

## Farklı Işık Şiddeti ve Karbondioksit Dozu Uygulamalarının Hidroponik Arpa (*Hordeum vulgare* L. conv. *distichon*) Çimi Üzerine Etkileri<sup>a</sup>

Muhammet Karasahin

Necmettin Erbakan Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü,  
Konya

Geliş tarihi (Received): 09.01.2017

Kabul tarihi (Accepted): 26.01.2017

### Anahtar kelimeler:

Arpa çimi, hidroponik, ışık şiddeti, karbondioksit dozu

**Özet.** Araştırma farklı ışık şiddeti ve CO<sub>2</sub> dozu uygulamalarının hidroponik arpa (*Hordeum vulgare* L. conv. *distichon*) çimi üzerine etkilerini belirlemek amacıyla yürütülmüştür. Çalışmada; farklı ışık şiddeti ve karbondioksit dozu uygulamalarının yeşil yem verimi, yeşil yem tohum oranı<sup>-1</sup>, kuru madde oranı ve kaybı, ham protein kazancı, bitki boyu ve kök uzunluğu, ham besin madde içerikleri, hücre duvarı bileşenleri ve metabolik enerji değerleri ile mineral madde içerikleri üzerine etkileri araştırılmıştır. Araştırma sonuçlarına göre, farklı ışık şiddeti uygulamalarında en yüksek yeşil yem verimi, yeşil yem tohum oranı<sup>-1</sup>, ham protein kazancı ve bitki boyu, ışık şiddeti I2 ve I3 uygulamalarından elde edilmiştir. Kuru madde oranı ve kuru madde kaybı en fazla I1 uygulamasında olmuştur. Kök uzunluğu bu uygulamadan etkilenmemiştir. Farklı karbondioksit dozu uygulamalarında en yüksek yeşil yem verimi, yeşil yem tohum oranı<sup>-1</sup>, kuru madde kaybı, ham protein kazancı, ham protein, ham kül, ham yağ, metabolik enerji ve azot değerleri kontrol hariç diğer tüm karbondioksit dozu uygulamalarından elde edilmiştir. Kuru madde oranı, bitki boyu ve kök uzunluğu bu uygulamalardan etkilenmemiştir. En yüksek ham selüloz, ADF ve Ca değerleri D1 ve D2 uygulamalarından elde edilmiştir. En yüksek NDF, ADL, P, K, Mg, Fe, Cu, Mn, Zn ve Na değerleri ise D2 uygulamalarından elde edilmiştir. Yüksek yeşil yem verimi ve ham protein kazançları ile düşük kuru madde kayıplarına sahip hidroponik yeşil arpa yemi üretimi için I2 ve I3 ışık şiddeti uygulamaları ile D1, D2 ve D3 karbondioksit dozları tavsiye edilebilir niteliktedir. Üretim maliyetleri göz önünde bulundurulduğunda I2 ışık şiddeti ile D1 karbondioksit dozu uygulamaları daha önemli hale gelmektedir.

### \*Sorumlu yazar

mkarasahin@konya.edu.tr

## The Effects of Different Light Intensity and Carbon Dioxide Dose Treatments on Hydroponic Barley (*Hordeum vulgare* L. conv. *distichon*) Grass

### Keywords:

Barley grass, hydroponic, light intensity, carbon dioxide dose

**Abstract.** This research was conducted to determine the effects of different light intensity and CO<sub>2</sub> dose treatments on hydroponic barley (*Hordeum vulgare* L. conv. *distichon*) grass. In the study were investigated the effects of different light intensity and carbon dioxide dose treatments on green fodder yield and rate, dry matter rate and losses, crude protein gains, plant height, and root length, crude nutrient contents, cell wall components, metabolic energy values and mineral elements content. According to the research results, in the different light intensity treatments, the highest green forage yield, crude protein gain, plant height, crude oil, NDF, ADF, metabolic energy and Fe contents, and the lowest dry matter losses were obtained from I2 and I3 treatments, and the highest dry matter rates and losses, crude fiber and P contents were obtained from I1 treatment. In the different carbon dioxide dose treatments, the highest green forage yield, crude protein gain, crude nutrient, metabolic energy and N contents, with the lowest dry matter losses were obtained from D1, D2 and D3 treatments. The highest crude fiber, ADF and Ca values were obtained from D1 and D2 treatments. The highest NDF, ADL, P, K, Mg, Fe, Cu, Mn, Zn, and Na values were obtained from D2 treatment. I2 and I3 light intensity and D1, D2 and D3 carbon dioxide dose treatments can be recommendable in order to produce hydroponic green barley fodder in which having high green fodder yield, crude protein gain and low dry matter losses. When production cost is taken into consideration I2 light intensity and D1 carbon dioxide dose treatments become more important.

