ÖZET

Doktora Tezi

DİKEY TARIM SİSTEMİNDE FARKLI SU İLETİM YÖNTEMLERİNİN STEVIA (*Stevia rebaudiana*) BİTKİSİNİN GELİŞİMİ ÜZERİNE ETKİLERİNİN DERİN ÖĞRENME METOTLARIYLA BELİRLENMESİ

Aydın Ozan ÇETİNTAŞ

Ankara Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Halit APAYDIN

Dikey tarım sistemleri, birim alandan elde edilen verimi artırma ve su-gübre kullanımını azaltma potansiyeli taşımaktadır. Bu çalışmada, doğal tatlandırıcı olarak ekonomik önemi olan *Stevia rebaudiana* bitkisinde dikey tarımda en uygun sulama aralığının belirlenmesi ve tahribatsız bir fenotipleme hattının geliştirilmesi amaçlanmıştır. Çalışma, dördü hidroponik dördü aeroponik sekiz kulede, pompanın 15 saniye açık, 150, 300, 450 ve 600 saniye kapalı kaldığı dört sulama döngüsüyle üç yetiştirme dönemi boyunca yürütülmüştür. Bitkiler üst ve yan açıdan görüntülenmiş, organ düzeyinde bölütleme için sekiz derin öğrenme mimarisi (YOLOv8n-seg, YOLOv11n-seg, Mask R-CNN, U-Net, Attention U-Net, VGG-16 ve ResNet-50 omurgalı U-Net, DeepLabV3+) 2 926 görüntüden oluşan aynı veri kümesi üzerinde karşılaştırılmıştır. En yüksek ortalama kesişim oranı (mIoU) 0.8833 ile Mask R-CNN mimarisinde elde edilmiştir. Görüntüden ölçülen yaprak alanı yaş üst aksam ağırlığını 0.910 belirtme katsayısıyla kestirmiş, manuel ölçümle karşılaştırılan üst aksam yüksekliğinde katsayı 0.859, kök uzunluğunda 0.743 bulunmuştur. Köke özgü bölütleme modülü, bütün mimarilerde en düşük başarımı veren kök sınıfında kesişim oranını Mask R-CNN'deki 0.7301 düzeyinden 0.7756 düzeyine çıkarmıştır. Sulama döngüsü biyokütleyi kule ile yetiştirme dönemi biriminde de anlamlı biçimde etkilemiş, morfolojik ölçütlerdeki etki ise yalnızca bitki düzeyinde görülmüştür. Denenen aralıklarda biyokütle birikimini en üst düzeye çıkaran kapalı süre 300 saniyedir. Hidroponik ve aeroponik sistemler arasında biyokütle ölçütlerinde fark bulunmamış, su kullanım etkinliğinde hidroponik sistem lehine fark ölçülmüştür. Ürün bileşimini karşılaştırmak amacıyla yürütülen kızılötesi spektroskopi ölçümlerinde sistemler arasında ayrım saptanmamıştır. Eğitimde hiç kullanılmamış bir yetiştirme döneminde başarımını büyük ölçüde koruyan ölçüm hattı, görüntü tabanlı fenotiplemenin dikey tarım koşullarında tahribatsız bir ölçüm aracı olarak kullanılabileceğini ortaya koymaktadır.

Eylül 2026, 224 sayfa2

Anahtar Kelimeler: Dikey tarım, *Stevia rebaudiana,* sulama döngüsü, derin öğrenme, görüntü tabanlı fenotipleme, bölütleme

ABSTRACT

Ph.D. Thesis

DETERMINATION OF THE EFFECTS OF DIFFERENT WATER TRANSMISSION METHODS ON STEVIA (*Stevia rebaudiana*) PLANT GROWTH IN VERTICAL FARMING SYSTEM WITH DEEP LEARNING METHODS

Aydın Ozan ÇETİNTAŞ

Ankara University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Agricultural Structures and Irrigation

Supervisor: Prof. Dr. Halit APAYDIN

Vertical farming can raise yield per unit area and cut water and fertilizer use. This study aimed to determine the optimum irrigation interval for *Stevia rebaudiana*, an economically important natural sweetener, in vertical farming and to develop a non-destructive phenotyping pipeline. Eight towers, four hydroponic and four aeroponic, were run over three growing periods with a 15-second pump-on time and off times of 150, 300, 450 or 600 seconds. Plants were imaged from top and side views, and eight deep learning architectures (YOLOv8n-seg, YOLOv11n-seg, Mask R-CNN, U-Net, Attention U-Net, VGG-16/ResNet-50 U-Net, DeepLabV3+) were compared for organ-level segmentation on the same 2 926 images. The highest mean intersection over union (mIoU), 0.8833, was obtained with Mask R-CNN. Image-derived leaf area predicted fresh shoot weight with $R^2 = 0.910$, and shoot height and root length agreed with manual measurements at $R^2 = 0.859$ and 0.743. A root-specific module raised the root class, the weakest in all architectures, from 0.7301 with Mask R-CNN to 0.7756. The irrigation cycle significantly affected biomass at the tower and growing period unit, whereas its small plant-level effect on morphology was not detectable at this unit. Within the tested range, biomass accumulation peaked at the 300-second off duration. The systems did not differ in biomass, whereas water use efficiency favoured the hydroponic system. Infrared spectroscopy, used to compare product composition, showed no separation between systems. Retaining most of its performance on an unseen growing period, the pipeline can serve as a non-destructive phenotyping tool in vertical farming.

September 2026, 224 pages2

Key Words: Vertical farming, Stevia rebaudiana, irrigation cycle, deep learning, image-based phenotyping, segmentation