



Bekir Bülent Arpacı¹, Faika Yaralı⁵, Mehmet Koç⁶

Kilis 7 Aralık University, barpaci@kilis.edu.tr,
faikayarali@gmail.com, mehmetkoc@kilis.edu.tr, Kilis-Turkey

Nihal Buzkan²

Kahramanmaraş Sütçü İmam University, nbuzkan@gmail.com,
Kahramanmaraş-Turkey

Ayhan Ak³, Kerim Karataş⁴

Doğu Akdeniz Geçit Kuşağı Tarımsal Araştırma İstasyonu Müdürlüğü,
ayhan.ak@tarim.gov.tr, kerim.karatas@gthb.gov.tr, Kahramanmaraş-Turkey

<http://dx.doi.org/10.12739/NWSA.2016.11.3.5A0078>

PATATES Y VİRÜSÜ PATOTİPLERİNİN KIRMIZIBİBERİN VERİM VE FOTOSENTEZ KAPASİTESİ ÜZERİNE ETKİLERİ

ÖZ

Bu çalışmada *Potyviridae* familyasına dâhil Patates Y Virüsü (PVY) nün dünyada yaygınlık gösteren (0), (0,1) ve (0,1,2) patotiplerinin Maraş 1 ve Sena kırmızıbiber çeşitlerinin bitki verim ve fotosentez kapasitesi üzerine etkileri araştırılmıştır. Virüs izolatları Maraş 1 ve Sena kırmızıbiber çeşitlerine fide döneminde, mekanik inokülasyon yolu ile bulaştırılmıştır. Deneme sera koşullarında yaprak bitlerinin geçemediği izole örtü materyalleri altında yürütülmüştür. Virüs izolatlarının biber bitkilerinin meyve ağırlığını, meyve verimini ve bitkideki meyve sayısını önemli ölçüde etkilediği görülmüştür. Buna karşın izolatlar, biberde meyve genişliği, meyve uzunluğu ve meyve eti kalınlığı değerlerini etkilememiştir. PVY inokülasyonu yaprak net fotosentez oranını (P_N) değiştirmemiş, stoma direncini (g_s), hücreler arası CO_2 konsantrasyonunu (C_i) ve transpirasyon oranını (E) arttırmıştır. Biber bitkilerinin fotosentez oranını koruyabilmek için bitkinin savunma mekanizması olarak stoma direncini, hücreler arası CO_2 konsantrasyonunu ve transpirasyon oranını arttırdığı tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Patates Y Virüsü, Verim, Fotosentez, Stoma Direnci, Biber

THE EFFECT OF POTATO VIRUS Y PATHOTYPES ON YIELD AND PHOTOSYNTHETIC CAPACITY OF CHILLI PEPPER

ABSTRACT

The effects of pathotypes (0), (0,1) and (0,1,2) showing prevalence in the world of Potato Virus Y (PVY) belonging *Potyviridae* family on plant yield and photosynthetic capacity of the red pepper varieties "Maraş 1 and Sena" have been investigated in this research. Pepper plants were infected at seedling stage with virüs isolates by mechanical inoculation. Experiments were carried out under greenhouse conditions that isolated cover material could not pass over aphids. It was observed that virus isolates were significantly influence on pepper plant fruit weight, fruit yield and the number of fruit per plant. On the contrary, isolates did not affect fruit width, fruit length and flesh thickness. PVY inoculation did not change the net photosynthetic rate (P_N) of leaves but it increased stomatal resistance (g_s), intercellular CO_2 concentration and transpiration rates (E). Pepper plants increased stomatal resistance, intercellular CO_2 concentration and the transpiration rate as a defense mechanism to maintain the rate of photosynthesis under PVY infection.

