

Effects of biostimulants on the growth and yield of maize (*Zea mays* L.) under artificial drought condition

Thuong H. L. Nguyen^{1*}, Nien C. Nguyen¹, Ho T. Lam¹, Nghi T. T. Nguyen¹, & Long C. Nguyen²

¹Faculty of Agronomy, Nong Lam University, Ho Chi Minh City, Vietnam

²Olmix Asialand Vietnam, Ho Chi Minh City, Vietnam

ARTICLE INFO

Research Paper

Received: December 16, 2024

Revised: March 14, 2025

Accepted: March 17, 2025

Keywords

Biostimulants

Drought stress

Growth

Yield

Zea mays L.

*Corresponding author

Nguyen Le Hoai Thuong

Email:

hoaituonglh20@gmail.com

ABSTRACT

The study clarifies the effectiveness of biostimulants in enhancing the water and nutrient absorption capacity of maize under drought conditions. The experiment was executed in a plastic house at Nong Lam University, Ho Chi Minh City, to determine the effect of foliar-applied biostimulants on maize growth, development, and yield under well-watered and artificially induced drought stress conditions. The two-factor experiment included 10 treatments and was arranged in a split-plot design with three replications. The main-plot factor included moisture contents of 35 and 90%, and the sub-plot factor involved four biostimulants Agroptim (2 L/ha), C-Weed 50 (1 L/ha), Elevate (2 L/ha), Proplex (1 L/ha), and water (control). The results showed that biostimulants significantly affected the growth, leaf area, leaf area index, and biomass of maize under drought stress. In contrast, when plants were well-watered, biostimulants had a negligible effect. The actual yield of maize that applied biostimulants ranged from 383.6 to 557.1 kg/1,000 m² under 35% moisture content (increased by 33.8 to 207.3 kg compared to the control) and from 769.3 to 903.1 kg/1,000 m² under 90% moisture content (increased by 43.4 - 117.2 kg compared to the control). Application of the biostimulants Proplex and Agroptim on maize resulted in higher growth parameters, leading to greater values for fresh ear weight (138,17 and 153,15 g/ear); yield (704,28 and 800,95 kg/1,000 m²) compared to the application of Elevate and C-Weed 50.

Cited as: Nguyen, T. H. L., Nguyen, N. C., Lam, H. T., Nguyen, N. T. T., & Nguyen, L. C. (2026). Effects of biostimulants on the growth and yield of maize (*Zea mays* L.) under artificial drought condition. *The Journal of Agriculture and Development* 25(1), 27-42.

Ảnh hưởng của chất kích thích sinh học đến sinh trưởng và năng suất của cây ngô (*Zea mays* L.) trong điều kiện hạn nhân tạo

Nguyễn Lê Hoài Thương^{1*}, Nguyễn Châu Niên¹, Lâm Tấn Hồ¹,
Nguyễn Thị Trúc Nghi¹ & Nguyễn Chí Long²

¹Khoa Nông Học, Trường Đại Học Nông Lâm TP.HCM, TP. Hồ Chí Minh

²Olmix Asialand Việt Nam, TP. Hồ Chí Minh

THÔNG TIN BÀI BÁO

Bài báo khoa học

Ngày nhận: 16/12/2024

Ngày chỉnh sửa: 14/03/2025

Ngày chấp nhận: 17/03/2025

Từ khóa

Chất kích thích sinh học

Khô hạn

Năng suất

Sinh trưởng

Zea mays L.

*Tác giả liên hệ

Nguyễn Lê Hoài Thương

Email:

hoaituonglh20@gmail.com

TÓM TẮT

Nghiên cứu làm rõ hiệu quả của chất kích thích sinh học trong việc cải thiện khả năng hấp thụ nước và dinh dưỡng của cây ngô trong điều kiện khô hạn. Thí nghiệm được tiến hành trong nhà màng tại Trường Đại học Nông Lâm TP.HCM nhằm xác định loại chất kích thích sinh học phun qua lá giúp cây ngô sinh trưởng, phát triển tốt và đạt năng suất cao trong điều kiện đủ nước và khô hạn. Thí nghiệm 2 yếu tố gồm 10 nghiệm thức, được bố trí theo kiểu lô phụ, với 3 lần lặp lại. Yếu tố lô chính gồm 35 và 90% ẩm độ, yếu tố lô phụ gồm bốn chất kích thích sinh học Agroptim (2 L/ha), C-Weed 50 (1 L/ha), Elevate (2 L/ha), Proplex (1 L/ha) và nước (đối chứng). Kết quả cho thấy các chất kích thích sinh học tác động rõ rệt đến chiều cao, diện tích lá, chỉ số diện tích lá và sinh khối của cây ngô trong điều kiện khô hạn, nhưng không ảnh hưởng đáng kể khi cây được tưới đủ nước. Năng suất thực thu của cây ngô có phun chất kích thích sinh học dao động từ 383,6 đến 557,1 kg/1.000 m² ở điều kiện 35% ẩm độ, cao hơn từ 33,8 đến 207,3 kg so với đối chứng và từ 769,3 đến 903,1 kg/1.000 m² ở điều kiện 90% ẩm độ, vượt đối chứng từ 43,4 đến 117,2 kg. Việc phun chất kích thích sinh học Proplex và Agroptim trên cây ngô cho kết quả sinh trưởng cao hơn, dẫn đến khối lượng bắp tươi (138,17 và 153,15 g/bắp); năng suất thực thu (704,28 và 800,95 kg/1.000 m²) cao hơn so với phun Elevate và C-Weed 50.

1. Đặt Vấn Đề

Ngô (*Zea mays* L.) thuộc họ Hòa thảo (Poaceae), là một trong những loại cây ngũ cốc được trồng rộng rãi trên thế giới. Tại Việt Nam, ngô là loại cây lương thực quan trọng đứng thứ

hai sau cây lúa và được Bộ Nông nghiệp và Phát triển nông thôn ưu tiên phát triển trong giai đoạn tới nhờ vào vai trò quan trọng trong nền nông nghiệp hiện đại và giá trị kinh tế cao (Nguyen & ctv., 2016).

Theo IPCC (2014), hạn hán là yếu tố khí hậu tác động nghiêm trọng nhất đến sản lượng ngô toàn cầu. Ngô là cây trồng rất nhạy cảm với điều kiện hạn (Daryanto & ctv., 2016). Hạn làm giảm quá trình quang hợp của ngô và thời gian hạn kéo dài sẽ làm giảm khả năng phục hồi quang hợp của cây (Qi & ctv., 2018). Nghiên cứu của Tanguilig & ctv. (1987) cho thấy stress hạn còn làm giảm sự hấp thu chất dinh dưỡng của cây ngô do giảm thoát hơi nước, làm suy yếu cơ chế hấp thụ và vận chuyển chất dinh dưỡng của rễ, từ đó ảnh hưởng trực tiếp đến quá trình sinh trưởng và năng suất của cây ngô.

Nhận thấy những tác động tiêu cực của stress hạn đối với cây ngô, nhiều nghiên cứu sử dụng chất kích thích sinh học phun qua lá để bổ sung các dưỡng chất thiết yếu cho cây và thúc đẩy phát triển hệ rễ nhằm tăng khả năng hút nước và dinh dưỡng. Chen & ctv. (2023) xác nhận rằng phun glycine betaine qua lá giúp cải thiện các đặc điểm nông học, hàm lượng diệp lục, hiệu quả quang hợp và sử dụng nước của cây ngô trong điều kiện khô hạn. Một số nghiên cứu về vai trò của chất kích thích sinh học hỗ trợ cây trồng chống chịu khô hạn đã được thực hiện trên mía (Jacomassi & ctv., 2022) hay đậu nành (Phan & ctv., 2023). Nghiên cứu về cơ chế di truyền nhằm xác định gen kháng hạn trong cây ngô đã được Huynh & ctv. (2018) thực hiện, tuy nhiên để thực hiện công nghệ chuyển gen và đánh giá biểu hiện gen kháng hạn chưa được tiến hành. Nhìn chung, những nghiên cứu về giống kháng hạn và ứng dụng các loại chất kích thích sinh học trên cây ngô trong điều kiện khô hạn ở Việt Nam còn hạn chế, vì vậy việc nghiên cứu sâu hơn về cơ chế và ứng dụng chất kích thích sinh học một cách rộng

rãi trong canh tác ngô ở điều kiện khô hạn là cần thiết. Nghiên cứu này được thực hiện nhằm tìm ra một số loại chất kích thích sinh học phù hợp để sử dụng trong canh tác cây ngô ở điều kiện khô hạn.

