

ANKARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DOKTORA TEZİ

ALG ÖZÜTLERİNİN FARKLI BİTKİ TÜRLERİNDE TOHUM
ÇİMLENMESİ VE IN VITRO BİTKİ REJENERASYONU ÜZERİNE
ETKİSİ

Esra ÖZCAN

SU ÜRÜNLERİ ANABİLİM DALI

ANKARA
2025

Her hakkı saklıdır

ÖZET

Doktora Tezi

ALG ÖZÜTLERİNİN FARKLI BİTKİ TÜRLERİNDE TOHUM ÇİMLENMESİ VE IN VITRO BİTKİ REJENERASYONU ÜZERİNE ETKİSİ

Esra ÖZCAN

Ankara Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Su Ürünleri Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Hasan Hüseyin ATAR

Makroalgler yüksek oranda besin elementleri ve bitki hormonlarını içerdiğinden dolayı doğal bir biyo-stimulant kaynağı olarak önemli bir potansiyele sahiptir. Bu çalışmada, ülkemiz sahillerinde doğal ve yaygın olarak yetişen *Jania rubens* (L) Lamx ve *Cystoseira barbata* (Stackhouse) C. Agardh makroalg özütlerinin *Micranthemum tweediei* Benth, *Anubias barteri* nana (İng.) Crusio ve *Alternanthera reineckii* Brig gibi önemli su bitkilerinin in vitro mikroüretimi üzerindeki etkisi ilk kez araştırılmıştır. Test edilen MS (0, 1, 2 ve 4 g/L) ve makroalg özütü (%0, 2,5, 5, 10 ve 20%) konsantrasyonları dikkate alındığında, 2 g/L MS besin ortamına %2.5 veya %5 *J. rubens* özütü ilave edilmesi *M. tweediei*'nin yüksek oranda mikroüretimi için yeterli olurken, *C. barbata* özütünün kullanılması durumunda ise 4 g/L MS ortamına %10 özüt ilave edilmesi en yüksek sonucu vermiştir. *A. barteri* ve *A. reineckii* bitki türlerinde ise 4 g/L MS besin ortamına %2.5 özüt ilave edilmesi en fazla mikroüretim sağlamıştır. Buna karşılık, 4 g/L MS ortamına eklenen %20 *J. rubens* ve *C. barbata* özütü sürgün rejenerasyonunu önemli oranda azaltmıştır. Mikroüretimde olduğu olduğu gibi, besin ortamına *J. rubens* ve *C. barbata* özütlerinin ilave edilmesi, her üç bitki türünde de gelişen sürgünlerin klorofil *a/b* ve toplam klorofil içeriğinde önemli artışlar sağlamıştır. *J. rubens* ve *C. barbata* özütleriyle domates ve biber tohumlarının ön muamelesinin çimlenme ve filizlenmeye etkisi gün sayılarına göre farklılık göstermiştir. Bitki türlerine göre değişmekle beraber %2.5-10 oranında özüt ön muamelesi, yüksek oranlarda özüt kullanımı veya özüt kullanılmayan ön muameleye göre çimlenme ve filizlenme hızında artışlar sağlamıştır.

Kasım 2025, 145 sayfa

Anahtar Kelimeler: *Jania rubens*, *Cystoseira barbata*, Su Bitkisi, Mikroüretim, Tohum Çimlenmesi

ABSTRACT

PhD Thesis

EFFECT OF ALGAE EXTRACTS ON SEED GERMINATION AND IN VITRO PLANT REGENERATION IN DIFFERENT PLANT SPECIES

Esra ÖZCAN

Ankara University
Graduate School of Natural and Applied Science
Department of Fisheries And Aquaculture

Supervisor: Prof. Dr. Hasan Hüseyin ATAR

Macroalgae have significant potential as a natural source of biostimulants due to their high content of nutrients and plant hormones. In this study, the effects of macroalgae extracts from *Jania rubens* (L) Lamx and *Cystoseira barbata* (Stackhouse) C. Agardh, which grow naturally and widely on the coasts of Türkiye, on micropropagation of important aquatic plants *Micranthemum tweediei* Benth, *Anubias barteri* nana (Eng.) Crusio and *Alternanthera reineckii* Brig were investigated for the first time. Considering all tested MS (0, 1, 2 and 4 g/L) and macroalgae extract (0, 2.5, 5, 10 and 20%) concentrations, the addition of 2.5% or 5% *J. rubens* extract to 2 g/L MS medium was sufficient for high micropropagation of *M. tweediei*, while in case of *C. barbata* extract, the addition of 10% extract to 4 g/L MS medium gave the highest result. In *A. barteri* and *A. reineckii* plant species, the addition of 2.5% extract to 4 g/L MS medium provided the highest micropropagation. On the other hand, 20% *J. rubens* and *C. barbata* extracts added to 4 g/L MS medium significantly reduced shoot regeneration. As in micropropagation, addition of *J. rubens* and *C. barbata* extracts to the nutrient medium resulted in significant increases in chlorophyll *a/b* and total chlorophyll contents of developing shoots in all three plant species. The effect of pretreatment of tomato and pepper seeds with *J. rubens* and *C. barbata* extracts on germination and sprouting varied depending on the number of days. Although varying according to plant species, use of 2.5-10% extract increased germination and sprouting rates compared to pretreatment with higher extract levels or with no extract.

November 2025, 145 pages

Key Words: *Jania rubens*, *Cystoseira barbata*, Aquatic plant, Micropropagation, Seed Germination

ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR

Doktora çalışmalarım süresince bilgi, tecrübe ve önerileriyle doktora çalışmalarımı yönlendiren değerli danışman hocam Prof. Dr. Hasan Hüseyin ATAR'a, değerli TİK üyesi hocalarım Prof. Dr. Ayşe Nilsun DEMİR ve Prof. Dr. Muhammad ASIM'a, her zaman samimi destek ve değerli fikirlerini esirgemeyen başta Anabilim Dalı Başkanımız Prof. Dr. Emre KESKİN, Prof. Dr. Serap PULATSÜ ve Prof. Dr. Mine UZBİLEK KIRKAĞAÇ olmak üzere tüm Öğretim Üyesi ve İdari Personelimize, tohum çimlendirme çalışmalarındaki çok değerli önerilerinden dolayı Bahçe Bitkileri Öğretim Üyesi Prof. Dr. İbrahim DEMİR'e, biyoteknoloji laboratuvar olanaklarını kullanmamı sağlayan Tarla Bitkileri Anabilim Dalı Başkanı Prof. Dr. Hayrettin KENDİR'e, istatistik analizleri konusunda çok değerli destekleri için Prof. Dr. Cengiz SANCAK'a, klorofil analizlerinde yardımcı olan Zir Yük Müh. Burak ÖNAL'a, hayatım boyunca büyük bir özveriyle maddi ve manevi destekleri ile sevgilerini hiçbir şekilde eksiltmeyen çok kıymetli ve Sevgili annem, babam ile kardeşlerime en derin duygularla teşekkürlerimi sunarım.

Esra ÖZCAN
Ankara, Kasım 2025

İÇİNDEKİLER

TEZ ONAY SAYFASI

ETİK.....	i
ÖZET.....	ii
ABSTRACT	iii
ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR.....	iv
SİMGELER DİZİNİ	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ	x
ÇİZELGELER DİZİNİ	xiv
1. GİRİŞ	1
2. KURAMSAL TEMELLER ve KAYNAK ÖZETLERİ	5
2.1 Makroalgler	5
2.1.1 Yeşil makroalgler	6
2.1.2 Kahverengi makroalgler.....	6
2.1.3 Kırmızı makroalgler	7
2.1.4 Makroalglerin kimyasal içerikleri ve kullanım alanları	7
2.1.4.1 Gıda olarak kullanımı.....	9
2.1.4.2 Hayvan yemi olarak kullanımı.....	11
2.1.4.3 Tarımda kullanımı	12
2.1.4.4 Tıp, kozmetik ve endüstride kullanımı	12
2.1.5 Çalışmada kullanılan makroalglerin özellikleri.....	14
2.1.5.1 <i>Jania rubens</i>	14
2.1.5.2 <i>Cystoseira barbata</i>	15
2.2 Su Bitkileri	15
2.2.1 Çalışmada kullanılan su bitkilerinin özellikleri	16
2.2.1.1 <i>Micranthemum tweediei</i>	16
2.2.1.2 <i>Anubias barteri</i>	17
2.2.1.3 <i>Alternanthera reineckii</i>	17
2.3 In vitro Mikroüretim	17
2.3.1 Meristem bölgelerinden mikroüretim	19
2.3.2 Meristem içermeyen organlardan mikroüretim	19
2.4 Tohum Çimlenmesi	20

2.5 Kaynak Özetleri	21
2.5.1 Makroalg özütlerinin in vitro bitki gelişimi üzerine etkisi.....	21
2.5.2 Makroalg özütlerinin tohum çimlenmesi ve fide gelişimi üzerine etkisi....	27
2.5.3 Makroalg özütlerinin in vivo bitki gelişimi üzerine etkisi.....	30
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	37
3.1 Materyal	37
3.2 Yöntem	37
3.2.1 Makroalg örneklerinin toplanması ve özütlerin hazırlanması	37
3.2.2 Besin ortamlarının hazırlanması ve kültür koşulları	43
3.2.3 Mikroçoğaltım için eksplantların in vitro kültürü.....	44
3.2.4 Klorofil içeriğinin belirlenmesi	45
3.2.5 Akvaryumlara adaptasyon.....	46
3.2.6 Tohum çimlendirme çalışmaları	47
3.2.7 İstatistik analizler	49
4. ARAŞTIRMA BULGULARI.....	50
4.1 <i>Jania rubens</i> Özütünün <i>Micranthemum tweediei</i> 'nin Mikroüretimine Etkisi.....	50
4.1.1 <i>J. rubens</i> özütünün <i>M. tweediei</i> 'de sürgün rejenerasyonu ve köklenmeye etkisi.....	51
4.1.2 <i>J. rubens</i> özütünün <i>M. tweediei</i> 'de sürgün küme yaş ve kuru ağırlığına etkisi.....	53
4.1.3 <i>J. rubens</i> özütünün <i>M. tweediei</i> 'de sürgünlerin klorofil içeriğine etkisi	54
4.2 <i>Cystoseira barbata</i> Özütünün <i>Micranthemum tweediei</i> 'nin Mikroüretimine Etkisi	56
4.2.1 <i>C. barbata</i> özütünün <i>M. tweediei</i> 'de sürgün rejenerasyonu ve köklenmeye etkisi	57
4.2.2 <i>C. barbata</i> özütünün <i>M. tweediei</i> 'de sürgün küme yaş ve kuru ağırlığına etkisi.....	59
4.2.3 <i>C. barbata</i> özütünün <i>M. tweediei</i> 'de sürgünlerinin klorofil içeriğine etkisi	61
4.3 <i>Jania rubens</i> Özütünün <i>Anubias barteri</i> 'nin Mikroüretimine Etkisi	63
4.3.1 <i>J. rubens</i> özütünün <i>A. barteri</i> 'de sürgün rejenerasyonuna etkisi	64
4.3.2 <i>J. rubens</i> özütünün <i>A. barteri</i> 'de köklenmeye etkisi	66
4.3.3 <i>J. rubens</i> özütünün <i>A. barteri</i> 'de sürgün küme yaş ve kuru ağırlığına etkisi	68
4.3.4 <i>J. rubens</i> özütünün <i>A. barteri</i> 'de sürgünlerin klorofil içeriğine etkisi.....	70

4.4 <i>Cystoseira barbata</i> Özütünün <i>Anubias barteri</i> 'nin In Vitro Mikroüretimine Etkisi	72
4.4.1 <i>C. barbata</i> özütünün <i>A. barteri</i> 'de sürgün rejenerasyonuna etkisi	72
4.4.2 <i>C. barbata</i> özütünün <i>A. barteri</i> 'de köklenmeye etkisi	75
4.4.3 <i>C. barbata</i> özütünün <i>A. barteri</i> 'de sürgün küme yaş ve kuru ağırlığına etkisi.....	76
4.4.4 <i>C. barbata</i> özütünün <i>A. barteri</i> 'de sürgünlerin klorofil içeriğine etkisi.....	78
4.5 <i>Jania rubens</i> Özütünün <i>Alternanthera reineckii</i> 'nin Mikroüretimine Etkisi.....	80
4.5.1 <i>J. rubens</i> özütünün <i>A. reineckii</i> 'de sürgün rejenerasyonuna etkisi.....	81
4.5.2 <i>J. rubens</i> özütünün <i>A. reineckii</i> 'de köklenmeye etkisi	82
4.5.3 <i>J. rubens</i> özütünün <i>A. reineckii</i> 'de sürgün küme yaş ve kuru ağırlığına etkisi.....	84
4.5.4 <i>J. rubens</i> özütünün <i>A. reineckii</i> 'de sürgünlerin klorofil içeriğine etkisi	86
4.6 <i>Cystoseira barbata</i> Özütünün <i>Alternanthera reineckii</i> 'nin Mikroüretimine Etkisi	88
4.6.1 <i>C. barbata</i> özütünün <i>A. reineckii</i> 'de sürgün rejenerasyonuna etkisi.....	89
4.6.2 <i>C. barbata</i> özütünün <i>A. reineckii</i> 'de köklenmeye etkisi	91
4.6.3 <i>C. barbata</i> özütünün <i>A. reineckii</i> 'de sürgün küme yaş ve kuru ağırlığına etkisi.....	92
4.6.4 <i>C. barbata</i> özütünün <i>A. reineckii</i> 'de sürgünlerin klorofil içeriğine etkisi ..	94
4.7 In vitro Bitkilerin Akvaryumlara Adaptasyonu	96
4.8 <i>Jania rubens</i> Özütünün Domates Tohumlarının Çimlenme ve Filizlenmesine Etkisi	96
4.8.1 <i>J. rubens</i> özütünün domates tohumlarının çimlenmesine etkisi	97
4.8.2 <i>J. rubens</i> özütünün domates tohumlarının filizlenmesine etkisi.....	98
4.8.3 <i>J. rubens</i> özütünün filizlenen domates tohumlarının yaş ve kuru ağırlığına etkisi.....	102
4.9 <i>Cystoseira barbata</i> Özütünün Domates Tohumlarının Çimlenme ve Filizlenmesine Etkisi	103
4.9.1 <i>C. barbata</i> özütünün domates tohumlarının çimlenmesine etkisi.....	103
4.9.2 <i>C. barbata</i> özütünün domates tohumlarının filizlenmesine etkisi.....	104
4.9.3 <i>C. barbata</i> özütünün filizlenen domates tohumlarının yaş ve kuru ağırlığına etkisi.....	108
4.10 <i>Jania rubens</i> Özütünün Biber Tohumlarının Çimlenme ve Filizlenmesine Etkisi.....	109
4.10.1 <i>J. rubens</i> özütünün biber tohumlarının çimlenmesine etkisi	110

4.10.2 <i>J. rubens</i> özütünün biber tohumlarının filizlenmesine etkisi.....	112
4.10.3 <i>J. rubens</i> özütünün filizlenen biber tohumlarının yaş ve kuru ağırlığına etkisi	115
4.11 <i>Cystoseira barbata</i> Özütünün Biber Tohumlarının Çimlenme ve Filizlenmesine Etkisi.....	116
4.11.1 <i>C. barbata</i> Özütünün biber tohumlarının çimlenmesine etkisi	116
4.11.2 <i>C. barbata</i> Özütünün biber tohumlarının filizlenmesine etkisi.....	118
4.11.3 <i>C. barbata</i> özütünün filizlenen biber tohumlarının yaş ve kuru ağırlığına etkisi.....	120
5. TARTIŞMA ve SONUÇ	121
KAYNAKLAR	128
ÖZGEÇMİŞ.....	143

SİMGELER DİZİNİ

°C	Santigrad Derece
g	Gram
mg	Miligram
µg	Mikrogram
M	Molar
µM	Mikromolar
L	Litre
mL	Mililitre
AgNO ₃	Gümüş nitrat
N	Nitrojen/Azot
Na	Sodyum
K	Potasyum
P	Fosfor
Mg	Magnezyum
Ca	Kalisyum
B	Bor
Zn	Çinko
Fe	Demir
Mn	Manganez

Kısaltmalar

2iP	6-(γ,γ-dimetilalilamino) purin
IAA	İndol-3-asetik asit
IBA	İndol-3-bütirik asit
NAA	1-naftalen asetik asit
MS	Murashige ve Skoog besin ortamı
TDZ	Tidiazuron
2,4-D	2,4-diklorofenoksiasetik asit
GA ₃	Giberellik asit
BAP	6-benzilaminopurin
FAO	Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü
WHO	Dünya Sağlık Örgütü

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1 Makroalglerde tespit edilen besin maddeleri	8
Şekil 2.2 Makroalglerin 2023 yılındaki kullanım alanları ve oranları	9
Şekil 2.3 Bitkilerin in vitro mikroüretiminde kullanılan yöntemler	18
Şekil 3.1 İzmir Urla Karantina adasından alınan <i>Jania rubens</i> ve Trabzon Of sahilinden alınan <i>Cystoseira barbata</i> örneklerin toplandığı noktalar	38
Şekil 3.2 İzmir Urla sahilinden toplanan <i>Jania rubens</i> makroalg türü	39
Şekil 3.3 Trabzon Of sahilinden toplanan <i>Cystoseira barbata</i> makroalg türü	40
Şekil 3.4 <i>Jania rubens</i> 'in gölgede kurutulması ve öğütücüde kabaca öğütülmesi	41
Şekil 3.5 <i>Cystoseira barbata</i> 'nın gölgede kurutulması ve kabaca öğütülmesi	42
Şekil 3.6 Farklı oranlara <i>Cystoseira barbata</i> özütü ilave edilen ve otoklavlanan MS besin ortamları	43
Şekil 3.7 In vitro gelişen bitkilerde tahmini klorofil içeriğinin belirlenmesi	46
Şekil 3.8 Tohumların farklı makroalg özütleriyle ön muamalesi	47
Şekil 3.9 Petri kutularında kurutma kağıdı üzerinde çimlendirmeye alınan tohumlar	48
Şekil 3.10 Farklı oranlarda makroalg özütü ile ön muameleye tabi tutulan domates tohumlarının yaş ve kuru ağırlıklarının belirlenmesi	48
Şekil 4.1 <i>Jania rubens</i> özütünün <i>Micranthemum tweediei</i> 'nin mikroüretimine etkisi	50
Şekil 4.2 <i>Micranthemum tweediei</i> 'nin in vitro sürgün rejenerasyonu ve köklenmesi üzerine farklı konsantrasyonlardaki MS besin ortamlarına ilave edilen farklı oranlardaki <i>Jania rubens</i> özütünün etkisi	52
Şekil 4.3 <i>Micranthemum tweediei</i> 'nin sürgün küme yaş ve kuru ağırlığı üzerine farklı konsantrasyonlardaki MS besin ortamlarına ilave edilen farklı oranlardaki <i>Jania rubens</i> özütünün etkisi	53
Şekil 4.4 <i>Micranthemum tweediei</i> 'nin klorofi içeriği üzerine farklı konsantrasyonlardaki MS besin ortamlarına ilave edilen farklı oranlardaki <i>Jania rubens</i> özütünün etkisi	56
Şekil 4.5 <i>Cystoseria barbata</i> özütünün <i>Micranthemum tweediei</i> 'nin mikroüretimine etkisi	57
Şekil 4.6 <i>Micranthemum tweediei</i> 'nin in vitro sürgün rejenerasyonu ve köklenmesi üzerine farklı konsantrasyonlardaki MS besin ortamlarına ilave edilen farklı oranlardaki <i>Cystoseira barbata</i> özütünün etkisi	59
Şekil 4.7 <i>Micranthemum tweediei</i> 'nin sürgün küme yaş ve kuru ağırlığı üzerine farklı konsantrasyonlardaki MS besin ortamlarına ilave edilen farklı oranlardaki <i>Cystoseira barbata</i> özütünün etkisi	61