Keywords: Potato Virus Y, Yield, Photosynthesis, Stomatal Resistance, Pepper



1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Bitkilerde virüs enfeksiyonları farklı belirtiler oluşturmaktadır. Yapraklarda renk açılmalarından nekrotik alanlara kadar değişen etkilerinin yanında yaprak ve meyvelerde şekil bozuklukları, bitki boyunun kısalması ya da ölümle sonuçlanan solgunluklar bu belirtilerin arasında yer almaktadır. Abiyotik ve biyotik stres faktörlerinin en önemli etkilerinden biri de fotosentez parametrelerini olumsuz etkilemesidir [1]. Bu olumsuz etkiler PS2 üzerindeki elektron taşıma sistemini sınırlandırmak ya da kloroplastların parçalanması ve ribuloz-1, 5-bifosfat karboksilaz (RUBISCO:oksijenaz) oranının azalması ile kendini gösterebilmektedir. PVY, bitki virüs alemi içerisinde en geniş familya olan *Potyviridae* familyasında *Potyvirus* cinsinde yer almaktadır. Virüs yaygın olarak patateslerde enfeksiyon yapmakla birlikte sebze tarımının yapıldığı bölgelerde önemli bir bitki patojenidir. Ürünün kalite ve verimini %80'e kadar düşürmektedir [2]. PVY genel olarak, aralarında *Solanaceae*, *Chenopodiaceae*, *Amaranthaceae*, *Compositae*, *Leguminosae* gibi ekonomik öneme sahip ürünler başta olmak üzere 27 familya içerisinde yer alan 69 cinsin, yaklaşık 340 türünü hastalandırabilmektedir [3]. Dünyanın toplam taze biber üretimi 30 milyon ton, kurutulmuş biber üretimi ise 3 milyon tondur. Karabiber üretimi ise 400 bin ton olup bu değer kurutulmuş biber üretiminin onda biri kadardır. Dünyada en çok biber üretimi yapan ülke, 15 milyon ton üretim değeri ile Çin'dir. Türkiye ise 2 milyon ton biber üretimi ile Meksika'nın arkasında yer almaktadır.

Kurutulmuş kırmızıbiber üretiminde ise, 1.500.000 ton ile Hindistan ilk sırada yer alırken, bu ülkeyi sırasıyla 280.000 ve 200.000 ton üretim ile Çin ve Pakistan izlemektedir. Türkiye 15000 ton kırmızıbiber üretimiyle, Nepal'in ardından 24. Sıradadır [4]. Biber yetiştiriciliğinde verim ve kalite kaybında viral etmenlerin ayrı bir önemi vardır. Virüslere karşı doğrudan kimyasal mücadelenin olmaması, mücadele yöntemlerinin üreticiler tarafından yeterince bilinmemesi, bazı virüslerin vektörlerle taşınıyor olması, virüse dayanıklı çeşitlerin çok az olması, virüs enfeksiyonlarından kaynaklanan verim ve kalite kayıplarının artmasına neden olmaktadır. Biber yetiştirilen alanlarda fitopatolojik sorunlara yönelik yapılan araştırmalar derinleştikçe, ekonomik zararı yüksek birçok viral etmenin varlığı da ortaya konmaktadır. Bu çalışma ile ülkemizde biber üretilen alanlarda yaygın olarak görülen Patates Y Virüsü (PVY)'nün iki kurutmalık kırmızıbiber çeşidinin agronomik özellikleri ve fotosentez parametreleri üzerine etkileri araştırılmıştır.

2. ÇALIŞMANIN ÖNEMİ (RESEARCH SIGNIFICANCE)

Biber yetiştiriciliğinde viral etmenlerden kaynaklı kalite ve verim kaybı yüksek düzeyde gerçekleşmektedir. Virüslere karşı doğrudan kimyasal mücadelenin olmaması, mücadele yöntemlerinin üreticiler tarafından yeterince bilinmemesi, bazı virüslerin vektörlerle taşınıyor olması, virüse dayanıklı çeşitlerin çok az olması gibi nedenler virüs enfeksiyonlarından kaynaklanan verim ve kalite kayıplarının artmasına neden olmaktadır. Bu nedenle biber yetiştirilen alanlarda fitopatolojik sorunlara yönelik yapılan araştırma sayısının artırılmasıyla ekonomik zararı yüksek birçok viral etmenin varlığı ortaya konulabilecektir.

3. MATERYAL VE METOD (MATERIALS AND METHODS)

Biber hatlarının tohumları 3:1 (hacim/hacim) torf: perlit ortamına ekilip, iklim odasında (24°C sıcaklık, 16 saat fotoperiyot, 3000 lux ışık yoğunluğu, %60 oransal nem) tutulmuştur. Her patotip ve



kontrol için 3'er bitki 3 tekrarlı olarak yetiştirilmiştir. Maraş 1 ve Sena çeşitlerinin her birinden 36 olmak üzere 72 saksı ile deneme yürütülmüştür. Hacmi 4 lt olan saksılara 1:1 (v/v) oranında torf ve perlit doldurulmuş Torosol (20+20+20+TE) ticari suda eriyebilen gübre ile haftalık olarak gübrelenmiştir. PVY patotiplerini mekanik olarak biber hatlarına ve referans bitkilerine inokulasyonu, biber fidelerinin ilk gerçek yapraklarının çıkışını takiben kotiledon yapraklarına yapılmıştır [5]. Steril porselen havan içerisinde yaprak örneği (1 g), 4 hacim 0.03 M fosfat tamponu (pH 7.0) ve %2 (ağırlık/hacim) DIECA, 20 mg/ml aktif kömür ve 20 mg/ml karborandum içeren tampon ile ezilerek inokulum hazırlanmıştır.

