

Dikey Tarım (Kule) Sisteminde ve Toprak Koşullarında Yetiştirilen Kıvırcık Salata (*Lactuca sativa* var. *crispa*) Türünün Verim ve Kalite Bakımından Karşılaştırılması

Ziraat Fakültesi Dergisi,
Cilt 18, Sayı 2,
Sayfa 123-133, 2023

Journal of the Faculty of Agriculture
Volume 18, Issue 2,
Page 123-133, 2023

Mustafa DEMİREL¹, Hakan AKTAŞ^{*1}

Öz: Bu araştırma dikey tarım kule sistemi ve saksı kültürü kullanılarak yetiştirilen kıvırcık salatanın verim, bazı kalite özellikleri ve bitki besin elementi içeriklerine etkilerini belirlemek amacıyla yürütülmüştür. Sera koşullarında yapılan çalışmada üç adet dikey kule sistemi kurulmuş ve her kulede 40 adet bitkiye yer verilmiştir. Ayrıca aynı serada saksı kültüründe ortam olarak toprak kullanılarak toplamda 40 adet bitki yetiştirilmiştir. Bitkisel materyal olarak Kıvırcık salata (*Lactuca sativa* var. *crispa*) türüne ait "Caipira" çeşidi kullanılmıştır. Araştırmadan elde edilen sonuçlara göre, kule sisteminde toplam verim 4323 kg/da, biyokütle 216.18 g/bitki olurken, topraklı yetiştiricilikte verim ve biyokütle 697 kg/da ve 111.58 g/bitki olarak değişmiştir. En yüksek kök boyu ise 35.60 cm ile topraklı yetiştiricilikten elde edilmiştir. Kıvırcık salata bitkisinde yapılan diğer ölçümlerde ise yaprak renk değerleri bakımından uygulamalar arasında farklılık görülmezken, klorofil miktarı açısından 0.76 mg/g, toplam antioksidan içeriği bakımından 0.78 mmol TE/g ile dikey tarımın daha yüksek değerlere ulaştığı belirlenmiştir. Yapılan element analizleri sonucunda kükürt, kalsiyum, magnezyum, bakır, mangan ve çinko gibi elementlerin dikey tarımda, potasyum ve demir elementlerinin ise saksıda topraklı yetiştiricilikte daha yüksek olarak belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Hidroponik, *Lactuca sativa* var. *crispa*, topraklı yetiştiricilik, topraksız tarım

Comparison Regarding Yield and Quality Features of Crispy Salad (*Lactuca sativa* var. *crispa*) That Grown in Vertical Farming (Tower) System and Soil Condition

Abstract: This research was conducted to determine the effects of vertical farming tower system and pot culture on yield, some quality characteristics and nutrient contents of crispy lettuce. In the research conducted under greenhouse conditions, three vertical tower systems were established and 40 plants were placed in each tower. In addition, a total of 40 plants were grown in the same greenhouse using soil as a medium in pot culture. "Caipira" variety of crispy salad (*Lactuca sativa* var. *crispa*) was used as plant material. According to the results obtained from the research, the total yield in the tower system was 4323 kg/da and the biomass was 216.18 g/plant, while the yield and biomass in pot culture were 697 kg/da and 111.58 g/plant. The highest root length of 35.60 cm was obtained in soil, while there was no difference between the treatments in terms of leaf color values in the measurements made on the plants, it was determined that vertical cultivation reached higher values with 0.76 mg/g in terms of chlorophyll content and 0.78 mmol TE/g in terms of total antioxidant content as a result of the elemental analysis, sulfur, calcium, magnesium, copper, manganese, zinc, manganese, potassium, and iron were higher in vertical cultivation, while potassium and iron were higher in soil cultivation in pots.

Keywords: Hydroponic, *Lactuca sativa* var. *crispa*, soil growing, soilless culture

*Sorumlu yazar (Corresponding author)
aktashakan33@gmail.com

Alınış (Received): 30/09/2023
Kabul (Accepted): 19/12/2023

¹Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, 32200, Isparta, Türkiye

1. Giriş

Günümüzde küresel gıda güvencesi ve bunun sürdürülebilirliği oldukça önemli bir konu haline gelmiştir. Ancak yanlış tarım uygulamaları, artan dünya nüfusuna bağlı sulanabilir arazilerin azalması ve özellikle yüksek sıcaklık gibi abiyotik stres faktörlerinin etkisinin her geçen gün kendini çok daha fazla göstermesi, kısıtlı yağışlar gibi etmenler artık geleneksel açık tarla üretimleri üzerine oldukça olumsuz etkiler yaratmaktadır. Bitkilerin sağlıklı gelişebilmesi için gereken su miktarı, yağışlarla karşılanamayan durumlarda bitkilere doğrudan verilmelidir. Ancak, son yıllarda su kaynaklarının ciddi şekilde azalması, birçok bölgede tarımsal sulama faaliyetlerini kısıtlamak zorunda bırakmıştır. Bu durum, tarımsal üretimde önemli ölçüde ürün kaybına ve verimliliğin azalmasına neden olmaktadır. Su kıtlığı, tarım sektörünü olumsuz etkileyerek ekonomik kayıplara ve gıda güvenliği sorunlarına yol açabilir. Salata-marullar yaklaşık olarak %94.5 oranında su içermektedir (Favier vd., 1995). Su ihtiyacının karşılanamaması veya kısıtlanması salata-marullarda verim ve kaliteyi olumsuz yönde etkileyebilmektedir. Bu nedenle gelecekte sulama ve beslenmesi daha kontrol edilebilen sistemler ile yetiştiriciliklere ihtiyaç duyulacağı açıkça görülmektedir. Topraksız tarımın bu yöntemlerden biri olabileceği düşünülebilir. Nitekim, geleneksel yöntemler ve topraksız yöntemler karşılaştırıldığında; geleneksel tarım yöntemleri, geniş arazilerde sulama ihtiyacını karşılamak için büyük miktarda su tüketimine yol açmaktadır. Buna karşılık topraksız tarım yöntemleri, sürdürülebilir ve verimli bir tarım modeli sunarken, sınırlı alanlarda bile üretim yapma ve dikey tarım sistemleri ile de birim alandaki ürün miktarını artırma potansiyeli sağlamaktadır (Seyhan vd., 2022). Ayrıca, geleneksel tarım yöntemleri, uzak mesafelerden ürün tedariki ve taşıma süreçlerindeki kayıplar gibi sorunlarla da karşılaşmaktadır. Bu noktada, dikey tarımın özellikle kentsel alanlarda temiz ve sağlıklı gıda üretiminin yanı sıra kaynak kullanımını en aza indirme potansiyeline sahip olduğu öngörülmektedir (Maughan, 2015). Dikey tarımın temel amacı, kapalı veya yarı kapalı alanlarda modern tarım teknolojileri ve kontrol sistemleri ile birlikte, sınırlı alanlarda maksimum verim elde etmek ve aynı zamanda çevresel etkileri en aza indirmektir. Bu sistemde bitkiler, üst üste dizilmiş katmanlarda yetiştirilmekte ve ışık, su, sıcaklık, besin maddeleri gibi faktörler hassas bir şekilde kontrol edilebilmektedir. Bu yöntem, geleneksel tarıma göre su tasarrufu sağlayarak hastalık ve zararlılarla mücadelede daha etkili sonuçlar verebilmekte ve mevsimsel kısıtlamaları ortadan kaldırabilmektedir (Bingöl, 2015).

Su kültüründe daha çok yeşillik grubu sebzeler yetiştirilmekte olup, salata-marul bitkisi bu ürün grubunda öne çıkmaktadır. Marul, *Compositae* familyasına ait, geniş yapraklı bir sebze türüdür. Nemli hava koşullarını tercih eden marul kış koşullarında

yetiştirilmektedir ve genellikle çiğ olarak tüketilirken, bazı bölgelerde pişirilerek de kullanılmaktadır.

Ülkemizde 2021 yılı verilerine göre toplam 235 bin ton kıvrıkcık salata üretilmiş olup, bu üretimin yaklaşık %27'si örtüaltında gerçekleştirilmiştir (TÜİK, 2021). Ancak değişen çevre koşulları ve azalan su miktarından dolayı açık alan üretiminin hızla azaldığı ve yetiştiriciliğin daha iyi kontrol edilebilen örtüaltına doğru kaydığı belirlenmiştir. Örtüaltında topraksız tarımda salata-marul üretimi erkencilik sağlaması ile de öne çıkmıştır. Nitekim, açıkta tarla koşullarında 60-90 günde hasat olgunluğuna gelen salata-marullar, topraksız tarım sistemlerinde 30-45 gün içinde hasat edilmektedir (Güzel, 2023).