Şekil 4.8 <i>Micranthemum tweediei</i> 'nin klorofi içeriği üzerine farklı konsantrasyonlardaki MS besin ortamlarına ilave edilen farklı oranlardaki <i>Cystoseira barbata</i> özütünün etkisi	63
Şekil 4.9 <i>Jania rubens</i> özütünün <i>Anubias barteri</i> 'nin mikroüretimine etkisi.....	64
Şekil 4.10 <i>Anubias barteri</i> 'nin in vitro sürgün rejenerasyonu üzerine farklı konsantrasyonlardaki MS besin ortamlarına ilave edilen farklı oranlardaki <i>Jania rubens</i> özütünün etkisi	66
Şekil 4.11 <i>Anubias barteri</i> 'nin in vitro köklenmesi üzerine farklı konsantrasyonlardaki MS besin ortamlarına ilave edilen farklı oranlardaki <i>Jania rubens</i> özütünün etkisi	68
Şekil 4.12 <i>Anubias barteri</i> 'nin sürgün küme yaş ve kuru ağırlığı üzerine farklı konsantrasyonlardaki MS besin ortamlarına ilave edilen farklı oranlardaki <i>Jania rubens</i> özütünün etkisi	70
Şekil 4.13 <i>Anubias barteri</i> 'nin klorofi içeriği üzerine farklı konsantrasyonlardaki MS besin ortamlarına ilave edilen farklı oranlardaki <i>Jania rubens</i> özütünün etkisi	71
Şekil 4.14 <i>Cystoseira barbata</i> özütünün <i>Anubias barteri</i> 'nin mikroüretimine etkisi	72
Şekil 4.15 <i>Anubias barteri</i> 'nin in vitro sürgün rejenerasyonu üzerine farklı konsantrasyonlardaki MS besin ortamlarına ilave edilen farklı oranlardaki <i>Cystoseira barbata</i> özütünün etkisi	74
Şekil 4.16 <i>Anubias barteri</i> 'nin in vitro köklenmesi üzerine farklı konsantrasyonlardaki MS besin ortamlarına ilave edilen farklı oranlardaki <i>Cystoseira barbata</i> özütünün etkisi	76
Şekil 4.17 <i>Anubias barteri</i> 'nin sürgün küme yaş ve kuru ağırlığı üzerine farklı konsantrasyonlardaki MS besin ortamlarına ilave edilen farklı oranlardaki <i>Cystoseira barbata</i> özütünün etkisi	78
Şekil 4.18 <i>Anubias barteri</i> 'nin klorofil içeriği üzerine farklı konsantrasyonlardaki MS besin ortamlarına ilave edilen farklı oranlardaki <i>Cystoseira barbata</i> özütünün etkisi.....	80
Şekil 4.19 <i>Jania rubens</i> özütünün <i>Alternanthera reineckii</i> 'nin mikroüretimine etkisi	80
Şekil 4.20 <i>Alternanthera reineckii</i> 'nin in vitro sürgün rejenerasyonu üzerine farklı konsantrasyonlardaki MS besin ortamlarına ilave edilen farklı oranlardaki <i>Jania rubens</i> özütünün etkisi	82
Şekil 4.21 <i>Alternanthera reineckii</i> 'nin in vitro köklenmesi üzerine farklı konsantrasyonlardaki MS besin ortamlarına ilave edilen farklı oranlardaki <i>Jania rubens</i> özütünün etkisi	84
Şekil 4.22 <i>Alternanthera reineckii</i> 'nin sürgün küme yaş ve kuru ağırlığı üzerine farklı konsantrasyonlardaki MS besin ortamlarına ilave edilen farklı oranlardaki <i>Jania rubens</i> özütünün etkisi	86

Şekil 4.23 <i>Alternanthera reineckii</i> 'nin klorofil içeriği üzerine farklı konsantrasyonlardaki MS besin ortamlarına ilave edilen farklı oranlardaki <i>Jania rubens</i> özütünün etkisi	88
Şekil 4.24 <i>Cystoseira barbata</i> özütünün <i>Alternanthera reineckii</i> 'nin mikroüretimine etkisi	88
Şekil 4.25 <i>Alternanthera reineckii</i> 'nin in vitro sürgün rejenerasyonu üzerine farklı konsantrasyonlardaki MS besin ortamlarına ilave edilen farklı oranlardaki <i>Cystoseira barbata</i> özütünün etkisi	90
Şekil 4.26 <i>Alternanthera reineckii</i> 'nin in vitro köklenmesi üzerine farklı konsantrasyonlardaki MS besin ortamlarına ilave edilen farklı oranlardaki <i>Cystoseira barbata</i> özütünün etkisi	92
Şekil 4.27 <i>Alternanthera reineckii</i> 'nin sürgün küme yaş ve kuru ağırlığı üzerine farklı konsantrasyonlardaki MS besin ortamlarına ilave edilen farklı oranlardaki <i>Cystoseira barbata</i> özütünün etkisi	94
Şekil 4.28 <i>Alternanthera reineckii</i> 'nin klorofil içeriği üzerine farklı konsantrasyonlardaki MS besin ortamlarına ilave edilen farklı oranlardaki <i>Cystoseira barbata</i> özütünün etkisi	96
Şekil 4.29 Farklı oranlarda <i>J. rubens</i> özütü ile ön muameleye tabi tutulan domates tohumlarının ekimden sonra farklı günlerde çimlenme ve filizlenmeleri	97
Şekil 4.30 Farklı oranlarda <i>J. rubens</i> özütü ile ön muameleye tabi tutulan domates tohumlarının ekimden 10 gün sonra çimlenme ve filizlenmeleri	98
Şekil 4.31 Farklı oranlarda kullanılan <i>Jania rubens</i> özütünün domates tohumlarının çimlenmesi üzerine etkisi	101
Şekil 4.32 Farklı oranlarda kullanılan <i>Jania rubens</i> özütünün domates tohumlarının filizlenmesi üzerine etkisi.....	101
Şekil 4.33 Farklı oranlarda kullanılan <i>Jania rubens</i> özütünün filizlenen domates tohumlarının yaş ve kuru ağırlığı üzerine etkisi.....	103
Şekil 4.34 Farklı oranlarda kullanılan <i>Cystoseira barbata</i> özütünün domates tohumlarının çimlenmesi üzerine etkisi	107
Şekil 4.35 Farklı oranlarda kullanılan <i>Cystoseira barbata</i> özütünün domates tohumlarının filizlenmesi üzerine etkisi.....	107
Şekil 4.36 Farklı oranlarda kullanılan <i>Cystoseira barbata</i> özütünün filizlenen domates tohumlarının yaş ve kuru ağırlığı üzerine etkisi	108
Şekil 4.37 Farklı oranlarda <i>J. rubens</i> özütü ile ön muameleye tabi tutulan biber tohumlarının ekimden sonra farklı günlerde çimlenme ve filizlenmeleri	109
Şekil 4.38 Farklı oranlarda <i>J. rubens</i> özütü ile ön muameleye tabi tutulan biber tohumlarının ekimden 4 gün sonra çimlenme durumları	110

Şekil 4.39 Farklı oranlarda kullanılan <i>Jania rubens</i> özütünün biber tohumlarının çimlenmesi üzerine etkisi	112
Şekil 4.40 Farklı oranlarda <i>J. rubens</i> özütü ile ön muameleye tabi tutulan biber tohumlarının ekimden 8 gün sonra çimlenme ve filizlenmeleri.....	113
Şekil 4.41 Farklı oranlarda <i>J. rubens</i> özütü ile ön muameleye tabi tutulan biber tohumlarının ekimden 14 gün sonra çimlenme ve filizlenmeleri.....	113
Şekil 4.42 Farklı oranlarda kullanılan <i>Jania rubens</i> özütünün biber tohumlarının filizlenmesi üzerine etkisi	114
Şekil 4.43 Farklı oranlarda kullanılan <i>Jania rubens</i> özütünün filizlenen biber tohumlarının yaş ve kuru ağırlığı üzerine etkisi.....	115
Şekil 4.44 Farklı oranlarda kullanılan <i>Cystoseira barbata</i> özütünün biber tohumlarının çimlenmesi üzerine etkisi	118
Şekil 4.45 Farklı oranlarda kullanılan <i>Cystoseira barbata</i> özütünün biber tohumlarının filizlenmesi üzerine etkisi.....	119
Şekil 4.46 Farklı oranlarda kullanılan <i>Cystoseira barbata</i> özütünün filizlenen biber tohumlarının yaş ve kuru ağırlığı üzerine etkisi	120

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1 <i>Jania rubens</i> ve <i>Cystoseira barbata</i> örneklerin toplandığı noktaların coğrafi koordinatları	38
Çizelge 3.2 <i>A. barteri</i> , <i>A. reineckii</i> ve <i>M. tweediei</i> bitkilerinin mikroçoğaltımında kullanılan MS miktarları ile <i>J. rubens</i> ve <i>C. barbata</i> özüt oranları	44
Çizelge 4.1 <i>Micranthemum tweediei</i> 'nin in vitro sürgün rejenerasyonu ve köklenmesi üzerine farklı konsantrasyonlardaki MS besin ortamlarına ilave edilen farklı oranlardaki <i>Jania rubens</i> özütünün etkisi	51
Çizelge 4.2 <i>Micranthemum tweediei</i> 'nin sürgün küme yaş ve kuru ağırlığı üzerine farklı konsantrasyonlardaki MS besin ortamlarına ilave edilen farklı oranlardaki <i>Jania rubens</i> özütünün etkisi	54
Çizelge 4.3 <i>Micranthemum tweediei</i> 'nin klorofi içeriği üzerine farklı konsantrasyonlardaki MS besin ortamlarına ilave edilen farklı oranlardaki <i>Jania rubens</i> özütünün etkisi	55
Çizelge 4.4 <i>Micranthemum tweediei</i> 'nin in vitro sürgün rejenerasyonu ve köklenmesi üzerine farklı konsantrasyonlardaki MS besin ortamlarına ilave edilen farklı oranlardaki <i>Cystoseira barbata</i> özütünün etkisi	58
Çizelge 4.5 <i>Micranthemum tweediei</i> 'nin sürgün küme yaş ve kuru ağırlığı üzerine farklı konsantrasyonlardaki MS besin ortamlarına ilave edilen farklı oranlardaki <i>Cystoseira barbata</i> özütünün etkisi	60
Çizelge 4.6 <i>Micranthemum tweediei</i> 'nin klorofi içeriği üzerine farklı konsantrasyonlardaki MS besin ortamlarına ilave edilen farklı oranlardaki <i>Cystoseira barbata</i> özütünün etkisi	62
Çizelge 4.7 <i>Anubias barteri</i> 'nin in vitro sürgün rejenerasyonu üzerine farklı konsantrasyonlardaki MS besin ortamlarına ilave edilen farklı oranlardaki <i>Jania rubens</i> özütünün etkisi	65
Çizelge 4.8 <i>Anubias barteri</i> 'nin in vitro köklenmesi üzerine farklı konsantrasyonlardaki MS besin ortamlarına ilave edilen farklı oranlardaki <i>Jania rubens</i> özütünün etkisi	67
Çizelge 4.9 <i>Anubias barteri</i> 'nin sürgün küme yaş ve kuru ağırlığı üzerine farklı konsantrasyonlardaki MS besin ortamlarına ilave edilen farklı oranlardaki <i>Jania rubens</i> özütünün etkisi	69
Çizelge 4.10 <i>Anubias barteri</i> 'nin klorofi içeriği üzerine farklı konsantrasyonlardaki MS besin ortamlarına ilave edilen farklı oranlardaki <i>Jania rubens</i> özütünün etkisi	71
Çizelge 4.11 <i>Anubias barteri</i> 'nin in vitro sürgün rejenerasyonu üzerine farklı konsantrasyonlardaki MS besin ortamlarına ilave edilen farklı oranlardaki <i>Cystoseira barbata</i> özütünün etkisi	73
Çizelge 4.12 <i>Anubias barteri</i> 'nin in vitro köklenmesi üzerine farklı konsantrasyonlardaki MS besin ortamlarına ilave edilen farklı oranlardaki <i>Cystoseira barbata</i> özütünün etkisi	75

Çizelge 4.13 <i>Anubias barteri</i> 'nin sürgün küme yaş ve kuru ağırlığı üzerine farklı konsantrasyonlardaki MS besin ortamlarına ilave edilen farklı oranlardaki <i>Cystoseira barbata</i> özütünün etkisi.....	77
Çizelge 4.14 <i>Anubias barteri</i> 'nin klorofi içeriği üzerine farklı konsantrasyonlardaki MS besin ortamlarına ilave edilen farklı oranlardaki <i>Cystoseira barbata</i> özütünün etkisi.....	79
Çizelge 4.15 <i>Alternanthera reineckii</i> 'nin in vitro sürgün rejenerasyonu üzerine farklı konsantrasyonlardaki MS besin ortamlarına ilave edilen farklı oranlardaki <i>Jania rubens</i> özütünün etkisi.....	81
Çizelge 4.16 <i>Alternanthera reineckii</i> 'nin in vitro köklenmesi üzerine farklı konsantrasyonlardaki MS besin ortamlarına ilave edilen farklı oranlardaki <i>Jania rubens</i> özütünün etkisi.....	83
Çizelge 4.17 <i>Alternanthera reineckii</i> 'nin sürgün küme yaş ve kuru ağırlığı üzerine farklı konsantrasyonlardaki MS besin ortamlarına ilave edilen farklı oranlardaki <i>Jania rubens</i> özütünün etkisi.....	85
Çizelge 4.18 <i>Alternanthera reineckii</i> 'nin klorofi içeriği üzerine farklı konsantrasyonlardaki MS besin ortamlarına ilave edilen farklı oranlardaki <i>Jania rubens</i> özütünün etkisi.....	87
Çizelge 4.19 <i>Alternanthera reineckii</i> 'nin in vitro sürgün rejenerasyonu üzerine farklı konsantrasyonlardaki MS besin ortamlarına ilave edilen farklı oranlardaki <i>Cystoseira barbata</i> özütünün etkisi.....	89
Çizelge 4.20 <i>Alternanthera reineckii</i> 'nin in vitro köklenmesi üzerine farklı konsantrasyonlardaki MS besin ortamlarına ilave edilen farklı oranlardaki <i>Cystoseira barbata</i> özütünün etkisi.....	91
Çizelge 4.21 <i>Alternanthera reineckii</i> 'nin sürgün küme yaş ve kuru ağırlığı üzerine farklı konsantrasyonlardaki MS besin ortamlarına ilave edilen farklı oranlardaki <i>Cystoseira barbata</i> özütünün etkisi.....	93
Çizelge 4.22 <i>Alternanthera reineckii</i> 'nin klorofi içeriği üzerine farklı konsantrasyonlardaki MS besin ortamlarına ilave edilen farklı oranlardaki <i>Cystoseira barbata</i> özütünün etkisi.....	95
Çizelge 4.23 Farklı oranlarda kullanılan <i>Jania rubens</i> özütünün domates tohumlarının çimlenmesi üzerine etkisi.....	99
Çizelge 4.24 Farklı oranlarda kullanılan <i>Jania rubens</i> özütünün domates tohumlarının filizlenmesi üzerine etkisi	100
Çizelge 4.25 Farklı oranlarda kullanılan <i>Jania rubens</i> özütünün filizlenen domates tohumlarının yaş ve kuru ağırlığı üzerine etkisi	102
Çizelge 4.26 Farklı oranlarda kullanılan <i>Cystoseira barbata</i> özütünün domates tohumlarının çimlenmesi üzerine etkisi.....	105
Çizelge 4.27 Farklı oranlarda kullanılan <i>Cystoseira barbata</i> özütünün domates tohumlarının filizlenmesi üzerine etkisi	106
Çizelge 4.28 Farklı oranlarda kullanılan <i>Cystoseira barbata</i> özütünün filizlenen domates tohumlarının yaş ve kuru ağırlığı üzerine etkisi.....	108

Çizelge 4.29 Farklı oranlarda kullanılan <i>Jania rubens</i> özütünün biber tohumlarının çimlenmesi üzerine etkisi	111
Çizelge 4.30 Farklı oranlarda kullanılan <i>Jania rubens</i> özütünün biber tohumlarının filizlenmesi üzerine etkisi	114
Çizelge 4.31 Farklı oranlarda kullanılan <i>Jania rubens</i> özütünün filizlenen biber tohumlarının yaş ve kuru ağırlığı üzerine etkisi	115
Çizelge 4.32 Farklı oranlarda kullanılan <i>Cystoseira barbata</i> özütünün biber tohumlarının çimlenmesi üzerine etkisi	117
Çizelge 4.33 Farklı oranlarda kullanılan <i>Cystoseira barbata</i> özütünün biber tohumlarının filizlenmesi üzerine etkisi	119
Çizelge 4.34 Farklı oranlarda kullanılan <i>Cystoseira barbata</i> özütünün filizlenen biber tohumlarının yaş ve kuru ağırlığı üzerine etkisi	120

1. GİRİŞ

Dünya yüzeyinin %70'ini kaplayan deniz sularının ortalama derinliği 5 kilometredir. Pasifik Okyanusundaki Mariana ve Tonga Çukurlarının derinlikleri ise 10 kilometrenin üzerinde olup, Everest Dağı'nın yüksekliğinden daha derindir (Baweja vd. 2016). Bu geniş yaşam alanında buldukları çevrenin özelliklerine adapte olmuş çok çeşitli organizma bulunmaktadır. Deniz yosunu olarak da bilinen makroalgler, bu organizmalar içerisinde yaklaşık 9.600 türle temsil edilen en zengin gruplardan birini oluşturmaktadır (Baweja vd. 2016). Fotosentetik organizmalar olduklarından dolayı deniz veya okyanuslarda gelişmeleri ışık geçiren bölgelerle sınırlıdır. Bundan dolayı derin su yosunları dahi yaygın olarak 100 m'nin üzerindeki derinliklerde bulunurlar. Öte yandan makroalglerin en fazla gelişme alanı bulunduğu bölgeler ise kıyı şeritleridir. Güzel renklerinden dolayı bunlar denizlerin süs bitkileri de olarak da adlandırılmaktadır.