Hazırlanan inokulum, karborandum tozuyla kaplanmış olan biber fidelerinin kotiledon yapraklarına sürülmüştür. PVY patotiplerinin meydana getirmiş olduğu ilk semptom gözlenmesiyle birlikte, biber hatlarında virüs akümüasyonu DAS-ELISA ile doğrulanmıştır. Yaprak Net Fotosentez Oranı (PN), stoma iletkenliği (gs), transpirasyon oranı (E) ve hücreler arası CO₂ konsantrasyonu ADC BioScientific LCpro+ System kullanılarak ölçülmüştür. Ölçümler bitkilerin çiçeklenme (ekimden 120 gün sonra), meyve oluşumu (ekimden 150 gün sonra) ve olgunlaşma dönemlerinde (ekimden 180 gün sonra) 10:00 ile 14:00 arasındaki saatlerde gerçekleştirilmiştir. Gaz değişim kapasiteleri denemelerinde çeşit (Sena, Maraş 1), bitkinin gelişme dönemi (çiçeklenme, meyve tutumu ve olgunlaşma) ve PVY patotipleri (0; 0,1; 0,1,2) olmak üzere 3 faktör yer almıştır. Tesadüf parselleri deneme deseninde seraya 3 tekrarlamalı olarak yerleştirilen bitkilerden elde edilen gaz değişim kapasitelerine ait veriler varyans analizine (ANOVA) tabi tutulmuş ortalamaların karşılaştırılmasında LSD (LSMeans Differences Student's t) çoklu karşılaştırma testi kullanılmıştır. Verim ve meyve özelliklerine ait veriler ise çeşit ve patotipleri karşılaştırmaya yönelik olarak elde edilmiş, ANOVA ve LSD testleri ile karşılaştırılmıştır.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA (FINDINGS AND DISCUSSIONS)

4.1. PVY Patotiplerinin Verim ve Verim Öğeleri Üzerine Etkileri (Effects of PVY Prototypes on Yield and Yield Components)

PVY patotiplerinin Maraş 1 ve Sena kırmızıbiber çeşitlerinde meydana getirdiği meyve sayısı, verim, meyve ağırlığı, meyve eti kalınlığı, meyve boyu ve meyve eni değerleri Tablo 1 de verilmiştir. Tablo 1 incelendiğinde Maraş 1 çeşidinin Sena çeşidinden daha fazla meyve sayısına sahip olduğu ve PVY patotiplerinin bitkideki meyve sayısını önemli ölçüde azalttığı görülmektedir. Maraş 1 çeşidinin kontrol uygulamasında 52,74 olan meyve sayısı bitkiye PVY (0,1) patotipinin inokulasyonu ile 26,61'e kadar düşmüştür. Kontrol uygulamasında bitki başına 29,82 adet meyve bulunan Sena çeşidinin meyve sayısı ise PVY (0,1,2) patotipinin bulaşması ile 16,08'e düşmüştür. Bitkideki meyve sayısının düşmesi verimi doğrudan etkilemiş ve kontrol uygulamasında bitki başına verimi 330,84 g olan Maraş 1 çeşidinin verimi PVY (0,1) patotipinin bulaştırılması sonucu 157,95 grama düşerek %52,25 oranında azalmıştır. Sena çeşidinde ise 210,12 g olan bitki başına meyve verimi PVY (0,1,2) patotipinin etkisi ile 103,47 g'a düşmüştür. Bu çeşitte ortalama verim kaybı %50,75 olmuştur. Etiyopya'da biber alanlarında yapılan surveylerde de potivirüslerden kaynaklanan verim kaybının %15 ile %50 arasında olduğunu bildirilmiştir [6]. PVY ile mücadele edildiğinde biberde verimin %32 oranında arttığı bildirilmiş en etkin mücadele şeklinin ise beyaz plastik malç uygulaması olduğunu araştırmacılarca tespit edilmiştir [7]. Yapılan araştırmalarda patateste bu kayıpların %100'e kadar çıktığı, tütünde ise %75'e ulaştığı bildirilmiştir [8]. Çeşitler



