

Đánh giá hiệu quả của biện pháp quản lý cây trồng tổng hợp áp dụng cho cà phê vối

Lê Ngọc Báu*

Viện Khoa học Kỹ thuật Nông Lâm nghiệp Tây Nguyên

Ngày nhận bài 7.9.2015, ngày chuyển phản biện 15.10.2015, ngày nhận phản biện 28.10.2015, ngày chấp nhận đăng 5.11.2015

Là một hợp phần của đề tài “Nghiên cứu hoàn thiện quy trình quản lý cây trồng tổng hợp (ICM) áp dụng cho cây cà phê ở Việt Nam” (mã số KC06.19/11-15), nghiên cứu này dựa trên các kết quả nghiên cứu và quy trình ICM hiệu chỉnh, áp dụng các biện pháp kỹ thuật canh tác tổng hợp mới để xây dựng các mô hình ICM cho cây cà phê vối tại các vùng trồng trọng điểm ở Việt Nam là Lâm Đồng và Đắk Lắk. Những kỹ thuật ICM mới, với mục đích là giảm chi phí sản xuất nhờ việc sử dụng vật tư đầu vào hợp lý và áp dụng các tiến bộ kỹ thuật, bao gồm các biện pháp chính như: bón phân theo dinh dưỡng đất và năng suất cây trồng; sử dụng kỹ thuật tưới nước tiết kiệm và bón phân qua nước thông qua hệ thống tưới phun mưa cục bộ; sử dụng các chế phẩm sinh học như *Trichoderma spp.* để phòng trừ sâu bệnh hại. Kết quả cho thấy, mức tăng hiệu quả kinh tế trung bình ở các mô hình ICM là trên 20% so với đối chứng. Kết quả của đề tài sẽ là căn cứ để đưa ra quy trình ICM hoàn thiện, có thể áp dụng để phát triển bền vững cây cà phê ở Việt Nam.

Từ khóa: cà phê, quy trình quản lý cây trồng tổng hợp, Tây Nguyên, Việt Nam.

Chỉ số phân loại 4.1

EFFICIENCY EVALUATION OF INTEGRATED CROP MANAGEMENT (ICM) TECHNIQUES APPLIED FOR ROBUSTA COFFEE

Summary

As part of a research on “completing integrated crop management techniques applied for coffee in Vietnam”, belonging to the KC06 national research program, this research based on modified ICM protocol applies some new techniques on robusta coffee models in Lam Dong and Dak Lak, which are main robusta coffee planting areas in Vietnam. These techniques, aiming at reducing costs of production by using suitable inputs and applying new technologies, include the uses of bio-product *Trichoderma spp.* for plant protection, appropriated fertilizer volume based on soil nutrients and coffee yield, irrigation based on specific climatic conditions, local sprinkler and fertigation, etc. Results showed that economic efficiency of ICM coffee models increased more than 20% on average as compared to that of the control. This allows to give new ICM protocol applied for sustainable coffee production in Vietnam.

Keywords: Central Highlands, coffee, ICM, Vietnam.

Classification number 4.1

Mở đầu

Những năm gần đây, ngành sản xuất cà phê ở Việt Nam có những bước tiến nhảy vọt về cả diện tích và năng suất. Song song với đó, các vấn đề về chất lượng và giá cả sản phẩm cũng ngày càng được cải thiện rõ rệt [1]. Hiện nay, toàn quốc có khoảng 648 nghìn ha cà phê, tập trung chủ yếu ở các tỉnh Tây Nguyên và Đông Nam Bộ [2]. Tuy nhiên, cùng với việc phát triển sản xuất cà phê thì vẫn còn những vấn đề cần được giải quyết, chủ yếu là cấp nông hộ, để có thể phát triển bền vững như: chưa có chiến lược phát triển lâu dài với việc nhắm tới các loại sản phẩm đặc thù và có chất lượng cao; kỹ thuật canh tác chưa thực sự được quan tâm theo hướng bền vững; mới chỉ quan tâm đến vấn đề năng suất mà bỏ qua các hiệu quả về kinh tế và môi trường trong sản xuất. Vì vậy, mặc dù năng suất cà phê trung bình ở Việt Nam đang đứng đầu

*Email: bauloang@gmail.com

thế giới nhưng hiệu quả kinh tế mang lại chưa cao [3]. Ngoài ra, người sản xuất cà phê đang phải đối mặt với các vấn đề về môi trường có thể ảnh hưởng lớn đến sản xuất như: suy thoái đất đai, ô nhiễm nguồn nước, sâu bệnh hại phát triển... mà hậu quả rõ ràng nhất là việc tái canh cà phê hiện đang gặp rất nhiều khó khăn [4].