Deniz ekosisteminin birincil üreticileri olan makroalgler, oksijen üretimine katkıda buldukları ve farklı su organizma grupları için besin ve barınak sağladıkları için önemli ekolojik roller üstlenirler (Ba-Akdah vd. 2016, Satheesh vd. 2017, Catos vd. 2023). Yüzeylerinde yaşayan solucanlar, amfipodlar, gastropodlar ve izopodlar gibi taksonomik olarak farklı deniz omurgasızları ile genç balıklar için temel besin kaynağıdır. Bundan dolayı makroalgler kıyı ekosisteminin biyoçeşitliliğine önemli ölçüde katkıda bulunur (Steneck vd. 2002, Satheesh vd. 2017). Ayrıca makroalgler çevrelerindeki besin maddelerini, pestisitler ve toksik ağır metaller gibi organik kirleticileri emerek ve biriktirerek, özellikle ötrofik bölgelerde su kalitesinin korunmasına katkıda bulunurlar (Okuda 2008, El-Said 2014, Baghour 2017). Bu özelliklerinden dolayı gelişmeleri, dağılımları, yaşam periyotları, boyutları ve metal birikimleriyle sulardaki ağır metal kirliliğini ve çevresel değişiklikleri gösteren önemli biyoindikatörlerdir (Stengel vd. 2004, Juanes vd. 2008, Alkhalifa vd. 2012).

Makroalglerin kullanımı insanlık tarihinin en eski kayıtlarına kadar uzanmaktadır. Tarihte yenilebilen makroalgler daha çok kıyı bölgelerinde ve özellikle de Doğu ve Güneydoğu Asya toplulukları tarafından geleneksel gıda olarak tüketilmiştir. Yaklaşık 700 makroalg türü bünyesinde toksin içermemesi nedeniyle yenilebilirler niteliktedir

(Pereira 2016). Günümüzde ise artan dünya nüfusu için besleyici potansiyel gıda kaynağı olmalarının yanında, gübre, yem ve biyoyakıt üretimi ile kozmetik, ilaç ve endüstri gibi birçok alanda kullanım yelpazesini genişletmiştir (Stengel ve Connan 2015, Arioli vd. 2024, Rifi vd. 2022). Zengin kompleks mineraller, makro ve mikro elementler ile bitki büyüme düzenleyicisi içeriklerinden dolayı farklı makroalg türlerinden elde edilen özütler tarımda da yaygın olarak kullanılır hale gelmiştir (Stengel ve Connan 2015, Arioli vd. 2024, Rifi vd. 2022). Bitkisel üretimde gübre olarak kullanılan makroalg özütleri, bitki kök ve yapraklarının gelişiminde, çiçeklenme ve meyve tutumunda, stres koşullarına dayanıklılıkta ve verimde önemli artışlar sağlamıştır (Craigie 2011, Calvo vd. 2014, Pereira ve Catos 2019, Arioli vd. 2024).

Makroalgler başta olmak üzere, yosunlar ve mikroalgler 2019 yılında 120 milyon ton olan dünya su ürünleri üretiminin yaklaşık %30'unu sağlarken, on binlerce aileye de sosyoekonomik faydalar getirmiştir (Cai vd. 2021a). Dünya genelinde 1969 yılında 2.2 milyon tonluk makroalg üretiminin yaklaşık yarısı yetiştiricilikten elde edilirken, 2019 yılında ise gerçekleşen 34.7 milyon ton yaş makroalg üretiminin %97'si yetiştiricilikten elde edilmiştir (Cai vd. 2021a, Cai vd. 2021b). Ekonomik değeri 14.7 milyar ABD dolar olan bu üretimin %97.4'ü Çin başta olmak üzere (%56.8) Endonezya, Güney ve Kuzey Kore, Filipinler, Japonya ve Malezya'da yapılmıştır (Cai vd. 2021a).

Klorofil içeren tek veya çok hücreli canlılardan oluşan su bitkileri de sucul canlıların yaşamı için mutlak gereklidirler (Cirik vd. 2001). Fotosentez sayesinde sudaki karbondioksiti kullanarak suyu oksijen ve organik maddelerce zenginleştirirler. Makroalgler gibi, sucul ortamın ilk halkasını oluşturan su bitkileri aynı zamanda gıda zinciri sayesinde hayvansal proteine dönüşürler. Buldukları ortamı bazikleştirerek zararlı bakterilerin gelişimini engelleyen bu bitkiler, balık ve diğer sucul canlılar için de yaşam alanı ve barınak oluştururlar. Su ekosistemindeki önemli işlevlerinin yanında, bazı su bitkisi türleri zengin besin içerikleri sayesinde hayvan yemi ve insan gıdası olarak da kullanılabilir (Doğan 2013, Aasim vd. 2018, Doğan 2020a). Yine zengin fenolik, flavonid ve antioksidant kaynağı olan bazı su bitkileri bazı hastalıkların tedavi edilmesinde önemli potansiyele sahiptirler (Tosun vd. 2013, Sharma vd. 2015, Saini vd. 2019). İlave olarak, birçok su bitkisinin su kirliliğinin belirlenmesinde (biyoindikatör) ve

sulara biriken demir, kurşun, kadmiyum, bakır ve mangan gibi toksik ağır metallerin sudan uzaklaştırılmasında (fitoremediasyon) kullanım potansiyeli de bulunmaktadır (Othman 2015, Doğan vd. 2018, Saleh vd. 2019, Eid vd. 2020). Tüm bu özelliklerinin yanında su bitkileri akvaryumların da vazgeçilmez canlılarındandır. Akvaryumlara estetik olarak güzel bir görüntü veren bu bitkiler, suyun kalitesini iyileştirdikleri gibi, balıklar için de yaşam alanı sağlarlar (Şumlu 2009).

Günümüzde in vitro teknikler, özellikle meyve anaçları ve su/akvaryum bitkileri başta olmak üzere birçok bitki türünün hızlı çoğaltılması için yaygın olarak kullanılmaktadır (Özcan vd. 2023, Özcan vd. 2025). Ancak besin ortamlarının ve özellikle kullanılan büyüme düzenleyicilerin yüksek maliyeti, in vitro bitki üretim maliyetini önemli ölçüde artırabilmektedir. Diğer taraftan doku kültürü besin ortamlarında makroalg özütlerinin kullanımı bu maliyeti düşürmede önemli bir alternatif olarak öne çıkmaktadır. Önceki çalışmalar, *Fucus spiralis*, *Cystoseira myriophylloides* ve *Laminaria digitata*'dan elde edilen özütlerin besin ortamına eklenmesinin *Solanum melongena* (Satish vd. 2015), *Nicotiana benthamiana*, üzüm, erik, kayısı (Esserti vd. 2017) ve *Plumbago zeylanica* (Kakade vd. 2022) bitki türlerinde in vitro bitki büyümesini önemli ölçüde artırdığını göstermiştir. Makroalg *Turninaria decurrens* özütünden izole edilen fucoidan fraksiyonlarının da parmak darısı ve patlıcanda in vitro çimlenmeyi, organogenezisi ve kök gelişimini desteklediği de bildirilmiştir (Kaniyassery vd. 2024). Ancak, ülkemiz kıyı sularında yaygın olarak yetişen makroalgler *Jania rubens* ve *Cystoseira barbata* özütlerinin in vitro bitki büyümesi üzerindeki etkilerine ilişkin daha önce yapılmış bir çalışma bulunmamaktadır.

Makroalg özütlerinin in vitro besin ortamlarına ilave edilmesi yanında, farklı araştırmacılar tarafından tohum çimlenmesine etkisi de araştırılmıştır. Demir vd. (2006) yeşil alg *Codium tomentosum*, kırmızı alg *Gracilaria gracilis* ve kahverengi alg *Cystoseria barbata* türlerinin biber ve patlıcanda özellikle düşük sıcaklıkta çimlenmeyi artırdığını bildirmişlerdir. Benzer şekilde *Sargassum angustifolium* ve *Sargassum ilicifolium* özütleri de ipek otu (*Calotropis procera*) ve *Plumbago zeylanica* türlerinin tohumlarının çimlenme oranlarını önemli oranda artırmıştır (Jafarlou vd. 2021, Kakade vd. 2022). Domates ve biber gibi hibrit tohumlar son derece pahalı olup, bunların çimlenme oranları

ve hızlarının yüksek olması oldukça önemli olmaktadır. Aynı şekilde tohumlarında dormansi bulunan bitkilerin tarıma kazandırılması için çimlenme oranlarının artırılması da büyük önem taşımaktadır.

Önceki paragraflarda verilen bilgilerin ışığı altında bu tez çalışmasının birinci amacı ülkemiz sahillerinde yaygın olarak bulunan *Jania rubens* (L.) Lamx ve *Cystoseira barbata* (Stackhouse) C. Agardh makroalg özütlerinin akvaryum endüstrisi ile su peyzajında önemli bir yere sahip ve pazar talepleri oldukça yüksek olan *Micranthemum tweediei* Benth. (Monte Carlo), *Anubias barteri* var. nana (Engler) Crusio ve *Alternanthera reineckii* Brig. su bitkisi türlerinin in vitro mikroüretimi üzerine etkisinin araştırılmasıdır. Çalışmanın ikinci amacı ise *J. rubens* ve *C. barbata* türlerine ait özütlerin hibrit üretimin yaygın olduğu domates (*Solanum lycopersicum* L.) ve biber (*Capsicum annuum* L.) türlerinde tohum çimlenme oranının ve fide gelişiminin artırılmasıdır. *Cystoseira barbata* (Stackhouse) C. Agardh yerine 2022 yılından itibaren sinonim olarak *Gongolaria barbata* (Stackhouse) Kuntze tercih edilmesine karşın, bu tez çalışmasında önceki ismi kullanılmıştır.

2. KURAMSAL TEMELLER ve KAYNAK ÖZETLERİ

2.1 Makroalgler

Makroalgler sucul ortamın en önemli biyolojik bileşenlerindedir. Yapılarında belirli pigmentlerin bulunması nedeniyle yeşil, kahverengi ve kırmızı renklere sahip bitki benzeri organizmalardır. Çıplak gözle görülebilen çok hücreli bu makroalgler gerçek anlamda yaprak, gövde ile köklere sahip olmamaları ve değişik yaşam döngülerine sahip olmaları nedeniyle yüksek bitkilerden farklılık gösterirler. Gövde ve kök yerine düz, genellikle loblu veya dallı bir yapı olan tallustan oluşan basit bir vücut yapısına (talloid) sahiptirler. Bazı büyük makroalgler, kök ve gövdenin işlevine benzer özelliğe sahip bir tutunma organına ve sapa sahip olsalar da, bitkilerden farklı köken ve doku sistemleri barındırırlar (Baweja vd. 2016). Makroalglerin çoğu, kök benzeri tutunma organlarını tutturmak için sert bir alt tabakaya ihtiyaç duyar. Bazı makroalgler ise sert bir alt tabakaya tutunmadan serbestçe yüzer bir şekilde kıyı veya açık denizlerde bulunabilir. Diğer canlılarla simbiyotik yaşayan makroalgler da bulunmaktadır (İrkin 2020). Işık, sıcaklık, gelgit ve rüzgarlar gibi fiziksel; tuzluluk, pH, besin maddeleri ve kirlilik seviyesi gibi kimyasal; ve diğer otçullar, endofitler, simbiyontlar, parazitler ve bakteriler gibi biyolojik etmenlere bağlı olarak yayılım gösterirler (Baweja vd. 2016).

Doku, şekil ve boyut bakımından büyük çeşitlilik gösteren makroalgler, hassas iplik benzeri filamentlerden dev karmaşık taluslara kadar yapılar oluştururlar. En küçük makroalglerin boyutları birkaç milimetre iken, en büyükleri 50 metre uzunluğa kadar büyüyebilir (Mouritsen 2013a, 2013b). Hücre boyutları ise birkaç mikrometreden birkaç santimetreye kadar değişebilen büyük hücreler yeşil makroalglerle sınırlı olup, tek bir hücrede birden fazla çekirdek ve organel bulunabilmektedir (Baweja vd. 2016). Genellikle hücre bölünmesiyle vejetatif (eşeysiz) olarak çoğalmalarına karşın, generatif (eşeyli) olarak da çoğalabilmektedirler. Makroalgler pigmentlerine, depo besinlerine ve hücre yapılarına göre Chlorophyta (yeşil algler), Phaeophyta (kahverengi algler) ve Rhodophyta (kırmızı algler) olmak üzere üç ana gruba ayrılırlar (Baweja vd. 2016, Abdel Latef vd. 2017, Satheesh vd. 2017). Yaklaşık 9.600 türle temsil edilen makroalglerin 600

adedi kahverengi, 7.000 adedi kırmızı ve 2.030 adedi ise yeşil makroalg grubuna dahil olduğu tahmin edilmektedir (Baweja vd. 2016).

2.1.1 Yeşil makroalgler

Klorofil a, b ve karotenoidler içeren yeşil algler oksijenik ve fotosentetik çok hücreli (ökaryotik) algler olarak karakterize edilir (Dhargalkar ve Kavlekar 2004). Yüzde 90'ı tatlı sularda yaşayan yeşil alglerin sadece %10'unun tuzlu sularda yaşadığı bildirilmektedir (Baweja vd. 2016). Antarktika'dan okyanus ve ılıman denizlere kadar yayılım gösterirler. Genellikle gelgit bölgesinde ve sığ kıyı sularında yaşayan yeşil makroalgler yüksek besin maddesi kirliliğine karşı tolerans gösterdiği için ötrofikasyon sırasında baskın hale gelir (Baweja vd. 2016). *Enteromorpha*, *Chaetomorpha*, *Codium* ve *Caulerpa* en fazla yeşil makroalg barındıran cinslerdir (Xu vd. 2023). *Ulva lactuca*, *U. prolifera* ve *U. linza* Ulva cinsine ait ana türler olup, genellikle kayalarda yetişirler (Miao vd. 2020). *U. lactuca* elastik, en yumuşak ve en az yapışkan makroalgdir (Figuroa vd. 2022). Yeşil makroalgler büyüklük ve şekil yönünden en fazla varyasyon gösteren türleri içermesine rağmen, yapıları itibarıyla kahverengi ve kırmızı algler kadar gelişmiş değillerdir (İrkin 2020). Sabit veya hareket edebilen türleri vardır. Yaprakları dallı, dalsız, ipliksi veya yassı yapıda olabilmektedir. Yetiştirme şartlarına ve türlere göre değişmekle birlikte yeşil makroalgler daha fazla protein içerirler (Benjama ve Masniyom 2011).

2.1.2 Kahverengi makroalgler

Genellikle soğuk ve nadiren de ılık denizlerde yaşayan kahverengi algler kutuplara yakın bölgelerden ekvatorial bölgelere kadar baskın bir yayılım gösterirler (Baweja vd. 2016). Özellikle kıyı bölgelerinde taşlara tutunarak toplu halde bulunurlar. Klorofil a, c ve fukoksantin pigmentlerini içeren kahverengi makroalgelere kahverengi rengi veren fukoksantindir. Ana depo besin maddesi laminarin ile karakterize edilen bu yosunların hücre çeperinin dış tabakası jelatinli bileşiklerden, iç kısımları ise selülozdan meydana gelmiştir (İrkin 2020, Dhargalkar ve Kavlekar 2004). Üç makroalg gurubu içerisinde tallus boyutu ve toplam biyokütle üretimi bakımından en geniş grubu oluşturan kahverengi makroalglerin tamamı Phaeophyceae sınıfına aittir (Lee 2008, Baweja vd.