arasında meyve ağırlıkları bakımından farklılık görülmemiştir. Sena çeşidi 6,95 g ağırlığındaki meyveler sahipken Maraş 1 çeşidinin meyve ağırlığı 6.08 g olmuştur. Bununla birlikte PVY patotipleri Sena çeşidinin meyve ağırlığında bir azalma meydana getirmez iken PVY (0,1) patotipi Maraş 1 çeşidinin meyve ağırlığını 5,85 grama düşürmüştür. Potyviriidae familyasında yer alan ve ülkemizde de oldukça yaygın bulunan diğer bir virüs tütün yanıklık virüsüdür (Tobacco Etch Virus=TEV). Bu virüsün *Capsicum chinense* Jacquin türünün önemli bir çeşidi olan ve Güney Amerika'da yaygın olarak yetiştirilen Scotch Bonnet çeşidinin pazarlanabilir meyve ağırlığını %57 oranında düşürdüğü bildirilmiştir [9]. Çalışmada PVY patotiplerinin meyve ağırlığı üzerine etkileri TEV kadar tehlikeli bulunmamıştır. PVY patotipleri Sena çeşidinin meyve ağırlığını etkilememiş Maraş 1 çeşidinde ise %3 ağırlık kaybına sebep olmuştur. Benzer şekilde, PVY'nin iri kare kesitli biberlerden *Capsicum annum* L. türüne giren Yolo Wonder çeşidinin meyve ağırlığını %80 oranında düşürdüğünü bildirilmiştir [10].

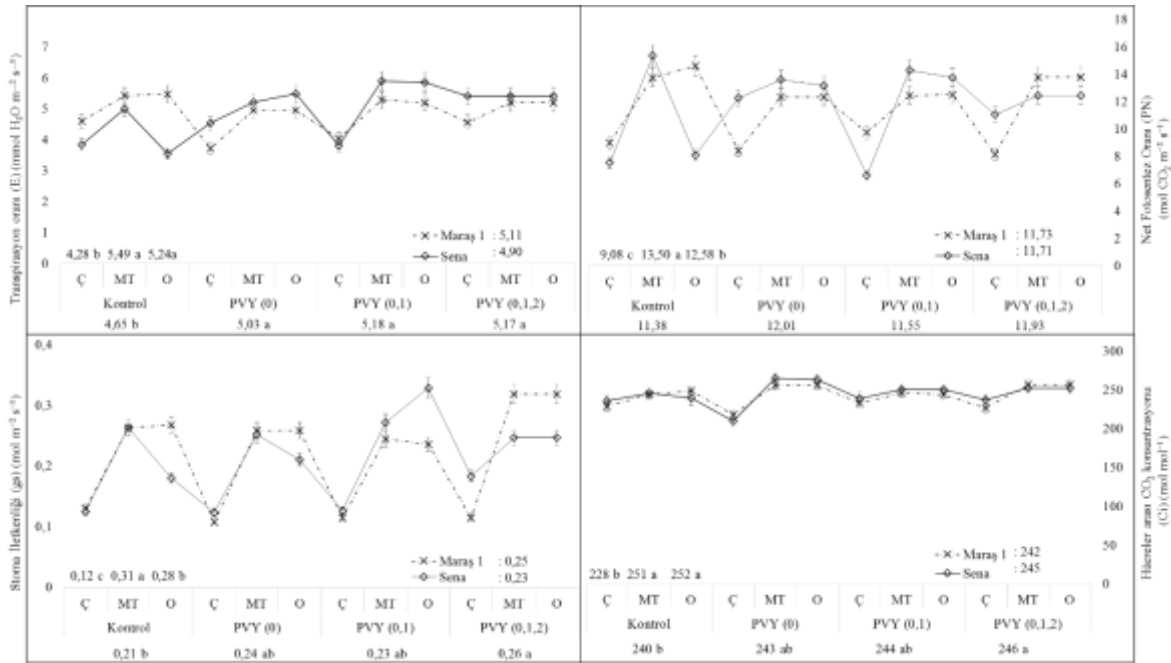
Tablo 1. PVY patotiplerinin Maraş 1 ve Sena kırmızıbiber çeşitlerinde meydana getirdiği meyve sayısı, meyve eti kalınlığı, meyve ağırlığı, meyve boyu, verim ve meyve eni değerleri
(Table 1. PVY prototype caused on number of fruit, flesh thickness, fruit weight, fruit size, yield and fruit diameter in cv. Maraş 1 and cv. Sena)