Dünyada kurak koşulların artması su isteği çok yüksek olan marul-salata gibi türlerin açık alanlarda yetiştiriciliğinin zorlaşacağı düşünülmektedir. Bu nedenle bu türlerin iklim kontrolü daha kolay yapılabilen kapalı alanlarda yetiştiriciliğinin artması öngörülmektedir. Marul-salata gibi yeşillik grubu bitkilerinde hızlı büyüme ve kısa sürede hasat olgunluğuna gelmesi gibi özellikleri nedeniyle dikey tarım gibi birim alandan çok yüksek verim elde edilen sitemlere çok uygun olduğu düşünülmektedir. Dikey tarımın sunduğu avantajlar, gelecekte tarımın sürdürülebilirliği ve gıda üretiminin devamlılığı açısından büyük önem taşımaktadır. Sınırlı arazi kullanımı, su tasarrufu, hastalık ve zararlıların kontrolü, mevsimsel etkilere bağlı kalmama gibi faktörler, dikey tarımın alternatif tarım uygulamalarında öne çıkmasını sağlamaktadır. Aynı zamanda, şehirlerdeki nüfus artışı ve yeşil alanların azalması gibi sorunlar da dikey tarımın kentsel alanlarda daha fazla kullanımını teşvik etmektedir. Bu nedenle, dikey tarım sistemlerinin geliştirilmesinin ve yaygınlaştırılmasının, tarımsal üretimin gelecekteki sürdürülebilirliği açısından kritik bir rol oynayabileceği düşünülebilir. Geleneksel tarım yöntemlerinin sınırlamaları ve çevresel zorluklar göz önüne alındığında, dikey tarımın modern ve yenilikçi bir yaklaşım olduğu düşünülmektedir.

Yürütülen bu çalışmada, kule tipi dikey tarım sistemiyle ve toprakta yetiştirilen kıvrıkcık salatanın verim, kalite ve besin element içeriği açısından karşılaştırmalı değerlendirilmesinin yapılması; kule sisteminde marul-salata yetiştiriciliğinin avantajları ve dezavantajlarının ortaya konması amacıyla gerçekleştirilmiştir.

2. Materyal ve Yöntem

2.1 Materyal ve Yöntem

Bu araştırma, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü bünyesinde bulunan 200 m² anti-don polikarbon bir serada yürütülmüştür. Bitkisel materyal olarak özel bir tohum firmasından (AG Tohum, Antalya) temin edilen ve örtüaltı

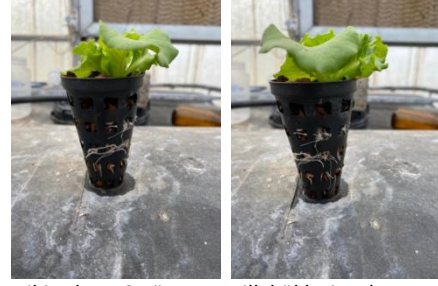
ile dikey tarım için önerilen, geç sapa kalkan, koyu yeşil yapraklı "Caipira" kıvırcık salata (*Lactuca sativa* var. *crispa*) çeşidi kullanılmıştır.

Topraklı yetiştiricilik için 8 L hacimli dikey-yuvarlak siyah plastik saksılar kullanılmış ve her saksıya bir adet fide dikilmiştir. Kullanılan toprak kumlu yapıda olup, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi'nde bulunan Ziraat Fakültesine ait arazilerden temin edilmiştir. Bölge toprağı kumlu olup, saksıların alt kısımları, kumlu toprağın dökülmesini önlemek amacıyla geçirgen bir tül ile kapatılmıştır. Daha sonra saksılar, 8 kg ağırlığa ulaşacak şekilde toprak ile doldurulmuştur. Dikey tarım için ise 10 adet üst üste yerleştirilmiş modülden oluşan silindirik bir kolon yapısına sahip kule (Serakule, Bursa) sistemi kullanılmıştır (Şekil 1). Kıvırcık salata fideleri önce 50x70 mm boyutunda file saksılara alınmış ve üzerleri su tutma kapasitesi yüksek olan bilye şeklindeki kil mineralleriyle (Lekat) kapatılmıştır. Daha sonra kulelere aktarılmıştır. Kullanılan kule sisteminin 40 litre su haznesi olup, sisteme besin solüsyonu mini dalğış su pompası, yardımıyla sistemin ortasından geçen bir boru aracılığıyla en üst katmana kadar taşınmıştır. En üst noktadan itibaren, eşit bir şekilde aşağı yönde su akışı sağlanarak sürekli devir daim işlemi sürdürülmüştür. Sistemin su ve besin çözeltisi dolaşımının kontrolü için ayarlanabilir dijital flaşör rölesi kullanılmıştır. Sulama işlemini ve bitki köklerinin kurummasını önlemek amacıyla röle, her iki dakikada bir çalışıp bir dakika duracak şekilde programlanmıştır.

Kıvırcık salata bitkilerinin dikimi, her iki uygulama için aynı tarihte gerçekleştirilmiş olup, kule sisteminde dikimden 10 gün sonra ilk kökler görülmeye başlamıştır (Şekil 2). Denemede Sapkota vd. (2019)'e ait besin solüsyonu reçetesi modifiye edilerek kullanılmıştır. Araştırmada kullanılan stok besin solüsyonları 100 L'lik iki ayrı tankta hazırlandıktan sonra 1:10 oranında seyreltilerek düzenli olarak her iki uygulamaya da verilmiştir. Buna göre elementlerin son konsantrasyon (ppm) değerleri: azot 250, fosfor 56, potasyum 300, kalsiyum 250, magnezyum 45, kükürt 64, demir 20, çinko 0.35, mangan 45, bor 0.4, bakır 0.02, molibden 0.01 olarak ayarlanmıştır. Besin solüsyonunun EC değeri 1.2 mS, pH ise 6.0-7.0 aralığında tutulmaya çalışılmıştır.



Şekil 1. Araştırmada kullanılan dikey tarım kule sistemi (Orijinal resim)



Şekil 2. Dikimden 10 gün sonra ilk köklerin çıkışı

Araştırma kapsamında; kıvırcık salata bitkilerinde toplam verim (kg/da), ortalama bitki ağırlığı (g/bitki), bitki kök yaş ağırlığı (g), biyokütle (g/bitki), bitki boyu (cm) (kök + yeşil aksam), kök boyu (cm), kök boğazı çapı (mm), bitki yaprak sayısı (adet/bitki), yaprak eni (cm), yaprak uzunluğu (cm) incelenmiş olup ayrıca yaprak renk değerleri (L, a ve b), yaprak suyunda pH ve EC (mS/cm), suda çözünür kuru madde (SÇKM) (%), C vitamini içeriği (Cemeroğlu, 2013), toplam fenolik madde miktarı (Swain ve Hillis, 1959), antioksidan (Brand-Williams vd., 1995), flavonoid (Dewanto vd., 2002), klorofil a, b ve toplam klorofil değeri (Kirk ve Allen, 1965) ve besin element içerikleri (potasyum, fosfor, kükürt, kalsiyum, magnezyum, bakır, mangan, demir ve çinko) incelenmiştir. Bitki kalite analizleri, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Fizyoloji Laboratuvarı'nda yürütülmüştür. Bitki besin elementi analizleri ise Sabancı Üniversitesi Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi'nde gerçekleştirilmiştir.

Araştırma tesadüf blokları deneme desenine göre 3 tekerrürlü olarak düzenlenmiştir. Topraklı (saksı) yetiştiricilikte her tekerrürde 40 saksı, her saksıya da 1 adet kıvırcık salata bitkisi dikilmiştir. Dikey tarım sisteminde ise her kule bir tekerrürü temsil etmiş yine her tekerrür de 40 adet bitki yerleştirilmiştir. Hem saksı kültüründe hem de dikey tarım kule sisteminde yetiştirilen salatalar, dikimden 54 gün sonra tarihinde hasat edilmiştir (Şekil 3).

Verilerin değerlendirilmesinde Minitab (17) Inc. Paket programı kullanılmıştır. Varyasyonları belirlemek amacıyla ANOVA testi kullanılmış ve ortalamalar TUKEY Testine tabi tutularak karşılaştırılmıştır.



Şekil 3. Araştırmada kullanılan dikey tarım kule sistemi (Orijinal resim)

Ayrıca denemede gözlem yapılan özellikler arasında ve bu özellikler ile uygulamalar arasındaki ikili ilişkilerin belirlenmesinde korelasyon analizi yapılmıştır. Pearson korelasyon testi ile elde edilen sonuçların birbirleri ile olan ilişkileri ortaya konmuştur.