<sup>a</sup>Bu çalışma TÜBİTAK tarafından desteklenen 114O702 No'lu projenin bir bölümünden oluşmaktadır.

## GİRİŞ

Bitkiler fotosentezle güneşten aldıkları ışık enerjisini glikoz formunda kimyasal enerjiye dönüştürürler. Fotosentez hızını ışık şiddeti, karbondioksit oranı, su ve bitki besin elementleri varlığı, sıcaklık gibi çevre faktörleri ile genetik özellikler etkilemekle beraber en önemli olanları ışık ve karbondioksit miktarıdır (Kajfez-Bogataj 1987; Güneş ve İnal 1995; Vaz *et al.*, 1996; Neri *et al.*, 2003; Cemek ve ark., 2006). Yüksek CO<sub>2</sub> dozu aynı zamanda fotorespirasyonu yavaşlattığı için brüt fotosentez miktarı düşük ışık yoğunluğunda bile artmaktadır (Dorais 2003). Atmosferik CO<sub>2</sub> seviyesinde fotosentezle elde edilen net karbon kazanımının %50'si fotorespirasyonla kaybedilebilmektedir (Tolbert *et al.*, 1995). Karbondioksitin bitki gelişimi için önemli bir besin kaynağı olduğu tartışılmaz bir gerçektir. Bu besin kaynağını bitkiler için en uygun düzeyde ortama vermek bitki gelişimini önemli ölçüde arttırmaktadır. Bitki yetiştiriciliğinde amaç bitkilerden alınacak verimi en üst düzeye çıkarmak olduğuna göre karbondioksit gübrelemesi bu amaca hizmet eden etkili yollardan biridir. Birçok araştırmacı yaptıkları çalışmalarında ortamdaki karbondioksit miktarının 1000-1200 ppm dolaylarında olması ile bitki gelişimi ve erkencilik sağlanacağı gibi bitkilerden alınacak verimin üst noktalara çıkabileceği kanısına varmışlardır (Tezcan ve ark., 2011). Karbondioksit gübrelemesinin başarısı, sera içi sıcaklık derecesi ve ışıklandırma yoğunluğuna bağlıdır (Sevgican 1989). Bitkilerin genetik yapıları CO<sub>2</sub> gübrelemesine farklı tepkilerin verilmesinde etkili olmaktadır (Okay ve Demirtaş 2007).

Hidroponik yeşil arpa çimi üretimi; topraksız yetiştirme ortamında arpa tanelerinin çimlenme ve gelişimi için gerekli ışık, sıcaklık, su, nem ve besin elementlerinin tedarikinden ibarettir. Bu ortamda 5-8 günde 20-25 cm boya ulaşan yeşil filiz ve keçe gibi birbirine geçmiş kökler hasat edilerek hayvan yemi olarak kullanılmaktadır. Hidroponik yeşil yem üretimi sürecinde tahıl tanesinde bir dizi kimyasal ve fiziksel değişimler meydana gelmektedir. Tanelerde bulunan enzimlerin hidroliz sonucu aktivasyonu ile protein, karbonhidrat ve yağlar basit bileşiklere ayrılmakta tane ve filizlerde aminoasit, çözünebilir şeker ve yağ asidi miktarlarında artış olmaktadır. Geleneksel yeşil yem üretimi ile hidroponik yeşil yem üretimi kıyaslandığında çok daha küçük alanlarda yıl boyu kesintisiz yeşil yem üretimi, daha zengin lif, protein, vitamin ve mineral içeriği, suyun daha etkin ve verimli kullanımı, içerisindeki çim suyunun hayvanların performanslarında iyileşme sağlanması, tanelerin sindirilebilirliğini artırması gibi özellikleri hidroponik yeşil yem üretiminin dünya genelinde yaygınlaşmasını

sağlamaktadır (Dung *et al.*, 2010; Al-Karaki and Al-Hashimi 2012; Karashahin 2014).

Bu çalışma farklı ışık şiddeti ve CO<sub>2</sub> dozu uygulamalarının hidroponik arpa (*Hordeum vulgare* L. conv. *distichon*) çimi üzerine etkilerini belirlemek amacıyla yürütülmüştür.