Trong bối cảnh sản xuất hiện nay, các chi phí vật tư, công lao động đầu vào ngày càng tăng nhanh, ngành cà phê đang tập trung chuyển hướng sang sản xuất bền vững, sản xuất cà phê cấp chứng chỉ (4C, Utz, RFA...). Để đáp ứng yêu cầu hội nhập thì việc tăng cường quản lý theo ICM cho cây cà phê nhằm giảm chi phí sản xuất, tăng hiệu quả kinh tế, đảm bảo các yêu cầu về bảo vệ môi trường sinh thái là vấn đề cần phải đặc biệt quan tâm trong thời gian tới [5].

Nhằm đáp ứng được yêu cầu phát triển của sản xuất cà phê ở Việt Nam theo xu hướng mới, Viện Khoa học Kỹ thuật Nông Lâm nghiệp Tây Nguyên đã thực hiện đề tài: “Nghiên cứu hoàn thiện quy trình ICM áp dụng cho cây cà phê ở Việt Nam” thuộc Chương trình nghiên cứu ứng dụng và phát triển công nghệ phục vụ sản xuất các sản phẩm chủ lực (KC06/11-15) với mục tiêu nhanh chóng hoàn thiện và đưa vào áp dụng các quy trình điều chỉnh, phù hợp hơn trong sản xuất, góp phần phát triển cà phê bền vững ở Việt Nam. Bài viết này phân tích hiệu quả kỹ thuật và kinh tế của các mô hình thực hiện áp dụng quy trình ICM đã hiệu chỉnh, với mục tiêu làm tăng khoảng 10-15% hiệu quả kinh tế, áp dụng cho cây cà phê vối thực hiện ở các vùng trồng cà phê chính của Việt Nam.

Vật liệu và phương pháp nghiên cứu

Nghiên cứu được thực hiện trên vườn cà phê vối (*Coffea canephora*) đang trong giai đoạn kinh doanh ổn định từ năm thứ 6 đến 15 bằng giống cà phê vối thực sinh (giống đại trà). Các vườn sinh trưởng đồng đều.

Địa điểm nghiên cứu: tại 2 tỉnh Đắk Lắk (xã Ea Pôk, huyện Cư M'gar) và Lâm Đồng (xã Liên Hà, huyện Lâm Hà). Các vườn đều nằm trên các vùng trồng cà phê trọng điểm và trên nền đất đỏ Bazan.

Thời gian nghiên cứu: 5.2013-12.2014.

Diện tích thí nghiệm: 10 ha (5 ha/thí nghiệm).

Các công thức thí nghiệm: có 2 công thức thí nghiệm, bố trí theo diện rộng không lần lạp: 1) CT1:

áp dụng quy trình ICM cho vườn cà phê vối của Viện Khoa học Kỹ thuật Nông Lâm nghiệp Tây Nguyên (4,5 ha); 2) CT2: đối chứng làm theo nông dân (0,5 ha). Các biện pháp chính áp dụng cho 2 công thức:

CT1: ICM	CT2: đối chứng
Quản lý sâu bệnh hại	
- Ghép cải tạo, cải tiến các cây bị bệnh ri sắt hay năng suất thấp bằng các giống cà phê vối mới TR4 và TR9. - Sử dụng chế phẩm <i>Trichoderma</i> tổng hợp để phun lá và gốc vào đầu và giữa mùa mưa. - Tuân thủ các nguyên tắc quản lý sâu bệnh tổng hợp (IPM) khi sử dụng thuốc hóa học: sử dụng khi sâu bệnh ở mức gây hại kinh tế, phun cục bộ.	- Sử dụng thuốc hóa học để phòng và trừ bệnh hại. - Sử dụng thuốc hóa học để trừ sâu hại khi xuất hiện. - Phương pháp phun toàn vườn.
Quản lý nước tưới	
- Sử dụng chế phẩm chịu hạn CH3 nồng độ 0,5% sau khi thu hoạch và vệ sinh đồng ruộng. - Xác định thời điểm tưới nước lần đầu cho cà phê vối bằng dụng cụ đo độ ẩm đất nhanh và tưới khi độ ẩm đất giảm xuống còn 27%. Lượng nước tưới 500 l/gốc/lần đối với tưới gốc, 480 l/gốc/lần cho hệ thống phun mưa tại gốc. Chu kỳ tưới 30 ngày đối với tưới gốc, 15 ngày đối với phun mưa tại gốc. Ở Lâm Đồng, từ đợt tưới thứ 2 giảm còn 50% lượng nước/gốc với chu kỳ tưới 15 ngày.	- Xác định thời điểm tưới nước lần đầu cho cà phê vối khi cây bắt đầu có hiện tượng héo. - Lượng nước tưới 600 l/gốc/lần. Chu kỳ tưới 30 ngày.
Quản lý dinh dưỡng	
- Bón phân hữu cơ vi sinh 1 kg/gốc kết hợp ép xanh vào đầu mùa mưa. - Bón phân theo hiện trạng dinh dưỡng, độ chua đất và năng suất vườn cây: phân tích đất để xác định công thức phân bón đa lượng, vôi. Giảm 20% lượng phân đa lượng khi bón phân qua nước. - Phun phân bón lá chuyên dụng (Nucafe) khi có biểu hiện thiếu dinh dưỡng trên lá.	- Bón phân vô cơ theo năng suất vườn cây.
Các biện pháp khác	
- Tuân thủ Quy trình kỹ thuật trồng, chăm sóc và thu hoạch cà phê vối (10 TCN 478-2001).	- Tuân thủ Quy trình kỹ thuật trồng, chăm sóc và thu hoạch cà phê vối (10 TCN 478-2001).

Chỉ tiêu và phương pháp theo dõi:

+ Thành phần và tỷ lệ sâu bệnh hại: phương pháp điều tra theo Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về phương pháp điều tra phát hiện dịch hại cây trồng (QCVN 01-38: 2010/BNNPTNT).

+ Dinh dưỡng đất trước và sau thí nghiệm: lấy mẫu đất trước và sau thí nghiệm. Tầng lấy mẫu: 0-30 cm. Điểm lấy mẫu: tổng số 5 điểm (1 điểm giữa vườn và 4 điểm chéo góc).

+ Năng suất: năng suất thực thu quy đổi về 1 ha.

+ Hiệu quả kinh tế: các khoản thu chi thực tế quy đổi về 1 ha.

Các số liệu được tính toán và xử lý thống kê theo phương pháp của Kwanchai A Gomez, Arturo A Gomez (1984) [6]: các giá trị trung bình của các nghiệm thức được so sánh bằng trắc nghiệm t ở mức xác suất 95%. Sử dụng phần mềm Excel để xử lý số liệu.

Kết quả và thảo luận

Biện pháp ICM được chia thành 3 thành phần chính: IPM, quản lý nước tưới tổng hợp (IIM) và quản lý dinh dưỡng tổng hợp (INM). Tuy nhiên, tất cả các biện pháp kỹ thuật đều có tính tương hỗ và được tính thành một tổng thể không thể tách rời để hiệu quả đạt được là cao nhất khi áp dụng trong các mô hình.

Hiệu quả của ICM đối với thành phần và tỷ lệ sâu bệnh hại

Cho tới nay, quản lý dịch hại tổng hợp vẫn phải dựa trên cơ sở canh tác bền vững, ngoài các biện pháp kỹ thuật canh tác tổng hợp, nếu thuốc bảo vệ thực vật (BVTV) được sử dụng thì người sản xuất phải tuân theo những yêu cầu kỹ thuật bắt buộc. Những hộ sản xuất nhỏ dễ chấp nhận những kỹ thuật IPM, trong đó sử dụng thuốc BVTV là một trong những thành phần chính và được xem là một phần của quản lý, chăm sóc cây trồng. Tuy nhiên, để tăng cường hiệu quả phòng trừ sâu bệnh hại cho cả hệ thống, hiện nay những chế phẩm sinh học, đặc biệt là các dòng nấm đối kháng *Trichoderma spp.* được đưa vào hệ thống canh tác như là một giải pháp. Đây là một yếu tố quan trọng giúp giảm thiểu việc sử dụng thuốc hóa học. Ở các thí nghiệm ICM, những vườn mô hình cà phê khi áp dụng đúng và đồng bộ các biện pháp kỹ thuật tổng hợp không cần sử dụng bất kỳ loại thuốc hóa học nào mà tỷ lệ sâu bệnh cũng không tăng so với đối chứng, thậm chí mức độ còn giảm đi trong trường hợp các loại sâu bệnh chính (bảng 1). Đặc biệt đối với bệnh rỉ sắt, một bệnh ảnh hưởng lớn đến sinh trưởng và phát triển của cà phê, việc sử dụng các giống cà phê mới đã được công nhận là giống quốc gia như TR4, TR9, TR11 để ghép cải tạo thay thế toàn bộ các cây bị rỉ sắt trên vườn đã loại bỏ được sự xuất hiện của bệnh này trên vườn.