Meyve Sayısı (Adet/Bitki)							Meyve Eti Kalınlığı (mm)				
Patotip	Maraş 1		Sena		Ortalama		Maraş 1		Sena		Ortalama
Kontrol	52,74	a	29,82	c	41,28	a	1,23	1,38	1,30		
PVY (0)	33,75	bc	16,50	d	25,11	b	1,23	1,48	1,35		
PVY (0,1)	26,61	cd	29,73	c	28,17	b	1,49	1,47	1,48		
PVY (0,1,2)	42,06	ab	16,08	d	29,07	b	1,23	1,27	1,25		
Ortalama	38,79	a	23,04	b			1,29	1,39			
Verim (g/Bitki)							Meyve Boyu (mm)				
Patotip	Maraş 1		Sena		Ortalama		Maraş 1		Sena		Ortalama
Kontrol	330,84	a	210,12	bd	270,48	a	57,92	65,46	61,69		
PVY (0)	204,00	bd	113,46	de	158,73	b	55,10	59,34	57,22		
PVY (0,1)	157,95	ce	230,25	ac	194,10	b	53,95	61,92	57,94		
PVY (0,1,2)	258,45	ab	103,47	e	180,96	b	56,97	58,46	57,72		
Ortalama	237,81	a	164,34	b			55,99	61,30			
Meyve Ağırlığı (g)							Meyve Eni (mm)				
Patotip	Maraş 1		Sena		Ortalama		Maraş 1		Sena		Ortalama
Kontrol	6,23	ab	6,94	ab	6,58		17,46	ac	16,74	ac	17,10
PVY (0)	6,06	b	6,75	ab	6,40		18,52	ab	16,53	bc	17,52
PVY (0,1)	5,85	b	7,68	a	6,77		18,35	ab	16,23	c	17,29
PVY (0,1,2)	6,18	ab	6,42	ab	6,30		18,80	a	16,88	ac	17,84
Ortalama	6,08		6,95				18,28	a	16,59	b	

Patotiplerin biber meyve eti kalınlığı, meyve boyu ve meyve eni değerleri üzerine etki etmediği görülmüştür. Çeşitler arasında da meyve eti kalınlığı ve meyve boyu değerleri arasında fark bulunmazken Maraş 1 kırmızıbiber çeşidi 18,28 mm, Sena çeşidi ise 16,59 mm meyve enine sahip olmuştur. Yapılan araştırmalar birçok virüsün biber meyvelerinde kalite kaybına sebep olduğunu ortaya çıkarmıştır. Örneğin; Biber Sarı Yaprak Kıvrıkcılık Virüsü (Pepper Yellow Leaf Curl Virus=PYLCV) meyvelerde renk kaybına sebep olurken [11], Domates Lekeli Solgunluk Virüsü (Tomato Spotted Wilt Virus=TSWV) halka şeklinde çöküntülere, renk açılmalarına neden olduğu bildirilmiştir [5]. Buna karşılık potyviriüslerin Scotch Bonnet biber çeşidinde TEV'in meyve boyutlarında önemli ölçüde bir değişiklik yapmadığı da tespit edilmiştir [9].

4.2. PVY Patotiplerinin Fotosentez Üzerine Etkileri (Effects of PVY Prototypes on Photosynthesis)

Çiçeklenme döneminde düşük olan transpirasyon oranı (E) bitkinin ilerleyen gelişim dönemlerinde artış göstermiştir. Çiçeklenme döneminde $4,28 \text{ mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ transpirasyon oranı meyve tutumu döneminde $5,48 \text{ mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ 'ye yükselmiş olgunlaşma döneminde $5,24 \text{ mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ye düşmüştür. Bu değerler çeşitlere göre farklılık göstermemiş virüs inoküle edilen bitkilerde artmıştır. Maraş 1 çeşidinin ortalama transpirasyon oranı $5,11 \text{ mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, Sena çeşidinin transpirasyon oranı ise $4,90 \text{ mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ olarak bulunmuştur. PVY patotiplerinin inoküle edilmediği kontrol grubunda $4,65 \text{ mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ olan transpirasyon oranı inokülasyon ile birlikte $5,18 \text{ mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ değerine ulaşmıştır (Şekil 1).



