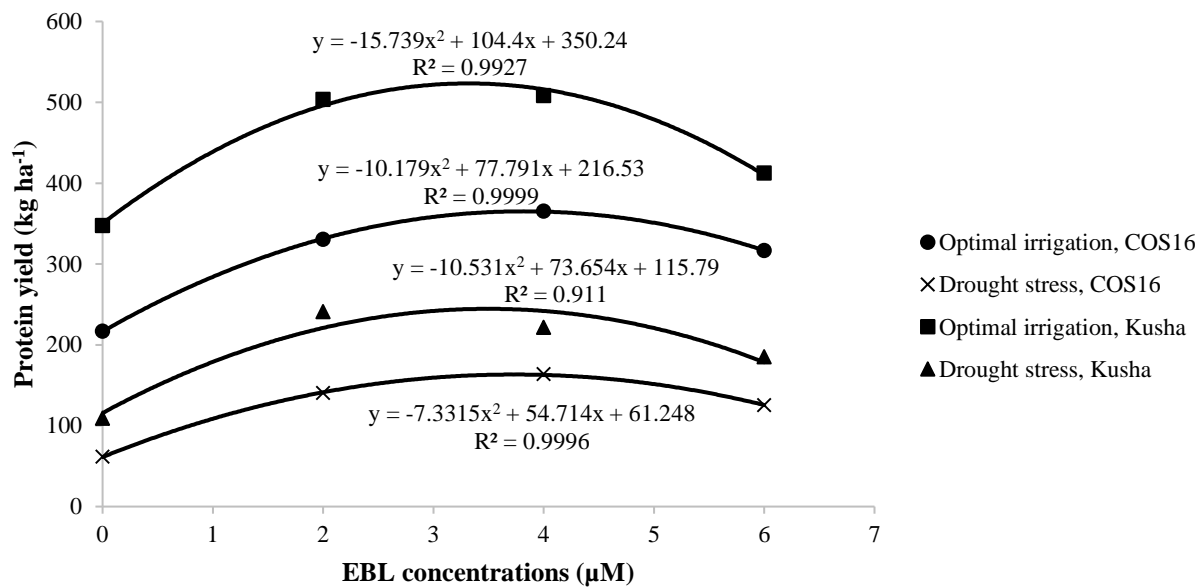
Supplementary Material Fig. 1. Mean comparison for interaction effects of years × irrigation levels on stomatal conductance of the first time (peak of the drought stress). Mean values sharing similar letter(s) are not significant at $p \leq 0.05$, according to Duncan's multiple range tests.



Supplementary Material Fig. 2. Mean comparison for interaction effects of years \times irrigation levels on number of seeds per pod. Mean values sharing similar letter(s) are not significant at $p \leq 0.05$, according to Duncan's multiple range tests.



Supplementary Material Fig. 3. Mean comparison for interaction effects of years \times genotypes on number of seeds per pod. Mean values sharing similar letter(s) are not significant at $p \leq 0.05$, according to Duncan's multiple range tests.



Supplementary Material Fig. 4. Regression of protein yield against EBL concentrations.