3. Bulgular ve Tartışma

3. 1. Kıvırcık salatada verim ve bitkisel özellikler

Dikey tarım sistemi ve saksıda toprak kullanılarak yetiştiriciliği yapılan kıvırcık salatanın toplam verim, bitki ağırlığı, bitki kök ağırlığı ve biyokütlesi üzerine etkileri istatistiksel olarak $p < 0.05$ düzeyinde önemli bulunmuştur (Tablo 1). Toplam verim bakımından en yüksek değer 4323 kg/da ile dikey tarım sisteminden alınırken, saksıda topraklı yetiştiricilikte ise bu değer 697.3 kg/da olarak belirlenmiştir. Çilgin (2019) gerçekleştirdiği araştırmasında marul verimini dönen katlı sistemde 2550 kg/da, topraklı yetiştiricilikte ise 660 kg/da olarak belirtmiştir. Polat vd. (2004), arazi koşullarında atık mantar kompostunun marulda verim ve kaliteye etkisini araştırdıkları çalışmada toplam verimi 3298 kg/da ile 4467 kg/da değer aralığında tespit etmişlerdir. Aynı araştırmacıların iki sene boyunca yürüttükleri bir başka çalışmada ise marul bitkisinde toplam verim birinci yıl 1552-2986 kg/da, ikinci yıl ise 1735-6709 kg/da olarak bildirmişlerdir (Polat vd., 2005). Yıldırım vd. (2015), marulun verimi ve gelişimi üzerine gerçekleştirdikleri çalışmada marulda toplam verim değerlerini toprak koşullarında 2239-3742 kg/da olarak belirtmişlerdir. Topraklı yetiştiricilik ile yapılan başka bir çalışmada, farklı organik gübre uygulamalarının kıvırcık salatada verim ve kalite içeriklerine etkisi incelenmiş ve toplam verim 2496-5149 kg/da aralığında bildirilmiştir (Üçok vd., 2019). Gerçekleştirilmiş olan benzer çalışmalar incelendiğinde verim değerlerimizin uyum içerisinde olduğu görülmektedir.

Araştırmamızda edilen sonuçlara göre, saksıda toprak koşullarında yetiştirilen bitkilerinin ortalama ağırlığı 94.63 g/bitki iken dikey tarım sistemi kullanılarak yetiştirilenlerde bu değer 141.75 g/bitki olarak belirlenmiştir. Neocleous vd. (2010), marulda 96 bitkiyle dikey sistemlerde gerçekleştirdikleri bir çalışmada ortalama bitki ağırlığını 245 g olarak rapor etmişlerdir. Dinçsoy (2019) tarafından yapılan çalışmada, ise marul bitkisinin fide gelişimi ve verimi üzerine, vermikompost ve karaizopot gübrelerinin farklı dozlarının etkisini incelenmiş olup en yüksek baş ağırlığını 150.66 gram ve en düşük baş ağırlığı ise 59.53 g olarak bildirmiştir. Bu değerler çalışmamız ile benzerlik gösterse de bulgularımızdan farklı olarak, yapılmış olan bir çalışmada bitki yeşil aksam ağırlığı değerleri 338.4-355.1 g olarak belirtilmiştir (Acar vd., 2008). Bir diğer çalışmada ise, belirlenmiş sulama seviyelerinde azot

formları ve oranlarının marulda verim ve kaliteye etkisi araştırılmış ve bitki baş ağırlığı 480-812 g değerlerinde tespit edilmiştir (Mansuroğlu vd., 2011). Hem önceki araştırmalar hem de bizim araştırmamızda bitki ağırlıklarında görülen bu farklılıkların hem yetiştirme ortamlarından hem de kullanılan çeşitlerin farklılıklarından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Çalışmamızda dikey tarımda yetiştirilen bitki kök ağırlığı 43.58 g iken toprakta yetiştirilenlerde bu değer 22.02 g olarak belirlenmiştir (Tablo 1). Dkhar ve Bahadur (2017), hidroponik sistemde yaptıkları kırmızı kıvırcık salatada 7 farklı gübre solüsyonunda yürüttükleri çalışmalarında kök ağırlığı değerini 28.10 g olarak rapor etmişlerdir. Kibar (2018) ise gerçekleştirdiği bir çalışmada, kök ağırlık değerlerinin 9.0-32.65 g arasında değiştiğini belirlemiştir. Bu bulgular, kullanılan besin çözeltisi, yetiştirme ortamı ve çeşitlerin kök ağırlıklarını etkileyebileceğini göstermektedir.

Araştırma sonuçlarına göre biyokütle değerlerinin dikey tarımda 216.18, topraklı yetiştiricilikte 111.58 g/bitki arasında değişim gösterdiği saptanmıştır (Tablo 1). Tantekin (2021), hidroponik marul yetiştiriciliğinde en düşük biyokütle sonuçlarını 32.0 g, en yüksek toplam biyokütle ise 167.0 g olarak açıklamıştır. Dinçsoy (2019), marul bitkisinde fide gelişimi ve verime etkisini incelemek üzere çeşitli gübrelerin farklı dozlarını kullanarak yaptığı çalışmada en düşük biyokütle değerini 69.66 g ve en yüksek biyokütle değerini 154.33 g olarak saptamıştır. Bu bildirişler çalışmamızın amacı ile örtüşür niteliktedir. Dikey tarım yöntemiyle yetiştirilen marullar, suyu ihtiyaçları doğrultusunda doğrudan alırken, kullanılan besin solüsyonları da bitkilerin su alımını etkili bir biçimde artırarak suyun daha verimli kullanılmasını sağlar. Dikey tarım sistemleri, marulların optimum su seviyelerinde tutulmasına katkıda bulunur. Bu durumun, biyokütleler arasındaki farklılığa neden olduğu düşünülmektedir. Ancak Kaçar (2022) gerçekleştirmiş olduğu çalışmada bulgularımızın aksine geleneksel tarım yöntemleri ile yetiştirilen marulda biyokütle değerini 350.8-471.8 g olarak saptamıştır. Bu durumun yetiştirme ortamının koşullarına ve fiziksel yapısına bağlı olarak değişebileceğini göstermektedir.

Araştırma sonuçlarımıza göre; kök + yeşil aksam uzunluğu, kök boğaz çapı, yaprak sayısı, yaprak eni ve yaprak uzunluğu bakımından dikey tarım uygulamasında saksı kültürüne göre daha yüksek değerler elde edilirken kök boyu saksıda yetiştirilen marullarda daha yüksek değerde belirlenmiştir (Tablo 1). Kök boyunda görülen bu farklılık dikey tarımda kullanılan file saksılarda köklerin sıkışmasından ve saksıdan çıkarma aşamasında kopmalardan kaynaklandığı düşünülmektedir. Araştırmada elde edilen kök + yeşil aksam uzunluğu değerleri incelendiğinde, 14.76 cm ile 16.80 cm arasında

değişkenlik gösterdiği tespit edilmiş, dikey tarım kule sistemi ile yetiştirilen marulların genel anlamda kök + yeşil aksam uzunluğu daha yüksek belirlenmiştir. Konu ile ilgili yapılan diğer çalışmalarda, Tantekin (2021) hidroponik ortamda gerçekleştirdiği çalışmada, marul uzunluğunu 13.16-21.66 cm arasında belirlemiştir. Başka bir çalışmada Maboko ve Du Plooy (2007), su kültüründe kıvırcık salata çeşitleri üzerinde gerçekleştirdikleri çalışmada, bitki uzunluğunun 14.38 cm ile 17.21 cm arasında değiştiğini ifade etmişlerdir. Araştırmamızdan elde edilen sonuçlar bu bildirişler ile benzerlik göstermektedir. Ancak geleneksel tarım yöntemleri kullanılan bazı araştırmalar bitki uzunluğunda çalışmalarımızdan farklı sonuçlar belirtmiştir. Şahin vd. (2022), gerçekleştirmiş oldukları denemede kök + yeşil aksam uzunluğu 15.18-18.05 cm olarak rapor etmişlerdir. Araştırmamız sonucunda kök boyu değerlerine bakıldığında ise 28.06-35.60 cm arasında değişim gösterdiği bulunmuştur. Dikey tarım sistemi ile yetiştirilen bitkilerin kök boylarının daha uzun bir kök oluşturduğu belirlenmiştir. Yapılan bazı hidroponik araştırmalarda kök boyu 16.87 cm olarak (Dkhar ve Bahadur 2017) belirtilirken Ercan ve Bayyurt (2013) ise 23.05 ile 33.36 cm arasında değiştiğini bildirilmişlerdir. Kıvırcık salata bitkisinde farklı gübre etkilerinin incelendiği başka bir çalışmada ise bu değerlerin 16.94-37.69 cm (Okudur 2018) ve farklı yetiştirme ortamlarının marul yetiştiriciliği üzerine etkisinin incelendiği bir çalışmada ise kök boyları 18.93-33.63 cm olarak rapor edilmiştir (Kilim vd. 2022). Bu sonuçlara bakıldığında araştırmamızdaki kök boyu değerlerinin benzer olduğu belirlenmiştir.