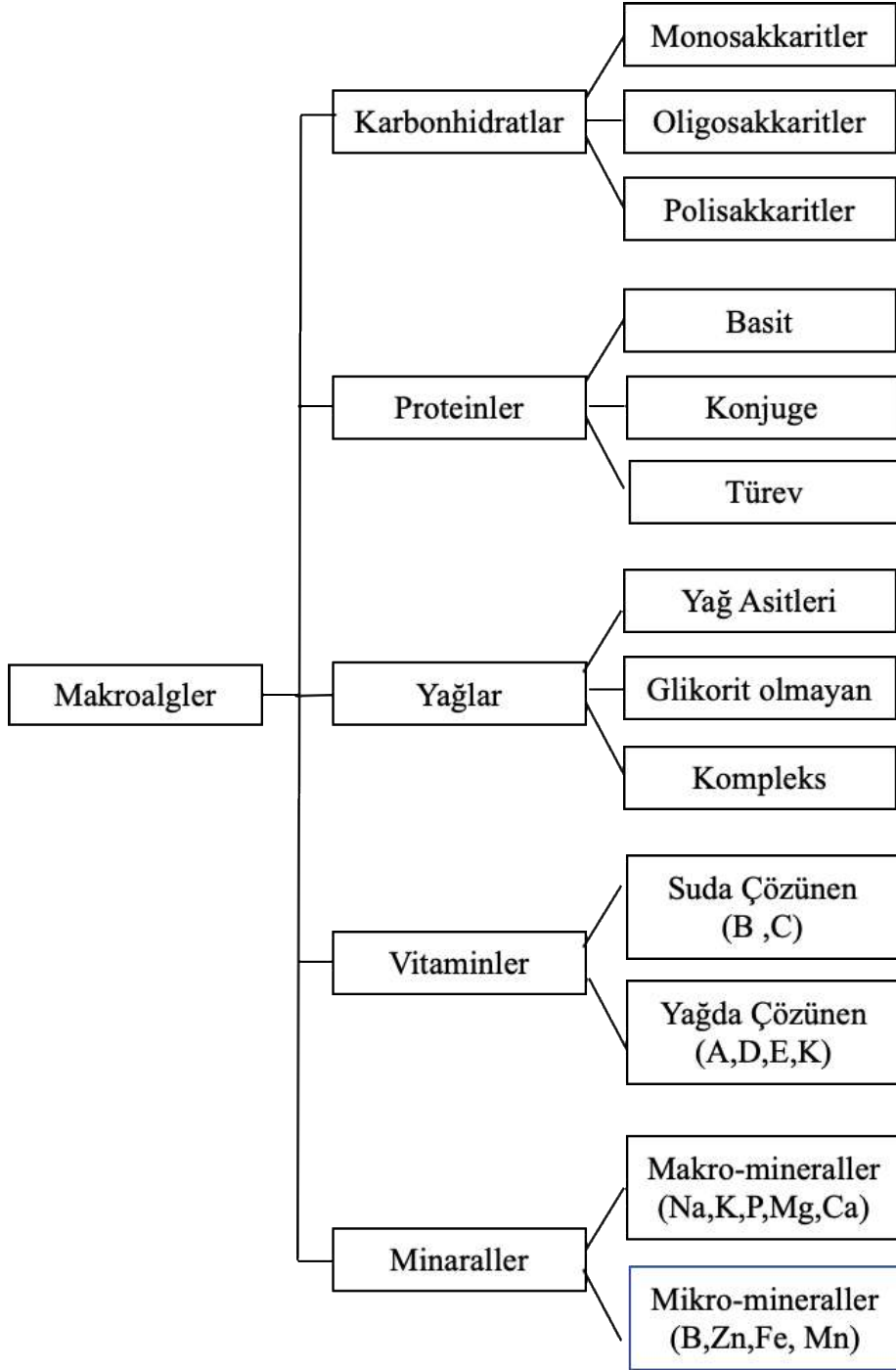
2016). Diğer yosun gruplarına göre iklim şartlarında en fazla etkilenen grup olduğundan dolayı değişik bölgelerde farklı gelişme ve morfolojik özellikler gösterirler. Çin, Japonya ve Kore gibi ülkelerde önemli bir endüstriyel aljinat ve besin kaynağı olarak da değerlendirilirler.

2.1.3 Kırmızı makroalgler

Az sayıda kırmızı alg türü iyi havalandırılan soğuk akarsularda yaşamasına karşın, türlerin büyük çoğunluğu deniz sularında bulunur (İrkin 2020). Yaygın olarak ılıman ve tropikal okyanus ve denizlerde yetişirler. Ancak kuzey kutbu çevresinde de yetişen türleri bulunmaktadır (Baweja vd. 2016). Bazıları parazitik veya yarı parazitik olup, genellikle diğer kırmızı alg türlerinin üzerinde yaşamlarını sürdürür. Klorofili *b* ve *c* içermeyen kırmızı algler klorofil *a*, karotenoidler ve fikobilinler gibi fotosentetik pigmentlere sahiptirler (Dhargalkar ve Kavlekar 2004). Kırmızı rengi veren fikobilinler bu yosunları denizlerin en güzel canlıları yapmakla kalmaz, aynı zamanda onların ışık yoğunluğunun son derece düşük olduğu 200 metre gibi derin sularda yaşamaları sağlar (Cirik ve Cirik, 2011, Baweja vd. 2016). Bazı kırmızı makroalg türleri birkaç metre uzunluğa ulaşabilse de, büyük kahverengi alglerin boyutuna ulaşmazlar. Hücre duvarları pektin ve selüloza ilave olarak, agar ve karaginin gibi bileşiklerden oluşur (Lee 2008). Bundan dolayı kırmızı deniz yosunları en önemli agar ve karaginin kaynağını oluşturmaktadır.

2.1.4 Makroalglerin kimyasal içerikleri ve kullanım alanları

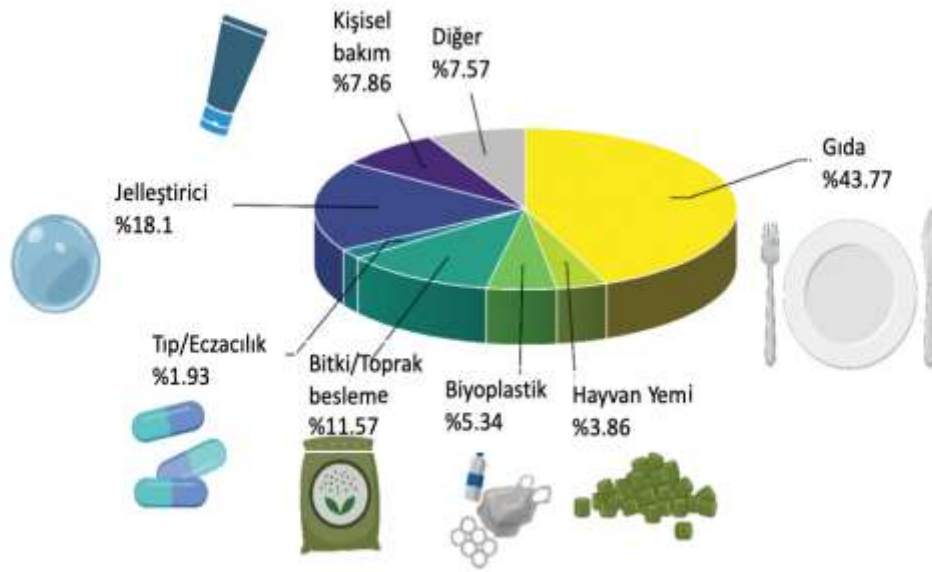
Makroalgler çok önemli bir protein, polisakkarit, fenolik bileşik, doymamış yağ asidi, mineral ve vitamin kaynağıdır (Şekil 2.1, Xie vd. 2024). Türlerine ve yetiştikleri bölgeye göre miktarları değişmekle birlikte makroalgler, önemli miktarda kompleks mineraller, makro (Na, K, P, Mg ve Ca) ve mikro (B, Zn, Fe ve Mn) besin elementleri ile oksin, sitokinin ve gibberellinler gibi bitki hormonları içerirler (Stirk vd. 2014, Satish vd. 2015, Esserti vd. 2017, Kakade vd. 2022, Anbazhakan vd. 2022). Ayrıca antioksidanlar, polisakkaritler, flavonoidler, fenoller, karotenoidler, amino asitler, protein, yağ, lif ile B, K ve E vitaminleri açısından da son derece zengindirler (Esserti vd. 2017, El-Chaghaby vd. 2019, Rashad ve El-Chaghaby 2020).



Şekil 2.1 Makroalglerde tespit edilen besin maddeleri (Xie vd. 2024'den değiştirilerek)

Makroalgler ait yaklaşık 221 tür yıllardır 61 farklı ülke ve bölgede başta gıda olmak üzere, yem, endüstri, ilaç, kozmetik ve tarımda kullanılmak üzere yetiştirilmekte veya doğadan toplanmaktadır (Xie vd. 2024). Bu 221 tür içerisinde 145 tür doğrudan gıda amaçlı kullanılırken, 101 tür hidrokolloid (su ile jel oluşturan maddeler) yapımında, 24

tür geleneksel tıpta ve 25 tür ise tarımda kullanım alanı bulmuştur (Xie vd. 2024; Wade vd. 2020, Naylor vd. 2021). Bu amaçlarla kullanılan makroalglerin yarısından fazlası ise kırmızı makroalg türlerine aittir. *Laminaria*, *Euचेuma/Kappaphycus*, *Gracilaria*, *Undaria* ve *Porphyra* yetiştirmeden elde edilen türlerin yaklaşık %93'ünü oluşturan beş önde gelen cinstir (FAO 2022). Şekil 2.2'de makroalglerin 2023 yılındaki kullanım alanları ve oranları verilmiştir (Xie vd. 2024).



Şekil 2.2 Makroalglerin 2023 yılındaki kullanım alanları ve oranları (Xie vd. 2024'den değiştirilerek)

2.1.4.1 Gıda olarak kullanımı

Karbonhidrat, protein, lipit, vitamin ve mineraller vücut fonksiyonlarının ve yaşamın sürdürülmesinde, dokuların oluşumu ve onarımı ile fiziksel aktivitelerin desteklenmesinde mutlak gerekli olan bileşiklerdir. Tür ve yetiştirme koşullarına göre değişmekle birlikte yenilebilir makroalgler kuru ağırlık bazında yaklaşık olarak %81 oranında karbonhidrat içerikleriyle mükemmel karbonhidrat kaynağıdır (Legacy 2019). Karbonhidratlara ilave olarak makroalgler, FAO ve WHO standartlarına göre insan vücudu için gerekli ve yeterli olan tüm temel amino asitlere sahip olan önemli miktarlarda protein içerir (Machado vd. 2020, Rawiwan vd. 2022, Healy vd. 2022). Örneğin *Fucus vesiculosus* ve *Neopyropia tenera* gibi türlerin kuru maddelerinde protein

oranı %40'ın üzerine çıkabilmektedir. Ayrıca *Alaria esculenta*, *Laminaria digitata* ve *Saccharina latissima* türlerinde bulunan temel aminoasit metioninin oranının soyadan üç kat daha fazla olduğu ve *Porphyra* türlerinin protein içeriğinin ise balık ve yumurtadan bile daha yüksek bulunduğu bildirilmiştir (Machado vd. 2020, Healy vd. 2022, Xie vd. 2024). İlave olarak, makroalg proteinleri glikoproteinler, lektinler ve fikobiliproteinleri de içerdiği için alternatif beslenmenin sürdürülebilir bir kaynağı olarak kabul edilmektedir (Biris-Dorhoi vd. 2020, Echave vd. 2022, Xu vd. 2023).

Karbonhidrat ve protein içerikleri ile karşılaştırıldığında makroalglerde lipit oranı düşük olup, kuru kütlede %5'i geçmemektedir (Narayan vd. 2008). Düşük oranlarına rağmen, makroalglerdeki lipitler beslenme açısından gerekli olan omega-3 ve omega-6 çoklu doymamış yağ asitleri formundadır (Misurcova vd. 2011). Bundan dolayı düşük yağlı gıdaların ve omega-3 çoklu doymamış yağ asitleriyle zenginleştirilmiş gıdaların üretiminde önemli bir potansiyele sahiptirler (Xu vd. 2023). Yapılan çalışmalarla da makroalglerdeki omega-3 ve omega-6 dengesi ile DHA, ARA ve EPA içeriklerinin beyin sağlığı, iltihaplı hastalıkları kontrol altına alınması ve kalp damar hastalıklarının önlenmesi açısından önemli olduğu vurgulanmıştır (MacArtain vd. 2007, Scmid vd. 2018, Xie vd. 2024).

İnsan vücudu tarafından doğrudan sentezlenemeyen, hayatın devamı ve sağlıklı yaşam için mutlak ihtiyaç olan vitaminlerin besinlerle alınması gerekmektedir (Wells vd. 2017, Pacheco vd. 2022). Yapılan araştırmalarda makroalglerde A, B, C, D, E ve K vitaminlerinin varlığı belirlenmiştir (Xie vd. 2024). Özellikle, sadece hayvansal ürünlerde bulunan ve beyin fonksiyonları için gerekli olan B₁₂ vitamini *Pylaiella littoralis*, *Fucus vesiculosus*, *Neopyropia yezoensis*, and *Ulva lactuca* gibi birçok türde yüksek oranlarda bulunmuştur (Uchida vd. 2017, Luhila vd. 2022, Susanti vd. 2022). Vitaminlerde olduğu gibi insan vücudunun sağlıklı olabilmesi için minerallere de ihtiyaç duyulmaktadır. Makroalgler buldukları sucül ortamdan çok çeşitli mineralleri kolaylıkla bünyelerine alabildikleri için karasal bitkilerden daha yüksek oranlarda bu maddeleri içerirler (MacArtain vd. 2007, Xu vd. 2023). Kuru ağırlıklarında mineral içeriği %30'a kadar çıkan makroalglerde sodyum (Na), potasyum (K), fosfor (P), magnezyum (Mg), kalsiyum

(Ca), çinko (Zn), demir (Fe), bakır (Cu), manganez (Mn) ve iyot (I) gibi mineraller varlığı tespit edilmiştir. (Barat vd. 2019, Xie 2024).

Zengin besin maddesi içeriklerinden dolayı yenilebilir makroalgler Asya'da yerleşik bir pazara, Avrupa ve ABD'de ise büyüyen bir pazara sahiptir (Mendes vd. 2022). Dünya genelinde üretilen 34.7 milyon ton yaş makroalgin yaklaşık %70'i besin olarak tüketilirken %30'luk kısmı da gübre, yem ve diğer alanlarda kullanılmaktadır (Poblete-Castro vd. 2020). Özellikle Çin, Japonya, Güney/Kuzey Kore, Filipinler ve Malezya gibi ülkelerde sebzeler kadar yaygın bir şekilde taze veya kuru halde tüketildiği gibi, katkı maddesi olarak diyetleri desteklemek için de kullanılmaktadır (Zhang vd. 2022). Son yıllarda tüm dünyada insanların daha sağlıklı ve fonksiyonel gıdaların tüketimine olan ilgilerinin artmasıyla makroalg üretim ve tüketiminde önemli artışlar yaşanmaktadır. Gıda ve Tarım Örgütü (FAO), yüksek protein, düşük yağ, şeker ve kolesterol içeriği nedeniyle yenilebilir makroalglerin 21. yüzyılın ideal diyeti olarak görmektedir (Rogel-Castillo vd. 2023). Makroalglerin etin yerine geçerek, et üretiminin yol açtığı çevresel hasarı azaltarak çevreye daha az zarar vereceği düşünülmektedir (Gullon vd. 2021, Demarco vd. 2022).

2.1.4.2 Hayvan yemi olarak kullanımı

Bazı makroalglerin hayvanların sindirim sisteminde iyi emilmelerinden dolayı hayvanlarının protein ve enerji gereksinimlerine katkıda bulunmak için ek bir kaynak olarak kullanılabilen doğrudanmıştır (Holdt ve Kraan 2011). Bazıları ise Anti-bakteriyel, anti-inflamatuar ve prebiyotik olarak kullanılabilen diğer biyoaktif özelliklere sahip olmalarından dolayı hayvanların sağlıklarını iyileştirmek için yemlere katkı olarak ilave edilmektedir (Makkar vd. 2016). Yemlere makroalg ilave etmenin suda ve karada yaşayan hayvanların çeşitli büyüme endekslerini iyileştirdiği, süt ve et verimini ile bağışıklık sistemini artırdığı, barsak florasını değiştirdiği, hastalık sıklığını ve veteriner ilaçlarının kalıntısını azalttığı bildirilmiştir (Fleurence vd. 2012, Lum vd. 2013, Bizzaro vd. 2022). Öte yandan, bazı makroalg türleri arsenik başta olmak üzere hayvanlara toksik ağır metalleri absorbe etmektedirler. Bundan dolayı kullanılmadan önce ağır metal içeriklerinin belirlenerek ona göre kullanılması gerekmektedir. Ülkemiz denizlerinde

özellikle de Karadeniz’de yaygın olarak bulunan *Cystoseria barbata* potansiyel olarak hayvan yemi olarak değerlendirilebilecek yosunların en önemlilerindedir.

2.1.4.3 Tarımda kullanımı

Antik çağlardan beri makroalglerin tarım üzerine olumlu etkileri kıyı bölgelerinde yaşayan çiftçiler tarafından ortaya konulmuştur (Illera-Vives vd. 2020). Makroalglerin içerdiği bileşikler karasal bitkilere göre önemli farklılıklar göstermektedir. Bu canlılar daha az selüloz içerirken yüksek oranda aljinat, agar, karaginin ve ulvan içerirler. Ayrıca enerjiyi nişasta yerine son derece dayanıklı laminarin ve mannitol gibi yedek polisakkaritler şeklinde depolarlar (Illera-Vives vd. 2020). Bu bileşiklerde toprakta şelat oluşumunu sağlayarak mineral maddelerin bitkiler tarafından kullanımını artırdıkları gibi, toprağın yapısını ve su tutma özelliğini iyileştirir (Khan vd. 2009). İçerdikleri 5000 farklı enzim sayesinde makroalglerin topraktaki mikrobiyal ve enzimatik faaliyetleri de artırdığı bildirilmiştir (Wang vd. 2018). Tüm bu özelliklerinin yanında, önemli miktarlarda vitaminler, makro ve mikro besin elementleri ile oksin, sitokin ve gibberellinler gibi bitki hormonları da içerdiklerinden dolayı makroalgler çok sayıda ülkede gübre olarak kullanılmaktadır (Ak 2015). Yine içerdiği biyo-pestisitlerde hastalık ve zararlılarla mücadelede olumlu sonuçlar verebilmektedir. Organik tarımda da gübre olarak kullanımına izin verilen makroalg özütlerinin tohum çimlenmesinde, bitki kök ve yapraklarının gelişiminde, çiçeklenme ve meyve tutumunda, stres koşullarına dayanıklılıkta ve verimde önemli artışlar sağladığı bildirilmiştir. (Craigie 2011, Calvo vd. 2014, Pereira ve Catos 2019, Kakade vd. 2022, Arioli vd. 2024).

2.1.4.4 Tıp, kozmetik ve endüstride kullanımı

Makroalgler polisakkaritler (karbonhidratlar), polifenoller, steroller, terpenler ve fenolik bileşikler gibi önemli aktif maddeleri içermektedir (Amlani ve Yetgin 2022). Özellikle çok sayıda araştırmada makroalglerin sülfatlanabilen ve sülfatlanamayan polisakkaritlerin en bol kaynağı olduğunu ortaya konmuştur. Sülfatlanmış polisakkaritler agarlar, karagininler, fukoidanlar ve galaktanlar olup, sülfatlanmamış polisakkaritler ise

alginatlar ve laminarandır (Hentati vd. 2020, Rengasamy vd. 2020, Amlani ve Yetgin 2022).

