

ẢNH HƯỞNG CỦA GA₃ ĐẾN SỰ SINH TRƯỞNG PHÁT TRIỂN VÀ SỰ HẤP PHỤ DINH DƯỠNG VÀ KIM LOẠI NẶNG Ở CÂY XÀ LÁCH (*Lactuca sativa* L.)

Đến tòa soạn 18-03-2021

Nguyen Quang Trung, Le Van Nhan

Center for Research and Technology Transfer – Vietnam Academy of Science and Technology

SUMMARY

EFFECTS OF GA₃ ON THE DEVELOPMENT AND THE ABSORPTION OF NUTRIENTS AND HEAVY METALS IN LETTUCES (*Lactuca sativa* L.)

*This paper investigated the influence of GA₃ on the development and heavy metals' absorption in Lettuces (*Lactuca sativa* L.). Lettuces were exposed with GA₃ at different concentration of 0, 10, 30, 50 and 100 mg L⁻¹, respectively, at the 7-day, the 14-day, and the 21-day after transplanting. Several parameters as the height, number of leaves, and fresh weight of lettuces were studied. In addition, the concentrations of metals such as Fe, Mn, Pb, Cd, Se, Sn, Hg, and Cr in lettuce tissues were measured. The results indicated that low concentrations of GA₃ (10 and 30 mg L⁻¹) increased the plant height, number of leaves and fresh weight of lettuces, whereas the opposite results were reported in high concentration of GA₃ treatment (100 mg L⁻¹). On the other hand, GA₃ decreased nutrient contents of Fe and Mn, and heavy metals' absorption in lettuces. This is the first study of the effects of GA₃ on nutrient contents and the absorption of heavy metals in lettuces, which should be further investigated to improve agricultural production efficiency using GA₃ and minimize the harmful impacts of heavy metals on human health and environment.*

Keywords: axit gibberellic, kim loại nặng, phân tích.

1. GIỚI THIỆU

Xà lách (*Lactuca sativa* L.) là một loại rau có giá trị kinh tế, chứa hàm lượng vitamin A cao và một số khoáng chất quan trọng đối với sức khỏe con người như canxi (Ca), sắt (Fe), photpho (P), kẽm (Zn), magiê (Mg), mangan (Mn) và kali (K) (Kim và cộng sự, 2016). Là loại rau được sử dụng phổ biến với các loại rau khác như cà rốt, dưa chuột và cà chua rộng rãi trong chế biến các món salad. Một số thành phần của xà lách được báo cáo giúp cải thiện sức khỏe trong các nghiên cứu trước đây. Fernanze và cộng sự. (1997) và USDA (2004) đã chỉ ra rằng β -caroten và lutein trong lá xà lách góp phần làm giảm ung thư đại trực tràng, đục thủy

tinh thể, bệnh tim và đột quỵ ở người; trong khi các hợp chất phenolic và carotenoid đóng vai trò trong việc loại bỏ các chất chống oxy hóa và sở hữu các đặc tính chống oxy hóa (López và cộng sự 2014). Ngoài ra, axit béo không bão hòa đa α -linolenic và omega-3 được tìm thấy là axit béo chính trong cây xà lách (Pereira và cộng sự, 2001; Le và cộng sự, 2008).

Cùng với sự gia tăng dân số trên thế giới, nhu cầu thực phẩm, đặc biệt là rau xanh ngày càng tăng, bởi việc sử dụng rau xanh có thể làm giảm nguy cơ ung thư và các bệnh thoái hóa (Lynch et al., 2009; Soerjomataram et al., 2010; Khan et al., 2017). Để đáp ứng nhu cầu ngày càng cao của người tiêu dùng đối với rau xanh, điều quan trọng là phải nâng cao năng suất rau

bằng các kỹ thuật để sử dụng, hiệu quả về chi phí và thân thiện với môi trường (Alessandro et al., 2019). Có nhiều cách để đạt được những mục tiêu này, ví dụ, cải tiến gen, ghép, xây dựng hệ thống sản xuất mới, sử dụng các chất kích thích sinh trưởng thực vật và vi sinh vật thúc đẩy sự phát triển (Shah và cộng sự, 2006; Maggio và cộng sự, 2010; Khan và cộng sự, 2003).