## MATERYAL VE METOD

Araştırma, Karabük Üniversitesi Eskipazar Meslek Yüksekokulu Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümünün 3x3x2.1 m boyutlarındaki hidroponik yeşil yem üretim odasında 01.02.2015 ile 01.08.2015 tarihleri arasında yürütülmüştür. Çimlendirme kabı olarak 100x10 cm plastik küvetler kullanılmıştır. Araştırmada bitki materyali olarak % 90 kuru madde ve % 12.2 ham protein oranına sahip iki sıralı arpa (*Hordeum vulgare* L. conv. *distichon*) Tarm-92 çeşidi kullanılmıştır. Tüm uygulamalarda ön ıslatma süresi olarak 24 h, tohum yoğunluğu olarak 2.2 kg m<sup>-2</sup>, ortam sıcaklığı olarak 20 °C, ortam nemi olarak %60, dezenfeksiyon yöntemi olarak ozon, yetiştirme süresi olarak 10 gün, ışıklandırma süresi ve rengi olarak 24 h - sarı ışık (5000 lux), sulama yöntemi, süresi ve sıklığı olarak gelgit, 60 sn 120 dk<sup>-1</sup>, gübre kaynağı olarak 375 ppm deniz yosunu (Çizelge 1), CO<sub>2</sub> dozu olarak 1000 ppm uygulanmıştır. Her uygulamada yalnızca araştırılan parametreler değiştirilmiştir.

**Çizelge 1.** SeaMax deniz yosunu (*Ascophyllum nodosum*) özü içeriği.

Table 1. SeaMax seaweed (*Ascophyllum nodosum*) extract content.

Özellikler (%)		Özellikler (%)	
Organik madde	47.5	S	2.5
Azot	0.75	Fe	0.004
Fosfor	0.02	B	0.006
Potasyum	14.9	Zn	0.006
Ca	0.3	Cu	0.0002
Mg	0.2	Alginiik asit	5.5

Çalışmada; farklı ışık şiddeti (I1; 1000, I2; 5000 ve I3; 10000 lux) ve karbondioksit dozu (K; Kontrol (350 ppm), D1; 1000 ppm, D2; 1500 ppm ve D3; 2000 ppm) uygulamalarının yeşil yem verimi, yeşil yem tohum oranı<sup>-1</sup>, kuru madde oranı ve kaybı, ham protein kazancı, bitki boyu ve kök uzunluğu, ham besin madde (ham protein, kül, yağ ve selüloz) içerikleri, hücre duvarı bileşenleri (NDF, ADF, ADL) ve metabolik enerji değerleri ile küf maya miktarları üzerine etkileri incelenmiştir.

Farklı ışık şiddeti (I1, I2 ve I3) uygulamalarında ışık kaynağı olarak 600 W Osram Plantastar HPS (High

Pressure Sodium) lambaları kullanılmıştır. Işık şiddeti ölçümünde TES 1335 marka ışık ölçme cihazı kullanılmıştır. Farklı karbondioksit oranı (K, D1, D2 ve D3) uygulamalarında istenilen CO<sub>2</sub> dozunu sağlamak için elektronik sensör ve valf ile kumanda edilen CO<sub>2</sub> tüpü ile 1500 m<sup>3</sup> h<sup>-1</sup> debili salyangoz fan dan yararlanılmıştır. Sulama sisteminde su kaynağı olarak şehir şebekesinden yararlanılmıştır (Çizelge 2).

**Çizelge 2.** Sulama suyunun bazı kimyasal özellikleri.  
*Table 2. Some chemical properties of irrigation water.*

Özellikler	Özellikler (mg l <sup>-1</sup> )		
pH	6.98	Zn	0.94
EC (mS cm <sup>-1</sup> )	0.59	P	0.20
Ca (mg l <sup>-1</sup> )	116.8	K	0.03
Mg (mg l <sup>-1</sup> )	10.7	Mn	0.02
Na (mg l <sup>-1</sup> )	2.93	Cu	0.02

Yeşil yem ağırlığı tartıldıktan sonra 200'er g örnekler alınarak 105 °C altında etüvde sabit ağırlığa ulaşmaya kadar bekletilerek hassas terazide tartılmış elde edilen değerler yeşil yem ağırlığına oranlanarak kuru madde oranları belirlenmiştir. Yeşil yem tohum oranı, yeşil yem kuru madde oranı değerleriyle çarpılmış elde edilen toplam yeşil yem kuru madde yüzdesi ile tohum kuru madde yüzdesi arasındaki farkın tohum kuru madde yüzdesine oranlanmasıyla kuru madde kayıpları hesap edilmiştir. Elde edilen toplam kuru madde miktarı ile ham protein oranı çarpılarak toplam ham protein verimleri hesap edilmiş ve bu değerler tohumun ham protein oranı ile kuru madde miktarı değerleri çarpımı ile oranlanarak ham protein kazançları hesap edilmiştir. Ham kül (AACC 08-01), ham protein (AACC 46-12), ham yağ (AACC 30-25) ve ham sellüloz analizleri (AACC 32-10)'a göre dış laboratuvar da yaptırılmış enerji içeriği hesabında aşağıdaki eşitlik 1'den yararlanılmıştır (TSE 2008).

$$ME = 3260 + [0.455 \times HP\%] + [3.517 \times HY\%] - 4.037 \times HS\% \quad (1)$$

Eşitlikte:

ME: metabolik enerji (kcal kg<sup>-1</sup>), HP: ham protein, HY: ham yağ, HS: ham sellüloz

NDF (Nötr deterjan lif), ADF (Asit deterjan lif) ve ADL (Asit deterjan lignin) analizleri Van Soest ve Robertson (1985)'e göre dış laboratuvar da yaptırılmıştır.