Tablo 1. Bazı bitkisel özellikler bakımından uygulamalar arasındaki farklılıklar

Uygulamalar	Dikey	Topraklı
Toplam verim (kg/da)	4323 a*	697.3 b*
Bitki yaş ağırlığı (g/bitki)	141.75±4.78 a	94.63±2.99 b
Kök yaş ağırlığı (g/bitki)	43.58±2.01 a	22.02±1.04 b
Biyokütle (g/bitki)	216.18±8.61 a	111.58±3.23 b
Bitki uzunluğu (kök+yeşil) (cm)	16.80±0.17 a	14.76±0.31 b
Kök boyu (cm)	28.06±0.93 b	35.60±0.79 a
Kök boğazı çapı (mm)	15.90±0.48 a	12.88±0.22 b
Yaprak sayısı (adet/bitki)	24.97±0.48 a	20.50±0.48 b
Yaprak eni (cm)	16.12±0.18 a	13.07±0.23 b
Yaprak uzunluğu (cm)	16.11±0.21 a	12.72±0.25 b

*: Aynı harfle gösterilmeyen ortalamalar arasındaki farklar p<0.05 düzeyinde önemlidir.

Çalışmada uygulamalar arası kök boğazı çapı değerleri incelendiğinde saksı kültüründe 12.88 mm; dikey tarım sisteminde ise bu değer 15.90 mm olarak saptanmıştır. Durgun su kültüründe yetiştirilen marul ile yürütülen bir çalışmada kök boğaz çapı 16.44-17.67 mm olarak belirtilmiştir (Okudur, 2018). Araştırmamıza benzer olarak, Oymak (2018) gerçekleştirmiş olduğu çalışmada hidroponik olarak yetiştirilen marullarda kök boğazı çapını 11.10-14.76 mm olarak bildirmiştir. Bu çalışmaların aksine Tantekin (2021), hidroponik olarak yetiştirilen marulda kök boğaz çapı değerlerini 5.29-11.59 mm olarak daha düşük olabileceğini rapor etmiştir.

Deneme sonunda ortalama bitki yaprak sayısı dikey tarım kule sisteminde 24.97 adet/bitki olup bu değer toprakta yetiştirilen bitkilerde 20.50 adet/bitki olarak belirlenmiştir. Okudur (2018), su kültüründe gerçekleştirdiği marulda gübreleme denemesinde yaprak sayısını 29-30 adet aralığında saptamıştır. Araştırmada elde edilen sonuçlara benzer olarak, Dkhar ve Bahadur (2017) hidroponik sistemde yaptıkları kıvırcık salata 7 farklı gübre solüsyonunda en düşük ve en yüksek yaprak sayısını 18 adet ve 25 adet olarak tespit etmişlerdir. Nitekim gerçekleştirilen başka bir çalışmada da su kültüründe yetiştirilen marul çeşitlerinde bitki başına yaprak sayısı bakımından en fazla yaprak sayısının 20 adet ve en düşük yaprak sayısı ise 18 adet olarak rapor edilmiştir (Maboko ve Du Plooy, 2009). Çalışmamızda edilen sonuçlara göre, toprakta yetiştirilen marul bitkilerinin ortalama yaprak eni 13.07 cm olarak tespit edilirken, dikey tarım sistemi kullanılarak yetiştirilen marul bitkilerinde bu değer 16.12 cm olarak belirlenmiştir. Okudur ve Ercan (2016), gübrelemenin su kültüründe yetişen marullarda verim ve kaliteye etkilerini inceledikleri çalışmalarında yaprak eni değerlerini 12.6-16.6 cm olarak bulduklarını açıklamışlardır. Su kültüründe yetiştirilen marulda farklı gübrelemelerin etkisinin incelendiği bir denemede yaprak eni 15.0-18.3 cm aralığında saptanmıştır (Okudur, 2018). Araştırmamızda yaprak uzunluğu değerleri ise 12.72-16.11 cm olarak saptanmıştır. Okudur ve Ercan (2016), marulun su kültüründe yetiştiriciliğinde farklı gübre uygulamalarını denedikleri çalışmada, marul yaprak uzunluğunun 15.45-18.9 cm aralığında olduğunu bildirmişlerdir. Nitekim su kültürü kullanılarak gerçekleştirilen bir verim araştırmasında da yaprak uzunluğu değerleri 12.20-21.5 cm olarak belirtilmiştir (Oymak, 2018). Konu ile ilgili olarak yapılmış diğer çalışmalara bakıldığında belirtilen değerlerle sonuçlarımız benzerlik göstermektedir.

3.2. Kalite özellikleri

Yaprak suyunda EC, yaprakta toplam klorofil, klorofil a, klorofil b içerikleri incelendiğinde uygulamalar arasında istatistiksel farklılıkların olduğu belirlenmiştir. Yaprak renk değerlerinde, yaprak suyunun pH değerinde ve suda

çözünür kuru madde miktarında ise uygulamalar arasında istatistiki bir fark belirlenmemiştir (Tablo 2).

Tablo 2. Yeşil aksamda renk, yaprak suyunda pH, SÇKM ve klorofil gibi bazı kalite özelliklerinin uygulamalar arasındaki farklılıklar

Uygulamalar	Dikey	Saksı
L*	52.51±0.62 ^{Ö.D}	50.6±0.89
a*	-18.62±0.18 ^{Ö.D.}	-18.29±0.20
b*	31.88±0.42 ^{Ö.D.}	31.80±0.035
pH (yaprak)	6.57±0.01 ^{Ö.D.}	6.55±0.01
EC (yaprak- mS/cm)	7.41±0.19 b	10.14±0.23 a*
SÇKM (%)	4.85±0.15 ^{Ö.D.}	4.95±0.16
Klorofil a (mg/g)	0.50±0.02 a	0.36±0.02 b
Klorofil b (mg/g)	0.13±0.00 a	0.10±0.00 b
Toplam klorofil (mg/g)	0.76±0.03 a	0.53±0.02 b

*: Aynı harfle gösterilmeyen ortalamalar arasındaki farklar p<0.05 düzeyinde önemlidir. Ö.D.: önemli değil

Dikey tarım ve topraklı yetiştiricilikte yaprak renk değerleri ölçümlerinde; L*, a*, b* istatistiksel olarak önemli bir farklılık belirlenmemiştir (p<0.05). L* değerlerinin 50.6-52.51 aralığında değiştiği tespit edilirken, a* değerlerinin -18.29 ile -18.62 cm arasında değiştiği görülmüştür. b* değerlerinin ise 31.80 ile 31.88 arasında değiştiği saptanmıştır (Tablo2. Kowalczyk vd. (2014) tarafından yapılan bir araştırmada, marulun L* değerlerinin 53.9 ile 63.2, a* değerlerinin -13.7 ile -15.2 ve b* değerlerinin 36.0 ile 39.1 arasında olduğu tespit edilmiştir. Çılgın (2019) tarafından yürütülen bir çalışmada, marulun L* değerlerinin 36.66 ile 41.98, a* değerlerinin -14.35 ile -16.41 ve b* değerlerinin 20.05 ile 26.64 arasında bulunduğu belirlenmiştir. Yılmaz (2020) tarafından yapılan bir diğer araştırmada, marulun L* değerlerinin 38.06 ile 44.04, a* değerlerinin -10.51 ile -11.16 ve b* değerlerinin 31.44 ile 37.62 arasında tespit edildiği görülmüştür. Sonkaya (2022) tarafından yapılan başka bir araştırmada ise, marulun L* değerlerinin 47.43 ile 48.76, a* değerlerinin -17.55 ile -18.26 ve b* değerlerinin 27.89 ile 28.68 arasında olduğu saptanmıştır. Sonuç olarak, araştırmamızda farklı uygulamaların yaprak L*, a* ve b* değerleri üzerinde istatistiksel önemsiz bulunmuştur. Bu sonuçlar, marul üzerine yapılan diğer bazı çalışmalarla da örtüşmektedir.