2. Vật Liệu và Phương Pháp

2.1. Vật Liệu

Thử nghiệm thực hiện trên giống ngô nếp CX247 do tập đoàn Vinaseed cung cấp với bốn loại chất kích thích sinh học, mỗi loại có thành phần dinh dưỡng chính như sau:

- Elevate: Đạm tổng số (N) (178,9 g/L), đạm amoni (NH_4) (11,7 g/L), urea (CONH_2) (162,3 g/L), đạm hữu cơ (5,0 g/L), P_2O_5 (88,4 g/L), K_2O (101,8 g/L), SO_3 (42,2 g/L), B (0,5 g/L), Cu (0,5 g/L), Fe (2,5 g/L), Mn (1,0 g/L), Mo (105,1 mg/L), Zn (0,6 g/L), chất khô (773,4 g/L), C (67,7 g/L), đường (6,2 g/L), các amino acids (25,0 g/L) và betaine (11,1 g/L).

- C-Weed 50: Chiết xuất tảo *Ascophyllum nodosum* (50% w/v).

- Agroptim: K_2O (3,5% w/v), Na_2O (1,4% w/v), MgO (0,42% w/v), CuSO_4 (0,02% w/v), SO_3 (3,8% w/v), Chất khô (11,5% w/v), Fe, Mn, B, Co và Zn.

- Proplex: Đạm tổng số (N) (39,9 g/L), đạm amoni (NH_4) (32,6 g/L), đạm hữu cơ (7,3 g/L), K_2O (12,6 g/L), SO_3 (170,1 g/L), MgO (8,6 g/L), B (1,8 g/L), Cu (0,6 g/L), Fe (3,0 g/L), Mn (1,2 g/L), Zn (5,9 g/L), chất khô (379,9 g/L), chất hữu cơ (129,7 g/L), Các amino acids (36,3 g/L), betaine (16,1 g/L) và chiết xuất tảo biển (118,0 g/L).

2.2. Phương pháp nghiên cứu

2.2.1. Thời gian, điều kiện và phương pháp bố trí thí nghiệm

Nghiên cứu được thực hiện từ tháng 11/2023 đến tháng 02/2024 trong nhà màng tại Trại thực nghiệm khoa Nông học, Trường Đại học Nông Lâm TP.HCM. Nhà màng 600 m² được thiết kế với hệ thống cửa áp mái cố định có rèm che, thông gió tự nhiên, đảm bảo các điều kiện như độ truyền sáng từ 85 - 90%; độ cao mái 4,75 m, được lợp bằng màng Polymer dày 150 micron và vách xung quanh được che bằng lưới chắn côn trùng dày 50 mesh. Nhiệt độ trong nhà màng trong thời gian thí nghiệm dao động từ 29,5 - 32,0°C, ẩm độ dao động từ 77,5 - 80,3%.

Thí nghiệm hai yếu tố được bố trí theo kiểu lô phụ (Split-plot Design), gồm 10 nghiệm thức với 3 lần lặp lại. Yếu tố lô chính là 2 mức ẩm độ giá thể 35% và 90%, yếu tố lô phụ gồm 4 loại chất kích thích sinh học lần lượt là Agroptim (2 L/ha), C-Weed 50 (1 L/ha), Elevate (2 L/ha), Proplex (1 L/ha) và nước (đối chứng, ĐC). Bắp được trồng trong chậu nhựa đen có kích thước 18 × 14 × 14 cm, mỗi ô cơ sở gồm 20 cây (xếp 4 hàng, 5 cây/hàng tương ứng 2,52 m²), tổng số cây là 600 cây. Khoảng cách giữa các lần lặp lại là 0,76 m, tổng diện tích khu thí nghiệm là 120 m².

Giá thể trồng gồm mụn dừa đã qua xử lý và phân bò hoai, trộn tỷ lệ 9:1 (theo thể tích). Mụn dừa được xử lý với nước sạch, vôi và phân MKP để loại bỏ tanin và lignin, đạt pH 5,5 - 6,5 và EC 1,5 - 1,8.

Chất kích thích sinh học được phun ở 5 thời điểm 11, 18, 25, 29 và 32 ngày sau gieo (NSG), phun đều lên bề mặt lá với lượng nước phun 400 L/ha.

2.2.2. Gây hạn nhân tạo, tưới nước và bón phân

Sau lần phun chất kích thích sinh học thứ 3 (khoảng 25 - 30 NSG), dùng tưới nước ở các nghiệm thức gây khô hạn trong vòng 4 ngày. Sau đó, ẩm độ chậu trồng được duy trì ở mức 35% cho đến khi kết thúc thí nghiệm. Ẩm độ được theo dõi hằng ngày dựa trên ẩm độ kế Takemura DM-15 (do công ty Takemura sản xuất tại Nhật Bản) và lượng nước tưới được kiểm soát bằng phương pháp kiểm soát khối lượng như sau: Cân khối lượng chậu và giá thể trong chậu (A), cho nước vào để giá thể đạt trạng thái bão hoà và cân khối lượng (B). Lượng nước cần tưới để đạt 90% ẩm độ giá thể được tính bằng công thức: $(B - A) \times 0,9$; và lượng nước cần tưới đạt 35% ẩm độ giá thể là: $(B - A) \times 0,35$. Việc tưới nước được kiểm soát qua hệ thống tưới nhỏ giọt tự động, thiết lập riêng biệt cho hai mức ẩm độ kết hợp với bón phân đa và vi lượng hoà tan do công ty Yara cung cấp ở các giai đoạn phát triển của cây (tính trên 300 chậu tương ứng cho mỗi điều kiện ẩm độ giá thể). Cụ thể, ở giai đoạn cây 3 - 4 lá đến trước trổ cờ, phân bón bao gồm DAP (1,1 kg), MgSO₄ (0,5 kg), Ca(NO₃)₂ (1,7 kg), KNO₃ (0,325 kg), và vi lượng Haifa (25 g). Giai đoạn xoáy nõn đến trước khi thu hoạch, lượng phân bón gồm DAP (0,55 kg), MgSO₄ (1,1 kg), Ca(NO₃)₂ (0,7 kg), KNO₃ (1,1 kg), Urea (0,55 kg), và vi lượng Haifa (25 g).

2.2.3. Các chỉ tiêu và phương pháp theo dõi

Mỗi ô cơ sở chọn ngẫu nhiên 5 cây ở 2 hàng giữa để tiến hành theo dõi các chỉ tiêu dựa trên TCVN 13382-2:2021 của Bộ NN&PTNT (MARD, 2021).