Chất điều hòa sinh trưởng thực vật được xem là một thể hệ hóa chất nông nghiệp mới được ứng dụng trong sản xuất nông nghiệp để kiểm soát các quá trình phát triển của cây trồng từ lúc nảy mầm đến bảo quản sau thu hoạch (Basra, 2000; Sunil và cộng sự, 2015). Trong số này, axit gibberellic (GA_3) đã được quan tâm sử dụng để tăng cường sinh trưởng và cải thiện năng suất cho các loại rau khác nhau, chẳng hạn như đậu (Phaseolus vulgaris), cải dầu, thìa là đen (Nigella sativa L.), cà chua, v.v. (Emongor, 2002; Khan và Samiullah, 2003; Shah và cộng sự, 2006; Khan và cộng sự, 2006). Ngoài ra, GA_3 cũng đã được ứng dụng để tăng khả năng chống chịu của rau đối với các điều kiện khắc nghiệt của môi trường như hạn, mặn... (Shah, 2007; Maggio và cộng sự, 2010). Bên cạnh hiệu quả của việc ứng dụng GA_3 trong sản xuất rau, ảnh hưởng của chúng đến hàm lượng dinh dưỡng, chất lượng và độ an toàn của sản phẩm rau đối với người tiêu dùng cần được nghiên cứu thêm.

Trong nghiên cứu này, chúng tôi tiến hành khảo sát sự ảnh hưởng của GA_3 đến sự sinh trưởng phát triển và sự hấp phụ các nguyên tố kim loại ở cây xà lách.

2. THỰC NGHIỆM

2.1. Hóa chất và thiết bị

- Thuốc GA_3 được mua của Công ty TNHH Đông Á (Hồ Chí Minh), chất chuẩn GA_3 và các nguyên tố kim loại được mua của Tập đoàn OlChemim Ltd (Cộng hòa Szech). MeOH (99.80%) và formic acid (FA; $\geq 98\%$) được mua của Sigma-Aldrich (Singapore). Nước deion được sản xuất bởi hệ thống lọc nước Millipore Milli-q Integral 3.

- Thiết bị phân tích kim loại: Agilent 7900 ICP-MS, Santa

2.2. Bố trí thí nghiệm

- Rau xà lách được trồng trong các thùng xốp có kích thước 60 cm $\times$ 40 cm $\times$ 45 cm sử dụng

đất phù sa và phân hữu cơ không nhiễm hóa chất.

- Nồng độ GA_3 xử lý: 0, 10, 30, 50, and 100 mg L⁻¹.

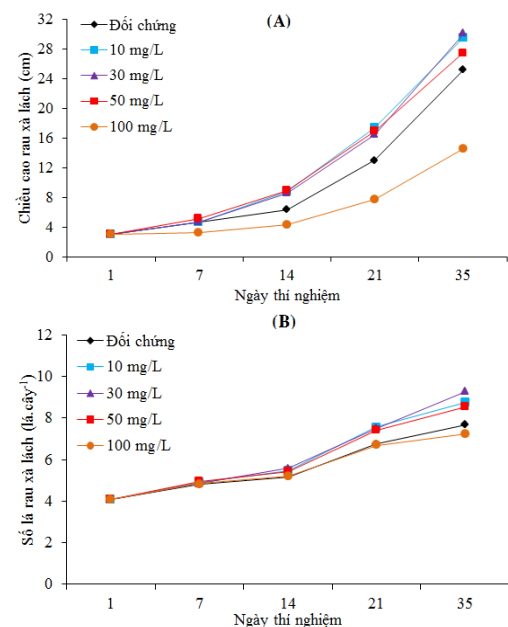
- Thời điểm xử lý: sau khi trồng 7, 14 và 21 ngày. Thời gian thí nghiệm: 35 ngày

- Các thông số đánh giá: chiều cao, số lượng lá, sinh khối của cây xà lách, và hàm lượng các nguyên tố kim loại: Fe, Mn, Cd, Pb, Hg, Se, Sn, Cr