Asitlik değerleri meyve ve sebzelerde tat ve aroma üzerine etkili olan bir faktördür. Yapılan bu araştırma sonuçlarına göre farklı yetiştirme tekniklerinin (su kültürü ve topraklı) yapraktaki pH değerleri (6.55-6.57) üzerinde önemli bir farklılık yaratmadığını göstermektedir. Polat vd. (2004) yapmış oldukları çalışmalarında, marul bitkisinde pH değerini 5.89-5.94 olarak bulmuşlardır. Topraksız tarım koşullarında yetiştirilen marulun verim ve kalitesi üzerine etkisinin araştırıldığı bir çalışmada pH değerleri 5.46-5.84 aralığında saptanmıştır (Çakmak, 2011). Yılmaz (2020) tarafından yürütülen başka bir çalışmada, kıvırcık salatanın yapraklarının suyu çıkarılarak yapılan pH

ölçümleri yaklaşık olarak 6.0 olarak tespit edilmiş ve uygulamaların bizim çalışmamızda olduğu gibi pH üzerinde belirgin bir etkisinin olmadığı bildirilmiştir.

Topraklı ve su kültürü uygulamalarında ise EC değerleri su kültüründe 7.41, dikey yetiştiricilikte (su kültürü) 10.14 mS/cm olarak belirlenmiş ve istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Elde ettiğimiz sonuçlara benzer şekilde Yılmaz (2020), su kültüründe yetişen kıvırcık salata yapraklarının kalite özellikleri üzerine biyo-gübrelerin etkilerini incelediği çalışmada EC değerlerini 7.71-8.52 mS arasında tespit etmiştir. Su kültüründe kullanılarak yetiştirilen bir başka çalışmada ise marulda EC değeri 7.42-11.53 mS olarak bildirilmiştir (Keskin, 2022). Tüm bu sonuçlar incelendiğinde su kültürü koşullarında yetiştirilen kıvırcık salatların içerdiği makro ve mikro elementlerin, topraklı tarıma göre daha düşük olduğunu göstermektedir. Bu durum su kültüründe yapılan yetiştiriciliğin hızlı olmasından kaynaklanabileceği yönündedir.

SÇKM değerleri ise %4.85-4.95 aralığında değişim göstermiş ve istatistiksel olarak önemsiz olarak belirlenmiştir (Tablo 2). Polat vd. (2004) tarafından yürütülen denemede marulda SÇKM değerlerinin %4.40 ile 4.66 aralığında değiştiğini bildirilmiştir. Yürütülmüş olan diğer bir çalışmada ise SÇKM değerleri %2.90-3.50 aralığında değişiklik gösterildiği belirtilmiştir (Çakmak, 2011). Yapılmış olan bu çalışmalar bulgularımıza benzer ve destekler niteliktedir.

Yürüttüğümüz araştırma sonucunda tespit edilen klorofil (mg/g); a: 0.36-0.50, b: 0.10-0.13 toplam klorofil: 0.53-0.76 olarak belirlenmiştir. Becker vd. (2015), gerçekleştirmiş oldukları araştırmalarında hidroponik sistemde yetiştirilen marullarda klorofil a içeriğini 0.43 ile 0.52 mg/g, klorofil b değerlerini ise 0.30-0.80 mg/g olarak bildirmişlerdir. Conversa vd. (2021) marulun hidroponik kültürde yetiştiriciliğinin verim ve kalite üzerine etkisini inceledikleri araştırmalarında klorofil a değerini 0.38 ile 0.50 mg/g, klorofil b değerini 0.11-0.20 mg/g ve toplam klorofil değerini ise 0.49 ile 0.67 mg/g olarak bildirmişlerdir. Tüm değerler incelendiğinde bizim bulgular ile benzer sonuçların elde edildiği saptanmıştır. Ayrıca dikey su kültüründe yetiştirilen kıvırcık salataların, topraklı yetiştiriciliğe göre daha koyu yeşil renk oluşturduğu istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Bu durum su kültüründe düzenli EC ve pH değerlerinin sağlanması sonucundan kaynaklanabileceği şekliyle açıklanabilir.

3.3. Toplam C vitamini, fenolik, antioksidan ve flavanoid içerikleri

Araştırmamızda uygulamaların antioksidan içeriği üzerine etkisi istatistiksel olarak p<0.05 düzeyinde önemli

bulunurken, C vitamini, toplam fenolik ve flavonoid içerikleri açısından uygulamaların istatistiki olarak bir etkisinin olmadığı belirlenmiştir (Tablo 3).

Tablo 3. Uygulamaların C vitamini, fenolik, antioksidan ve flavonoid içeriği üzerine etkileri

Uygulamalar	C vitamini (mg/100 g)	Toplam fenolik (mg GAE/100 g)	Antioksidan (mmol TE/100 g)	Flavonoid (mg C/100 g)
Dikey	22.82±0.52 Ö.D.	125.08±5.24 Ö.D.	0.78±0.00 a*	170.13±7.74 Ö.D.
Toprak	22.87±0.34	116.35±3.52	0.72±0.00 b	150.7±22.2

*: Aynı harfle gösterilmeyen ortalamalar arasındaki farklar p<0.05 düzeyinde önemlidir. Ö.D.: önemli değil

Yaptığımız çalışmaya göre vitamin C değerleri 22.82-22.87 mg/100g arasında değişim göstermiştir. Vitamin C içeriği ile ilgili olarak gerçekleştirilen çalışmalarda da benzer sonuçlar alındığı belirlenmiştir. Nitekim; Çakmak (2011), topraksız tarım koşullarında yetiştirilen marulun verimi ve kalite özelliklerine etkisini incelediği çalışmasında C vitamini değerlerini 19.30-22.39 mg/100g aralığında tespit etmiştir. Marul üzerine yürütülen başka bir çalışmada vitamin C değerleri 6.08 ile 29.13 aralığında belirtilmiştir (Yıldırım vd., 2016). Sonkaya (2022), oksalik asit uygulamasının marulda verim ve kalite bakımından etkisini incelediği araştırmasında uygulamalara göre vitamin C değerlerini 11.15-11.57 mg/100g olarak rapor etmiştir.

Araştırmamızda toplam fenolik madde (mgGAE/100g) değerlerinin dikey tarım sisteminde 125.08, topraklı yetiştiricilikte ise 116.35 olarak belirlenmiştir. Elde etmiş olduğumuz sonuçlara benzerlik gösteren bir çalışmada toplam fenolik madde miktarının 33.49-121.46 mg/100g arasında değişim göstermiştir (Yıldırım vd., 2016). Başka bir çalışmada ise yine marul- salata grubunda fenolik madde içeriği 90.75 ile 131.51 mg GAE/100g arasında olduğu rapor edilmiştir (Wojciechowska vd., 2015). Bulgularımızdan farklı olarak Doğan (2014), marul üzerinde gerçekleştirmiş olduğu çalışmasında en yüksek

fenolik madde miktarını 51.2 mg GAE/100g, en düşük içerik miktarını ise 14.2 mg GAE/100g olarak tespit etmiştir. Bu bulgular değerlendirildiğinde salata gruplarında fenolik madde miktarının yetiştirme ortamlarının yanı sıra, kullanılan çeşit özellikleri ve yetiştirme ortamlarına göre de farklılık gösterebileceği yönündedir.

Tablo 4. Uygulamaların yeşil aksam makro ve mikro besin elementleri üzerine etkileri

Uygulamalar	Dikey	Saksı
K (%)	3.88±0.19 b	5.13±0.20 a*
P (%)	0.30±0.00	0.35±0.35 Ö.D.
S (%)	0.26±0.00 a	0.22±0.00 b
Ca (%)	1.24±0.02 a	0.77±0.04 b
Mg (%)	0.37±0.00 a	0.20±0.01 b
Cu (mg/kg)	8.60±0.13 a	6.27±0.34 b
Mn (mg/kg)	51.28±4.28 a	23.72±1.38 b
Fe (mg/kg)	40.22±0.84 b	67.72±1.35 a
Zn (mg/kg)	42.32±2.53 a	21.46±1.43 b

*: Aynı harfle gösterilmeyen ortalamalar arasındaki farklar p<0.05 düzeyinde önemlidir. Ö.D.: önemli değil