Denemeler tekrarlanan tesadüf parselleri deneme desenine göre 3 tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Elde edilen veriler varyans analizine tabi tutularak F testi yapılmak suretiyle farklılıkları tespit edilen işlemlerin

ortalama değerleri "Tukey-Kramer HSD" önem testine göre gruplandırılmıştır (JMP 2007).

## BULGULAR VE TARTIŞMA

### **Yeşil Yem Verimi, Yeşil Yem Tohum Oranı<sup>1</sup>, Kuru Madde Oranı ve Kaybı, Ham Protein Kazancı, Bitki Boyu ve Kök Uzunluğu**

Farklı ışık şiddeti uygulamalarının yeşil yem verimi, yeşil yem tohum<sup>-1</sup> oranı, kuru madde kaybı, ham protein kazancı ve bitki boyu üzerine etkileri istatistiki olarak önemli (P<0.01, P<0.05) olmuştur. Yeşil yem verimi en fazla ışık şiddetinin I2 ve I3 uygulamalarından (sırasıyla, 11.20 ve 11.02 ), en düşük ise I1 uygulamasından (9.75 ) elde edilmiştir. Benzer durum yeşil yem tohum oranında da en fazla ışık şiddetinin I2 ve I3 uygulamalarında (sırasıyla, 5.09 ve 5.01 ), en düşük ise yine I1 uygulamasında (4.43) olmuştur. Kuru madde oranında ise en fazla I1 uygulamasında (14.86) en düşük ise I3 uygulamasında (13.78 ) söz konusudur. Kuru madde kaybında, ışık şiddeti I1 uygulamasında en fazla (26.9) diğer uygulamalar aynı grupta yer almıştır. Ham protein kazancı en fazla I2 ve I3 uygulamalarında (sırasıyla 9.28 ve 8.65) söz konusudur. Işık şiddetinin bitki boyuna etkisi en fazla I2 (15.5) ışık şiddetinde bulunmuştur. Kök uzunluğu üzerine farklı ışık şiddeti uygulamalarının etkileri istatistiki olarak önemli olmamıştır (Çizelge 3).

Işık yoğunluğu fotosentezi sınırlamaktadır. Işık enerjisi almayan hiçbir hücre fotosentez yapamaz. Temel olarak, fotosentezin belirli bir dalga boyu aralığında yapraklar tarafından yakalanan foton miktarı ile doğrudan orantılı olduğu, ışık enerjisinin spektral dağılımında ve miktarında meydana gelen değişikliğe bağlı olarak, fotosentez hızının ve miktarının değiştiği belirlenmiştir (Uzun ve Demir 2012).

Kontrol grubuna göre farklı karbondioksit dozu uygulamalarının yeşil yem verimi, yeşil yem tohum<sup>-1</sup> oranı, kuru madde kaybı ve ham protein kazancı üzerine etkileri istatistiki olarak önemli (P<0.01) olmuştur. Karbondioksit dozu, D1, D2 ve D3 uygulamaları yeşil yem verimi (sırasıyla 11.20, 11.17 ve 10.87), yeşil yem tohum oranında (sırasıyla, 5.09, 5.07 ve 4.94), ve ham protein kazancında (sırasıyla 9.28, 10.55 ve 10.16) ile aynı grupta en fazla olurken, kuru madde kaybında tersine bir durum söz konusu olup, en fazla kontrolde (27.10) olmuştur. Karbondioksit uygulamalarının kuru madde oranı, bitki boyu ve kök uzunluğuna etkisi istatistiki olarak önemsiz çıkmıştır.

**Çizelge 3.** Farklı ışık şiddeti ve karbondioksit dozu uygulamalarının yeşil yem verimi, yeşil yem tohum oranı<sup>-1</sup>, kuru madde oranı ve kaybı, ham protein kazancı bitki boyu ve kök uzunluğu üzerine etkileri.