Yüksek besin değerine sahip sağlıklı besinler olarak kabul edilen makroalgler kronik hastalıklar ve besin eksikliğiyle mücadelede önemli bir potansiyele sahiptir. Çin geleneksel tıbbında *Ulva*, *Enteromorpha* ve *Codium* türleri başta olmak üzere makroalglerin guatr, öksürük, bronşit, bademcik iltihabı, idrar yolu hastalıklarında uzun yıllardır kullanıldığı bilinmektedir (Xu vd. 2023). Yapılan çalışmalarda da makroalglerin içermiş olduğu kateşinler, tanenler, flavonoidler, fenolik asitler, florotanninler ve diğer fenolik bileşiklerin antibakteriyel, antikanser, antidiyabetik, antiinflamatuvar, antiobezite, antioksidan, antiproliferatif, antitümör ve antiviral etkilerle ilişkilendirilmiştir (Gomez-Guzman vd. 2018, Cotas vd. 2021, Amlani ve Yetgin 2022). İlave olarak, makroalglerde bulunan bitki sterollerinin de antiinflamatuvar etkiye sahip olduğunu ve ayrıca kolesterol seviyesini düşürerek kardiyovasküler hastalık riskini azaltabileceğini gösterilmiştir (Kendel vd. 2015, Xu vd. 2023). Yine yapılan bir diğer çalışmada ise besin proteinlerinden kaynaklanan alerjik reaksiyon risklerini de azaltabileceği gösterilmiştir (Yu vd. 2020).

Makroalgler zengin içerikleri sayesinde kozmetik ürünlerinde katkı veya aktif madde olarak sıkılaştırıcı ve nemlendirici özelliğe sahiptir. Özellikle içeriklerinde bulunan çoklu doymamış yağ asitleri, vitaminler, ulvanlar, terpenoidler ve mineraller sayesinde yaşlanma, kırışıklık ve yüz aknesini azaltma, bariyer oluşturma ve ultraviyole ışınlarına karşı koruma sağlamaya yardımcı olmaktadır (Kim 2014, Guilleme vd. 2017, López-Hortas vd. 2021, Xu vd. 2023). Yine makroalglerden elde edilen agar ve alginatlar krem, sabun, tıraş köpüğü gibi ürünlerde ferahlık ve kayganlaştırıcı olarak kullanılmaktadır. Karaginler ise diş macunlarında kıvam artırıcı, saç kremlerinde sabitleyici, yüz maskelerinde emilimi artırıcı ve deodorantlarda ise ter kokularına yol açan bakterilere karşı antibakteriyel etki göstermektedir (Mourtisen 2013, İrkin 2020)

Makroalglerde çok yüksek miktarlarda (kuru kütlede %4-76 oranında) bulunan polisakkaritler hücrenin yapısında ve enerji depolanmasında önemli rol üstlenir. Bu polisakkaritler, aynı zamanda gıda endüstrisinde stabilizatör, emülgatör ve koyulaştırıcı

olarak kullanılan diğer biyoaktif bileşikleri de içerir (Sharma vd. 2025). Aljinat, karaginin, fukoidan, laminarin ve Fikokolloidler *Laminaria*, *Ecklonia*, *Ascophyllum*, *Saccharina*, *Lessonia*, *Macrocystis* ve *Durvillaea spp.rina*, *Lessonia*, *Macrocystis*, ve *Durvillaea* cinslerine ait türlerde yaygın olarak bulunmaktadır (Shao vd. 2015). Aljinat, karaginin ve agar, benzersiz özellikler ve mekanizmalar ile geniş kapsamlı niteliklere sahip olmalarından dolayı jelleştirici olarak gıda ve ilaçlardan bilimsel araştırmalara kadar çeşitli endüstrilere paha biçilmez katkılar sağlarlar (Rhein-Knudsen vd. 2015, Koyande vd. 2019).

Makroalgler tarım alanlarını işgal etmediği ve gıda üretimini etkilemediğinden dolayı önemli bir sürdürülebilir enerji kaynağı olarak düşünölmektedir. Özellikle düşük yağ ve yüksek karbonhidrat içerikleri alkol temelli biyoyakıtlar için potansiyel aday olduklarını göstermektedir. Üstelik makroalgler daha az veya hiç lignin içermediklerinden dolayı diğer karasal bitkilere göre bu üretimde daha düşük sıcaklık ve süreli ön muamelelere ihtiyaç duyar (Sharma vd. 2025).

2.1.5 Çalışmada kullanılan makroalglerin özellikleri

2.1.5.1 *Jania rubens*

Jania rubens (L) Lamx, kırmızı alglerin Corallinaceae familyasının bir üyesidir. Beyazımsı pembe ince tüplerin iç içe geçmiş bir ağından oluşan uzunlamasına eklemlerden ve dikotomik (apikal hücrenin bölünmesiyle oluşan) dallardan oluşan bir makroalg türüdür. Görünüm olarak yoğun, yuvarlak, küçük bir çalıyı andıran *J. rubens*, 5 cm'ye kadar yüksekliğe ulaşabilir ve kıyıya vurduğunda veya uzun süre havaya maruz kaldığında pembemsi rengini kaybedip beyaza döner. Özellikle gelgit bölgesinde kayalar ve diğer algler üzerinde büyür ve diğer türleri istila etme konusunda oldukça agresiftir. Doğu Akdeniz bölgesinin en yaygın türlerinden biri olan *J. rubens*, Karadeniz ve Çin Denizi, Atlantik, Hint ve Pasifik Okyanuslarında da dağılmıştır (Boran vd. 2024).

2.1.5.2 *Cystoseira barbata*

Cystoseira barbata (Stackhouse) C. Agardh (sinonim *Gongolaria barbata* (Stackhouse) Kuntze) kahverengi alglerin Sargassaceae familyasına ait olan, Atlas Okyanusu, Akdeniz ve Karadeniz'de yaygın bir türdür (Trica vd. 2019). Su altında aşırı büyüyen ve dallanan *C. barbata*'nın tallusu (gövdesi) 1,3 metre uzunluğa ulaşabilir. Kıyı kesiminde veya derin sularda resiflere, büyük deniz kabuklarına ve taşlara tutunan talluslar kahverengi-yeşil renktedir. İçerdikleri zengin besin maddeleri nedeniyle birçok bölgede hayvan yemi olarak kullanılan *J. rubens* ve *C. barbata*, bitkisel üretimde gübre olarak da önemli bir potansiyele sahiptir (Trica vd. 2019, Mazlum vd. 2020). Ayrıca bu türlerin antitümör ve antibakteriyel etkiye sahip olduğu ve bazı hastalıkların tedavisinde de kullanıldığı bildirilmiştir (Gheda vd. 2018, Sellimi vd. 2018; Krupnik vd. 2023, Boran vd. 2024).

2.2 Su Bitkileri

Sucul ortamın gerçek üreticisi olan su bitkileri olmadan diğer su canlılarının yaşaması mümkün değildir. Su bitkileri hidrofit (sadece su içerisinde veya yüzeyinde) ve makrofit (su içerisinde veya su kenarında) yetişebilirler. Fotosentez sonucunda suyu oksijen ve organik maddelerce zenginleştirmek suretiyle suyun biyolojik dengesini korudukları gibi, sudaki besin zincirinin de ilk halkasını oluştururlar. Ayrıca su bitkileri buldukları çevreyi bazikleştirdikleri için zararlı bakterilerin gelişmesini engellerken, balık ve diğer canlıların yumurta ile larvalarına yaşam alanı ve barınak oluştururlar. Sucul ortamdaki önemli işlevleri yanı sıra, birçok su bitkisi içerdikleri besin maddeleri yönüyle insan ve hayvan beslenmesinde de önemli bir yere sahiptir (Doğan 2013, Aasim vd. 2018, Doğan 2020).

Bacopa monnieri başta olmak üzere bazı su bitkileri serbest radikaller, fenolik bileşikler ve flavonoidler gibi antioksidanlar bakımından zengin olduklarından dolayı yaşlanma, nörolojik, damar sertliği ve kanser gibi hastalıkların tedavisinde kullanılmaktadır (Tosun vd. 2013, Swapna vd. 2011, Sharma vd. 2015, Saini vd. 2019). İlave olarak bu bitkiler sudaki kirliliğin belirlenmesinde de biyoindikatör olarak roller üstlenirler (Eid vd. 2020). Yine, *Hemianthus callitrichoides*, *Ludwigia stolonifera*, ve *Ceratophyllum demersum*

türleri başta olmak üzere, çok sayıda su bitkisi kurşun, kadmiyum, bakır, demir ve mangan gibi bileşikler bünyelerinde biriktirebilirler. Bundan dolayı ağır metal atıklarıyla kirlenmiş olan suların fitoremediasyonunda da önemli potansiyele sahiptirler (Doğan 2013, Othman 2015, Doğan vd. 2018, Saleh vd. 2019, Eid vd. 2020).

Akvaryum hobiciliğinin stresi azaltmak için fotoğrafçılığın ardından ikinci sırada geldiği bildirilmektedir (Hekimoğlu 2006). Son yıllarda su bitkileri güzel bir estetik görüntü vermek amacıyla akvaryumların da vazgeçilemeyen bir parçası haline gelmiştir. Akvaryumlarda bu bitkiler fotosentezle balıklar için gerekli olan oksijeni ürettikleri ve su kalitesini iyileştirdikleri gibi balıklar için de besin kaynağı oluştururlar. Son yıllarda ülkemiz de dahil olmak üzere dünya akvaryum bitkileri üretiminde önemli artışlar olmuştur. Bu artışın en önemli nedenlerinden birisi de in vitro tekniklerle hastaliksız ve genetik olarak kaliteli bitkilerin yaygın olarak üretilir hale gelmesidir (Doğan 2019, Uğur vd. 2019, Özcan 2021, Özcan vd. 2023, Özcan vd. 2025). Ancak, in vitro bitkilerin kullanım alanının daha da yaygınlaşması için en büyük maliyeti oluşturan besin ortamlarının daha ucuza elde edilmesi gerekmektedir. Bu doğrultuda makroalg özütleri önemli bir potansiyel oluşturmaktadır.

2.2.1 Çalışmada kullanılan su bitkilerinin özellikleri

2.2.1.1 *Micranthemum tweediei*

Micranthemum tweediei Benth, türü ile ilgili literatürde çok sınırlı bilgi bulunmaktadır. Linderniaceae familyasının bir üyesi olan *M. tweediei* Arjantin'in Misiones eyaletine bağlı bir bölgeden esinlenerek Monte Carlo olarak da adlandırılmıştır. Arjantin, Brezilya ve Uruguay'da sulak yerlerde ve dere kenarlarında doğal olarak yetişmektedir. İlk defa 2010'lu yıllarda Güney Amerikalı ve Japon akvaryumcular tarafından akvaryum bitkisi olarak keşfedilmiştir. Yuvarlak veya eliptik yapraklara sahip olan *M. tweediei* akvaryum tabanında hızlı bir şekilde gelişerek çok güzel görünümlü bir halı formu oluşturmaktadır. Bundan dolayı son yıllarda in vitro mikroüretiminin de yapılmasıyla popüler ve aranan bir bitki haline gelmiştir. Akvaryum tabanına aralıklı olarak dikildiğinde sürgünler zemin

üzerinde sürünerek çoğalır. Işık ihtiyaçları fazla değildir (www.aquasabi.com-
/Micranthemum-tweediei).

2.2.1.2 Anubias barteri

Araceae familyasından Batı ve tropik Orta Afrika kökenli olan *Anubias* cinsi, ticari olarak akvaryumlarda yetiştirilen ve dünya çapında oldukça talep gören çok sayıda türden oluşmaktadır (Crusio 1979, Li vd. 2022). Cinsine ait türler genellikle tropikal ormanlardaki kayaların ve küçük akarsuların kıyılarında veya tamamen su altında yetişirler (Kanchanapoom vd. 2012). *Anubias barteri* var. *nana* (Engler) Crusio ise bu türler içerisinde en cüce varyete olup, kısa saplı, küçük koyu yeşil ve kompakt yapraklara sahiptir (Lin vd. 2021). Oldukça yavaş büyüyen bitki yılda yaklaşık 8-10 yaprak vermektedir (Cotchakaew vd. 2015).

2.2.1.3 Alternanthera reineckii

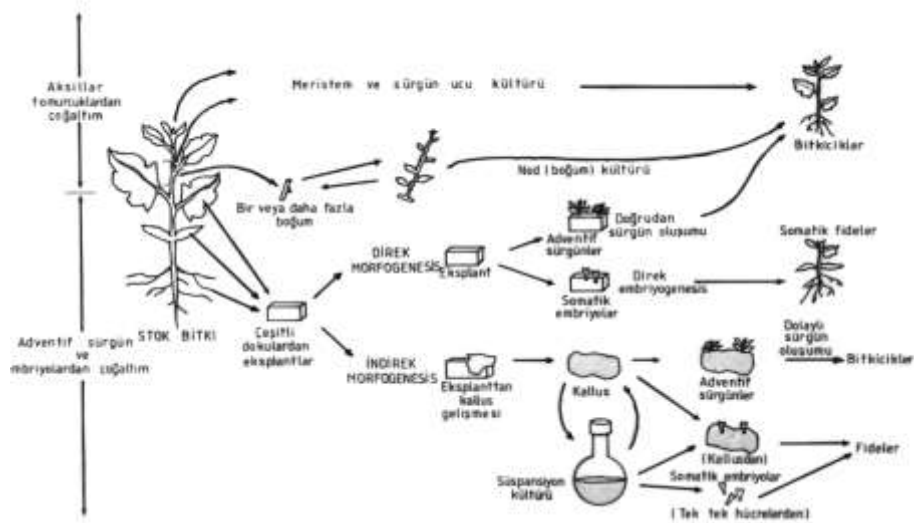
Amaranthaceae familyasına ait olan *Alternanthera reineckii* Brig. “mini” Güney Amerika orijinli tatlı su bitkilerindedir (Yunita ve Nuhraha 2021). Oldukça iri, kırmızı ve mızrak şeklinde yapraklara sahip olan bitkinin akvaryumlarda kullanılmak üzere çok sayıda çeşidi geliştirilmiştir. *Alternanthera* cinsinin bu minyatür türü, kompakt gelişme ve daha yavaş büyüme şekliyle karakterize edilir. Özellikle akvaryumlar ve daha büyük su peyzajları için ön plan bitkisi şeklinde kullanılması daha uygundur. Dikkatli bir budamayla 5-10 cm yüksekliğinde kırmızı mor ve yoğun bir halı formu oluşturulabilir. Akvaryumlarda iyi bir gelişme ve güzel görünüm için fazla ışık yoğunluğu ve karbondioksite ihtiyaç duyar.

2.3 In vitro Mikroüretim

Bitkilerin çoğaltılmasında tohumla (genaratif) veya vejetatif (çelikle) olmak üzere iki yöntem kullanılmaktadır. Eğer bitki tohum üretme yeteneğine sahipse tohumla çoğaltma yöntemi en hızlı ve ucuz olan yöntemdir. Ancak bazı bitkiler kısırlık nedeniyle tohum

bağlamaları mümkün değildir. Bu tür bitkilerin çoğaltılmasında vejetatif yöntemlerin kullanılması kaçınılmazdır. Bu yöntemle çoğaltımda yaygın olarak bitkilerin tepe ve koltuk altı meristemleri kullanılmaktadır. Bu yöntemin tohumla çoğaltıma göre en önemli üstünlüğü ise ileriki nesillerde genetik açılma olmamasıdır. Çoğaltılan bitkiler her zaman aynı genetik yapıya sahiptir (Özcan 2021). Doku kültürü (in vitro) yöntemleriyle çoğaltımda son yıllarda meyve ağaçları ve akvaryum bitkileri başta olmak üzere çok sayıda bitki türünde yaygın olarak kullanılır hale gelmiştir. Bu yöntemle çoğaltılan bitkiler de vejetatif olarak çoğaltıldığı için aynı genetik yapıdaki klonları oluşturdukları gibi, hastaliksız üretimde yapılabilmektedir.

In vitro kültürde meristem, yaprak, gövde ve kök gibi organlar ile hücreler steril şartlarda, yapay besin ortamında ve kültür kapları içerisine yerleştirilerek çok sayıda yeni bitki üretilebilmektedir (Babaoğlu vd. 2002). Yapay besin ortamı bitkinin dış şartlarda ihtiyaç duyduğu tüm makro ve mikro besin elementlerine ilave olarak vitamin ve şekerleri içermektedir. Özellikle oksin ve sitokin grubu büyüme düzenleyicilerin de besin ortamına hızlı büyüme ve çoğaltma için ilave edilmesi gerekmektedir. Besin ortamının katılaştırılmasında en yaygın kullanılan bileşik ise makroalglerden elde edilen agar'dır. Doku kültürleriyle bitkilerin çoğaltılmasında koltuk altı ve tepe tomurcukları gibi meristem içeren bölgeler ile yaprak, gövde ve kök gibi meristem içermeyen organlar kullanılabilir (Şekil 2.3).



Şekil 2.3 Bitkilerin in vitro mikroüretiminde kullanılan yöntemler (George 1993 ve Bürün 2002'den alınmıştır)

2.3.1 Meristem bölgelerinden mikroüretim

Bitkilerinin doku kültürleriyle mikroüretiminde en yaygın kullanılan yöntem yaprak koltuk altı ve tepe tomurcuklarında bulunan meristemlerle yapılan çoğaltımdır (Özcan 2021). Bu yöntemde meristem bölgeleri yüzey sterilizasyona tabi tutulduktan sonra yapay besin ortamında in vitro kültüre alınır. Bitki büyümesini düzenleyiciler başta olmak üzere besin ortamının etkisiyle meristem bölgelerinden çok sayıda yeni sürgün ve bitkilerin çoğaltılması mümkün olmaktadır. Elde edilen sürgünlerin yine meristem bölgeleri alt kültüre alınarak bir yıl içerisinde aynı genetik yapıya sahip ve hastalısız milyonlarca bitki üretilebilmektedir. In vitro şartlarda elde üretilen sürgünler köklendirilerek saksılara veya akvaryumlara aktararak dış şartlara alıştırılır. Ayrıca tomurcuklar içerisinde bulunan ve virüs taşımayan meristemlerin izole edilerek kültüre alınmasıyla da bitkiler virüslerden arındırılabilir.