Tốc độ tăng trưởng chiều cao cây ΔH (cm/cây/ngày) = $(H_2 - H_1)/T$. Trong đó H₁: và H₂ tương ứng với chiều cao cây đo lần sau và lần trước (cm); T: Thời gian giữa 2 lần đo (ngày);

Diện tích lá (S) ($\text{cm}^2/\text{cây}$) được tính theo công thức IVANOV: $S (\text{dm}^2/\text{cây}) = \frac{A \times B}{K}$. Theo dõi 1 lần tại thời điểm có 50% cây phun râu. Trong đó A: Chiều dài lá thứ i (dm); B: Chiều rộng lá thứ i (dm); K = 0,7;

Chỉ số diện tích lá (LAI): = diện tích lá của tất cả các cây (m^2) trên 1 m^2 đất;

Chỉ số diệp lục tố: Đo bằng máy đo diệp lục SPAD - 502 (do công ty Konica Minolta sản xuất tại Nhật Bản);

Khối lượng chất khô (g/cây): Sấy thân, lá, rễ xanh ở 70°C cho đến khi khối lượng không đổi, đem cân để xác định khối lượng chất khô, thu thập ở thời điểm 27 NSG và 46 NSG;

Số bấp/cây (bấp/cây): Đếm tổng số bấp/5 cây theo dõi và tính trung bình;

Số bấp hữu hiệu/cây (bấp/cây): Tổng số bấp hữu hiệu trên 5 cây chỉ tiêu;

Khối lượng bấp có lá bi (g/bấp): Trung bình khối lượng bấp có lá bi trên 10 cây theo dõi của mỗi ô thí nghiệm;

Khối lượng bấp không có lá bi (g/bấp): Trung bình khối lượng bấp không có lá bi trên 10 cây theo dõi của mỗi ô thí nghiệm;

Năng suất lý thuyết (NSLT) ($\text{kg}/1.000 \text{ m}^2$) = $\frac{\text{Khối lượng bấp có lá bi/cây (g)} \times \text{Mật độ cây/ha}}{1000} \times 10^{-4}$;

Năng suất thực thu (NSTT) ($\text{kg}/1.000 \text{ m}^2$) = $\frac{(P \times 10^{-3})/(S \times 10^{-3})}{(P \times 10^{-3})/(S \times 10^{-3})}$. Trong đó P: Khối lượng bấp tươi có lá bi trên ô (g/ô); S: Diện tích ô cơ sở (m^2).

2.2.4. Phương pháp xử lý số liệu

Giá trị trung bình của các chỉ tiêu theo dõi được tổng hợp bằng phần mềm Microsoft Excel 2013. Phân tích phương sai và (ANOVA) và trắc nghiệm phân hạng LSD ở mức ý nghĩa 0,05 bằng phần mềm R phiên bản 4.4.0.

3. Kết Quả và Thảo Luận

3.1. Ảnh hưởng của các chất kích thích sinh học và điều kiện ẩm độ giá thể đến các chỉ tiêu sinh trưởng của cây ngô nếp CX247

3.1.1. Ảnh hưởng của các chất kích thích sinh học và điều kiện ẩm độ giá thể đến tốc độ tăng trưởng chiều cao của cây ngô nếp CX247

Tốc độ tăng trưởng chiều cao của cây ngô là một chỉ tiêu quan trọng phản ánh khả năng sinh trưởng và phát triển của cây, thể hiện mức độ cây ngô có thể thích nghi và phát triển trong điều kiện môi trường cụ thể, đặc biệt trong điều kiện khô hạn.

Bảng 1. Ảnh hưởng của chất kích thích sinh học và điều kiện ẩm độ giá thể đến tốc độ tăng trưởng chiều cao hàng ngày của cây ngô nếp CX247 (cm/cây) qua các giai đoạn

Giai đoạn theo dõi	Điều kiện ẩm độ giá thể (A)	Chất kích thích sinh học					TB (A)
		Nước (ĐC)	Agroptim (2 L/ha)	C-Weed 50 (1 L/ha)	Elevate (2 L/ha)	Proplex (1 L/ha)	
15 - 25 NSG	35%	3,79	4,42	3,74	3,92	4,59	4,09 ^B
	90%	5,32	5,67	5,45	5,36	5,77	5,51 ^A
	TB (B)	4,55 ^B	5,04 ^A	4,59 ^B	4,64 ^B	5,17 ^A	
	CV (%) = 2,60		F _A = 206,89**	F _B = 7,04**		F _{A*B} = 1,26 ^{ns}	
25 - 35 NSG	35%	3,00	3,30	3,07	2,70	3,65	3,14 ^B
	90%	3,92	4,32	4,20	4,23	4,46	4,23 ^A
	TB (B)	3,46	3,81	3,64	3,46	4,05	
	CV (%) = 8,40		F _A = 63,64*	F _B = 0,80 ^{ns}		F _{A*B} = 0,29 ^{ns}	
35 - 42 NSG	35%	1,22	1,66	1,38	0,78	1,86	1,38 ^B
	90%	2,43	2,63	2,53	2,51	2,70	2,56 ^A
	TB (B)	1,82	2,14	1,96	1,65	2,28	
	CV (%) = 12,90		F _A = 185,62**	F _B = 1,20 ^{ns}		F _{A*B} = 0,65 ^{ns}	

Ghi chú: Trong cùng một nhóm giá trị trung bình, các số có cùng ký tự đi kèm chỉ sự khác biệt không có ý nghĩa thống kê; ns: khác biệt không có ý nghĩa; *: khác biệt ở mức $\alpha = 0,05$; **: khác biệt ở mức $\alpha = 0,01$. Các giá trị tốc độ tăng trưởng chiều cao cây ngô được chuyển đổi dưới dạng $(x + 0,5)/2$ trước khi xử lý thống kê. NSG: ngày sau gieo; ĐC: đối chứng; TB: trung bình; CV: hệ số biến dị.

Tốc độ tăng trưởng chiều cao cây ngô được trình bày ở Bảng 1 cho thấy, trong giai đoạn 15 - 25 NSG, tốc độ tăng trưởng chiều cao cây ngô khác biệt rất có ý nghĩa thống kê giữa hai điều kiện ẩm độ giá thể. Cụ thể, ở điều kiện 35% ẩm độ giá thể, tốc độ tăng trưởng hàng ngày trung bình đạt 4,09 cm/cây, trong khi ở điều kiện 90% ẩm độ giá thể, tốc độ này là 5,51 cm/cây/ngày. Sử dụng chất kích thích sinh học cũng cho thấy tác động tích cực lên tốc độ tăng trưởng chiều cao, với tốc độ tăng trưởng hàng ngày dao động từ 4,59 - 5,17 cm/cây, tăng so với đối chứng từ 0,04 - 0,62 cm/cây/ngày. Trong đó, cây ngô ở nghiệm thức phun Proplex đạt tốc độ tăng trưởng hàng ngày cao nhất (5,17 cm/cây), tiếp theo là

Agroptim (5,04 cm/cây). Tuy nhiên, không có sự khác biệt đáng kể về tốc độ tăng trưởng chiều cao cây ngô ở các nghiệm thức khi xét đến tương tác giữa chất kích thích sinh học và điều kiện ẩm độ giá thể. Từ giai đoạn 25 - 35 và 35 - 42 NSG, ảnh hưởng của các chất kích thích sinh học đến tốc độ tăng trưởng chiều cao cây không đáng kể, tuy vậy vẫn ghi nhận tốc độ tăng trưởng ở các nghiệm thức có phun chất kích thích sinh học cao hơn đối chứng, đặc biệt là ở cây ngô được phun Proplex và Agroptim.

Nhìn chung, Proplex cho thấy hiệu quả tốt nhất trong việc thúc đẩy tăng trưởng chiều cao cây ngô. Xét về thành phần, Proplex chứa hàm lượng amino acid cao hơn và có bổ sung chiết

xuất tảo biển giúp kích thích tổng hợp protein và phân chia tế bào, từ đó thúc đẩy tăng trưởng chiều cao. Kết quả này phù hợp với nghiên cứu của Tinte & ctv. (2022) về tác dụng của chất kích thích sinh học chiết xuất từ tảo biển phun qua lá kích thích tăng trưởng chiều cao cây ngô trong điều kiện hạn nhân tạo ở 50% ẩm độ đồng ruộng. Nghiên cứu của Tinte & ctv. (2022) chỉ ra rằng, chất kích thích sinh học chiết xuất từ tảo biển đã

làm tăng hàm lượng phenylalanine, tryptophan, coumaroylquinic acid và linolenic acid, giúp cây ngô tăng trưởng chiều cao, đường kính thân và tăng khả năng chịu hạn của cây trong điều kiện thiếu nước tưới.