*Table 3. The effects of different light intensity and carbon dioxide dose treatments on green fodder yield, green fodder grain<sup>-1</sup>, dry matter ratio and loss, crude protein gain, plant height and root length values.*

Uygulamalar		Yeşil Yem Verimi (kg m <sup>-2</sup> )	Yeşil Yem Tohum Oranı <sup>-1</sup>	Kuru Madde Oranı (%)	Kuru Madde Kaybı (%)	HP Kazancı (%)	Bitki Boyu (cm)	Kök Uzunluğu (cm)
Işık Şiddeti	I1	9.75b	4.43b	14.86a	26.9a	4.43b	14.3b	13.7
	I2	11.20a	5.09a	13.58b	23.2b	9.28a	15.5a	14.5
	I3	11.02a	5.01a	13.78ab	23.3b	8.65a	15.3ab	14.7
HSD		0.57**	0.26 **	0.87*	0.67**	2.67*	0.80*	Ns
CO <sub>2</sub> Dozu	K	10.14b	4.61b	14.23	27.10a	0.09b	15.0	14.3
	D1	11.20a	5.09a	13.58	23.25b	9.28a	15.5	14.5
	D2	11.17a	5.07a	13.64	23.12b	10.55a	15.6	14.7
	D3	10.87a	4.94a	14.06	22.83b	10.16a	15.2	14.4
HSD		0.42**	0.19**	Ns	0.83**	2.34**	Ns	Ns

HP; Ham protein, HSD; Güvenilir önemli fark, \* ; P<0.05, \*\* ; P<0.01, Ns; Önemli değil.

Yüksek CO<sub>2</sub> dozu yapraklara nüfuz eden CO<sub>2</sub> miktarını artırdığı için yaprak ağırlığını ve brüt fotosentezi artırmaktadır. Sebze serasında CO<sub>2</sub> dozu 350 ppm'den 1000 ppm'e çıkarıldığında ışık yoğunluğu 500 µmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup> iken %33, ışık yoğunluğu 1500 µmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup> iken ise %43 fotosentez miktarında artış olmuştur (Dorais 2003).

Arpanın da içerisinde yer aldığı C<sub>3</sub> bitkilerinde, CO<sub>2</sub> konsantrasyonunun artması hem yaprak hem de bitki örtüsü düzeyinde fotosentez hızında artış sağlar (Lam *et al.*, 2010; Rattanapichai and Klem 2014). CO<sub>2</sub> dozunu 350 ppm'den 1000 ppm'e çıkarmakla buğdayın vejetatif aksamında %25 artış olurken tane veriminde %33 artış olmuştur. Bu artış karbondioksit dozu artışı ile birlikte fotosentez miktarındaki artışla açıklanmaktadır. Bu dozdan sonraki artışta solunum miktarındaki azalma dominant faktör olarak ortaya çıkmaktadır (Reuveni and Bugbee 1997). Karışahin (2015), hidroponik buğday (*Triticum aestivum* L.) çim suyu üretiminde farklı dozda (Kontrol; 350, D1; 750, D2; 1500 ve D3; 2000 ppm) karbondioksit dozu uygulamalarının çim suyu verim ve besin değerleri üzerine etkilerini belirlemek amacıyla yaptığı çalışmada en yüksek bitki, çim ve çim suyu verimleri ile bitki boyu değerlerini D1 uygulamasından elde ettiğini bildirmiştir. Dünya çapında yapılan birçok araştırmada C<sub>3</sub> bitkileri karbondioksit bağlama kapasitesi doyuma ulaşıncaya kadar karbondioksit miktarındaki artış Rubisco'nun oksijenaz aktivitesini baskı altına alırken karboksilaz aktivitesini hızlandırmıştır. Karboksilaz aktivitesinin artması ile birlikte elektron taşınımı ve fotosentez oranı artmakta bunun sonucu karbonhidrat üretiminde ve biyokütlerde artış olmaktadır (Kimball

and Idso1983; Allen and Vara Prasad 2004; Chytko 2010).

#### **Ham Protein, Kül, Yağ, Selüloz, NDF, ADF, ADL ve Metabolik Enerji Değerleri**

Farklı ışık şiddeti uygulamalarına dönük I2 ve I3 uygulamalarında en yüksek ham yağ (sırasıyla 2.48, 2.44), NDF (sırasıyla, 35.42, 35.21), ADF (sırasıyla 20.65, 20.22) ve metabolik enerji (sırasıyla, 32.12 ve 32.12) elde edilerek aynı istatistiki grupta (a) yer almışlardır (P<0.01). En yüksek ham selüloz (17.29) I1 uygulamasından elde edilerek farklı istatistiki grupta (a) yer almıştır (P<0.01). Farklı ışık şiddeti uygulamaları ham protein, kül ve ADL değerleri üzerine istatistiki olarak etkili olmamıştır (Çizelge 4).