Bảng 1: thành phần và tỷ lệ sâu bệnh hại

STT	Tên Việt Nam	Tên khoa học	Đắk Lắk				Lâm Đồng			
			Trước thí nghiệm		Sau thí nghiệm		Trước thí nghiệm		Sau thí nghiệm	
			MH	ĐC	MH	ĐC	MH	ĐC	MH	ĐC
1	Bệnh nấm hồng	<i>Corticium salmonicolor</i>	+	+	-	+	+	+	-	+
2	Bệnh rỉ sắt	<i>Hemileia vastatrix</i>	+	+	-	+	+	+	-	+
3	Một đục cành	<i>Xyleborus morstatti</i> Hag.	+	+	-	+	+	+	-	+
4	Một đục quả	<i>Hypothenemus hampei</i> Ferrari	-	-	-	+	-	-	-	+
5	Rệp sáp	<i>Planococcus kraunhiae</i> Ferris	++	++	++	++	+	+	+	+

Ghi chú: -: không xuất hiện; +: mức độ xuất hiện ít phổ biến (1-25%); ++: mức độ xuất hiện phổ biến (25-50%); +++: mức độ xuất hiện rất phổ biến (> 50%); MH: mô hình; ĐC: đối chứng

Hiệu quả của ICM đối với tình trạng lý, hóa tính đất trước và sau thí nghiệm

Song song với quản lý sâu bệnh hại, dinh dưỡng đóng một vai trò rất quan trọng trong sự sinh trưởng và phát triển của vườn cây. Đây là một trong những yếu tố chính trong việc tạo năng suất cho cây cà phê. Phân bón cũng là thành phần chiếm tỷ trọng lớn nhất trong chi phí sản xuất [5]. Thực tế trong sản xuất cà phê ở Việt Nam cho thấy, đa số người làm cà phê vẫn bón phân chưa cân đối và hợp lý theo đúng yêu cầu INM, đặc biệt là những biện pháp góp phần cải tạo lý, hóa tính của đất để nâng cao hiệu suất sử dụng phân bón của cây trồng. Ngay ở các nơi sản xuất có áp dụng tốt các tiến bộ khoa học và công nghệ thì việc bón phân cũng chủ yếu dựa trên khuyến cáo trong những quy trình kỹ thuật, tức là bón phân theo mức năng suất. Một trong những biện pháp trong INM là ngoài việc cung cấp dinh dưỡng cho cây trồng đáp ứng với năng suất của vườn cây thì việc tính toán lượng bón ứng với lượng dinh dưỡng đã có trong đất sẽ làm hiệu quả sử dụng phân bón tốt hơn, giảm chi phí sản xuất và các tác động xấu đến môi trường đất [7].

Bảng 2: lý và hóa tính đất trước và sau thí nghiệm

Địa điểm	Ký hiệu	pH _{KCl}	Tổng số (%)		Đề tiêu (mg/100 g)		DT (g/cm ³)
			HC	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	
Lâm Đồng	Trước TN	4,08	5,09	0,19	15,32	10,54	1,11
	Sau TN-MH	4,17	5,35	0,17	10,45	8,66	1,03
	Sau TN-ĐC	4,01	4,76	0,20	16,80	13,16	1,05
Đắk Lắk	Trước TN	4,69	5,21	0,16	1,67	12,70	1,02
	Sau TN-MH	4,78	5,22	0,19	4,12	8,73	1,08
	Sau TN-ĐC	4,64	5,24	0,21	2,61	10,26	1,05