2.3.2 Meristem içermeyen organlardan mikroüretim

Bitkilerin tüm hücreleri yeni bir bitki oluşturacak genetik şifre ve yeteneğe sahiptir. Eğer bu genetik şifre aktif hale getirilebilirse, meristem içermeyen yaprak, gövde ve kök gibi organlarda bulunan hücrelerden veya kültüre alınan tek hücrelerde yeni bitkiler elde edilebilmektedir (Özcan 2021). Hücrelerin bu şekilde yeni bitki üretme yeteneği totipotansi ve elde edilen sürgünler de adventif sürgün veya bitki olarak adlandırılmaktadır (Özcan vd. 2002). Bitki hücrelerinin sahip olduğu totipotansi yeteneğini kullanarak yeni bitkilerin elde edilmesini sağlayan en önemli bileşikler besin ortamlarına ilave edilen oksin ve sitokin grubu bitki büyümesini düzenleyicilerdir. Besin ortamlarında iyi bir oksin/sitokin dengesi kurulduğunda sürgün rejenerasyonunun en zor olduğu bitkilerin hücrelerinden dahi yeni bitkilerin elde edilmesi mümkündür. Bu rejenerasyon, besin ortamına ilave edilen oksin ve sitokin çeşidi ve miktarına göre organogenesisiz (organ oluşumu) veya embriyogenesisiz (embriyo oluşumu şeklinde olabilmektedir (Gürel ve Türker 2002). Ancak bu yöntemle elde edilen bitkilerde düşük oranlarda da olsa somaklonal varyasyonlar olabilmektedir (Bürün 2002).

2.4 Tohum Çimlenmesi

Tohum çimlenmesi bitkilerin yaşam döngüsünün ve fideye dönüşüm sürecinin ilk aşamasıdır. İnaktif safhadaki kuru tohumun çimlenme aşamasına geçebilmesi için su, oksijen ve uygun sıcaklık gereklidir (Makhaye vd. 2021). Çimlenme olayı tohum kabuğu aracılığıyla oksijen ve suyun tohum içerisine alınmasından sonra embriyonun giberellinler (GA) başta olmak üzere fitohormonları üretmesi ve embriyo hücrelerinin büyümesiyle başlar (Ali ve Elezouri 2017). Bu aşamada eş zamanlı olarak tohum çimlenmesini engelleyen absisik asit (ABA) seviyesinde de azalma meydana gelir (Ali ve Elezouri 2017). Daha sonra tohum kabuğu açılarak önce kökçük, ardından yaprakları ve sapı içeren sürgün gelişir. Tohumun çimlenme süresi türlere göre büyük farklılıklar göstermektedir. Bazı türlere ait tohumlar birkaç gün içerisinde çimlenmesine karşın, uygun koşullar sağlansa dahi bazı bitki türlerine ait tohumların çimlenebilmesi için aylar gerekebilir. Bu gecikmenin başlıca nedenleri ise tohum dormansisi (uyku hali) ve tohum kabuğunun sert olmasıdır. Dormansi olayı büyük orandan absisik asit (ABA) ve giberellinler (GA) başta olmak üzere tohum içerisindeki fitohormon dengesinden kaynaklanmaktadır (Savaedi vd. 2019). Bu özellikleri sayesinde tohumlar doğada kademeli olarak çimlenmek suretiyle kuraklık ve don gibi iklim koşullarının vermiş olduğu zarardan en az etkilenecek soylarının devam etmesini garanti altına alırlar. Ancak, tarımı yapılan bitki türlerinde dormansi ve sert tohum kabuğu istenmeyen bir özelliktir. Tohumların aynı anda ve ekimden sonra kısa süre içerisinde çimlenmesi istenir.

Sert tohum kabuğundan kaynaklanan çimlenmeme durumunu engellemek için tohum kabuğunun çatlatılması, zımparalanması, asitle muamele ve belirli bir süre soğuk veya sıcak suda bekletilmesi gibi yöntemler etkili olabilmektedir. Tohumun fizyolojik dormansisini kırmak için ise tohumların soğuk, GA, oksin ve sitokininlerle ön muameleye tabi tutulması çimlenme oranını ve hızını önemli oranda artırabilmektedir (Ali ve Elezouri 2017). İlave olarak GA, oksin ve sitokinin gibi önemli fitohormonlar bakımından zengin olan makroalg özütlerin de tohum çimlenmesini artırmak için önemli bir biyostimulant kaynağı olduğu bildirilmiştir (Jafarlou vd. 2021, Kakade vd. 2022). Bu tez çalışmasında da *J. rubens* ve *C. barbata* makroalg özütleri domates (H.2274 çeşidi), biber (Sera Demre

8 çeşidi), nohut geveni ve yabancı otlak arpası türlerinde tohum çimlenme oranının, çimlenme hızının ve fide gelişiminin artırılması için kullanılmıştır.

Patlıcangiller (Solanaceae) familyasından olan domates ve biber türleri ülkemizde ve dünyada en yaygın olarak üretilen ve tüketilen sebzelerin başında gelmektedir. Ülkemizde bu türler kışın seralarda diğer mevsimlerde ise tarla şartlarında yetiştirilerek 12 ay boyunca üretilmektedir. Ülkemizde üretilen domates ve biberin ihracat potansiyeli de oldukça yüksektir. Dünyada domates üretim miktarı bakımından Türkiye Çin ve Hindistan'dan sonra üçüncü sıradadır. Ülkemizde 2023 yılında üretilen domates miktarı 13 milyon ton olup, bu üretimin 587 bin tonu ihraç edilmektedir (FAO 2024, Tarde-MAP 2024). Dünya biber üretiminde ise Çin'den sonra ikinci sırada gelen Türkiye'nin yıllık biber üretimi yıllara göre değişmekler birlikte 3 milyon ton'un üzerindedir (FAO 2024). Ülkemiz açısından son derece önemli olan domates ve biber üretiminde yüksek verim elde edilmesinden dolayı çok büyük oranda hibrit tohum kullanılmaktadır. Hibrit tohumların oldukça pahalı olmaları nedeniyle çimlenme oranı ve hızının yüksek olması istenmektedir.

2.5 Kaynak Özetleri

Bu bölümde tez çalışmasıyla doğrudan ilgisi olan çalışmaları kapsayacak şekilde alglerin in vitro bitki gelişimi, tohum çimlenmesi ve bitkisel üretim üzerine etkileri konusundaki çalışmalar özetlenmiştir.

2.5.1 Makroalg özütlerinin in vitro bitki gelişimi üzerine etkisi

Vinoth vd. (2012) 1.5 mg/L TDZ ve 1.5 mg/L IBA içeren MS ortamında elde ettikleri mini domates sürgünlerini farklı konsantrasyonlarda IP, zeatin, *Gracilaria edulis* ve *Sargassum wightii* makroalg özütleri içeren MS besin ortamına aktarmışlardır. En fazla sürgün uzunluğu (15.2 cm) %30 *G. edulis* ilave edilen ortamdan elde edilirken, en iyi köklenme ise %50 *S. wightii* içeren ortamdan elde edilmiştir.

Kannan vd. (2014) tıbbi değeri olan *Withania somnifera* bitkisinde sentetik kimyasallar yerine biyostimülant olarak makroalg özütü kullanılarak uygun maliyetli ve etkili bir mikroüretim yöntemi geliştirmeyi amaçlamışlardır. 2,4-D içeren MS ve Gamborg B5 ortamında elde ettikleri kallusları farklı konsantrasyonlarda (%10, 20, 40, 60, 80 ve 100) ticari PYCOCOLIN makroalg özütü içeren MS besin ortamında sürgün rejenerasyonu için kültüre almışlardır. Kallus başına en yüksek sürgün sayısı 8.6 adet ile %40 makroalg ilave edilmiş MS besin ortamından elde edilmiştir. %80 deniz yosunu içeren ortamlarda ise kallus başına sürgün sayısı azalarak 4.3 adet olmuştur. Çalışma sonucunda *W. Somnifera* bitkisinin klonal çoğaltılması ve korunması için in vitro mikroüretimde sentetik büyüme düzenleyicileri yerine makroalg özütlerinin kullanılabileceği bildirilmiştir.

Satish vd. (2015) *Gracilaria salicornia*, *Padina gymnospora*, *Padina boergesenii*, *Gelidiella acerosa*'dan elde ettikleri makroalg sıvı özütlerinin patlıcanın Pusa purple long çeşidinin hipokotil ve yaprak eksplantlarından in vitro mikroüretimde etkisini araştırmışlardır. MS besin ortamına %20-40 oranında ilave edilen makroalg özütlerinin in vitro çimlenmeyi önemli oranda artırmıştır. Sürgün çoğalması için dört makroalg türüne ait özütler farklı oranlarda (%10-60) ayrı ayrı MS besin ortamına ilave edilmiştir. En yüksek oranda sürgün rejenerasyonu (%96.2), sürgün uzunluğu (6 cm) ve köklenme (%95.2) MS besin ortamına %20-40 oranında makroalg özütü ilave edildiğinde elde edilmiştir.

Satish vd. (2016) *Gracilaria edulis* ve *Padina boergesenii*'den elde ettikleri sıvı makroalg özütlerini parmak darısı bitkisinin in vitro çimlenme ve rejenerasyon çalışmalarında kullanmışlardır. Darı tohumları %0-100 oranında özütü ile çimlendirmeye alınmıştır. %60 *G. edulis* özütü PR-202 darı genotipinde diğer uygulamalara göre daha yüksek oranda çimlenme (%99,6), taze ağırlık (1,1 mg fide-1), sürgün uzunluğu (13,4 cm), kök sayısı (4,8) ve kök uzunluğu (8,6 cm) sağlamıştır. Ayrıca darı sürgün ucu meristemleri kallus oluşumu ve somatik embriyogenesiz eldesi için 3-5 mg/L 2,4-diklorofenoksiasetik asit (2,4-D), 2,4,5 triklorofenoksiasetik asit, 0,1-1,0 mg/L kinetin ve %10-40 oranında *G. edulis* veya *P. Boergesenii* özütü içeren MS ortamında kültüre alınmıştır. Çalışmada kallus oluşumu, somatik embriyogenesiz ve rejenerasyon için en uygun alg özütü oranları

sırasıyla %20, %40 ve %50 olarak belirlenmiştir. 4,0 mg/L 2,4-D ve 0,5 mg/L kinetin içeren MS ortamında %53.2 oranında somatik embriyogenezis elde edilirken, besin ortamına *G. edulis* özütü ilavesi bu oranı %66.6'ya çıkarmıştır. Ayrıca besin ortamına özüt ilave edilmesi embriyogenik kallus oluşumunu, sürgün uzamasını ve köklenmeyi de teşvik etmiştir.

Esrerti vd. (2017) çalışmalarında *Fucus spiralis*, *Cystoseira myrio-phylloides* ve *Laminaria digitata*'dan elde ettikleri makroalg özütlerinin in vitro bitki gelişim üzerine etkisini araştırmışlardır. *C. myrio-phylloides* türüne ait özütü %25 oranında ¼ oranında MS içeren besin ortamına ilave ettiklerinde *Nicotiana benthamiana* yaprak diski eksplantlarından adventif sürgün rejenerasyonunda geleneksel rejenerasyon ortamına göre %620 oranında bir artış sağlamışlardır. Benzer şekilde, *F. spiralis* ve *L. digitata* özütleri de *N. Benthamiana*'nın sürgün rejenerasyonunda yaklaşık %500 oranında bir artış meydana getirmiştir. Ancak, besin ortamındaki makroalg özütü %50'ye çıkarıldığında, yalnızca *C. myrio-phylloides* sürgün rejenerasyonunu önemli ölçüde artırmıştır. Ayrıca, bu çalışmada makroalg özütünün *N. benthamiana*, üzüm, erik ve kayısının in vitro gelişen sürgünlerinde sürgün uzunluğu, yaprak sayısı ve boğum araları üzerine etkisi de incelenmiştir. *F. spiralis* ve *C. myrio-phylloides* özütleri tek başına ve düşük konsantrasyonlarda (%2,5 ve %12,5) kullanıldıklarında *N. Benthamiana*'nın sürgün gelişimi üzerine tek başına MS kullanımı kadar etkili olmuştur. Ancak, asma, erik ve kayısının mikroüretimi için %50 oranında *F. spiralis* ve *C. myrio-phylloides* özütünün %50 oranında normal mikroüretim ortamıyla karıştırılması gerekli olmuştur. İlave olarak köklendirme ortamına makroalg ilave edilmesi köklenmeyi de artırmıştır.

Mahendran vd. (2018) *Gloriosa superba* bitkisinin rizom eksplantlarını kullanarak somatik embriyogenesis ve bitki rejenerasyonu için farklı bitki büyüme düzenleyicileri (PGR'ler), *Ulva lactuca* özütleri (ULE) ve fikomolekül kaplı *U. lactuca* gümüş nanopartikülleri (ULAgNP'ler) kullanılarak etkili bir yöntem geliştirmişlerdir. Farklı oranlarda 2,4-D (1,0-5,0 mg/L), NAA (0,5 mg/L), ULE (%10–50) ve ULAgNP'ler (0,1–0,5 mg/L) MS besin ortamına ilave edilerek rizomlardan kallus kültürleri başlatılmıştır. Daha sonra kallus dokuları somatik embriyo gelişimi için 0,5-2,5 mg/L BAP, 0,5-2,5 mg/L kinetin, 0,1-0,5 mg/L ULAgNP'ler ve %20 ULE ile birlikte 0,5 mg/L NAA'nın

farklı konsantrasyonları ve kombinasyonları ile güçlendirilmiş MS ortamında aktarılmıştır. En yüksek embriyo oluşum oranı %100 ile 0,5 mg/L ULA_gNP, 2,0 mg/L BAP, 0,5 mg/L ABA, 0,5 mg/L gümüş nitrat (AgNO₃) ve %20 ULE içeren ortamdan elde edilmiştir. Embriyolardan en yüksek oranda (%86,1) sürgün oluşumu ise 0,3 mg/L ULA_gNP, 5,0 mg/L gibberellik asit (GA₃), 2,0 mg/L BAP, 0,5 mg/L adenin sülfat ve %20 ULE içeren MS ortamında sağlanmıştır. İyi köklenmiş bitkicikler %70 başarıyla dış şartlara alıştırılmıştır. Sonuç olarak *U. lactuca* özütünden elde edilen gümüş nanopartiküllerinin, *G. superba* bitkisinde somatik embriyogenezis ve bitki rejenerasyonunu artırmak için biyostimülant kaynağı olarak kullanılabilceği bildirilmiştir.

Albuquerque vd. (2019) Akdeniz'in bazı bölgelerinde yerli türler ve doğal ekosistemler için önemli bir tehdit oluşturan istilacı makroalgler *Caulerpa cylindracea* ve *Asparagopsis taxiformis* özütlerini in vitro besin ortamlarında değerlendirmeyi amaçlamışlardır. *C. cylindracea* ve *A. taxiformis*'in %10'luk özütün in vitro kültür ortamında kullanılmasıyla kayısının hipokotil eksplantlarından sürgün rejenerasyon oranı ve eksplant başına sürgün tomurcuk sayısını önemli artırmıştır. Ayrıca bu makroalg özütlerinin bitki büyüme düzenleyicileriyle birlikte kullanılması elde edilen sonuçları daha da artırmıştır.

Vinoth vd. (2019a) in vitro elde ettikleri 3 cm'den uzun domates sürgünlerini sürgünleri bitki büyümesini düzenleyici ve makroalg özütü içeren besin ortamında kültüre almışlardır. Besin ortamına 0.4-2.0 mg/L), 2iP, 0.4-2.0 mg/L GA₃ ve %30 *Gracilaria edulis* özütü ilave etmişlerdir. En yüksek sürgün uzaması 14.7 cm ile 1.2 mg/L 2iP ve %30 *G. edulis* özütü içeren besin ortamından elde edilmiştir. Bu sürgünlerde en yüksek kök uzunluğu ve kök sayısı ise 0.2 mg/L IBA ve %20 *Sargassum wightii* özütü içeren besin ortamında gerçekleşmiştir. Sera koşullarına aktarılan bitkilerin de %90'ı canlı kalarak gelişme göstermiştir.

Vinoth vd. (2019b) Bitki büyüme düzenleyicileri ve *Sargassum polycystum* makroalg özütü kullanarak *Vigna unguiculata* bitkisi için etkili bir rejenerasyon yöntemi geliştirdiklerini bildirmişlerdir. Öncelikle *V. unguiculata* tohumlarını farklı oranlarda

makroalg özütünde çimlendirmişlerdir. En yüksek oranda çimlenme (%100) %20 özüt kullanımında elde edilmiştir. *V. unguiculata*'da in vitro çoklu sürgün sağlayan TDZ ve Kinetin ile birlikte *S. polycystum* özütü kullanılmıştır. *S. polycystum* özütü kullanımıyla eksplant başına sürgün sayısı 10.2'den 14.8'e artmıştır. Ayrıca makroalg özütü in vitro sürgünlerin uzamasını ve köklenmesini de teşvik etmiştir.

Carmo vd. (2020) tehlike altındaki *Comanthera mucugensis* bitkisinin in vitro mikroüretiminde biyostimülant kaynağı olarak kırmızı makroalg özütlerinin etkisini araştırmışlardır. *Argardhiella subulata*'dan elde edilen farklı konsantrasyonlardaki özütlerin (0, 1, 2, 3 ve 4 mg/mL) ilave edildiği ½ MS besin ortamında *C. mucugensis* bitkilerinin çimlenme ve gelişmesi 370 gün boyunca incelenmiştir. Tomurcuk oluşumunu teşvik etmek için mikro bitkiler ½ MS, ½ MS + 1 mg/mL *Hpynea pseudomusciformis* özütü ve ½ MS + 1 mg/mL *Gracilaria sp.* özütü olmak üzere üç farklı besin ortamına aktarılmıştır. Yüksek konsantrasyonlarda *A. subulata* özütleri *C. mucugensis*'in in vitro büyümesi ve tomurcuk oluşumunu teşvik etmesine rağmen tohum çimlenmesini, fide canlılığını ve bitki büyümesini azaltmıştır. *Gracilaria sp.* özütü mikro bitkilerde tomurcuk oluşumunu iki katına çıkarırken, *H. pseudomusciformis* özütü ise tomurcukların toprak üstü kısmı ve köklerinin büyümesini olumlu yönde etkilemiştir.