Farklı karbondioksit dozu uygulamalarında en yüksek ham protein (sırasıyla, 17.37, 17.54 ve 17.41) kül (sırasıyla, 3.07, 3.16 ve 3.25), yağ (sırasıyla, 2.48, 2.55 ve 2.52) ve metabolik enerji değerleri (sırasıyla, 32.12, 32.12 ve 32.12), D1, D2 ve D3 uygulamalarından elde edilerek aynı istatistiki grupta (a) yer almışlardır (P<0.01). En yüksek NDF ve ADL değerleri D2 uygulamasından (sırasıyla 36.69 ve 3.80) elde edilerek farklı istatistiki grupta (a) yer almıştır (sırasıyla P<0.05 ve P<0.01). Farklı karbondioksit dozu uygulamaları ham selüloz ve ADF değerleri üzerine istatistiki olarak önemli (P<0.01) olmuş ve en yüksek ham selüloz (sırasıyla 16.02 ve 16.10) ve ADF değerleri (sırasıyla, 20.65 ve 21.10) D1 ve D2 uygulamalarından elde edilerek aynı istatistiki grupta (a) yer almışlardır (Çizelge 4).

**Çizelge 4.** Farklı ışık şiddeti ve karbondioksit dozu uygulamalarının ham besin madde içerikleri, hücre duvarı bileşenleri ve metabolik enerji değerleri üzerine etkileri.

Table 4. The effects of different light intensity and carbon dioxide dose treatments on crude nutrient, cell wall components and metabolic energy values.

Uygulamalar		HP (%)	HK (%)	HY (%)	HS (%)	NDF (%)	ADF (%)	ADL (%)	ME (Kcal Kg <sup>-1</sup> )
Işık Şiddeti	I1	17.43	2.94	2.27b	17.29a	29.68b	11.22b	3.10	3206b
	I2	17.37	3.07	2.48a	16.02b	35.42a	20.65a	3.26	3212a
	I3	17.27	3.05	2.44a	15.98b	35.21a	20.22a	3.22	3212a
HSD		Ns	Ns	0.06**	0.52**	1.63**	0.77**	Ns	2.14**
CO <sub>2</sub> Dozu	K	16.75b	2.81b	2.13b	15.82b	34.15b	19.20b	3.10c	3211b
	D1	17.37a	3.07a	2.48a	16.02a	35.42	20.65a	3.26bc	3212a
	D2	17.54a	3.16a	2.55a	16.10a	36.69a	21.10a	3.80a	3212a
	D3	17.41a	3.25a	2.52a	15.94	34.35b	119.35	3.50b	3212a
HSD		0.22**	0.14**	0.11**	0.12**	1.4*	0.62**	0.18**	0.39**

\* ; P<0.05, \*\* ; P<0.01, HSD; Güvenilir önemli fark, Ns; Önemli değil.

**Çizelge 5.** Farklı ışık şiddeti ve karbondioksit dozu uygulamalarının mineral madde içerikleri üzerine etkileri.

Table 5. The effects of different light intensity and carbon dioxide dose treatments on mineral matter contents.

Uygulamalar		N	P	K	Ca	Mg	Fe	Cu	Mn	Zn	Na
		mg kg <sup>-1</sup>									
Işık Şiddeti	I1	2.79	0.87a	38.69	5.39	5.97	0.24b	0.21	0.22a	0.36a	4.55
	I2	2.78	0.80ab	37.26	5.97	6.34	0.56a	0.27	0.19b	0.26b	4.84
	I3	2.76	0.79b	37.14	5.95	6.13	0.54a	0.26	0.18b	0.25b	4.80
HSD		Ns	0.05*	Ns	Ns	Ns	0.02**	Ns	0.02*	0.04**	Ns
CO <sub>2</sub> Dozu	K	2.68b	0.75b	35.97b	4.95b	5.75c	0.43c	0.22c	0.16b	0.20c	4.15c
	D1	2.78a	0.80ab	37.26ab	5.97a	6.34ab	0.56b	0.27ab	0.19ab	0.26ab	4.84ab
	D2	2.81a	0.85a	37.95a	6.25a	6.52a	0.61a	0.30a	0.22a	0.29a	5.04a
	D3	2.79a	0.77b	36.37ab	5.15b	5.95bc	0.51b	0.24bc	0.18b	0.22bc	4.37bc
HSD		0.03**	0.05**	1.14*	0.38**	0.28**	0.03**	0.03**	0.03**	0.03**	0.43**

\* ; P<0.05, \*\* ; P<0.01, HSD; Güvenilir önemli fark, Ns; Önemli değil.

### Mineral Madde İçerikleri

Farklı ışık şiddeti uygulamalarında en yüksek P, Mn ve Zn miktarları I1 uygulamasından (sırasıyla 0.87, 0.22 ve 0.36) elde edilerek farklı istatistiksel grupta (a) yer almışlardır (P<0.01). En yüksek Fe miktarları I2 ve I3 uygulamalarından (sırasıyla 0.56 ve 0.54) elde edilerek aynı istatistiksel grupta (a) yer almışlardır (P<0.01). Farklı ışık şiddeti uygulamaları N, K, Ca, Mg, Cu ve Na değerleri üzerine istatistiksel olarak etkili olmamıştır (Çizelge 5).