3.1.2. Ảnh hưởng của các chất kích thích sinh học và điều kiện ẩm độ giá thể đến diện tích lá và chỉ số diện tích lá của cây ngô nếp CX247

Bảng 2. Ảnh hưởng của chất kích thích sinh học và điều kiện ẩm độ giá thể đến diện tích lá và chỉ số diện tích lá của cây ngô nếp CX247

Chỉ tiêu theo dõi	Điều kiện ẩm độ giá thể (A)	Chất kích thích sinh học					TB (A)
		Nước (ĐC)	Agroptim (2 L/ha)	C-Weed 50 (1 L/ha)	Elevate (2 L/ha)	Proplex (1 L/ha)	
Diện tích lá (dm ² lá/cây)	35%	18,17	25,42	21,13	25,13	28,09	23,59 ^B
	90%	44,41	45,93	45,84	45,71	46,42	45,66 ^A
	TB (B)	31,29 ^C	35,68 ^{AB}	33,49 ^{BC}	35,42 ^{AB}	37,25 ^A	
	CV (%) = 8,30		F _A = 4243,25**	F _B = 3,85*		F _{A * B} = 1,96 ^{ns}	
Chỉ số diện tích lá	35%	1,93 ^c	2,73 ^{bc}	2,70 ^{bc}	2,27 ^{bc}	3,00 ^b	2,53 ^B
	90%	4,77	4,90	4,90	4,90	4,97	4,89 ^A
	TB (B)	3,35 ^B	3,82 ^A	3,80 ^{AB}	3,58 ^{AB}	3,98 ^A	
	CV (%) = 4,90		F _A = 1281,50**	F _B = 5,11**		F _{A * B} = 3,48*	

Ghi chú: Trong cùng một nhóm giá trị trung bình, các số có cùng ký tự đi kèm chỉ sự khác biệt không có ý nghĩa thống kê; ns: khác biệt không có ý nghĩa; *: khác biệt ở mức $\alpha = 0,05$; **: khác biệt ở mức $\alpha = 0,01$. NSG: ngày sau gieo; ĐC: đối chứng; TB: trung bình; CV: hệ số biến dị.

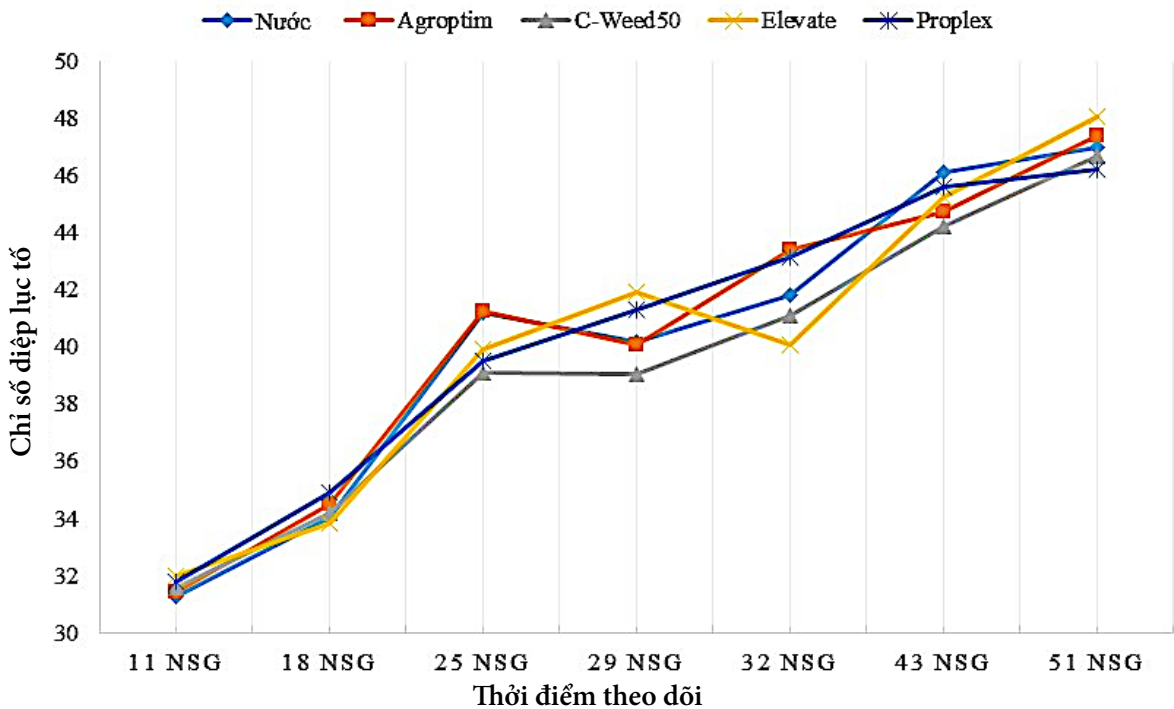
Các chỉ tiêu về diện tích lá và chỉ số diện tích lá là hai thông số sinh lý quan trọng, liên quan đến khả năng quang hợp và ảnh hưởng trực tiếp đến năng suất và chất lượng. Kết quả nghiên cứu ảnh hưởng của các chất kích thích sinh học và điều kiện ẩm độ giá thể đến diện tích lá và chỉ số diện tích lá của cây ngô được thể hiện ở Bảng 2 cho thấy diện tích lá có sự khác biệt giữa các nghiệm thức hạn và không hạn, trung bình đạt 23,59 dm² lá/cây ở điều kiện 35% ẩm độ giá thể và 45,66 dm² lá/cây ở 90% ẩm độ giá thể.

Diện tích lá của cây ngô ở các nghiệm thức có phun chất kích thích sinh học dao động từ 33,49 - 37,25 dm² lá/cây, cao nhất là nghiệm thức phun Proplex (37,25 dm² lá/cây), khác biệt có ý nghĩa so với các nghiệm thức phun C-Weed 50 và đối chứng. Diện tích lá cây ngô ở các nghiệm thức kết hợp giữa điều kiện ẩm độ giá thể và chất kích thích sinh học dao động trong khoảng 18,17 - 46,42 dm² lá/cây, kết quả phân tích thống kê cho thấy sự khác biệt không có ý nghĩa. Kết quả này có thể do sự chênh lệch cao về diện tích lá ở hai

điều kiện ẩm độ giá thể.

Chỉ số diện tích lá khác biệt rất có ý nghĩa thống kê ở các nghiệm thức ở hai điều kiện ẩm độ khác nhau. Trong đó, nghiệm thức phun Proplex có chỉ số diện tích lá cao nhất (3,98), tiếp theo là Agroptim (3,82), khác biệt rất có ý nghĩa thống kê so với đối chứng (3,35). Bên cạnh đó,

việc phun chất kích thích sinh học đã cho kết quả rõ rệt về chỉ số diện tích lá ở hai điều kiện ẩm độ giá thể khác nhau. Chỉ số diện tích lá dao động từ 1,93 - 4,97, tuy nhiên, hiệu quả của các chất kích thích sinh học được thể hiện rõ ràng hơn ở các nghiệm thức trong điều kiện khô hạn, trong đó, chỉ số diện tích lá của cây ngô được phun Proplex cho kết quả cao nhất (3,00).



Hình 1. Chỉ số diện tích lục tố lá của cây ngô ở điều kiện 35% ẩm độ giá thể qua các giai đoạn.

Diệp lục tố đóng vai trò quan trọng trong quá trình quang hợp của cây, vì vậy có liên quan trực tiếp đến sinh trưởng và năng suất của cây (Ghimire & ctv., 2015). Do đó, sử dụng các chất kích thích sinh học với kỳ vọng tăng chỉ số diệp lục tố của lá giúp tăng khả năng sinh trưởng và năng suất của cây ngô, đặc biệt trong điều kiện khô hạn.