Kıvırcık salata yapraklarında yetiştirme ortamlarına göre antioksidan içeriği istatistiki olarak önemli bulunmuştur, buna göre topraklı yetiştiricilikte bu değer; 0.72 iken dikey kule sisteminde 0.78 mmol TE/g olarak belirlenmiştir (Tablo 3). Yapılan diğer araştırmalarda antioksidan değerlerinin yapılan uygulamalara göre değişim gösterdiği belirlenmiştir. Pellegrini vd. (2003), gerçekleştirmiş oldukları çalışmada marulun antioksidan kapasitesini 1.33 mmol TE/g olarak belirlerken, başka bir marul çalışmasında antioksidan içeriği 1.2-4.2 mmol TE/g olarak rapor edilmiştir (Llorach vd., 2004). Dobričević vd. (2019), marulda belirlemiş oldukları çeşidin kalite özelliklerini inceledikleri çalışmada ise antioksidan değerini 1.04-2.24 mmol TE/g olarak tespit etmişlerdir. Konu ile ilgili yapılan bu araştırmaların sonuçları elde edilen değerler bulgularımızla biraz benzerlik gösterebilir, Zapata-Vahos vd. (2020) yürütmüş oldukları araştırmada, marulun antioksidan içeriğini 10.1 mmol TE/g gibi oldukça yüksek bir değerde olarak belirlemişlerdir. Bu

Tablo 5. Topraklı koşullarda yetiştirilen kıvırcık salataların yeşil aksamındaki bazı makro ve mikro elementer arasındaki korelasyon

Korelasyon	K	S	Ca	Mg	Cu	Mn	Fe
S	0.691						
	0.128						
Ca	0.793*	0.603					
	0.060	0.205					
Mg	0.521	0.689	0.517				
	0.289	0.135	0.294				
Cu	-0.022	0.289	0.053	0.834*			
	0.967	0.579	0.920	0.039			
Mn	-0.299	0.074	0.114	0.556	0.802*		
	0.565	0.889	0.830	0.252	0.055		
Fe	0.078	-0.581	0.122	-0.231	-0.234	-0.244	
	0.883	0.227	0.819	0.660	0.656	0.642	
Zn	-0.293	0.096	0.002	0.593	0.856*	0.971*	-0.348
	0.574	0.856	0.997	0.215	0.001	0.001	0.500

*: P<0.01 düzeyinde önemli.

sonuçlar değerlendirildiğinde antioksidan içeriğinin yetiştirme ortamlarının yanı sıra, kullanılan çeşit özellikleri ve yetiştirme ortamlarına göre de farklılık gösterebileceği yönündedir. Denememiz sonucunda elde edilen flavonoid değerleri istatistiksel olarak önemsiz olarak belirlenmiş ve 150.7-170.13 mg C/100g aralığında belirlenmiştir (Tablo 3). Yılmaz (2020) yürüttüğü çalışmada, hidroponik olarak üretilen kıvırcık salatanın besin değerleri üzerine biyo-gübrelerin etkisi incelenmiş ve marul yapraklarının flavonoid içeriğinin 96.70 ile 182.37 mg/100g arasında değiştiğini rapor etmiştir.

3. 4. Makro ve mikro besin elementi içerikleri

Uygulamaların kıvırcık salatada makro elementlerden potasyum, kükürt, kalsiyum ve magnezyum içeriği üzerine olan etkilerinin istatistiki olarak önemli olduğu, fosfor üzerine ise istatistiksel bir öneminin olmadığı belirlenmiştir (Tablo 4). Mikro elementlerden ise uygulamaların bakır, çinko, mangan ve demir içerikleri üzerine olan etkilerinin $p < 0.05$ seviyesinde önemli olduğu tespit edilmiştir (Tablo 4). Bu sonuçlara göre yaprakta potasyum değerlerinin topraklı yapılan yetiştiricilikte % 5.13 , dikey su kültürün dw ise %3.88 olarak belirlenmiştir (Tablo 4). Diğer makro elementler (S, Ca, Mg) dikey su kültüründe daha yüksek olarak belirlenmiştir. Çilgin (2015), katlı sistemlerde gerçekleştirdiği araştırmasında fosfor % 0.25-0.45, kalsiyum %1.67-2.29 ve magnezyum içeriğini % 0.31-0.56 değerlerinde rapor etmiştir. Yine çalışmamızda elde edilen bulgulara benzer olarak Yılmaz (2020) ve Keskin (2022), fosfor içeriğini sırasıyla % 0.20-0.25 ve % 0.20-0.31 olarak bildirmişlerdir. Oymak (2018) ise araştırmasında marulda magnezyum içeriğini % 0.21-0.31 değerlerinde tespit etmiştir. Bu sonuçlar ile çalışmamızda elde edilen makro besin element değerleri oldukça uyum içerisinde olduğu belirlenmiştir.

Çalışma sonucunda uygulamalara göre bakır, mangan, demir ve çinko değerlerinin topraklı ve dikey su kültüründe sırasıyla; 6.27-8.60 mg/kg, 23.72-51.28 mg/kg, 40.22-67.72 mg/kg ve 21.46-42.32 mg/kg

arasında değişim gösterdiği belirlenmiştir. Uygulamalara göre en yüksek bakır, mangan ve çinko değerleri dikey tarım uygulamasında, en yüksek demir içeriği ise topraklı yetiştiricilikte belirlenmiştir. Marul-salata bitkilerinde yapılan diğer çalışmalar incelendiğinde, demir elementinin 60 mg/kg'ın üzerinde değerlere sahip olduğu rapor edilmiştir (Okudur, 2016; Yılmaz, 2020; Keskin, 2022). Ancak dikey tarım sisteminde, demir miktarının bu değerlerin altında kalmasının nedeni olarak kalsiyumun demir ile antagonistik etkileşime girmesinden kaynaklı olduğu düşünülmektedir (Bolat ve Kara, 2017).

Tüm bu sonuçlar incelendiğinde pH değerinde olabilecek farklılıkların, bitkilerin besin elementlerinin alımını önemli ölçüde etkileyebileceğini göstermektedir. Yüksek pH değerinin 6.5-7.0 olması makro besin element alımını artırırken, bu değer 5.5-6.0 civarında olması mikro besin elementi alımında rol oynayabilmektedir. Bizim araştırma sonuçlarına göre özellikle potasyum ve demir topraklı yetiştiricilikte yüksek çıkmıştır. Bu durum kullanılan topraklardaki yüksek içerikten kaynaklanabileceğini göstermektedir. Ayrıca potasyum, azot dışında diğer besin elementlerine göre daha yüksek bir alıma sahip olduğu belirtilmektedir (Kacar, 2005).

Dikey tarım su kültüründe ise diğer tüm elementlerin daha yüksek değerlere ulaştığı belirlenmiştir (Tablo 4). Bu durumda pH'nın sürekli kontrol altında tutularak bitkilerin daha iyi beslendiğinden ileri geldiği düşünülmektedir.

3. 5. Elementler arasındaki korelasyon ilişkileri

Araştırmada incelenen elementler arasındaki korelasyon katsayıları Tablo 5 ve Tablo 6'da sunulmuştur. Korelasyon katsayıları, elementlerin birbirleriyle ne ölçüde ilişkili olduğunu göstermektedir. Korelasyon analizinin sonuçlarına göre; en yüksek pozitif önemli korelasyon toprakta yetiştirilen bitkilerde çinko ile mangan arasında (0.971) tespit edilmiştir. Dikey tarım sisteminde ise en önemli korelasyon çinko ile potasyum arasında (0.912)

Tablo 6. Dikey tarım sisteminde yetiştirilen kıvırcık salataların yeşil aksamındaki bazı makro ve mikro elementer arasındaki korelasyon

Korelasyon	K	S	Ca	Mg	Cu	Mn	Fe
S	0.386						
Ca	0.557	0.038					
Mg	-0.735	-0.330	-0.542				
Cu	0.096	0.523	0.267				
Mn	-0.155	0.377	-0.766	0.477			
Fe	0.769	0.461	0.076	0.338			
Zn	0.880*	0.356	0.499	-0.451	-0.111		
	0.021	0.489	0.313	0.370	0.834		
	-0.690	-0.063	-0.568	0.263	0.313	-0.922	
	0.129	0.906	0.239	0.615	0.545	0.009	
	0.912*	0.563	0.268	-0.492	0.252	0.844*	-0.588
	0.011	0.245	0.608	0.322	0.630	0.035	0.220

*: $P < 0.01$ düzeyinde önemli.

saptanmıştır. Ayrıca topraklı yetiştiricilikte bitkilerde potasyum-kalsiyum, bakır-magnezyum, bakır-mangan, bakır-çinko arasında güçlü pozitif bir korelasyon tespit edilirken bu elementler arasındaki ilişki istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Dolayısıyla elementlerden biri arttıkça diğer elementte artış göstermiştir. Dikey tarım sisteminde yetiştirilen bitkilerde ise potasyum-mangan, mangan-çinko arasında güçlü pozitif bir korelasyon bulunmaktadır ve bu elementler arası bu ilişki istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Öte yandan potasyum-magnezyum, kalsiyum-bakır, mangan-demir arasında güçlü negatif bir korelasyon görülmüştür. Elementler arası bu ilişki anlamlı olup elementlerden biri arttıkça diğeri de azalmıştır.