3. KẾT QUẢ

3.1. Ảnh hưởng của GA_3 đến sự phát triển chiều cao và số lượng lá của cây xà lách

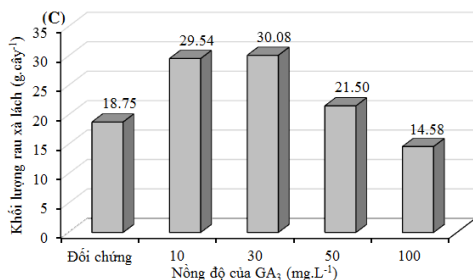
Ảnh hưởng của GA_3 đến sự phát triển chiều cao, số lượng lá và sinh khối tươi của rau xà lách được mô tả ở Hình 1. Các nồng độ xử lý GA_3 khác nhau ảnh hưởng khác nhau đến sự phát triển chiều cao của xà lách. Các công thức xử lý GA_3 gồm 10, 30 và 50 mg.L⁻¹ làm gia tăng chiều cao của xà lách, trong khi đó công thức xử lý GA_3 100 mg.L⁻¹ làm giảm chiều cao của loài rau này khi so sánh với rau ở công thức đối chứng. Kết quả sau 35 ngày thí nghiệm, chiều cao trung bình cao nhất của xà lách được phát hiện ở công thức xử lý GA_3 30 mg.L⁻¹ đạt 30,08 cm, thứ hai là công thức xử lý GA_3 10 mg.L⁻¹ đạt 29,54 cm, thứ ba là các công thức xử lý GA_3 50 mg.L⁻¹ đạt 27,50 cm, thứ tư là đối chứng đạt 25,17 cm và thấp nhất ở công thức xử lý GA_3 100 mg.L⁻¹ đạt 14,58 cm (Hình 1A).



Hình 1. Ảnh hưởng của GA_3 đến sự phát triển chiều cao và số lá của rau xà lách

Kết quả đánh giá ảnh hưởng của GA₃ đến sự phát triển số lượng lá của cây xà lách cho thấy, 14 ngày đầu thí nghiệm không có sự sai khác về số lượng lá trên cây xà lách giữa các công thức thí nghiệm xử lý GA₃ với đối chứng (Hình 1B). Sự ảnh hưởng của nồng độ xử lý GA₃ đến sự phát triển lá trên cây xà lách được thể hiện rõ ở ngày thí nghiệm thứ 21. Số lượng lá rau xà lách ở các công thức thí nghiệm GA₃ 10, 30 và 50 mg.L⁻¹ tương đồng nhau với 7,4 lá.cây⁻¹; cao hơn so với số lượng lá ở công thức xử lý GA₃ 100 mg.L⁻¹ và đối chứng là 6,7 lá.cây⁻¹. Đặc biệt, theo sự gia tăng thời gian thí nghiệm từ ngày 21 đến ngày 35, số lá xà lách ở công thức xử lý GA₃ 100 mg.L⁻¹ có xu hướng giảm so với đối chứng. Kết quả thí nghiệm thu được ở ngày thứ 35 cho thấy, số lượng lá xà lách nhiều nhất được phát hiện ở công thức xử lý GA₃ 30 mg.L⁻¹ với 9,28 lá.cây⁻¹, tiếp đến là công thức xử lý GA₃ 10 mg.L⁻¹ với 8,76 lá.cây⁻¹ và GA₃ 50 mg.L⁻¹ với 8,53 lá.cây⁻¹, sau đó là nghiệm thức đối chứng với 7,67 lá.cây⁻¹ và thấp nhất ở công thức xử lý GA₃ 100 mg.L⁻¹ với 7,25 lá.cây⁻¹. Những dữ liệu này cho thấy, GA₃ xử lý ở nồng độ thấp gồm: 10, 30 và 50 mg.L⁻¹ trên cây xà lách trước 21 ngày tuổi làm gia tăng số lượng lá cho cây, trong khi ở nồng độ cao GA₃ 100 mg.L⁻¹ lại ức chế sự phát triển lá cây (Hình 1B).