Farklı karbondioksit dozu uygulamalarında en yüksek N değerleri D1, D2 ve D3 uygulamalarından (sırasıyla 2.78, 2.81 ve 2.79) elde edilerek aynı istatistiksel grupta (a) yer almışlardır (P<0.01). En yüksek P (0.85) ve K (37.95) değerleri D2 uygulamasından elde edilerek farklı istatistiksel grupta (a) yer almıştır (sırasıyla P<0.01 ve P<0.05). En yüksek Ca değerleri D1 ve D2 uygulamalarından (sırasıyla 5.97 ve 6.25) elde edilerek aynı istatistiksel grupta (a) yer almışlardır (P<0.01). En yüksek (0.22) Mn değerleri D2 uygulamasından elde edilerek farklı istatistiksel grupta (a) yer almıştır (P<0.01).

En yüksek Mg, Fe, Cu, Zn ve Na değerleri D2 uygulamasından (sırasıyla 6.52, 0.61, 0.30, 0.29 ve 5.04) elde edilerek farklı istatistiksel grupta (a) yer almıştır (P<0.01). En düşük değerler ise K uygulamasından elde edilmiştir (Çizelge 5).

Hayvanların büyüme, gelişim, üreme, sağlıklı ve ideal vücut fonksiyonları için mineral maddeler hayati önem taşırlar. Mineral madde miktarlarındaki aşırılık ya da eksiklik yem kalitesini olumsuz etkilemekte ve raşitizm, süt humması, yavru atma, halsizlik, iştahsızlık, tetani gibi hastalıklara sebep olmaktadır (Kumar and Soni 2014).

### SONUÇ

Araştırma sonuçlarına göre, farklı ışık şiddeti uygulamalarında en yüksek yeşil yem verimi, yeşil yem tohum oranı<sup>-1</sup>, ham protein kazancı ve bitki boyu, ışık şiddeti I2 ve I3 uygulamalarından elde edilmiştir. Kuru madde oranı ve kuru madde kaybı en fazla I1 uygulamasında olmuştur. Kök uzunluğu bu

uygulamadan etkilenmemiştir. Farklı karbondioksit dozu uygulamalarında en yüksek yeşil yem verimi, yeşil yem tohum oranı<sup>-1</sup>, kuru madde kaybı, ham protein kazancı, ham protein, ham kül, ham yağ, metabolik enerji ve azot değerleri kontrol hariç diğer tüm karbondioksit dozu uygulamalarından elde edilmiştir. Kuru madde oranı, bitki boyu ve kök uzunluğu bu uygulamalardan etkilenmemiştir. En yüksek ham selüloz, ADF ve Ca değerleri D1 ve D2 uygulamalarından elde edilmiştir. En yüksek NDF, ADL, P, K, Mg, Fe, Cu, Mn, Zn ve Na değerleri ise D2 uygulamalarından elde edilmiştir. Yüksek yeşil yem verimi ve ham protein kazançları ile düşük kuru madde kayıplarına sahip hidroponik yeşil arpa yemi üretimi için I2 ve I3 ışık şiddeti uygulamaları ile D1, D2 ve D3 karbondioksit dozları tavsiye edilebilir niteliktedir. Üretim maliyetleri göz önünde bulundurulduğunda I2 ışık şiddeti ile D1 karbondioksit dozu uygulamaları daha önemli hale gelmektedir.

## KAYNAKLAR

- Allen HL and Vara Prasad PV., 2004. Crop responses to elevated carbon dioxide. Encyclopedia of Plant and Crop Science, (Eds. RM. Goodman), Marcel Dekker, pp. 346-348.
- Al-Karaki G and Al-Hashimi M., 2012. Green fodder production and water use efficiency of some forage crops under hydroponic conditions. ISRN Agronomy, 10: 1-5.
- AOAC., 1990. Association of Official Analytical Chemists Official Method of Analysis, 15<sup>th</sup> ed, pp. 66-88. Washington, DC, USA.
- Cemek B., Karaman S ve Ünlükara A., 2006. Tokat yöresinde seraların iklimlendirme gereksinimleri. Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 23(1): 25-36.
- Chytky CJ., 2010. Leaf photosynthesis in wheat (*Triticum spp.*) under conditions of low temperature and CO<sub>2</sub> enrichment. A Thesis Master of Science, University of Saskatchewan Department of Biochemistry, Saskatoon.
- Dorais M., 2003. The use of supplemental lighting for vegetable crop production: Light intensity, crop response, nutrition, crop management, cultural practices. Canadian Greenhouse Conference October 9, Canada.
- Dung DD., Godwin IR and Nolan JV., 2010. Nutrient content and in sacco digestibility of barley grain and sprouted barley. Journal Animal and Veterinary Advances, 9: 2485-2492.
- Güneş A ve İnal A., 1995. Farklı ışıklandırma sürelerinde yetiştirilen buğday (*Triticum aestivum* L.)'in verim ve klorofil kapsamına yapraklardan uygulanan glikozun etkisi. Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 1(1): 69-72.