Çalışmada dikey su kültürü ile topraklı yetiştiricilik arasında yapılan korelasyon analizi sonucunda; yaprak boyu ile yaprak eni arasında dikey ve topraklı yetiştiricilikte pozitif ilişkiler belirlenmiştir. Bu sonuçlara göre topraklı yetiştiricilikte yetiştirilen bitkilerde yaprak boyu ile eni arasında dikey tarıma göre daha güçlü ve anlamlı pozitif bir korelasyon belirlenmiştir (0.815). Dikey tarımda biyokütle ile yaprak sayısı (0.718), kök yaş ağırlığı (0.775) ve kök boğazı çapı (0.760) arasında önemli ve pozitif ilişkiler tespit edilmiştir. Kök + yeşil aksam uzunluğu ile yaprak boyu (0.509) ve yaprak eni (0.599) arasında pozitif ilişki görülmüştür. Ayrıca kök boğaz çapı ile biyokütle (0.760) ve kök ağırlığı (0.812) arasında güçlü pozitif ilişkiler saptanmıştır.

Dolayısıyla bu özelliklerdeki herhangi bir olumlu artışın kıvırcık salatada biyokütleyi artırabileceği belirlenmiştir. Toprakta yetiştirilen bitkilerde kök + yeşil aksam uzunluğu ile yaprak boyu (0.704) ve yaprak eni (0.758) arasında güçlü pozitif ilişkiler belirlenmiş, yine biyokütle ile kök boğazı çapı (0.695) arasında da pozitif bir korelasyon görülmüştür.

4. Sonuç

Dikey tarım sistemlerinde yetiştirilen ürünlerinin geleneksel tarım ile yetiştirilen ürünler kadar besleyici ve sağlıklı olup olmadığı tartışma konusudur. Bu amaçla, prototip bir dikey tarım kule sistemi kurulmuş ve saksıda toprak kullanılarak yetiştirilen marul bitkisi verim, kalite ve bitki besin içeriği bakımından karşılaştırılmıştır. Çalışma sonuçlarına göre; dikey tarım kule sisteminde bitkilerin ortalama boyu saksı kültürüne göre %13 (16.80 cm), ortalama bitki ağırlığı %53 (141.75 g/bitki) ve ortalama bitki ağırlığı %93 daha yüksek (216.18 g/bitki) bulunmuştur. Ayrıca, dikey tarım kule sistemi ile toprakta yetiştirilen bitkiler arasında yaprak sayısı (%21), yaprak eni (%23) ve yaprak uzunluğu değerlerinde (%26) artış belirlenmiştir. Toplam klorofil, klorofil a ve klorofil b değerleri %43, %38 ve %30 olarak dikey tarımda yüksek

tespit edilmiştir. Dikey tarımda genel olarak makro ve mikro element içeriklerinin yüksek olarak belirlenmesi dikey tarımda yetiştirilen kıvırcık salataların daha besleyici olabileceğini göstermektedir.

Tüm bu sonuçlara göre dikey tarımda yetiştirilen marulun hem verim hem de fonksiyonel gıda olarak daha etkin olduğu yönünde olup, dikey tarım sistemlerinde yetiştirilen kıvırcık salatanın geleneksel tarım ile yetiştirilen bitkilere göre iyi bir alternatif olabileceği konusunda fikir vermektedir. Bu çalışmada her ne kadar bitki su tüketimi incelenmemiş olsa da dikey tarımda kullanılan suyun kapalı devre olmasından dolayı su besin elementlerinin daha etkin kullanılabileceği düşünülmektedir.

Teşekkürler

Bu araştırma makalesi, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Bahçe Bitkileri Anabilim Dalında Mustafa DEMİREL tarafından sunulan Yüksek Lisans tezinden türetilmiştir. Tez Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yönetim Birimi Başkanlığı tarafından 2022-YL1-0167 No'lu Proje ile maddi olarak desteklenmiştir.

Yazar Katkı Oranları

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamışlardır.

Çıkar Çatışması Beyanı

Bu çalışmanın yazarları olarak herhangi bir çıkar çatışması beyanımız bulunmadığını bildiririz.

Etik Kurul Onayı

Bu çalışmanın yazarları olarak herhangi bir etik kurul onay bilgileri beyanımız bulunmadığını bildiririz.

Kaynakça

- Acar, B., Paksoy, M., Türkmen, Ö., & Seymen, M. (2008). Irrigation and nitrogen level affect lettuce yield in greenhouse condition. *African Journal of Biotechnology*, 7(24), 4450-4453.
- Anonim (2023). Caipira. Erişim adresi: <https://agtohum.com.tr/caipira/>
- Becker, C., Urlić, B., Jukić Špika, M., Kläring, H. P., Krumbein, A., Baldermann, S., & Schwarz, D. (2015). Nitrogen limited red and green leaf lettuce accumulate flavonoid glycosides, caffeic acid derivatives, and sucrose while losing chlorophylls, β-carotene and xanthophylls. *PLoS One*, 10(11), e0142867. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0142867>

- Bingöl, B. (2015). Dikey tarım. *Düzce Üniversitesi Ormanlık Dergisi*, 11(2), 92-99.
- Bolat, İ., & Kara, Ö. (2017). Bitki besin elementleri: Kaynakları, işlevleri, eksik ve fazlalıkları. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 19(1), 218-228. <https://doi.org/10.24011/barofd.251313>
- Brand-Williams, W., Cuvelier, M. E., & Berset, C. L. W. T. (1995). Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT-Food Science and Technology*, 28(1), 25-30. [https://doi.org/10.1016/S0023-6438\(95\)80008-5](https://doi.org/10.1016/S0023-6438(95)80008-5)
- Cemeroğlu, B. (2013). *Meyve ve sebze işleme endüstrisinde temel analiz metotları*. Ankara.
- Conversa, G., Bonasia, A., Lazzizzera, C., & Elia, A. (2021). Soilless cultivation system, electrical conductivity of nutrient solution, and growing season on yield and quality of baby-leaf oak-leaf lettuce. *Agronomy*, 11(6), 1220. <https://doi.org/10.3390/agronomy11061220>
- Çakmak, P. (2011). Farklı dikim zamanları ve organik gübrelerin topraksız tarım koşullarında kıvrıkcık yapraklı salata (*Lactuca sativa* var. *crispa*) yetiştiriciliğinde verim ve kalite özelliklerine etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tokat.
- Çılğın, G. (2015). Baş salata yetiştiriciliğinde dönen katlı sistemin diğer bazı topraksız tarım sistemleri ile karşılaştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Çılğın, G. (2019). Dönen katlı sistemde (mechaponic sistem) salata marul yetiştiriciliği. Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Dewanto, V., Wu, X., Adom, K. K., & Liu, R. H. (2002). Thermal processing enhances the nutritional value of tomatoes by increasing total antioxidant activity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(10), 3010-3014. <https://doi.org/10.1021/jf0115589>
- Diñçsoy, H. (2019). Solucan ve karaizopot (*Porcellio laevis*) gübresi uygulamalarının baş salata (*Lactuca sativa* var. *capitata* cv. *wismar*)'da fide gelişimi ve verime etkileri. Yüksek Lisans Tezi, Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.
- Dkhar, M. J., & Bahadur, V. (2017). Effect of different nutrient formulations on growth, yield and quality of lettuce (*Lactuca sativa*) cv. lollo rosso in a hydroponic system. *The Allahabad Farmer*, 73(1), 40-42.
- Dobričević, N., Žlabur, J. Š., Voća, S., Plietić, S., Novak, J., & Galić, A. (2019). Quality and sustainability of the iceberg lettuce. 54. hrvatski i 14. međunarodni simpozij agronomi, 17.-22. veljače 2019. godine, Vodice, Hrvatska. *Zbornik radova*, 251-255, E-Publishing Inc.
- Doğan, G. (2014). Minimum işlenmiş marullarda antioksidan bileşenlerin değişiminin incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Ercan, N., & Bayyurt, R. (2013). The effects of applications which increase the O² of the water on yield and quality of lettuce grown in a floating system. *Acta Horticulturae*, 1034, 77-84. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2014.1034.8>
- Favier, J. C., Ireland-Ripert, J., Toque, C., & Feinberg, M. (1995). Répertoire général des aliments: table de composition (composition tables). *Technique & Documentation* (2nd ed.). Paris.
- Güzel, M. H. (2023). Topraksız iceberg marul yetiştiriciliğinde yetiştirme ortamının ve besin elementlerinin vejetatif gelişim ve bitki kalitesi üzerindeki etkileri. Yüksek Lisans Tezi, Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sivas.
- Kacar, B. (2005). Potasyumun bitkilerde işlevleri ve kalite üzerine etkileri. *Tarımda Potasyumun Yeri ve Önemi Çalıştayı*, 20-30.
- Kaçar, Y. (2022). Bazı bitki aktivatörlerinin bacchus marul çeşidinin verim ve kalite özellikleri üzerine etkileri. Yüksek Lisans Tezi, Akdeniz Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Antalya.
- Keskin, B. (2022). Su kültüründe baş salata (iceberg) marul yetiştiriciliğinde biyo-stimülantların etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Kibar, B. (2018). Marulda bitkisel özellikler, bazı kalite özellikleri ve besin elementleri arasındaki ilişkilerin belirlenmesi. *Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi*, 4(2), 149-160. <https://doi.org/10.24180/ijaws.486571>
- Kilim, M., Yörük, E., Hazneci, E., Özer, H., & Gürdil, G. (2022). The effect of used different waste growing media on soilless lettuce cultivation. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 37(2), 373-386. <https://doi.org/10.7161/omuanajas.1027549>
- Kirk, J. T. O., & Allen, R. L. (1965). Dependence of chloroplast pigment synthesis on protein synthesis: effect of actidione. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 21(6), 523-530. [https://doi.org/10.1016/0006-291X\(65\)90516-4](https://doi.org/10.1016/0006-291X(65)90516-4)
- Kowalczyk, K., Mirgos, M., Bączek, K., Niedzińska, M., & Gajewski, M. (2014). Effect of different growing media in hydroponic culture on the yield and biological quality of lettuce (*Lactuca sativa* var. *capitata*). In *VI Balkan Symposium on Vegetables and Potatoes 1142*, 10-110. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2016.1142.17>
- Llorach, R., Tomás-Barberán, F. A., & Ferreres, F. (2004). Lettuce and chicory byproducts as a source of antioxidant phenolic extracts. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52(16), 5109-5116. <https://doi.org/10.1021/jf040055a>
- Maboko, M. M., & Du Plooy, C. P. (2007). Production of crisphead lettuce in a soilless production system. In *African Crop Science Conference Proceedings*. 27-31, E-Publishing Inc.
- Mansuroğlu, G. S., Bozkurt, S., Kara, M., & Telli, S. (2011). The effects of nitrogen forms and rates under different irrigation levels on yield and plant growth of lettuce. *Journal of Cell and Plant Sciences*, 1(1), 33-40.