Kết quả theo dõi chỉ số diệp lục tố của lá qua các giai đoạn sinh trưởng cho thấy, việc sử dụng

các chất kích thích sinh học không làm thay đổi đáng kể chỉ số diệp lục tố trung bình của lá cây ngô so với đối chứng (Hình 1). Tuy nhiên, khi phân tích sâu hơn thì việc sử dụng chất kích thích sinh học vẫn có hiệu quả nhất định, đặc biệt ở giai đoạn từ 25 - 43 NSG (giai đoạn cây sinh trưởng mạnh về thân lá để chuẩn bị trổ cờ). Tại thời điểm bắt đầu gây hạn (25 NSG) đến 29 NSG, chỉ số diệp lục tố của lá ở các nghiệm thức đối chứng và Agroptim giảm nhẹ do cây ngô chưa thích nghi được với điều kiện thiếu nước,

nhưng các nghiệm thức khác là Elevate, C-Weed 50 và Proplex, chỉ số diện tích lá duy trì mức tăng, đặc biệt là Proplex, tăng nhiều hơn so với các nghiệm thức còn lại (tăng từ 36,1 lên 38,9). Điều này có thể giải thích rằng, do các loại chất kích thích sinh học như Elevate, C-Weed 50 và Proplex có thành phần gồm Betaine và chiết xuất tảo biển, giúp bảo vệ tế bào khỏi các tác động của các chất oxy hóa tạo ra trong điều kiện khô hạn, duy trì các hoạt động sinh lý của cây ngô (Tinte & ctv., 2022).

Các kết quả về diện tích lá, chỉ số diện tích lá và chỉ số diện tích lá của cây ngô sinh trưởng trong điều kiện khô hạn với sự hỗ trợ của các chất kích thích sinh học phù hợp với kết quả nghiên cứu của Tinte & ctv. (2022) và Chen & ctv. (2023). Hai tác giả này chứng minh hiệu quả của Betaine trong việc hỗ trợ cây ngô sinh trưởng trong điều kiện khô hạn (50% ẩm độ đồng ruộng).

3.2. Ảnh hưởng của các chất kích thích sinh học và điều kiện ẩm độ giá thể đến chỉ tiêu sinh khối của cây ngô nếp CX247

3.2.1. Ảnh hưởng của các chất kích thích sinh học và điều kiện ẩm độ giá thể đến khối lượng thân lá khô của cây ngô nếp CX247

Bảng 3 tổng hợp kết quả nghiên cứu về tác động của các loại chất kích thích sinh học và hai điều kiện ẩm độ giá thể đến khối lượng thân lá khô của cây ngô ở thời điểm 27 và 46 NSG. Ở thời điểm 27 NSG, khối lượng thân lá khô của cây ngô ở hai điều kiện ẩm độ giá thể khác biệt có ý nghĩa thống kê, đạt 8,17 g/cây ở điều kiện 35% ẩm độ giá thể và 7,36 g/cây ở điều kiện 90% ẩm độ giá thể. Tại thời điểm 27 NSG, các chất kích thích sinh học không làm tăng khối lượng thân lá khô của cây ngô một cách đáng kể, đồng thời tương tác giữa các chất kích thích sinh học và hai điều kiện ẩm độ cũng thể hiện sự khác biệt không có ý nghĩa thống kê.

Bảng 3. Ảnh hưởng của chất kích thích sinh học và điều kiện ẩm độ giá thể đến khối lượng thân lá khô (g/cây) của cây ngô nếp CX247

Giai đoạn theo dõi	Điều kiện ẩm độ giá thể (A)	Chất kích thích sinh học					TB (A)
		Nước (ĐC)	Agroptim (2 L/ha)	C-Weed 50 (1 L/ha)	Elevate (2 L/ha)	Proplex (1 L/ha)	
27 NSG	35%	7,80	8,26	8,18	8,02	8,61	8,17 ^A
	90%	6,12	7,98	7,33	6,65	8,70	7,36 ^B
	TB (B)	6,96	8,12	7,76	7,33	8,66	
	CV (%) = 10,70		F _A = 92,38*	F _B = 0,69 ^{ns}		FA * B = 0,22 ^{ns}	
46 NSG	35%	38,33	48,67	42,67	40,33	49,00	43,80 ^B
	90%	44,00	51,33	47,33	45,67	53,67	48,40 ^A
	TB (B)	41,17 ^C	50,00 ^{AB}	45,00 ^{BC}	43,00 ^C	51,33 ^A	
	CV (%) = 2,40		F _A = 163,30**	F _B = 6,38**		F _{A * B} = 0,20 ^{ns}	

Ghi chú: Trong cùng một nhóm giá trị trung bình, các số có cùng ký tự đi kèm chỉ sự khác biệt không có ý nghĩa thống kê; ns: khác biệt không có ý nghĩa; *: khác biệt ở mức $\alpha = 0,05$; **: khác biệt ở mức $\alpha = 0,01$. NSG: ngày sau gieo; ĐC: đối chứng; TB: trung bình; CV: hệ số biến dị.

Khi cây phát triển đủ thân lá và chuẩn bị trổ cờ (46 NSG), sự khác biệt của các nghiệm thức giữa hai điều kiện ẩm độ giá thể được thể hiện rõ ràng hơn, với khối lượng thân lá khô đạt 48,40 g/cây ở điều kiện đủ nước, cao hơn đáng kể so với 43,80 g/cây ở điều kiện khô hạn. Ứng dụng chất kích thích sinh học cũng cho thấy tác động tích cực đến việc tăng khối lượng thân lá khô. Khối lượng thân lá khô dao động từ 41,17 - 51,33 g/cây, cây ngô ở nghiệm thức phun Proplex đạt khối lượng cao nhất (51,33 g/cây), thấp nhất là đối chứng (41,17 g/cây). Theo nghiên cứu của Cui & ctv. (2024), hạn hán nghiêm trọng ở giai đoạn cây bắt đầu phát triển nhanh đến giai đoạn trổ cờ (cần nhiều nước và dinh dưỡng) sẽ làm giảm từ 18,76 - 30,05% khối lượng chất khô. Nghiên cứu này ghi nhận hiệu quả hỗ trợ của chất kích thích sinh học trong việc duy trì khối lượng chất khô ở cây ngô trong điều kiện hạn, cụ thể khi sử dụng Agroptim và Proplex chỉ làm giảm khối lượng thân lá khô lần lượt là 5,18 và 8,70%. Lephatsi & ctv. (2022) cho rằng các chất kích thích sinh học chứa nhiều nguyên tố trung vi lượng, giúp tăng cường hoạt động của các enzyme chống oxy hóa, và điều chỉnh hàm lượng hormone thực vật, giúp cây trồng tăng trưởng và chống chịu hạn tốt hơn, từ đó làm tăng sinh khối của cây.

3.2.2. Ảnh hưởng của các chất kích thích sinh học và điều kiện ẩm độ giá thể đến khối lượng rễ khô của cây ngô nếp CX247

Kết quả nghiên cứu ở Bảng 4 cho thấy, ở giai đoạn 27 NSG, sự khác biệt về khối lượng rễ khô của cây ngô chủ yếu ở điều kiện ẩm độ khác nhau, các chất kích thích sinh học có làm tăng khối lượng rễ khô nhưng sự khác biệt không có ý nghĩa thống kê. Tuy nhiên, thời điểm 46 NSG, khi cây trải qua giai đoạn hạn hán kéo dài, các chất kích thích sinh học đã thể hiện rõ rệt vai trò trong việc tăng cường hệ thống rễ. Cụ thể, khối lượng rễ khô trung bình của cây ngô ở các nghiệm thức có phun chất kích thích sinh học dao động từ 3,17 - 4,67 g/cây, cao nhất là khối lượng rễ khô ở nghiệm thức phun Proplex (4,67 g/cây) và khác biệt rất có ý nghĩa thống kê so với đối chứng. Bên cạnh đó, khối lượng rễ khô của cây ngô ở điều kiện 35% ẩm độ giá thể cao hơn so với cây ngô ở điều kiện 90% ẩm độ giá thể. Điều này có thể giải thích do trong điều kiện thiếu nước, cây ngô có xu hướng phát triển bộ rễ mạnh hơn để tìm kiếm nguồn nước (Sah & ctv., 2020).