- JMP., 2007. Statistic and Graphics Guide, Release 7, SAS Institute Inc., Cary, USA.
- Kajfez-Bogataj L., 1987. Light and temperature dependence of net photosynthesis for buckwheat. Fagopyrum, 7: 16-18.
- Kapur B., 2010. Artan CO<sub>2</sub> ve küresel iklim değişikliğinin Çukurova bölgesinde buğday verimliliği üzerine etkileri. Doktora Tezi (Basılmamış), Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Karavaşin M., 2014. Kaba yem kaynağı olarak hidroponik arpa çimi üretiminde kuru madde ve ham protein verimleri üzerine farklı uygulamaların etkileri. Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 9(1): 27-33.
- Karavaşin M., 2015. Farklı karbondioksit dozlarının hidroponik buğday (*Triticum aestivum* L.) çim suyunun verim ve besin değerleri üzerine etkileri. Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi, 1(2): 57-63.
- Kimball BA and Idso SB., 1983. Increasing atmospheric CO<sub>2</sub>: Effects on crop yield, water use and climate. Agricultural Water Management, 7: 55-72.
- Kumar K and Soni A., 2014. Elemental ratio and their importance in feed and fodder. International Journal of Pure and Applied Bioscience, 2(3): 154-160.
- Lam SK., Norton R., Armstrong R and Chen D., 2010. Effect of Elevated Carbon Dioxide on <sup>15</sup>N-Fertilizer Recovery Under Wheat in Australia, 19th World Congress of Soil Science, Soil Solutions for a Changing World. 1-6 August 2010, Brisbane, Australia.
- Neri D., Battistelli R and Albertini G., 2003. Effects of low-light intensity and temperature on photosynthesis and transpiration of *Vigna sinensis* L. Journal of Fruit and Ornamental Plant Research, 11: 17-24.
- Okay D ve Demirtaş Ç., 2007. Bursa koşullarında sıcaklık ve CO<sub>2</sub> değişimlerinin mısır bitkisinin verim ve evapotranspirasyon üzerine etkisinin belirlenmesi. Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Bilimleri Dergisi, 17(2): 81-87.
- Penuelas J., Biel C and Estiarte M., 1995. Growth, biomass allocation and phenology responses of pepper to elevated CO<sub>2</sub> concentrations and different water and nitrogen supply. Photosynthetica, 31: 91-99.
- Rattanapichai W and Klem K., 2014. Interactive effects of elevated CO<sub>2</sub> concentration, nitrogen nutrition and uv-exclusion on yield, aboveground biomass and root development in winter wheat and spring barley. Mendelnet, 95-100.
- Reuveni J and Bugbee B., 1997. Very high CO<sub>2</sub> reduces photosynthesis, dark respiration and yield in wheat. Annals of Botany, 80: 539-546.
- Sevgican A., 1989. Örtü Altı Sebzeçiliği. Tarımsal Araştırmaları Destekleme ve Geliştirme Vakfı Yayın No: 19, Yalova.

- Tezcan A., Atılğan A ve Öz H., 2011. Seralarda karbondioksit düzeyi, karbondioksit gübrelemesi ve olası etkileri. Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 6 (1): 44-51.
- Tolbert NE., Benkert C and Becht E., 1995. The oxygen and carbon dioxide compensation points of C3 plants: possible role in regulating atmospheric oxygen. Proceedings of The National Academy of Sciences of The United States of America, 92: 11230-11233.
- TSE., 2008. Hayvan Yemleri-Metabolik (çevrilebilir) Enerji Tayini Kimyasal Metot. Standart No. 9610, Ankara, Türkiye.
- Uzun B ve Demir V., 2012. Fotosentetik aktif radyasyon (FAR) ölçümlerinde LED ve fotodiyotların kullanımı. Tarım Bilimleri Dergisi, 18: 214-225.
- Van Soest P and Robertson JB., 1985. A Laboratory Manual for Animal Science. Cornell University, Ithaca, New York, USA.
- Vaz I., Correia J., Fernandes J., Soares M., Guedes P., Teixeira P., Santos S and Freitas V., 1996. Searching the effect of different light on photosynthetic rate of aquatic plants (*Elodea sp.*). file:///C:/Users/hp/Downloads/Report\_ESGN\_DumbledoresArmy%20(1).pdf. [Access: September 15, 2016].