- Maughan, T. (2015). Is farming the future of cities? *Engineering & Technology*, 10(12), 56-59. <https://10.1049/et.2016.1206>
- Neocleous, D., Kaittanis, C., Seraphides, N., & Polycarpou, P. (2010). Horizontal and vertical soilless growing systems under Cyprus conditions. *Journal of Applied Horticulture*, 12, 140-144.
- Sonkaya, B. (2022). Oksalik asit uygulamalarının marulda verim ve kalite üzerine etkileri. Yüksek Lisans Tezi, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Isparta.
- Okudur, E. (2016). Durgun su kültüründe yetiştirilen marulda ozon uygulamasının solüsyonun besin kompozisyonu ile bitkinin verim ve kalitesi üzerine etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Akdeniz Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Antalya.
- Okudur, E. (2018). Durgun su kültüründe yetiştirilen marulda üç farklı şekilde verilen gübrelemenin verim ve kaliteye etkisi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 1, 394-399.
- Okudur, E., & Ercan, N. (2016). Farklı gübre uygulamalarının durgun su kültüründe yetiştirilen marullarda verim ve kaliteye etkileri. *Nevşehir Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 5, 69-78. <https://doi.org/10.17100/nevbittek.210967>
- Oymak, E. (2018). Yapraktan uygulanan bazı mikro elementlerin su kültüründe yetiştirilen renkli marullarda yaprak renklenmesi ve verimlilik üzerine etkileri. Yüksek Lisans Tezi, Akdeniz Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Antalya.
- Pellegrini, N., Serafini, M., Colombi, B., Del Rio, D., Salvatore, S., Bianchi, M., & Brighenti, F. (2003). Total antioxidant capacity of plant foods, beverages and oils consumed in Italy assessed by three different in vitro assays. *The Journal of Nutrition*, 133(9), 2812-2819. <https://doi.org/10.1093/jn/133.9.2812>
- Polat, E., Demir, H., & Onus, N. (2005). Farklı zeolit düzeylerinin marul (*Lactuca sativa* var. *longifolia*) yetiştiriciliğinde verim ve kalite üzerine etkisi. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 18(1), 95-99.
- Polat, E., Onus, N. & Demir, H. (2004). Atık mantar kompostunun marul yetiştiriciliğinde verim ve kaliteye etkisi. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 17(2), 149-154.
- Sapkota, S., Sapkota, S., & Liu, Z. (2019). Effects of nutrient composition and lettuce cultivar on crop production in hydroponic culture. *Horticulturae*, 5(4), 72. <https://doi.org/10.3390/horticulturae5040072>
- Seyhan, T. G., Seyhan, S., Silileli, Hasan., & YILMAZ, H. (2022). Dikey Tarım Tesislerinde Yapay Aydınlatma Prensipleri. *Ziraat Mühendisliği*, 376, 97-106. <https://doi.org/10.33724/zm.1197035>
- Swain, T., & Hillis, W. E. (1959). The phenolic constituents of *Prunus domestica*. I.—The quantitative analysis of phenolic constituents. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 10(1), 63-68. <https://doi.org/10.1002/jsfa.2740100110>
- Şahin, G. T., Kandemir, D., Balkaya A., Karaağaç, O., & Sarıbaşı, Ş. (2022). Sonbahar dönemi yetiştiriciliğinde kıvrıkcık (*Lactuca sativa* L. var. *crispa*) ve yedikule (*Lactuca sativa* L. var. *longifolia*) tipi marul çeşitlerinin vejetatif büyüme düzeylerinin incelenmesi. *Bahçe*, 51(1), 1-10. <https://doi.org/10.53471/bahce.1067643>
- Tantekin, M. (2021). Mekanizasyon sistemlerinin hidroponik ortamda marul yetiştiriciliği üzerindeki etkilerinin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Dicle Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Diyarbakır.
- TÜİK (2021). Bitkisel Üretim İstatistikleri. Erişim adresi: <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Bitkisel-Uretim-İstatistikleri-2021-37249>
- Üçok, Z., Demir, H., Sönmez, İ., & Polat, E. (2019). Farklı organik gübre uygulamalarının kıvrıkcık salatada (*Lactuca sativa* L. var. *crispa*) verim, kalite ve bitki besin elementi içeriklerine etkileri. *Mediterranean Agricultural Sciences*, 32, 63-68. <https://doi.org/10.29136/mediterranean.559120>
- Wojciechowska, R., Długosz-Grochowska, O., Kołton, A., & Żupnik, M. (2015). Effects of LED supplemental lighting on yield and some quality parameters of lamb's lettuce grown in two winter cycles. *Scientia Horticulturae*, 187, 80-86. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.03.006>
- Yıldırım, E., Kul, R., Turan, M., Ekinci, M., Alak, G., & Atamanalp, M. (2016). Effect of nitrogen and fish manure fertilization on growth and chemical composition of lettuce. *International Conference On Advances In Natural And Applied Sciences: ICANAS*. April 21–23 2010, Antalya, Türkiye. <https://doi.org/10.1063/1.4945847>
- Yıldırım, M., Bahar, E., & Demirel, K. (2015). Farklı sulama suyu seviyelerinin serada yetiştirilen kıvrıkcık marulun (*Lactuca sativa* var. *campania*) verimi ve gelişimi üzerine etkileri. *ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 3(1), 29-34.
- Yılmaz, D. (2020). Su kültürü marul yetiştiriciliğinde mikoriza bakteri ve mikroalg ile mineral gübrelerin azaltılması. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Zapata-Vahos, I. C., Rojas-Rodas, F., David, D., Gutierrez-Monsalve, J. A., & Castro-Restrepo, D. (2020). Comparison of antioxidant contents of green and red leaf lettuce cultivated in hydroponic systems in greenhouses and conventional soil cultivation. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 73(1), 9077-9088. <https://doi.org/10.15446/rfnam.v73n1.77279>