Bảng 4. Ảnh hưởng của chất kích thích sinh học và điều kiện ẩm độ giá thể đến khối lượng rễ khô (g/cây) của cây ngô nếp CX247

Giai đoạn theo dõi	Điều kiện ẩm độ giá thể (A)	Chất kích thích sinh học					TB (A)
		Nước (ĐC)	Agroptim (2 L/ha)	C-Weed 50 (1 L/ha)	Elevate (2 L/ha)	Proplex (1 L/ha)	
27 NSG	35%	1,40	1,73	1,71	1,49	1,78	1,62 ^A
	90%	1,12	1,26	1,13	1,14	1,58	1,24 ^B
	TB (B)	1,26	1,49	1,42	1,31	1,68	
	CV (%) = 20,70		$F_A = 64,26^*$	$F_B = 0,79^{ns}$		$F_{A \times B} = 0,15^{ns}$	
46 NSG	35%	3,00	3,67	3,67	3,33	5,00	3,73 ^A
	90%	3,00	3,33	3,33	3,00	4,33	3,40 ^B
	TB (B)	3,00 ^B	3,50 ^B	3,50 ^B	3,17 ^B	4,67 ^A	
	CV (%) = 11,80		$F_A = 39,04^*$	$F_B = 3,5^*$		$F_{A \times B} = 0,06^{ns}$	

Ghi chú: Trong cùng một nhóm giá trị trung bình, các số có cùng ký tự đi kèm chỉ sự khác biệt không có ý nghĩa thống kê; ns: khác biệt không có ý nghĩa; *: khác biệt ở mức $\alpha = 0,05$. Các giá trị khối lượng rễ khô tại thời điểm 27 NSG và 46 NSG được chuyển đổi dưới dạng $\log(x + 1)$ trước khi xử lý thống kê. NSG: ngày sau gieo; ĐC: đối chứng; TB: trung bình; CV: hệ số biến dị.

3.3. Ảnh hưởng của các chất kích thích sinh học và điều kiện ẩm độ giá thể đến các yếu tố cấu thành năng suất và năng suất của cây ngô nếp CX247

3.3.1. Ảnh hưởng của các chất kích thích sinh học và điều kiện ẩm độ giá thể đến các yếu tố cấu thành năng suất của cây ngô nếp CX247

Kết quả theo dõi các yếu tố cấu thành năng suất của cây ngô được trình bày ở Bảng 5 cho thấy: số bắp/cây và số bắp hữu hiệu/cây đều chịu ảnh hưởng rõ rệt bởi điều kiện ẩm độ giá thể và tác động của các chất kích thích sinh học. Số bắp/cây có sự khác biệt ở hai điều kiện ẩm độ giá thể, trong đó, số bắp/cây ở điều kiện 90% ẩm độ giá thể đạt 2,0 bắp/cây và ở 35% ẩm độ giá thể đạt 2,4 bắp/cây. Cây ngô khi gặp điều kiện stress sinh học có thể kích hoạt một số cơ chế sinh lý để tăng cường quá trình ra hoa và tạo quả nhằm

đảm bảo sự tồn tại của loài, vì vậy, trong điều kiện hạn, số bắp/cây cao hơn so với điều kiện đủ nước. Số bắp/cây ở các nghiệm thức phun chất kích thích sinh học dao động từ 2,2 - 2,3 bắp/cây, các nghiệm thức phun Proplex, Agroptim và Elevate đều đạt 2,3 bắp/cây, khác biệt có ý nghĩa so với đối chứng. Đặc biệt, khi xét đến tương tác giữa chất kích thích sinh học và điều kiện ẩm độ giá thể, nghiệm thức phun Proplex ở điều kiện hạn đạt số bắp/cây cao nhất (2,6 bắp/cây), tiếp theo là Agroptim và Elevate (2,5 bắp/cây), kết quả phân tích thống kê khác biệt có ý nghĩa so với đối chứng và với các nghiệm thức ở điều kiện ẩm độ 90%.

Số bắp hữu hiệu/cây khác biệt có ý nghĩa ở hai điều kiện ẩm độ giá thể khác nhau, cây ngô ở 90% ẩm độ giá thể có số bắp hữu hiệu/cây trung bình là 1,0 bắp/cây, ngược lại, ở 35% ẩm độ giá thể, số bắp hữu hiệu/cây trung bình giảm

xuống 0,6 bắp/cây. Các chất kích thích sinh học đã hỗ trợ đáng kể trong việc hình thành số bắp hữu hiệu trên cây, cao nhất là nghiệm thức phun Proplex (0,9 bắp/cây), khác biệt có ý nghĩa so với

các nghiệm thức còn lại. Trong điều kiện khô hạn, các chất kích thích sinh học đã phần nào hỗ trợ cho sự hình thành bắp hữu hiệu trên cây, đặc biệt là nghiệm thức phun Proplex (0,8 bắp/cây).

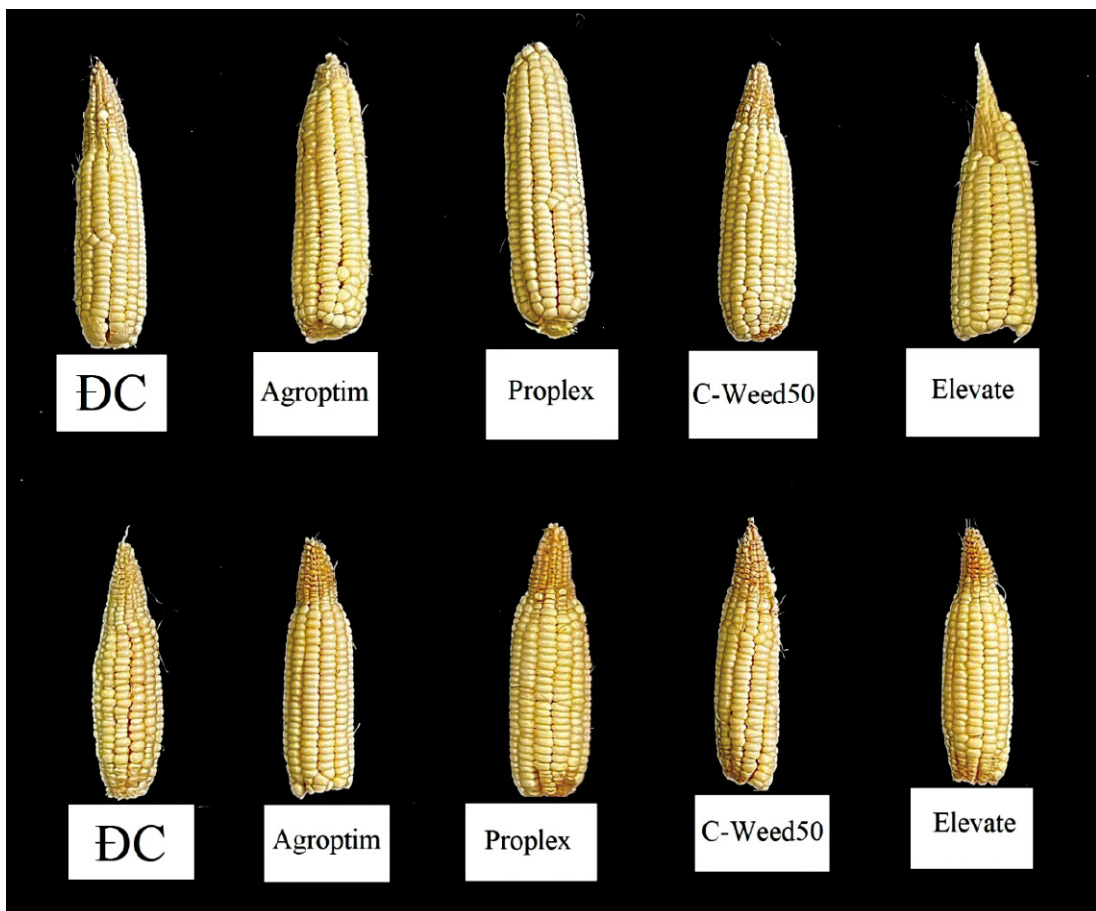
Bảng 5. Ảnh hưởng của chất kích thích sinh học đến các yếu tố cấu thành năng suất của cây ngô nếp CX247 trong điều kiện 35% ẩm độ giá thể