Şekil 1. PVY patotiplerinin farklı gelişim dönemlerindeki (Ç:Çiçeklenme; MT: Meyve Tutumu; O:Olgunlaşma) Maraş 1 ve Sena biber çeşitlerinin transpirasyon oranı, net fotosentez oranı, stoma direnci ve hücreler arası CO₂ konsantrasyonunda meydana getirdiği değişimler (Figure 1. Effects of PVY prototypes on the rate of transpiration, net photosynthesis rate, stomatal resistance and intercellular CO₂ concentration in cv. Naraş 1 and cv. Sena in different developmental stages (C:flowering, MT: fruit period, O:Maturation period))

Stoma iletkenliği (g_s) çiçeklenme döneminde $0,12 \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ iken, meyve tutumu döneminde $0,31 \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ 'ye yükselmiş olgunlaşma döneminde $0,28 \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ 'ye düşmüştür. Çeşitler arasında stoma iletkenlik değerleri bakımından farklılık bulunmamıştır. PVY patotiplerinin inokülasyonun stoma iletkenliği üzerine etkisi önemli bulunmuş 15 kontrol uygulamasında $0,21 \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ olan stoma iletkenliği değeri nekroz oluşturan PVY 0,1,2 patotipinde en yüksek değere ($0,26 \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) ulaşmıştır. PVY'nin stoma iletkenliği üzerine etkilerinin çeşitlere göre farklılık gösterdiği bildirilmiştir [12]. Stoma iletkenliği ve transpirasyonda meydana gelen artış bitkinin solunum hızının arttığının göstergesidir. Bitkide viral enfeksiyonun ilerlemesi ile solunum hızı artmaktadır. Hastalıklı ve sağlıklı yapraklar arasında stoma iletkenliği değerleri bakımından önemli bir farklılığın görülmediği tespit edilmiştir [13]. Tütün bitkisinde erken enfeksiyon



dönemlerinde PVY'nin stoma iletkenliğini düşürdüğü, hastalığın ilerlemesi ile stoma iletkenliğinin arttığı saptanmıştır [12]. Yaprak net fotosentez oranı (P_N) biber bitkilerinin gelişim dönemlerine göre önemli farklılıklar göstermiştir. Çiçeklenme döneminde ($9,08 \text{ molCO}_2\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$) düşük seyreden yaprak net fotosentez oranı meyve tutumu döneminde ($13,50 \text{ molCO}_2\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$) artmış olgunlaşma döneminde ($12,58 \text{ molCO}_2\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$) tekrar azalmıştır. Virüs enfeksiyonlarının bu değişim üzerine etkisi olmamıştır. Yaprak net fotosentez oranı çeşitlere göre de değişiklik göstermemiş, PVY patotiplerinin bitkide viral gelişimi yaprak net fotosentez oranını etkilememiştir. PVY patotipleri bitkinin gelişme dönemlerine ve çeşide bağlı olmaksızın yaprak net fotosentez oranını değiştirmemiştir (Şekil 1). Bu bulguların aksine PVY inoküle edilen patates bitkilerinin fotosentez oranının düştüğü bildirilmiştir [13]. Benzer şekilde, CyMV ve ORSV ile bulaşık orkide bitkilerinde yaprak net fotosentez oranının daha düşük olduğu; TuMV ile enfekteli hardal (*Brassica juncea* var. Tsatsai) bitkilerinin daha düşük yaprak net fotosentez oranına sahip olduğu da bildirilmiştir [14 ve 15]. Dolayısıyla araştırma sonuçlarımız daha önce yapılan bu araştırma sonuçlarıyla örtüşmemektedir. Hücreler arası CO_2 konsantrasyonu (Ci) bitkinin gelişim dönemleri ilerledikçe artış göstermiştir. Bu değerler çiçeklenme döneminde 228 molmol^{-1} , meyve tutumu döneminde 251 molmol^{-1} ve olgunlaşma döneminde 252 molmol^{-1} olarak gerçekleşmiştir.