3.2. Ảnh hưởng của GA₃ đến sự phát triển sinh khối của cây xà lách



Hình 2. Ảnh hưởng của GA₃ đến sự phát triển sinh khối của rau xà lách

Sự phát triển sinh khối của cây xà lách bị ảnh hưởng bởi các nồng độ thí nghiệm khác nhau của GA₃ (Hình 1C). Kết quả nghiên cứu cho thấy, sinh khối trung bình của cây xà lách đạt giá trị cao nhất là 12,5 g.cây⁻¹ ở nghiệm thức xử lý GA₃ 30 mg.L⁻¹, cao hơn 45,32% so với

đối chứng; tiếp đến là công thức xử lý GA₃ 10 mg.L⁻¹, cao hơn 39,95% so với đối chứng; sau đó là công thức xử lý GA₃ 50 mg.L⁻¹, cao hơn 17,65% so với đối chứng. Đặc biệt, ở nồng độ xử lý GA₃ 100 mg.L⁻¹, sinh khối của xà lách thu được thấp hơn 29,88% so với đối chứng. Bên cạnh đó, sinh khối của rau xà lách ở các công thức xử lý GA₃ với nồng độ 10 mg.L⁻¹ và 30 mg.L⁻¹ cao hơn so với các công thức xử lý GA₃ 50 mg.L⁻¹ và 100 mg.L⁻¹ và đối chứng (Hình 2).

Theo Harrington và cộng sự (1960), việc xử lý GA₃ ở các nồng độ từ 3-10 mg.L⁻¹ bằng cách phun qua lá ở giai đoạn xà lách có 4 lá và 8 lá làm gia tăng sự sinh trưởng và phát triển, đồng thời giúp thu hoạch xà lách sớm hơn so với chu trình phát triển của nó khoảng 14 ngày. George và cộng sự (George et al., 2014) đã khảo sát sự ảnh hưởng của việc xử lý GA₃ ở các nồng độ khác nhau gồm: 0, 25 và 50 mg.L⁻¹ đến sự phát triển chiều cao của cây xà lách. Kết quả nghiên cứu cho thấy, việc ứng dụng GA₃ làm gia tăng chiều cao của rau xà lách ở các công thức thí nghiệm. Đặc biệt, số lượng lá của xà lách nhiều nhất được tìm thấy ở công thức xử lý GA₃ 25 mg.L⁻¹. Tuy nhiên, sản lượng sinh khối tươi và khô cao nhất của xà lách được phát hiện ở công thức xử lý GA₃ 50 mg.L⁻¹ (George et al., 2014). Taslima Akter (2015) nghiên cứu ảnh hưởng của chất kích thích sinh trưởng GA₃ ở các nồng độ 0, 25 và 50 mg.L⁻¹ lên sự phát triển và sản lượng của cây xà lách cho rằng, sản lượng xà lách cao nhất thu được ở nghiệm thức xử lý GA₃ 25 mg.L⁻¹ với 29,05 tấn.ha⁻¹ trong khi đó công thức đối chứng, sản lượng xà lách chỉ đạt 16,27 tấn.ha⁻¹. Mới đây, Alessandro và cộng sự (2019) đã nghiên cứu ảnh hưởng của GA₃ đến sự phát triển số lượng lá của cây xà lách thông qua việc bổ sung GA₃ với các hàm lượng thấp: 0, 10⁻⁸, 10⁻⁶, 10⁻⁴ M vào dung dịch dinh dưỡng. Kết quả nghiên cứu cho thấy, tổng số lượng lá trung bình trên cây cao nhất thu được ở nghiệm thức bổ sung GA₃ nồng độ 10⁻⁶ M vào dung dịch dinh dưỡng nuôi cây. Kết quả nghiên cứu cho thấy cây xà lách phát triển về chiều cao, số lượng lá và sinh

khối tốt nhất ở điều kiện xử lý GA₃ 10-30 mg.L⁻¹.