Chỉ tiêu theo dõi	Điều kiện ẩm độ giá thể (A)	Chất kích thích sinh học					TB (A)
		Nước (ĐC)	Agroptim (2 L/ha)	C-Weed 50 (1 L/ha)	Elevate (2 L/ha)	Proplex (1 L/ha)	
Số bắp/cây (bắp)	35%	2,2 ^{bc}	2,5 ^a	2,4 ^{ab}	2,5 ^a	2,6 ^a	2,4 ^A
	90%	2,0 ^c	2,0 ^c	2,0 ^c	2,0 ^c	2,0 ^c	2,0 ^B
	TB (B)	2,1 ^B	2,3 ^A	2,2 ^A	2,3 ^A	2,3 ^A	
	CV (%) = 2,80		F _A = 184,84**	F _B = 3,31*	F _{A*B} = 3,31*		
Số bắp hữu hiệu/cây (bắp)	35%	0,4 ^c	0,6 ^{bc}	0,5 ^c	0,5 ^c	0,8 ^{ab}	0,6 ^B
	90%	1,0 ^a	1,0 ^a	1,0 ^a	1,0 ^a	1,0 ^a	1,0 ^A
	TB (B)	0,7 ^B	0,8 ^{AB}	0,8 ^B	0,8 ^B	0,9 ^A	
	CV (%) = 10,30		F _A = 196,50**	F _B = 4,16*	F _{A*B} = 4,16*		
Khối lượng bắp có lá bi (g/bắp)	35%	63,73 ^e	95,13 ^d	86,80 ^d	83,37 ^d	117,17 ^c	89,24 ^B
	90%	159,77 ^b	181,20 ^a	179,37 ^a	177,07 ^a	189,13 ^a	177,31 ^A
	TB (B)	111,75 ^D	138,17 ^B	133,08 ^{BC}	130,22 ^C	153,15 ^A	
	CV (%) = 0,90		F _A = 37.596,05**	F _B = 59,49**	F _{A*B} = 19,30**		
Khối lượng bắp không có lá bi (g/bắp)	35%	42,00 ^e	74,83 ^c	66,73 ^{cd}	54,27 ^{de}	79,20 ^c	63,41 ^B
	90%	125,37 ^b	147,57 ^a	142,77 ^a	138,20 ^{ab}	149,50 ^a	140,68 ^A
	TB (B)	83,68 ^D	111,20 ^{AB}	104,75 ^B	96,23 ^C	114,35 ^A	
	CV (%) = 1,50		F _A = 11.710,65**	F _B = 36,44**	F _{A*B} = 12,17**		

Ghi chú: Trong cùng một nhóm giá trị trung bình, các số có cùng ký tự đi kèm chỉ sự khác biệt không có ý nghĩa thống kê; ns: khác biệt không có ý nghĩa; *: khác biệt ở mức $\alpha = 0,05$; **: khác biệt ở mức $\alpha = 0,01$. Các giá trị Số bắp hữu hiệu được chuyển đổi dưới dạng $(x + 0,5)/2$ trước khi xử lý thống kê. ĐC: đối chứng; TB: trung bình; CV: hệ số biến dị.

Khối lượng bắp có lá bi đạt 177,31 g/bắp ở các nghiệm thức 90% ẩm độ giá thể, cao hơn gần gấp 2 lần so với cây ngô ở các nghiệm thức 35% ẩm độ giá thể (89,24 g/bắp). Các nghiệm thức phun chất kích thích sinh học cho khối lượng bắp có lá bi dao động từ 130,22 - 153,15 g/bắp, khác biệt có ý nghĩa và cao hơn so với đối chứng từ 18,47 - 41,40 g/bắp. Trong đó, cây ngô ở các nghiệm thức phun Proplex cho hiệu quả tốt nhất ở cả hai điều kiện độ ẩm, đặc biệt là ở điều kiện khô hạn, với khối lượng bắp có lá bi đạt 117,17 g/bắp.

Khối lượng bắp không có lá bi cũng có xu hướng tương tự, các nghiệm thức được phun chất kích thích sinh học ở 2 điều kiện ẩm độ có khối lượng bắp không có lá bi dao động trong khoảng 54,27 - 149,50 g/bắp. Sự khác biệt này thể hiện rõ nhất ở điều kiện hạn (Hình 2), khối lượng bắp không có lá bi cao nhất ở NT phun Proplex (79,20 g/bắp), tiếp theo là Agroptim (74,83 g/bắp), khác biệt rất có ý nghĩa thống kê so với các nghiệm thức còn lại.



Hình 2. Hình dạng bắp không có lá bi của các nghiệm thức ở điều kiện 90% ẩm độ giá thể (trên) và 35% ẩm độ giá thể (dưới).

3.3.2. Ảnh hưởng của các chất kích thích sinh học và điều kiện ẩm độ giá thể đến năng suất của cây ngô nếp CX247

Bảng 6. Ảnh hưởng của chất kích thích sinh học và điều kiện ẩm độ giá thể đến năng suất lý thuyết và năng suất thực thu (kg/1.000 m²) của cây ngô nếp CX247

Chỉ tiêu theo dõi	Điều kiện ẩm độ giá thể (A)	Chất kích thích sinh học					TB (A)
		Nước (ĐC)	Agroptim (2 L/ha)	C-Weed 50 (1 L/ha)	Elevate (2 L/ha)	Proplex (1 L/ha)	
Năng suất lý thuyết	35%	437,90	543,60	496,20	476,8	669,50	524,80 ^B
	90%	942,47	1.035,20	1.017,30	1.011,80	1.080,63	1.017,48 ^A
	TB (B)	690,18 ^C	789,40 ^B	756,75 ^B	744,30 ^{BC}	875,07 ^A	
	CV (%) = 6,10	F _A = 540.370,00**		F _B = 12,74**		F _{A*B} = 1,61 ^{ns}	
Năng suất thực thu	35%	349,80	428,60	427,20	383,60	557,10	429,26 ^B
	90%	1.010,07	979,97	1.040,03	1.012,53	1.044,80	1.017,48 ^A
	TB (B)	679,93 ^B	704,28 ^B	733,62 ^B	698,06 ^B	800,95 ^A	
	CV (%) = 7,60	F _A = 1742,75**		F _B = 4,50**		F _{A*B} = 2,36 ^{ns}	

Ghi chú: Trong cùng một cột, các số có cùng ký tự đi kèm chỉ sự khác biệt không có ý nghĩa thống kê; ns: khác biệt không có ý nghĩa; *: khác biệt ở mức $\alpha = 0,05$; **: khác biệt ở mức $\alpha = 0,01$; ĐC: đối chứng; CV: hệ số biến dị.

Kết quả Bảng 6 cho thấy năng suất lý thuyết (NSLT) của cây ngô có sự khác biệt rõ rệt giữa các nghiệm thức ở hai điều kiện ẩm độ giá thể. Cụ thể, tại ẩm độ giá thể 90%, NSLT đạt 1017,48 kg/1.000 m², cao hơn khoảng 2 lần so với điều kiện 35% ẩm độ giá thể (524,80 kg/1.000 m²). Bên cạnh đó, chất kích thích sinh học cũng làm tăng NSLT, khác biệt rất có ý nghĩa so với đối chứng, dao động trong khoảng 744,30 - 875,07 kg/1.000 m². Tuy nhiên, tương tác giữa chất kích thích sinh học và các điều kiện ẩm độ giá thể không có sự khác biệt đáng kể.