Maraş 1 (242 molmol^{-1}) ve Sena (245 molmol^{-1}) çeşitleri arasında hücreler arası CO_2 konsantrasyonu değerleri bakımından bir farklılık bulunamamıştır. Kontrol grubunda 240 molmol^{-1} ölçülen hücreler arası CO_2 konsantrasyonu, PVY (0,1,2) patotipinin inoküle edildiği biber bitkilerinde 246 molmol^{-1} değerine yükselmiştir. Hücreler arası CO_2 konsantrasyonu değerleri ile ilgili olarak farklı stres kaynaklarına göre değişen literatürlere rastlamak mümkündür. PVY enfeksiyonuna maruz kalmış patateslerde başlangıçta düşük hücreler arası CO_2 konsantrasyonunun görüldüğü, bu değerlerin zamanla yükselerek kontrol grubu ile eşitlendiği belirlenmiştir [13]. TuMV enfeksiyonu ise hardalda hücreler arası CO_2 konsantrasyonunu arttırmıştır [15]. Yüksek sıcaklık stresine maruz kalan *C. Maxima* ve *C. Moschata* melezlerinin hücreler arası CO_2 konsantrasyonu yüksek bulunmuştur [16]. PVY patotiplerinin bulaştırılması ile artan hücreler arası CO_2 konsantrasyonu bitkinin fotosentezde kullanılmak üzere bünyesine aldığı karbondioksitin kullanılmadığını düşündürmektedir. Ancak transpirasyondaki artış göz önüne alındığında bu durumun solunum nedeni ile ortaya çıkabileceği görüşü ön plana çıkmaktadır.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER (CONCLUSION AND RECOMMENDATIONS)

Biyotik ve abiyotik stres faktörleri bitkilerde fotosentez üzerine olumsuz etki yapmaktadırlar. Virüs enfeksiyonları fotosentezi sekteye uğratan önemli biyotik stres faktörlerindedir [17]. Önceki çalışmaların aksine PVY enfeksiyonları biber bitkilerinin net fotosentez oranı (P_N) üzerine etki etmediği görülmüştür. Bununla birlikte diğer fotosentez parametrelerinden stoma iletkenliği (gs), transpirasyon oranı ϵ ve hücreler arası CO_2 konsantrasyonu (Ci) değerleri PVY enfeksiyonu ile birlikte artmıştır. Özellikle hücreler arası CO_2 miktarının fotosentezde aktif olarak rol oynayan ribulose-bisphosphate ile ilişkili olması [18] çalışmada PVY inoküle edilen bitkilerin fotosentez oranını dengede tutmak için başvurdukları fizyolojik bir reaksiyon olarak görülmektedir. Bununla birlikte PVY enfekteli bitkiler stoma iletkenliği ve transpirasyon oranını arttırarak solunum ve fotorespirasyon ile viral enfeksiyonlara tepki göstermişlerdir. Sağlıklı koşullarda stoma iletkenliği ile fotorespirasyon arasında negatif yönde bir ilişki olduğu



belirlenmiştir [19]. Ancak PVY enfeksiyonları bitkinin gaz alış verişini hızlandırırken aydınlık koşullarda terlemenin artmasına da neden olmuştur. Bakteriyel enfeksiyonların bitkilerde bitki savunma mekanizması olarak fotorespirasyondan yararlandığı bilinmektedir [20]. PVY enfekteli bitkilerin gaz alışverişi, respirasyon ve hücreler arası CO₂ konsantrasyonu sistemlerini kullanarak net fotosentez oranı değerlerini dengede tutmaya çalıştıkları söylenebilir. Ancak farklı virüslerin inoküle edildiği değişik bitki türlerinde net fotosentez oranının düştüğü de bildirilmiştir [13, 14 ve 15]. PVY patotiplerinin inokulasyonu meyve verimini nemli ölçüde azaltmıştır. Bu azalmanın nedeni viral enfeksiyonun meyve sayısı üzerine etkisinden kaynaklanmıştır. Her iki biber çeşidi de yaklaşık %50 oranında verim kaybına uğramıştır. Biberlerde potivirüslerden kaynaklanan verim kaybı %50'ye kadar çıkmakta [6] patateste bu kayıplar %100'e ulaşmaktadır. PVY inokulasyonu çeşitlerin meyve boyutlarını etkilememiştir. Ancak PVY enfeksiyonu Maraş 1 çeşidinin meyvelerinde ağırlık kaybı meydana getirmiştir. Maraş biberi popülasyonu büyük meyveli genotiplerden oluşmadığı için etmenin meyve boyutları üzerine etkisinin olmadığı düşünülmektedir.