Anbazzhakan vd. (2022) yaptıkları çalışmada *Ceropegia maculata* bitki türünün in vitro elde ettikleri sürgünleri farklı konsantrasyonlarda (%10-30) *Ulva lactuca*, *Caulerpa scalpelliformis* ve *Sargassum wightii* makroalg özütleri içeren MS besin ortamında kültüre almışlardır. Kırk beş günlük kültür süresinden sonra en uzun sürgünler 14.56 cm ile %15 makroalg özütü içeren MS besin ortamından elde edilmiştir. Özüt içermeyen kontrol MS besin ortamında ise sürgünler çok yavaş gelişerek ancak 4.8 cm'ye ulaşabilmiştir. Ayrıca %20 *Sargassum wightii* içeren besin ortamında sürgünlerde yüksek oranda köklenme elde edilmiştir. Köklendirilen bitkiciklerde %95 başarı ile dış şartlara alıştırmıştır.

Kakade vd. (2022) yürüttükleri çalışmada makroalg *Sargassum ilicifolium* özütünü MS besin ortamına ilave ederek *Plumbago Zeylanica* bitkisinde in vitro tohum çimlenmesi, çoklu sürgün ve kök gelişimi ile plumbagin birikimi üzerine etkisini araştırmışlardır.

Tohum çimlenme oranı ve fide uzunlu %2 *S. ilicifolium* özütü ilave edilen ½ MS besin ortamında, 2.89 µM GA₃ içeren ortama göre sırasıyla 1.11 ve 1.28 kat daha fazla olmuştur. En yüksek eksplant başına sürgün sayısı ise %4 özüt içeren MS besin ortamından elde edilmiştir. Bu ortamdan elde edilen sonuçlar sırasıyla tek başına 3,33 µM BAP veya BAP'nın 4,28 µM IAA kombinasyonun ilave edildiği MS besin ortamından 2.26 ve 1.37 kat daha yüksek bulunmuştur. Benzer şekilde sürgün başına kök sayısı, kök uzunluğu ve plumbagin birikimi de %2.5 *S. ilicifolium* özütü içeren ½ MS besin ortamında, 6.15 µM IBA ilave edilen besin ortamına göre sırasıyla 1.34, 1.49 ve 1.44 kat artış göstermiştir.

Vinod vd. (2022) çeşitli bitkisel preparatlarda kullanılan withanolides içermesinden dolayı önemli bir tıbbi bitki olan *Withania somnifera*'da makroalg ve farklı in vitro kültür koşullarının sürgün biyokütle ve withanolides miktarı üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Ticari olarak 'Magic vita-P' ticari adıyla satılan *Kappaphycus alverizii* makroalg özütü tozu *W. Somnifera* bitkisinin katı, süspansiyon ve biyoreaktör kültürlerinde kullanılmıştır. Sürgün kültürlerinin 7 gün boyunca %0,25 makroalg özütü ile muamele edilmesi kontrol sürgünlere göre biyokütle ve withaferin içeriğinde sırasıyla 1,91 kat ve 3,05 kat daha fazla artış sağlamıştır. Ayrıca, biyoreaktör kültürleri, katı ve süspansiyon kültürlerine kıyasla daha yüksek oranda biyokütle ve withanolid birikimi sağlamıştır. Biyoreaktörde makroalg ile muamele edilmiş sürgünlerde katı ortamdaki kontrol sürgünlere göre withaferin A, withanolid A ve withanon içeriği bakımından sırasıyla 18.56, 8.96 ve 7.29 kat daha fazla birikim oluşmuştur.

Navarro vd. (2023) *Desmodesmus subspicatus* mikroalg özütünün ve bitki büyüme düzenleyicilerinin süs orkidesi olan *Cattleya warneri* bitkisinin in vitro mikroüretimi üzerine etkisini araştırmışlardır. Besin ortamlarını 8 µM BA ile birlikte 1.0 g/L özüt ilavesi in vitro protokorm rejenerasyonunu önemli oranda artırmıştır. Ayrıca, besin ortamına bitki büyüme düzenleyicileri yerine *D. subspicatus* özütünün kullanımın etkili bir alternatif olacağını bildirmişlerdir.

Gurusaravanan vd. (2024) elit pamuk çeşidi KC3 için bitki büyüme düzenleyicileri ile kırmızı makroalg *Kappaphycus alvarezii* polisakkarit özütünün kombinasyonunu

kullanılarak etkili ve tekrarlanabilir bir in vitro rejenerasyon protokolü geliştirmişlerdir. Maksimum kallus oluşumu (%89,4) %4.0 glikoz, 1.5 mg/L TDZ, 0.6 mg/L 2,4-D ve 30 mg/L polisakkarit içeren MS besin ortamında kültüre alınan hipokotil eksplantlarından elde edilmiştir. İyi gelişmiş sarı, yeşil ve ufalanabilir yapıdaki kalluslar daha sonra sürgün oluşturma ortamına aktarılmıştır. En yüksek oranda (%85.2) ve eksplant başına en yüksek sayıda (9.5 adet) sürgün %4.0 glikoz, 2.0 mg/L 2iP, 1,0 mg/L kinetin, 1.0 mg/L 6- BAP ve 40 mg/L polisakkarit içeren MS besin ortamından elde edilmiştir. Gelişen sürgünler son olarak köklenme için IAA, IBA, NAA ve polisakkarit içeren MS besin ortamına alınmıştır. Sürgün başına en fazla kök sayısı (12.9 adet) ve kök uzunluğu (8.6 cm) 30 mg/L polisakkarit ve 0.6 mg/L IBA içeren MS ortamında sağlanmıştır.

2.5.2 Makroalg özütlerinin tohum çimlenmesi ve fide gelişimi üzerine etkisi

Demir vd. (2006) makroalgler yeşil alglerden *Codium tomentosum*, kırmızı alglerden *Gracilaria gracilis* ve kahverengi alglerden *Cystoseira barbata* türlerine ait süspansiyonların domates, biber ve patlıcan tohumlarının optimum (25 °C) ve düşük sıcaklıkta (15 °C) çimlenmeleri üzerine etkisini araştırmışlardır. *C. tomentosum* ve *C. barbata* türlerine ait süspansiyonlar her iki sıcaklıkta biber ve patlıcanda çimlenmeyi önemli oranda artırmıştır. Süspansiyonların çimlenme üzerine olumlu etkisi düşük sıcaklıkta çok daha fazla olmuştur.

Akyurt vd. (2011) Giresun sahillerinden topladıkları *Ulva lactuca* makroalgini tatlı su ile yıkadıktan sonra küçük parçalar şeklinde doğrayarak oda sıcaklığında 2 aylık bir sürede fermantasyona bırakarak sıvı organik gübre olarak kullanmışlardır. Elde ettikleri bu organik gübrenin brokoli ve ıspanak tohumlarının laboratuvarında ve saksılarda çimlenmesi üzerine etkisini araştırmışlardır. Brokoli bitkisinde gübre kullanılmayan kontrol grubunda çimlenme oranı %45, kimyasal gübre uygulamasında %50 olurken, makroalg gübresinin uygulandığı denemelerde %85 olmuştur. Öte yandan, makroalg uygulamasının ıspanak tohumlarının çimlenmesinde etkili olmadığı gözlenmiştir.

Hernandez-Herrera vd. (2014) *Ulva lactuca*, *Padina gymnospora*, *Caulerpa sertularioides* ve *Sargassum liebmannii* türlerinden elde ettikleri sıvı deniz yosunu

özütlerinin farklı konsantrasyonlarda (%0.2, %0.4 ve %1.0) laboratuvar ve sera koşullarında domates tohumlarının çimlenmesi ve bitki büyümesi üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Elde ettikleri sonuçlara göre *U. lactuca* ve *P. gymnospora* özütleri düşük konsantrasyonlarda (%0.2) tohumların çimlenme hızını, çimlenme indeksini, plumula ve radikül uzunluğu ile fide canlılığını artırdığını bildirmişlerdir.

Arokiarajan vd. (2020) *Capsicum annuum* tohumlarını deniz yosunu biyogübresi olarak kullanılan *Padina gymnospora*, *Gracilaria edulis* ve *Ulva fasciata* makroalg türlerine ait farklı konsantrasyonlardaki (%2, 4, 6, 8 ve 10) sıvı özütler ile 24 saat boyunca ön muameleye tabi tutmuşlardır. *P. gymnospora*'nın %8'lik, *G. edulis*'in %6 ve *U. fasciata*'nın %8 oranındaki özütleri çimlenme oranını artırmıştır. Bu üç deniz yosunu içerisinde *P. gymnospora*'nın %8 oranındaki özütü çimlenme parametreleri bakımından diğer yosun özütlerinden daha yüksek sonuçlar vermiştir. *P. gymnospora*'nın %8 oranındaki özütününün *C. annuum*'un çimlenme sürecini ve fitokimyasal içeriğini iyileştirebileceği sonucuna varılmıştır.

Bahmani Jaforlou vd. (2021) çalışmalarında *Sargassum angustifolium* makroalg ve *Spirulina platensis* mikroalg özütlerinin farklı oranlarda tuz stresi altında süt otu (*Calotropis procera*) tohumlarının çimlenmesi ve gelişimi üzerine etkisini araştırmışlardır. Süt otu tohumları 0, 5, 10 ve 15 ml/L yosun özütleriyle ön muamele edildikten sonra 0, 7.5, 15 ve 30 dS m⁻¹ tuz stresine maruz bırakılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre yosun özütü ile ön muameleye tabi tutulan tohumların çimlenerek 15 dS m⁻¹'e kadar tuzluluğa tolerans gösterdiği bildirilmiştir. 10 ml/L makroalg özütü 7,5 dS m⁻¹'e maruz bırakılan tohumlarda çimlenmeyi %42 oranında artırırken, 5 ml/L mikroalg özütü 7,5, 15 ve 30 dS m⁻¹'de sırasıyla çimlenmede %60, %65 ve %60 oranında bir artış sağlamıştır. Ayrıca, 10 ml/L makroalg özütü 0 ve 7.5 dS m⁻¹'e tabi tutulan tohumlarda canlılık indeksini sırasıyla %55 ve %86,6 oranında iyileştirirken, 5 ml/L mikroalg özütü ise 0, 7,5 ve 15 dS m⁻¹'de canlılık indeksini sırasıyla %54, %66 ve %9 oranında artırmıştır. Ayrıca her iki yosunun 10 ml/L oranında kullanılması 15 dS m⁻¹'in altındaki tuzlulukta kontrole göre kök ve sürgün uzunluğu ile kök-sürgün oranı da önemli oranda artırmıştır.

Pacheco vd. (2021) makroalglerde bulunan başlıca karbonhidratlar olan agar, karaginin ve aljinat'ı kırmızı makroalgler *Gracilaria gracilis*, *Asparagopsis armata*, *Calliblepharis jubata*, *Chondracanthus teedei* var. *lusitanicus* ve *Grateloupia turuturu*; kahverengi makroalgler *Colpomenia peregrina*, *Sargassum muticum* ve *Undaria pinnatifida*'dan izole ederek kimyasal karakterizasyon yapmışlardır. Daha sonra, bu sülfatlanmış polisakkaritlerin lahanana (*Brassica oleracea*)'nın gelişmesi üzerindeki etkisini araştırmışlardır. *Calliblepharis jubata* ve *Chondracanthus teedei*'den elde edilen karaginin ile *Gracilaria gracilis*'ten izole edilen agar lahananın büyümesi üzerinde olumlu etki yapmıştır.

Hernandez-Herrera vd. (2023) çalışmalarında *Eisenia arborea*, *Padina caulescens*, *Macrocystis pyrifera*, ve *Sargassum horridum*'dan elde edilen dört makroalg sıvı özütünde bulunan bileşenler ve sekonder metabolitler arasındaki potansiyel ilişkileri ve domates fidelerinin çimlenmesi, büyümesi ve protein içeriğindeki değişikliklere etkilerini incelemişlerdir. *E. arborea* ve *S. horridum* özütleri farklı konsantrasyonlarına rağmen benzer bileşimler (kül, organik karbon, bikarbonatlar ve klorürler), mineraller (Ca, Fe ve Cu) ve sekonder metabolitlere (triterpenler ve saponinler) sahip oldukları gösterilmiştir. *P. caulescens* özütünün kimyasal bileşimi diğer özütlerden önemli ölçüde farklılık göstererek daha yüksek seviyelerde toplam azot, fenol ve karbonhidrat içermiştir. *S. horridum* özütü hariç, diğer makroalg özütleri tohum çimlenmesi ve fide uzunluğu üzerinde yararlı etkiler göstermiştir.

Kaniyassery vd. (2024) kahverengi alg *Turbinaria decurrens*'ten izole ettikleri düşük (LMF) ve yüksek (HMF) moleküler fraksiyonlardaki fukoidanları (kahverengi makroalgleri hücre duvarlarında bulunan sülfatlanmış polisakkarit) patlıcan ve parmak darısının in vitro tohum çimlenmesi, fide büyümesi, kallus gelişimi, sürgün rejenerasyonu ve kök oluşumu üzerine etkisini araştırmışlardır. Elde edilen sonuçlara göre her iki bitki türünde de MS besin ortamına ilave edilen fukoidanlar kontrol MS ortamına göre tohum çimlenmesi ve fide gelişimini artırmıştır. Patlıcanda 1 mg/L LMF fukoidan uygulaması maksimum çimlenme (%91,6) sağlarken, darıda ise 0,1 ve 0,5 mg/L LMF fukoidan çimlenme oranını önemli oranda artırmıştır (%41,6 ve 46). Patlıcanda maksimum taze ağırlık 1,0 mg/L LMF ilavesiyle elde edilirken, en yüksek kuru ağırlık ise 1,0 mg/L LMF

ve 0,5 mg/L HMF kullanımında sağlanmıştır. Parmak darıda ise maksimum kuru ağırlık 0,5 mg/L LMF ve 1,0 mg/L HMF kullanımından elde edilmiştir. Kallus gelişiminde ise en yüksek değer patlıcanda 0,1 mg/L LMF ile muamele edilen grupta kaydedilmiştir. Benzer şekilde, sürgün ucu başlangıcı, çoğalma ve bitkicik rejenerasyonu besin ortamına 0.1 mg/L LMF fucoidan edilmesiyle önemli oranda artmıştır.

Bhuvaneshwari vd (2024) *Halimeda opuntia* makroalg özütü kullanılarak sentezlenen çinko oksit nanopartiküllerinin (ZnO NP'leri) farklı konsantrasyonlarının (25, 50, 75 ve 100 ppm) mısır tohumunun çimlenmesi üzerine etkisini araştırmışlardır. Kontrol grubuna göre ZnO NP'lerin kullanımı çimlenme oranını önemli ölçüde artırmıştır. En yüksek çimlenme oranı üzerine etkisi (%90) 50 ppm kullanıldığında elde edilmiştir. Ayrıca, 50 ppm ZnO NP hem kök hem de sürgün uzunluğunu ile fidelerin kuru madde ağırlığının önemli ölçüde artırmıştır. Elde edilen sonuçlara göre *H. opuntia*'nın sıvı ekstraktı kullanılarak sentezlenen çinko oksit nanopartiküllerinin mısır tohumlarının çimlenmesi, gelişmesi ve verimliliğini artırmak için kullanılabilceği bildirilmiştir.

2.5.3 Makroalg özütlerinin in vivo bitki gelişimi üzerine etkisi

Oğuz Künili (2016) yaptığı çalışmada makroalgler *Ulva rigida* ve *Colpomenia sinuosa* türlerinden elde ettiği özütleri sıvı gübre olarak *Cystoseira barbata* yetiştiriciliğinde kullanmıştır. Denemeler 35 hafta boyunca sürdürülmüş ve her gün *C. barbata* yetiştirme ortamına makroalg özütü ilave edilmiştir. Her beş günde bir de biyokütle artışı izlenmiş, deneme sonunda da *C. barbata*'nın büyüme hızı ve biyokimyasal içeriğindeki değişimler incelenmiştir. Büyüme hızı en fazla 2 ml/L *U. rigida* özütü ilave edilen ortamlarda elde edilmiştir. Benzer şekilde alg özütü ilavesi *C. barbata*'da yağ ve protein içeriğinde de artış sağlamıştır.

Mahmoud vd. (2019) kahverengi makroalg *Sargassum vulgare* özütünün 3 ml/l oranında 12 saat süreyle ekimden önce tohumu ıslatarak kullanılmasının, ayrıca ekimden 20 gün sonra bir kez 1, 2 veya 3 ml/l oranlarında yaprak püskürtme olarak uygulanmasının Celesta F1 hibrit kırmızı turp bitkilerinin yaprak ve köklerinin vejetatif gelişimi, verimi ve bazı besin değerleri üzerine etkisi incelemişlerdir. Elde edilen sonuçlar, deniz

yosununa batırılmış tohumların, suya batırılmış tohumlara kıyasla ölçülen tüm karakterlerde önemli ölçüde daha yüksek değerler verdiğini göstermiştir. En yüksek oranda deniz yosunu özütünün (3 ml/L) yaprak püskürtme uygulamasının, diğer uygulamalara kıyasla çalışılan tüm karakterlerde önemli oranda yüksek değerleri verdiği bildirilmiştir. En etkili uygulamanın ise ekimden önce tohumların deniz yosununa batırılması ve ekimden 20 gün sonra bir kez 3 ml/L deniz yosunu özütünün yapraklara püskürtülmesi olduğu bildirilmiştir.

Engin vd. (2019) *Ulva rigida* makroalginin fasulye yetiştiriciliğinde organik gübre olarak kullanımını araştırmışlardır. Yaptıkları saksı denemesinde kontrol, çiftlik gübresi, ithal makroalg gübresi (Algreen) ve *U. rigida* kuru biyokütlesinin 5 farklı dozu uygulanmıştır. Çalışmada *U. rigida* kullanımını fasulye verimini kontrol ve Algreen uygulamasına göre önemli oranda artırmıştır. En yüksek verim saksı başına 150 g *U. rigida* uygulamasından elde edilmiştir.

Saadaoui vd. (2019) in vitro kallus kültürlerinden elde edilen hurma bitkiciklerini aktardıkları toprağa organik besin kaynağı olarak farklı konsantrasyonlarda mikroalg *Tetraselmis* sp. biyokütlesi kullanmışlardır. Çalışmada gübresiz toprak ve 1 g kimyasal gübre NPK (10–10–10) verilmiş toprak sırasıyla negatif ve pozitif kontrol olarak kullanılmıştır. 0.5 g Mikroalg biyokütlesinin verildiği toprak kimyasal gübrenin verildiği toprağa kıyasla daha fazla gövde uzunluğu, yaprak sayısı, gövde kalınlığı, toplam klorofil seviyesi ve %100 köklenme sağlamıştır. Ayrıca, alg biyokütlesinin verildiği toprağın kimyasal analizi sonucunda topraktaki toplam azot, potasyum ve fosfor miktarının arttığı gösterilmiştir.