Những bằng chứng trên cho thấy rằng, GA₃ đóng vai trò quan trọng trong kích thích sự sinh trưởng, phát triển và gia tăng sản lượng sinh khối của các loại rau xanh. Tuy nhiên, tùy theo đối tượng nghiên cứu, mỗi loại rau thích hợp với một nồng độ xử lý GA₃ nhất định, trong đó, rau cải xanh phát triển tốt nhất ở điều kiện xử lý GA₃ 50 mg.L⁻¹, trong khi đó, GA₃ 30 mg.L⁻¹ là nồng độ thích hợp nhất đối với sự phát triển của rau mồng tơi và xà lách. Đây có thể là cơ sở để lựa chọn nồng độ thích hợp ứng dụng trong sản xuất từng loại rau nhằm kích thích sự sinh trưởng phát triển và gia tăng hiệu quả sản xuất rau xanh.

3.3. Ảnh hưởng của GA₃ đến sự hấp phụ kim loại ở cây xà lách

Kết quả khảo sát sự ảnh hưởng của GA₃ đến khả năng hấp phụ kim loại ở cây xà lách sau 35 ngày thí nghiệm được trình bày ở Bảng 1. Sự sai khác đáng kể về hàm lượng các kim loại được phát hiện giữa đối chứng với các công thức xử lý GA₃. Hàm lượng của Fe, Mn, Sn, Se và Cr có xu hướng giảm dần cùng với sự gia

tăng nồng độ của GA₃. Hàm lượng Fe trong cây xà lách xử lý với GA₃ ở các nồng độ 10, 30, 50 và 100 (mg L⁻¹) dao động trong khoảng 0.0014-0.0090 (mg kg⁻¹), và thấp hơn đáng kể so với đối chứng (33.1813 mg kg⁻¹). Tương tự, hàm lượng Mn trong cây xà lách thí nghiệm GA₃ thay đổi từ 0.0001 đến 0.0025 (mg kg⁻¹), thấp hơn so với đối chứng (13.9890 mg kg⁻¹). Hàm lượng Se trong cây xà lách xử lý GA₃ nằm trong khoảng 0.0001-0.0025 (mg kg⁻¹), thấp hơn 80-99% so với đối chứng (0.0125 mg kg⁻¹). Hàm lượng Cr và Sn ở xà lách thí nghiệm với GA₃ giảm khoảng 96-99% so với các cây đối chứng. Hàm lượng các nguyên tố Pb và Cd trong cây xà lách ở các công thức xử lý 10 và 30 (mg L⁻¹) giảm thấp hơn so với đối chứng, và không xuất hiện ở các công thức xử lý GA₃ 50 và 100 (mg L⁻¹). Đặc biệt, hàm lượng Hg trong cây xà lách ở công thức xử lý 10 (mg L⁻¹) GA₃ 0.0060 (mg kg⁻¹), giảm hơn 53,9% so với đối chứng và không phát hiện ở các nồng độ xử lý từ 30-100 (mg.L⁻¹) GA₃. Những kết quả trên cho thấy việc xử lý GA₃ làm giảm sự hấp thụ các nguyên tố kim loại ở cây xà lách.

Bảng 1. Ảnh hưởng của GA₃ đến sự hấp phụ kim loại ở cây xà lách

GA ₃ (mg L ⁻¹)	Fe (mg kg ⁻¹)	Mn (mg kg ⁻¹)	Sn (mg kg ⁻¹)	Pb (mg kg ⁻¹)	Cd (mg kg ⁻¹)	Se (mg kg ⁻¹)	Hg (mg kg ⁻¹)	Cr (mg kg ⁻¹)
Control	33.1813 ^a	13.9890 ^a	0.2729 ^a	1.6489 ^a	0.0812 ^a	0.0125 ^a	0.0130 ^a	0.5189 ^a
10	0.0090 ^b	0.0025 ^b	0.0045 ^b	0.0045 ^b	0.0005 ^b	0.0025 ^b	0.0060 ^b	0.0208 ^b
30	0.0080 ^b	0.0015 ^b	0.0020 ^b	0.0005 ^c	0.0002 ^b	0.0020 ^b	-	0.0194 ^b
50	0.0069 ^b	0.0008 ^b	0.0015 ^b	-	-	0.0010 ^b	-	0.0169 ^b
100	0.0014 ^c	0.0001 ^b	0.0001 ^b	-	-	0.0001 ^b	-	0.0108 ^b

(Những chữ cái khác nhau ở cùng một cột biểu thị sự sai khác có ý nghĩa $p < 0.05$ giữa các công thức xử lý GA₃ với đối chứng, ; Ký hiệu “-”: không phát hiện).