Năng suất thực thu (NSTT) cũng thể hiện sự khác biệt giữa các nghiệm thức có điều kiện ẩm độ giá thể khác nhau, trong đó điều kiện 35% ẩm độ giá thể, NSTT của cây ngô đạt 429,26 kg/1.000 m², giảm 57,81% so với NSTT của các

nghiệm thức ở điều kiện 90% ẩm độ giá thể (1017,48 kg/1.000 m²). Các NT được phun chất kích thích sinh học có NSTT dao động từ 698,06 - 800,95 kg/1.000 m², cao hơn đối chứng từ 18,13 - 121,02 kg/1.000 m² và có sự khác biệt có ý nghĩa thống kê. Trong đó, nghiệm thức phun Proplex đạt NSTT cao nhất (800,95 kg/1.000 m²), nhờ thành phần amino acid, Betaine kích thích tổng hợp sắc tố quang hợp và điều hòa trao đổi chất, cùng chiết xuất tảo biển tăng cường sức đề kháng trong điều kiện thiếu nước (Goñi & ctv., 2018; Tinte & ctv., 2022; Chen & ctv., 2023). Tuy nhiên, khi xét tương tác giữa chất kích thích sinh học và ẩm độ giá thể, NSTT không thể hiện sự khác biệt có ý nghĩa thống kê, cho thấy hiệu quả của các chất kích thích sinh học được rõ rệt hơn trong điều kiện thiếu nước, còn trong điều kiện đủ nước, hiệu quả này là chưa rõ rệt.

4. Kết Luận

Kết quả nghiên cứu cho thấy, hạn đã làm giảm 57,81% năng suất của cây ngô. Việc sử dụng chất kích thích sinh học Proplex và Agroptim giúp cải thiện sinh trưởng và năng suất cây ngô cả trong điều kiện đủ nước và khô hạn. Cụ thể, ở điều kiện 35% ẩm độ giá thể, việc phun Agroptim (2 L/ha) và Proplex (1 L/ha) đã giúp tăng diện tích lá từ 7,25 - 9,92 dm² lá/cây, khối lượng rễ khô tăng 0,7 - 2,0 g/cây, số bắp hữu hiệu tăng 0,2 - 0,4 bắp/cây và năng suất thực thu tăng 78,8 - 207,3 kg/1.000 m². Ở điều kiện 90% ẩm độ giá thể, phun Agroptim (2 L/ha) và Proplex (1 L/ha) giúp diện tích lá tăng 1,52 - 2,01 dm²/lá/cây, khối lượng rễ khô tăng 0,33 - 1,33 g, và Proplex (1 L/ha) giúp năng suất thực thu tăng 34,73 kg/1.000 m².

Nhìn chung, các chất kích thích sinh học Proplex và Agroptim có ảnh hưởng tích cực rõ rệt hơn trong điều kiện khô hạn so với điều kiện đủ nước. Tuy nhiên, việc gây hạn nhân tạo ở mức 35% ẩm độ trên cây ngô khá khắc khe, và việc sử dụng một liều lượng phun nhất định có thể chưa làm nổi bật hiệu quả của chúng. Vì vậy, cần nghiên cứu thêm nhiều mức nồng độ chất kích thích sinh học trong các điều kiện gây hạn khác nhau để có cơ sở khuyến cáo sử dụng trong thực tiễn sản xuất.

Lời Cam Đoan

Chúng tôi cam đoan bài báo do nhóm tác giả thực hiện và không có bất kỳ mâu thuẫn nào giữa các tác giả.

Tài Liệu Tham Khảo (References)

- Chen, C. H., Lin, K. H., Chang, Y. S., & Chang, Y. J. (2023). Application of water-saving irrigation and biostimulants on the agronomic performance of maize (*Zea mays*). *Process Safety and Environmental Protection* 177, 1377-1386. <https://doi.org/10.1016/j.psep.2023.08.008>.
- Cui, Y., Tang, H., Zhou, Y., Jin, J., & Jiang, S. (2024). Accumulative and adaptive responses of maize transpiration biomass, and yield under continuous drought stress. *Frontiers in Sustainable Food Systems* 8, 1444246. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2024.1444246>.
- Daryanto, S., Wang, L., & Jacinthe, P. A. (2016). Global synthesis of drought effects on maize and wheat production. *Plos One* 11(5), 1-15. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0156362>.
- Ghimire, B., Timsina, D., & Nepal, J. (2015). Analysis of chlorophyll content and its correlation with yield attributing traits on early varieties of maize (*Zea mays* L.). *Journal of Maize Research and Development* 1(1), 134-145.
- Goñi, O., Quille, P., & O'Connell, S. (2018). Ascophyllum nodosum extract biostimulants and their role in enhancing tolerance to drought stress in tomato plants. *Plant Physiology and Biochemistry* 126, 63-73.
- Huynh, T. T. H., Nguyen, T. L., & Nguyen, H. H. (2018). Genetic engineering in drought-tolerant maize and new prospects. *Journal of Biotechnology* 16(1), 19-43.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). (2014). *Climate change 2014: Impacts, adaptation and vulnerability*. Geneva, Switzerland: IPCC.
- Jacomassi, L. M., Viveiros, J. O., Oliveira, M. P., Momesso, L., Siqueira, G. F., & Crusciol, C. A. C. (2022). A seaweed extract-based biostimulant mitigates drought stress in sugarcane. *Frontiers in Plant Science* 13, 865291.

- Lephatsi, M., Nephali, L., Meyer, V., Piater, L. A., Buthelezi, N., Dubery, I. A., Opperman, M., Huyser, J., & Tugizimana, F. (2022). Molecular mechanisms associated with microbial biostimulant mediated growth enhancement, priming and drought stress tolerance in maize plants. *Scientific Reports* 12, 10450.
- MARD (Ministry of Agriculture and Rural Development). TCVN 13382-2:2021, issued on 2021. National standard on agricultural plant varieties. Retrieved January 17, 2025, from <https://tieuchuan.vsqi.gov.vn/tieuchuan/view?sohieu=TCVN+13382-2%3A2021>.
- Nguyen, T. H., Bui, T. H., Nguyen, V. L., & Nguyen, V. L. (2016). *Textbook of corn (Zea mays L.)*. Ha Noi, Vietnam: Vietnam National University of Agriculture Press.
- Phan, H. V., Le, T. T. H., Pham, D. M., Nguyen, L. T. T., Nguyen, K. C., & Bui, T. M. (2023). Effects of concentration and time of brassinosteroid treatment on growth and yield of soybean under drought stress conditions. *Plant Science Today* 11(2), 612-619.
- Qi, J., Song, C. P., Wang, B., Zhou, J., Kangasjärvi, J., Zhu, J. K., & Gong, Z. (2018). Reactive oxygen species signaling and stomatal movement in plant responses to drought stress and pathogen attack. *Journal of Integrative Plant Biology* 60(9), 805-826.
- Sah, R. P., Chakraborty, M., Prasad, K., Pandit, M., Tudu, V. K., Chakravarty, M. K., Narayan, S. C., Rana, M., & Moharana, D. (2020). Impact of water deficit stress in maize: phenology and yield components. *Scientific Reports* 10, 2944.
- Tanguilig, V. C., Yambao, E. B., Toole, J. C., & Datta, S. K. D. (1987). Water stress effects on leaf elongation, leaf water potential, transpiration, and nutrient uptake of rice, maize, and soybean. *Plant and Soil* 103(1), 155-168.
- Tinte, M. M., Masike, K., Steenkamp, P. A., Huyser, J., Hooft, J. J. J., & Tugizimana, F. (2022). Computational metabolomics tools reveal metabolic reconfigurations underlying the effects of biostimulant seaweed extracts on maize plants under drought stress conditions. *Metabolites* 12, 487.