Ghi chú: TN: thí nghiệm; HC: hữu cơ; N: đạm; DT: dung trọng

Kết quả ở bảng 2 cho thấy, so với đối chứng thì độ pH đất với các biện pháp bón vôi và bón phân cân đối hợp lý hơn có xu hướng cải thiện nhẹ về ngưỡng thích hợp cho cây cà phê. Hàm lượng hữu cơ trước thí nghiệm đã ở mức giàu nhưng vẫn có cải thiện nhẹ sau thí nghiệm và với đối chứng nhờ việc kết hợp phân vi sinh với ép các tàn dư thực vật nên làm vật chất hữu cơ phân giải nhanh hơn. Riêng đối với các khoáng đa lượng trong đất thì sự thay đổi không thấy rõ ràng. Tuy nhiên, có thể thấy hàm lượng này phụ thuộc vào lượng phân bón sử dụng. Hàm lượng khoáng chất trong đất nếu quá nhiều cũng có thể làm ảnh hưởng đến lý, hóa tính và hệ vi sinh vật của môi trường đất.

Hiệu quả của ICM đối với chất lượng cà phê nhân sống trước và sau thí nghiệm

Để đánh giá hiệu quả tổng hợp của các biện pháp kỹ

thuật, đặc biệt là vấn đề dinh dưỡng thì chất lượng cà phê nhân sống cũng là một chỉ tiêu quan trọng [8]. Kết quả ở bảng 3 cho thấy, chất lượng cà phê nhân sống ở các mô hình đều tương đương với đối chứng. Điều này cho thấy, các kỹ thuật canh tác, đặc biệt là dinh dưỡng vẫn hợp lý và được đảm bảo ở các mô hình.

Bảng 3: chất lượng cà phê nhân sống trước và sau thí nghiệm

Địa điểm	Công thức	Tỷ lệ tưới/ nhân	Trọng lượng 100 nhân (g)	Tỷ lệ hạt trên sàng				
				18	16	14	12	< 12
Lâm Đồng	Trước TN	5,97	12,75	13,00	25,10	52,70	6,60	2,60
	Sau TN-MH	5,84	13,05	10,70	37,10	49,00	2,50	0,70
	Sau TN-ĐC	5,81	12,30	13,80	21,00	58,10	5,10	2,00
Đắk Lắk	Trước TN	5,01	17,13	44,66	38,02	16,38	0,73	0,20
	Sau TN-MH	5,05	16,87	43,07	40,85	15,03	0,71	0,34
	Sau TN-ĐC	4,97	17,04	39,89	43,54	15,52	0,26	0,80

Hiệu quả của ICM đối với năng suất và thu nhập

Các biện pháp ICM chủ yếu dựa trên việc áp dụng các yếu tố đầu vào cân đối và hợp lý nhằm giảm chi phí sản xuất. So với đối chứng, lượng phân khoáng áp dụng cho mô hình giảm đi khá nhiều. Tuy nhiên, đối với các mô hình, cùng với việc bón phân khoáng cân đối, việc đưa phân bón hữu cơ và bón vôi vào sẽ giúp cải thiện môi trường đất, từ đó làm tăng hiệu quả sử dụng phân bón cho cây cà phê. Kết quả ở bảng 4 cho thấy, năng suất cà phê ở các mô hình có xu hướng tăng nhẹ mặc dù sự khác biệt này không đáng kể (khoảng 1%) không có ý nghĩa về mặt thống kê.

Bảng 4: hiệu quả của mô hình ICM đối với năng suất

Công thức	Năng suất (kg nhân/ha)			
	Lâm Đồng	CV (%)	Đắk Lắk	CV (%)
Mô hình ICM	3463,2	20,2	6341,8	17,1
Đối chứng	3389,2	18,5	6238,2	22,1
Trung bình $t_{(n-0,05)}$	3426,2		6290,0	

Tuy năng suất ở các mô hình ICM không khác biệt về mặt thống kê so với đối chứng nhưng kết quả ở bảng 5 cho thấy hiệu quả kinh tế là có sự khác biệt với mức tăng 12,1% cho mô hình ở Đắk Lắk và 30,1% cho mô hình ở Lâm Đồng (trung bình 21,1%). Mức chênh lệch này đến chủ yếu từ việc giảm tổng chi trong sản xuất của mô hình, trong đó chi phí phân vô cơ và thuốc bảo vệ thực vật là những yếu tố quan trọng để giảm chi phí sản xuất.