Một số nghiên cứu trước đây về sự ảnh hưởng của GA₃ đến hàm lượng các chất dinh dưỡng và sự tích lũy của các kim loại nặng trong các cây nông nghiệp đã được công bố. Akman (2009) cho rằng, hàm lượng Fe và Mn trong cây lúa mì cao nhất ở công thức đối chứng không xử lý GA₃, trong khi đó, việc ứng dụng GA₃ làm gia tăng hàm lượng Fe và Mn ở cây

lúa mạch khi so sánh với đối chứng. Trong một nghiên cứu khác, Mukhtar (2008) phát hiện rằng việc xử lý 100 (mg L⁻¹) GA₃ làm giảm hàm lượng Fe và Mn ở cây *H. sabdariffa* so với đối chứng. Tuy nhiên, theo Hassan et al., (1979), GA₃ là hợp chất đóng vai trò trong việc thúc đẩy sự hấp thụ Fe và Mn ở cây ngô. Những dữ liệu này cho thấy, hàm lượng các

nguyên tố Fe và Mn ở các cây trồng khác nhau chịu sự tác động khác nhau của GA₃, đặc biệt đối với những cây có xu hướng giảm hàm lượng Fe và Mn khi ứng dụng GA₃ cần được nghiên cứu thêm để hạn chế tác động đến chất lượng sản phẩm của cây trồng.

Sự tích lũy Pb và Cd được phát hiện ở cây xà lách tưới bằng nước thải từ khu vực Thành phố Quetta (Abdul et al., 2011). Theo Mamdouh và Osam (2018), Pb và Cd được hấp phụ và tích lũy trong cây xà lách trồng ở khu vực đất bị ô nhiễm kim loại nặng. Chang et al. (2014) cho rằng cây xà lách hấp phụ và tích lũy các kim loại nặng như Cd, Hg, Pb và Cr trong lá từ đất thu thập ở vùng Đồng bằng sông Pearl, Trung Quốc. Những dữ liệu này cho thấy rằng cây xà lách có thể hấp phụ và tích lũy các kim loại nặng vào trong lá của chúng, là một trong những nguy cơ tiềm ẩn ảnh hưởng đến sức khỏe người tiêu dùng. Tuy nhiên, những kết quả nghiên cứu của chúng tôi cho thấy hàm lượng của các nguyên tố Sn, Pb, Hg, Se và Cr trong cây xà lách xử lý với GA₃ có xu hướng giảm thấp so với đối chứng. Như vậy, có thể việc ứng dụng chất kích thích sinh trưởng thực vật GA₃ đã làm giảm sự hấp phụ các nguyên tố kim loại nặng ở cây xà lách. Đây là một trong những phát hiện mới cần được nghiên cứu thêm để ứng dụng hoạt chất GA₃ trong việc hạn chế sự hấp phụ các kim loại nặng ở các loại rau và cây trồng nông nghiệp khác.

4. KẾT LUẬN

GA₃ có ảnh hưởng rõ rệt đến sự sinh trưởng phát triển và sự hấp phụ các yếu tố dinh dưỡng và kim loại nặng của cây xà lách. Ở nồng độ thấp (10 và 30 mg L⁻¹) GA₃ làm gia tăng chiều cao, số lượng lá và sinh khối của cây xà lách, trong khi đó, kết quả ngược lại thu được khi sử dụng GA₃ ở nồng độ cao. Hàm lượng các nguyên tố dinh dưỡng như Fe và Mn trong cây xà lách giảm xuống rõ rệt khi cây được xử lý với GA₃. Hơn nữa, việc ứng dụng hợp chất GA₃ làm giảm đáng kể hàm lượng các nguyên tố kim loại nặng trong cây xà lách. Đây là nghiên cứu đầu tiên về việc đánh giá sự ảnh hưởng của GA₃ đến hàm lượng các nguyên tố dinh dưỡng và sự hấp phụ kim loại nặng ở cây xà lách. Cần tiếp tục nghiên cứu trên các đối tượng cây trồng khác để đánh giá và ứng dụng hạn chế sự hấp phụ kim loại nặng của GA₃ ở các cây nông nghiệp.