TEŞEKKÜR (THANKS)

Çalışmada fotosentez ölçümlerinin yapılmasına ve değerlendirilmesine destek olan Dr. Rukiye Kara'ya teşekkürlerimizi sunarız.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

1. Rahoutei, J., Garcia-Luque, I. and Baron, M., (2000). Inhibition of photosynthesis by viral infection: Effect on PSII structure and function. *Physiol. Plant.* 110:286-292.
2. Hamalainen, J.H., Watanabe, K.N. Valkonen, J.P.T., Arihara, A., Plaisted, R.L., Pehu, E., Miller, L., and Slack, S.A., (1997). Mapping and marker- assisted selection of a gene for extreme resistance to potato virüs. *Y. Theor. Appl. Genet.* 94: 192-197.
3. Boonham, N. and Barker, I., (1998). Strain specific recombinant antibodies to potato virüs Y potyvirus. *J. Virol Methods*, 74:193-199.
4. Web-1: <http://faostat3.fao.org/download/Q/QC/E>, consulted 10 June 2013.
5. Moury, B., Pflieger, S., Blattes, A., Lefebvre, V., and Palloix, A., (2000). A CAPS marker to assist selection of tomato spotted wilt virus (TSWV) resistance in pepper. *Genome*, 43(1), 137-142.
6. Agranovsky, A.A., (1993). Virus diseases of pepper (*Capsicum annum* L.) in Ethiopia. *Journal of Phytopathology*, 138(2), 89-97.
7. Budnik, K., Laing, M.D., and Da Graca, J.V., (1996). Reduction of yield losses in pepper crops caused by Potato Virus Y in KwaZulu-Natal, South Africa, using plastic mulch and yellow sticky traps. *Phytoparasitica*, 24(2), 119-124.
8. Tsedaley, B., (2015). A Review Paper on Potato Virus Y (PVY) Biology, Economic Importance and its Managements *Journal of Biology, Agriculture and Healthcare*, 5(9):110
9. McDonald, S.A., (2001). Epidemiology, aphid vectors, impact and management of tobacco etch potyvirus in hot peppers in Jamaica. Ph. D. Dissertation. Blacksburg, VA, Virginia Tech.
10. Avilla, C., Collar, J.L., Duque, M., and Fereres, A., (1997). Yield of bell pepper (*Capsicum annum*) inoculated with CMV and/or PVY at different time intervals. *Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz*, 104(1):1-8.



11. Dombrovsky, A., Glanz, E., Pearlsman, M., Lachman, O., and Antignus, Y., (2010). Characterization of Pepper yellow leaf curl virus, a tentative new Polerovirus species causing a yellowing disease of pepper. *Phytoparasitica*, 38(5):477-486.
12. Ryšlavá, H., Müller, K., Semorádová, Š., Synková, H., and Čeřovská, N., (2003). Photosynthesis and activity of phosphoenolpyruvate carboxylase in *Nicotiana tabacum* L. leaves infected by Potato virus A and Potato virus Y. *Photosynthetica*, 41(3):357-363.
13. Zhou, Y.H., Peng, Y.H., and Lei, J.L., (2004). Effects of Potato Virus YNTN Infection on Gas Exchange and Photosystem 2 Function in Leaves of *Solanum tuberosum* L. *Photosynthetica*, 42(3):417-423.
14. Chia, T.F. and He, J., (1999). Photosynthetic capacity in *Oncidium* (Orchidaceae) plants after virus eradication. *Environmental and Experimental Botany*, 42(1):11-16.
15. Guo, D.P., Guo, Y.P., Zhao, J.P., Liu, H., Peng, Y., Wang, Q.M., Chen, J.S., and Rao, G.Z., (2005). Photosynthetic rate and chlorophyll fluorescence in leaves of stem mustard (*Brassica juncea* var. *tsatsai*) after turnip mosaic virus infection. *Plant Science*, 168(1):57-63.
16. Ara, N., Yang, J., Zhongyuan, H.U., and Zhang, M., (2013). Determination of heat tolerance of interspecific (*Cucurbita maxima* x *Cucurbita moschata*) inbred line of squash 'maxchata' and its parents through photosynthetic response. *J. Agri Sci.* 19, 188-197.
17. Goodman, R.N., Kiraly, Z., and Wood, K.R., (1989). *The biochemistry and physiology of plant disease*. University of Missouri Press, Columbia, pp 433, ISBN: 0-8262-0349-3.
18. Caemmerer, S.V. and Farquhar, G.D., (1981). Some relations between the biochemistry of photosynthesis and the gas exchange of leaves. *Planta*, 153:376-387.
19. Melotto, M., Underwood, W., and He, S.Y., (2008). Role of stomata in plant innate immunity and foliar bacterial diseases. *Annual Review of Phytopathology*, 46, 101-122.
20. Chamnongpol, S., Willekens, H., Moeder, W., Langebartels, C., Sandermann, H.Jr., Van Montagu, M., Inze´ D., and Van Camp, W., (1998). Defense activation and enhanced pathogen tolerance induced by H₂O₂ in transgenic plants. *Proceedings of the National Academy of Sciences, USA* 95, 5818-5823.