Bảng 5: hiệu quả kinh tế của mô hình ICM áp dụng cho cà phê vối

Mô hình	Năng suất (kg nhân/ha)	Tổng chi (triệu đồng/ha)	Tổng thu (triệu đồng/ha)	Lợi nhuận (triệu đồng/ha)	Tăng so với đối chứng (triệu đồng/ha)
Lâm Đồng					
ICM	3463,2	76,125	128,138	52,013	12,023
Đối chứng	3389,2	85,410	125,400	39,990	
Đắk Lắk					
ICM	6341,8	85,815	234,647	148,832	16,029
Đối chứng	6238,2	98,010	230,813	132,803	

Kết luận

- Trong ICM cho cà phê, các biện pháp kỹ thuật cần áp dụng đồng bộ như một tổng thể, trong đó chú trọng các biện pháp bón phân theo dinh dưỡng đất và năng suất, cải tạo độ pH đất, sử dụng các biện pháp sinh học trong phòng trừ sâu bệnh hại, tưới nước tiên tiến, tiết kiệm, đúng lượng và phù hợp với điều kiện sinh thái vùng.

- Ở các mô hình ICM áp dụng cho cây cà phê vối, với việc giảm chi phí hóa chất đầu vào, các chỉ tiêu về sâu bệnh hại, dinh dưỡng đất, chất lượng cà phê nhân sống, năng suất vẫn ở mức không có khác biệt nhiều so với đối chứng. Các chỉ tiêu này sẽ cải thiện hơn theo thời gian khi các biện pháp ICM phát huy tối đa hiệu quả.

- Hiệu quả kinh tế ở các mô hình đều tăng so với đối chứng ở mức trung bình hơn 21,1%, đạt mục tiêu đề ra của đề tài. Việc tăng hiệu quả kinh tế chủ yếu là do giảm chi phí vật tư đầu vào, trong đó có việc sử dụng hợp lý phân bón và thuốc bảo vệ thực vật.

Trong thời gian tới, đề nghị phổ biến quy trình ICM áp dụng cho cây cà phê vào sản xuất, đồng thời tiếp tục theo dõi các mô hình ICM để có sự điều chỉnh hợp lý và có kết luận chính xác hơn.

Tài liệu tham khảo

- [1] Lê Ngọc Báu và cộng sự (2015), *Nghiên cứu đánh giá hiệu quả của các biện pháp ICM trong sản xuất cà phê vối ở Việt Nam*, chuyên đề nghiên cứu, Đắk Lắk, 35 tr.
- [2] Cục Trồng trọt (2014), *Số liệu diện tích và sản lượng cây lâu năm phân chia theo tỉnh ở Việt Nam*.
- [3] Trương Hồng và cộng sự (2012), *Nghiên cứu biện pháp kỹ thuật tổng hợp tiết kiệm chi phí đầu vào đối với cà phê ở Tây Nguyên*, Báo cáo tổng kết đề tài, Đắk Lắk, 173 tr.
- [4] Lê Văn Đức (2014), *Hiện trạng và một số giải pháp tái canh cà phê*, Hội thảo: Diễn đàn đổi mới và triển vọng ngành hàng cà phê Việt Nam, TP Hồ Chí Minh, 11 tr.
- [5] Trương Hồng và cs (2015), *ICM cho cà phê - Giải pháp giảm chi phí đầu vào, tăng hiệu quả kinh tế, góp phần sản xuất cà phê bền vững*, Kết quả nghiên cứu khoa học, Viện Khoa học Kỹ thuật Nông Lâm nghiệp Tây Nguyên, 6 tr.
- [6] Kwanchai A Gomez, Arturo A Gomez (1984), *Statistical Procedures for Agricultural Research*.
- [7] Coste R (1968), "Le caféier", *Techniques agricoles et productions tropicales*, Maisonneuve et La rose, Paris, 14, p.310.
- [8] Damatta F.M, et al (2007), "Ecophysiology of coffee growth and production, Brazilian", *Journal of Plant Physiology*, 19(4), pp.485-510.