Cám ơn:

Nghiên cứu này được hỗ trợ thực hiện bởi các nhiệm vụ khoa học công nghệ có mã số: TDNDTP.01/19-21 và QTHU01.01/20-21.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Abdul K. K. A, Zahoore A. B. and Safdar A. K. (2011). Accumulation of heavy metals by lettuces (*Lactuca sativa* L.) irrigated with different levels of wastewater of Quetta city. Pak. J. Bot. 43(6): 2953-2960.
2. Akman, Z. (2009). Effects of plant growth regulators on nutrient contents of young wheat and barley plants under saline conditions. J. Anim. Vet. Adv. 8(10): 2018-2021.
3. Alessandro M, Alessandra M, Leo S, and Filippo V (2019). Effect of Gibberellic Acid on Growth, Yield, and Quality of Leaf Lettuce and Rocket Grown in a Floating System. Agronomy 9, 382. doi:10.3390/agronomy9070382.
4. Amarjit B (2000). Plant Growth Regulators in Agriculture and Horticulture: Their Role and Commercial Uses; 1st Edition, ISBN 9781560228967 - CAT# HW12399, CRC Press Inc: Boca Raton, FL, USA.
5. Chang CY, Yu HY, Chen JJ, Li BF, Zhang HH, Liu PC (2013). Accumulation of heavy metals in leaf vegetables from agricultural soils and associated potential health risks in the Pear river Delta, South China. Environ. Monit. Assess. 186(3).
6. Emonkor VE (2002). Effect of benzyladenine and gibberellins on growth, yield and yield components of common bean (*Phaseolus vulgaris*). UNISWA Res. J. Agric. Sci. Technol. 6: 65-72.
7. Fernandez E, LaVecchia C, Davanzo B, Negri E, and Franceschi S (1997). Risk factors for colorectal cancer in subjects with family history of the disease. Br. J. Cancer. 75(9): 1381-1384.
8. George T, Spyridon AP, Ebrahim MK (2014). Effect of GA₃ and nitrogen on yield and marketability of lettuce (*Lactuca sativa* L.). Aust. J. Crop. Sci. 8(1): 127-132.
9. Hassan HM, Kheir NF, El-Shaby YH and Ibrahim AA (1979). The accumulations some minerals in corn plants as affected by GA₃ and micronutrient. Ann. Agric. Sci. Moshtohor 6: 159-166.
10. J. F. Harrington, *The use of gibberellic acid to induce bolting and increase seed yield of tight-heading lettuce*, Journal of the American Society for Horticultural Science, 1960, 75: 476-479.
11. Khan I, Tango CN, Miskeen S, Lee BH, Oh DH (2017). Hurdle technology: A novel approach for enhanced food quality and safety: A review. Food Control 73: 1426-1444.
12. Khan MMA, Gautam C, Mohammad F, Siddiqui MH, Naeem M, Khan MN (2006).

Effect of gibberellic acid spray on performance of tomato. *Turk. J. Biol.* 30: 11-16.

13. Khan NA and Samiullah M (2003). Comparative effect of modes of gibberellic acid application on photosynthetic biomass distribution and productivity of rapeseed-mustard. *Physiol. Mol. Biol. Plants* 9: 141-145.
14. Kim MJ, Moon Y, Tou JC, Mou B and Waterland NL (2016). Nutritional value, bioactive compounds and health benefits of lettuce (*Lactuca sativa* L.). *J. Food Compos. Anal.* 49: 19-34.
15. Le GM, Schraauwers B, Larrieu I, and Bessoule JJ (2008). Development of a biomarker for metal bioavailability: The lettuce fatty acid composition. *Environ. Toxicol. Chem.* 27(5): 1147-1151.
16. López A, Javier G, Fenoll J, Hellín P, and Flores P (2014). Chemical composition and antioxidant capacity of lettuce: Comparative study of regular-sized (Romaine) and baby-sized (Little Gem and Mini Romaine) types. *J. Food Comp. Anal.* 33: 39-48.
17. Lynch MF, Tauxe RV, Hedberg CW (2009). The growing burden of foodborne outbreaks due to contaminated fresh produce: Risks and opportunities. *Epidemiol. Infect.* 137: 307-315.
18. M. Alessandro, M. Alessandra, L. Sabatino and F. Vetrano, *Effect of Gibberellic Acid on Growth, Yield, and Quality of Leaf Lettuce and Rocket Grown in a Floating System*, *Agronomy*, 2019, 9, 382.
19. Maggio A, Barbieri G, Raimondi G, De Pascale S (2010). Contrasting effects of GA₃ treatments on tomato plants exposed to increasing salinity. *J. Plant. Growth. Regul.* 29: 63-72.
20. Mamdouh AE, Osama EN (2018). Heavy metals uptake and translocation by lettuce and spinach grown on a metal-contaminated soil. *J. Soil. Sci. Plant. Nutr.* 18(4): 1097-1107.
21. Mukhtar FB (2008). Effect of Some Plant Growth Regulators on the Growth and Nutritional Value of Hibiscus sabdariffa L. (Red sorrel). *Int. J. Pure Appl. Sci.* 2(3): 70-75.
22. Pereira C, Li D, and Sinclair AJ. (2001). The alpha-linolenic acid content of green vegetables commonly available in Australia. *Int. J. Vitam. Nutr. Res.* 71(4): 223-228.
23. Qingfeng N., Yu Z., Minjie Q., Fengxia Y. and Yuanwen T. Simultaneous quantitative

determination of major plant hormones in pear flowers and fruit by UPLC/ESI-MS/MS. *Analytical Methods*, 2014, 6, 1766-1773.

24. Shah SH (2007). Effects of salt stress on mustard as affected by gibberellic acid application. *Gen. Appl. Plant Physiol.* 33: 97-106.
25. Shah SH, Ahmad I, Samiullah M (2006). Effect of gibberellic acid spray on growth.; nutrient uptake and yield attributes during various growth stages of black cumin (*Nigella sativa* L.). *Asian. J. Plant Sci.* 5: 881-884.
26. Soerjomataram I, Oomen D, Lemmens V, Oenema A, Benetou V, Trichopoulou A, Coebergh JW, Barendregt J, de Vries E (2010). Increased consumption of fruit and vegetables and future cancer incidence in selected European countries. *Eur. J. Cancer* 46: 2563-2580.
27. Sunil P, Tarun J, Singh OP, Neelesh R, Rishikesh M and Jain PK (2015). Plant growth regulators in vegetable production: an overview. *Plant Archives* 15(2): 619-626.
28. T. Akter, *Effect of gibberellic acid and spacing on growth and yield of lettuce (Lactuca sativa L.L.)*, Master Thesis, Department of Horticulture, Sher-e-bangla agricultural university, Dhaka-1207, 2015.
29. T. George, A. P. Spyridon, M. K. Ebrahim, *Effect of GA₃ and nitrogen on yield and marketability of lettuce (Lactuca sativa L.)*, *Australian Journal of Crop Science*, 2014, 8 (1), 127-132.
30. Taslima Akter (2015). Effect of gibberellic acid and spacing on growth and yield of lettuce (*Lactuca sativa* L.L.). Master Thesis, Department of Horticulture, Sher-e-bangla agricultural university. Dhaka-1207.
31. Tiimub BM, Dartey (2015). Determination of selected heavy metals contamination in water from downstream of the Volta Lake at Manya Krobo district in eastern region of Ghana. *International Research Journal of Public and Environmental Health*, 2(11), 167–173. doi:10.15739/irjpeh.035
32. USDA (2004). U.S. Department of Agriculture, Agricultural Research Service, National nutrient data base for standard Reference, Release 17. <http://www.nal.usda.gov/fnic/foodcomp/Data/SR17/sr17.html>.