Abbas vd. (2020) dört soğan farklı soğan çeşidinin vejetatif büyümesini, üreme davranışını ve kalite özelliklerini üzerine ticari deniz yosununun (Wokozim, Jaffer Agro Services Private Ltd.) etkisini araştırmışlardır. Her bir çeşide yapraktan %0 (kontrol), %0,5, %1, %2 ve %3 olmak üzere dört seviyede makroalg özütü sprey edilmiştir. Özüt uygulaması mineral içeriğinde (N, P ve K), soğan ağırlığında ve verimde önemli bir artışa neden olmuştur. Makroalg özütünün %0.5 oranında kullanımını dört soğan çeşidinin

verimini ve besin içeriklerini artırırken, en yüksek konsantrasyon olan %3 ise farklı soğan çeşitlerinde askorbik asidi artırdığı sonucuna varılmıştır.

Hussein vd. (2021) çalışmalarında kahverengi makroalgler *Durvillaea potatorum* ve *Ascophyllum nodosum*'dan elde edilen özütün domates bitkileri ve toprak üzerindeki etkilerini araştırılmıştır. Makroalg özütü domates bitkisinin büyümesini (çiçek salkımları, çiçek sayısı, meyve sayısı, kök uzunluğu, kök ve sürgün kuru ağırlığı) önemli bir şekilde iyileştirerek verim ve kaliteyi artırmıştır. Benzer şekilde özüt uygulaması, toprak sağlığıyla ilgili toplam bakteri sayısını ve kullanılabilir toprak azotunu artırarak toprak kök bölgesindeki toprak biyolojisini etkilemiştir.

Arioli vd. (2021) çalışmalarında kahverengi makroalgler *Durvillaea potatorum* ve *Ascophyllum nodosum*'dan elde edilen özütün Avustralya iklim koşullarında yetiştirilen asmaların verimi üzerine topraktan uygulamanın etkinliğini belirlemeyi amaçlamışlardır. Çalışmada beş lokasyonda, üç Avustralya eyaletinde, dört çeşitte ve yedi tarla denemesinde (2012-2017) yapılmış olup, veriler doğrusal karma model yaklaşımı kullanılarak analiz edilmiştir. Analiz sonuçları makroalg özütünün tekrarlayan toprak uygulamalarının birden fazla yetiştirme yılında üzümü verimini ortalama %14,7 oranında artırdığını ortaya koymuştur. Kısmi bütçe analizi, deniz yosunu özütünün kullanımının üzüm çeşidine bağlı olarak karı artırdığını göstermiştir.

Ahmed vd. (2022) ticari *Ascophyllum nodosum* makroalg özütü formülasyonunu (Amino Seaweed, SV Group, Bangkok, Tayland) su eksikliği stresi altında domatesin büyümesi, fizyolojik ve biyokimyasal parametreleri, meyve verimi, kalitesi ve su verimliliği üzerindeki etkisini araştırmak için saksı denemelerinde toprağı ıslatma şeklinde veya yapraklara püskürtmüşlerdir. Özütün toprağı ıslatma şeklinde verilmesi yapraklara püskürtmeden daha etkili olmuştur. Ticari özüt üç toprak nem seviyesinde (%50, 75 ve 100 tarla kapasitesi) toprak ıslatma (Deney 1) veya yaprak spreyi (Deney 2) olarak beş dozda (0, 2,5, 5, 10 ve 20 ml/L) uygulanmıştır. Özütün 5 ml/L toprak ıslatılması veya yapraktan püskürtülmesi şeklinde verilmesi tüm toprak nem seviyelerinde etkili olmuştur. Bu oran kontrole göre özellikle yüksek su stresine (%50) tabi tutulan bitkilerde meyve

verimini, fizyolojik/biyokimyasal özellikleri ve meyve kalitesini önemli oranda artırmıştır.

Hamouda vd. (2022) bu çalışmada *Ulva fasciata* ve *Ulva lactuca*'dan ekstrakte ettikleri çözünür polisakkaritlerin mısır bitkisinin karbonhidrat, askorbik asit, toplam fenolik, katalaz ve peroksidaz içeriği üzerine etkisini incelemiştir. 5 mg/mL çözünür polisakkarit uygulaması tüm parametreler bakımından en yüksek sonucu vermiştir. Bu uygulamada elde edilen sonuçlar karbonhidratlar, proteinler, fenol, µg askorbik asit/mL, mg peroksidaz/g kuru doku ve katalazın birim/g doku için sırasıyla 38.453, 96.76, 4.0, 835.0, 1.658, 7.462 ve 38615.19 mg/mL olmuştur.

Ali vd. (2023) *Acanthophora spicifera*, *Gracilaria ornata*, *Codium taylorii*, *Caulerpa serrulata* ve *Sargassum vulgare* makroalglerinden elde edilen alkali özütlerin etkinliğini hem in vitro hem de sera koşullarında domates ve tatlı biberde test etmişlerdir. Alg özütleri kontrol uygulamasına kıyasla çimlenme oranı %21.86, çimlenme indeksini %21.86 ve fide canlılık indeksini %105.8 oranında artırmıştır. Deniz yosunu uygulamaları fidelerde klorofil ve karotenoid içeriklerini de önemli oranda artırmıştır (sırasıyla %18.3 ve %42.5'e kadar). Sera denemelerinde %0.5 oranında alg özütünün yapraktan püskürtülmesi bakteri lekeli ve erken yanıklık hastalıklarını da önemli oranda düşürmüştür. Ayrıca, deniz yosunu özütü uygulamaları domatesin (%118.2-181.8) ve tatlı biberin (%47.1-70.6) meyve veriminde de önemli artışlar sağlamıştır.

Villa e Vila vd. (2023) *Ascophyllum nodosum* makroalginin domates bitkisinde verim ve verim öğeleri üzerine etkisini araştırmışlardır. Kontrolün yanı sıra %0.2 oranında *A. nodosum* özütü sulama suyuyla toprağa ve püskürtme şeklinde yapraklara beş kez uygulanmıştır. Özüt uygulamaları bitki büyümesini (bitki boyu, gövde çapı, yaprağın taze ve kuru kütlesi, gövde ve kök, yaprak sayısı, yaprak alanı, kök uzunluğu ve klorofil içeriği), verim bileşenlerini (meyve miktarı, meyve ağırlığı ve boyutu, salkım sayısı ve boyutu ve üretkenlik) ve toprak verimliliğini (makro besinler ve organik karbon dinamikleri) iyileştirmiştir. Özütün sulama suyuyla topraktan verilmesi yaprak uygulamalarına kıyasla daha etkili olmuştur. Sonuç olarak domateste %0.2 oranında *A. nodosum* özütü uygulaması sürdürülebilir tarım için önemli olduğu bildirilmiştir.

Punitha vd. (2024) çalışmalarında makroalgler *Turbinaria ornata*, *Sargassum wightii* ve *Halimeda opuntia*'dan elde edilen %10, %20, %30, %40, %50 ve %100 oranındaki özütleri *Vigna radiata* bitkisinin büyümesi ve biyokimyasal profil değişiklikleri üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Tohumlar farklı oranlardaki özütlerle muamele edildikten ve tohum çimlenmesi belirlendikten sonra ekimleri yapılmış olup, büyüme ve gelişme parametreleri incelenmiştir. *H. opuntia*'ya ait %20 oranındaki özüt *V. radiata*'da en fazla büyümeyi, mineral, yağ ve amino asit içeriklerini sağlamıştır. Tohum çimlenmesi, %20 özüte batırılmış *V. radiata* tohumlarında en yüksek oranda elde edilmiştir. Klorofil-a ve b konsantrasyonu ise *T. ornata* özütünün kullanımında önemli ölçüde artmıştır. Karotenoid içeriği *S. wightii* özütünde önemli ölçüde artarken kimyasal gübreye yetiştirilen bitkilerde azalma göstermiştir. Çalışma sonucundan araştırmacılar makroalg özütlerinin geniş ölçekli kullanımının sürdürülebilir ve organik tarımda önemli tarımsal ve çevresel avantajlar sağlayabileceğini belirtmişlerdir.

Arioli vd. (2024) Avustralya'da tarla şartlarında *Durvillaea potatorum* ve *Ascophyllum nodosum*'dan elde edilen makroalg özütlerinin avokado verim ve hasat sonrası meyve kalitesi üzerindeki etkinliğini ile saksı denemelerinde fide kök gelişmesini incelemişlerdir. Tarla deneyleri, dört yıl boyunca kuzey Queensland'daki üç farklı lokasyonda ticari çiftliklerde yürütülmüştür. Elde edilen sonuçlara göre makroalg özütünün sulama suyuyla uygulanmasının avokado verimini %38, meyve sertliğini %4 ve meyve kabuk rengini 1° (renk tonu) artırdığı ve görsel olgunluk puanını yükselttiği bildirilmiştir. Verimdeki artışlar ağaç başına daha fazla meyve sayısı ile ilişkilendirilmiş olup (%42'ye kadar), bu da makroalg özütünün ağaç başına meyve tutumunu ve tutunmayı iyileştirdiğini göstermiştir. Genç ağaçlara saksılarda makroalg özütünün düzenli olarak toprağa uygulanması kök taze ağırlığını %22 oranında artırmıştır. Sonuç olarak makroalg özütünün avokado ağaçlarına düzenli olarak uygulanmasının Avustralya bahçelerinde meyve üretimini ve hasat sonrası kaliteyi iyileştirmek için pratik ve ekonomik olarak uygulanabilir olduğu bulunmuştur.

Mousavi vd. (2024) çalışmalarında makroalg özütünün yapraktan uygulamasının 'Golden Delicious' elma çeşidinde verim, fizyolojik özellikler ve bazı elementlerin konsantrasyonları üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Uygulamalarda 2 adet makroalg

Seafer-100 (800 ve 1.200 mL/1000 L) ve Macys BC28 (2.000 ve 2.500 mL/1000 L) özütü ile kontrol (sprey distile su) dahil kullanılmıştır. Çalışmada makroalg özütünün verim, fizyolojik özellikler (titrasyon asitliği, çözünür katı madde içeriği, askorbik asit, prolin, fenol, çözünür şeker konsantrasyonu, klorofil a, b, toplam klorofil, karotenoidler, peroksidazlar, askorbat peroksidazlar, katalazlar, proteinler ve bağıl yaprak-su içeriği) ve elementler (N, P, K, Zn, Fe, Mg ve Cu)'in çoğunda önemli artışlar sağlamıştır. Genel olarak, makroalg özütünün kullanımı elmada meyve miktarını ve kalitesini iyileştirmiştir.

Jamwal vd. (2025) kırmızı makroalg *Solieria chordalis*'in beş farklı konsantrasyonunun (0,0, 2,5, 5,0, 7,5 ve 10,0 ml/L) Batı Himalayalar yetişen kutsal fesleğen (*Ocimum tenuiflorum* L.) üzerindeki etkisini ıslatma ve yaprak spreyi yöntemleriyle araştırmışlardır. Makroalgin 7.5 ml/L oranında uygulanması kontrole göre uçucu yağ içeriği, biyokütle, büyüme ve verimi önemli ölçüde iyileştirmiştir. Ayrıca yapraklara sprej uygulaması yaprakları ıslatmaya göre %50 daha fazla uçucu yağ içeriği sağlamıştır. *S. chordalis* uygulaması, kontrole karşılaştırıldığında sırasıyla %61.5, %17.6 ve %48.4 oranında öjenol, metil öjenol ve metil sinamat gibi uçucu yağ bileşenlerini önemli ölçüde artırmıştır.

Tian vd. (2025) tütün üzerinde çeşitli oranlarda yapraktan uygulanan farklı oranlarda *Ascophyllum nodosum* makroalg sıvı özütünün (0, 1, 3, 5 g/L) bitki gelişimi ve kurağa tolerans üzerine olan etkisini araştırmışlardır. Sonuçlar, sulama atlamanın tütünün bitki boyunu, yaprak alanını, gövde kalınlığı, yaprak sayısını, kök kuru ağırlığını ve sürgün kuru ağırlığını önemli ölçüde azalttığını göstermiştir. Öte yandan 5 g/L makroalg uygulaması tütünün büyümesini, biyokütlesini ve fotosentetik özelliklerini önemli ölçüde iyileştirmiştir. Ayrıca kuraklık koşullarının artmasının oksidatif stres niteliklerinin üretimini artırdığını, ancak optimum makroalg uygulamasının (5 g/L) besin alımını iyileştirdiğini ve çözünür şekerleri ile çözünür proteini artırdığını, prolin birikimini ve MDA malondialdehit içeriğini kontrole göre azalttığını ortaya koymuştur. Optimum makroalg oranın diğer makroalg uygulamalarına göre toplam şeker artışında ve metabolik aktivite de etkili olmuştur. Ayrıca 5 g/L makroalg uygulaması klorür iyonlarını sınırlayarak tütün yapraklarındaki azot ve potasyum içeriğini iyileştirmiştir. Genel olarak

yapraktan makroalg uygulaması tütün bitkilerinin büyümesini, kalitesini ve fizyolojik performansını artırırken kuraklık stresini hafifletmiştir.

Yogendra vd. (2025) mevcut çalışmayı *Kappaphycus alvarezii* makroalg sıvı özütünün önemli aromatik bitki sardunyanın (*Pelargonium graveolens*) büyümesi, verimi ve kimyasal bileşenleri üzerindeki etkisini incelemek için yürütmüşlerdir. İki yıl boyunca toplanan verilerin sonuçları %15 oranında *K. alvarezii* makroalg sıvı özütünün gübrelerle birlikte yapraklardan uygulanmasının kontrole göre bitki boyunu, bitki yeşil aksamını, ot verimini ve uçucu yağ profilini önemli ölçüde iyileştirdiğini ortaya koymuştur. Çalışma sonucunda %15 sıvı makroalg uygulaması sardunyanın performansını belirgin bir şekilde artırmıştır.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1 Materyal

Denemeler Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü Biyoteknoloji Laboratuvarlarında yürütülmüştür. Çalışmada makroalg materyali olarak Ege Denizi kıyılarında bulunan Kırmızı alg *Jania rubens* (L.) Lamx ve Karadeniz sahillerinde son derece yaygın olarak yetişen kahverengi alg *Cystoseira barbata* (Stackhouse) C. Agardh türleri kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan su bitkileri *Anubias barteri* var. nana (Engler) Crusio ve *Alternanthera reineckii* Brig. steril olarak cam kavnozlarda bulun stoklarımızdan alınarak kullanılmıştır. *Micranthemum tweediei* Benth. (Monte Carlo) ise Ankara'da yerel akvaryumculardan temin edilerek yüzey sterilizasyona tabi tutulduktan sonra denemelere alınmıştır. Çimlendirme çalışmalarında ise Balıkesir Tohumculuk Tarım San. ve Tic. A.Ş. Firmasından temin edilen H.2274 Domates çeşidi ve Sera Demre 8 biber çeşidine ait tohumlar kullanılmıştır.

3.2 Yöntem

3.2.1 Makroalg örneklerinin toplanması ve özütlerin hazırlanması

Çalışmada kullanılacak olan makroalgler Tarım ve Orman Bakanlığı, Doğa Koruma ve Milli Parklar Genel Müdürlüğünün izniyle toplanmıştır (Tarih: 30.10.2023, Sayı: E-21264211-288.04-11804912). Kırmızı alg *Jania rubens* İzmir Urla karantina adasından ve kahverengi alg *Cystoseira barbata* ise Trabzon Of sahillerinden (Şekil 3.1, Çizelge 3.1) Haziran ile Eylül ayları arasında toplanmıştır (Şekil 3.2, 3.3). Öncelikle deniz suyuyla yıkanan makroalg örnekleri plastik bidonlara yerleştirilerek soğuk zincirde laboratuvara getirilmiştir (Şekil 3.3d). Türlerin tanımlanması ise taksonomi kitapları ve referans herbaryumlarla çapraz referanslama yapılarak yapılmıştır. Üzerlerindeki tuz ve canlı organizmaları gidermek için örnekler musluk suyuyla dikkatlice 5 kez yıkandıktan sonra, son olarak safsuyla durulanmıştır. Yıkanmış ve temizlenmiş yosunlar bir hafta boyunca zaman zaman altüst edilerek açık havada gölgede kurutulduktan sonra

elektrikli değirmende kabaca öğütülmüştür (Şekil 3.4, 3.5). Öğütülen örneklerin ekstraksiyon işlemi Satish vd. (2015) ile Kakade vd. (2022) tarafından geliştirilen yöntemde bazı değişiklikler yapılarak gerçekleştirilmiştir. Ekstraksiyon için 500 g kuru alg tozu örneğine 3 litre safsu eklenerek 121 °C'de 30 dakika otoklavda tutulmuştur. Otoklav edilen örnekler soğumadan tülbentten geçirilerek oda sıcaklığında soğutulduktan sonra Whatman 1 nolu filtre kağıdı kullanılarak filtre edilmiştir. Elde edilen sıvı özütler 4 °C'de buzdolabında muhafaza edilerek çalışmalarda stok solüsyon olarak kullanılmıştır.



Şekil 3.1 İzmir Urla Karantina adasından alınan *Jania rubens* (a) ve Trabzon Of sahilinden alınan *Cystoseira barbata* (b) örneklerin toplandığı noktalar (Okla gösterilmiştir)

Çizelge 3.1 *Jania rubens* ve *Cystoseira barbata* örneklerin toplandığı noktaların coğrafi koordinatları

İstasyon	Koordinatlar
<i>J. rubens</i> : İzmir Urla (Karantina Adası)	<ul style="list-style-type: none"> • 38.367417, 26.783528 • 38.367222, 26.783306 • 38.364056, 26.779944
<i>C. barbata</i> : Trabzon Of sahili	<ul style="list-style-type: none"> • 40.935032,40.243222 • 40.934865, 40.243087



Şekil 3.2 İzmir Urla sahilinden toplanan *Jania rubens* makroalg türü

J. rubens'in toplandığı Urla Karantina adası (a), deniz suyunda doğal gelişimi (b) ve yakından görünümü (c, d)



Şekil 3.3 Trabzon Of sahilinden toplanan *Cystoseira barbata* makroalg türü
C. barbata'nın toplandığı Of sahili (a), deniz suyunda doğal gelişimi (b), yakından görünümü (c) ve toplanan alglerin plastik bidonlarda soğuk zincirde taşınması (d)



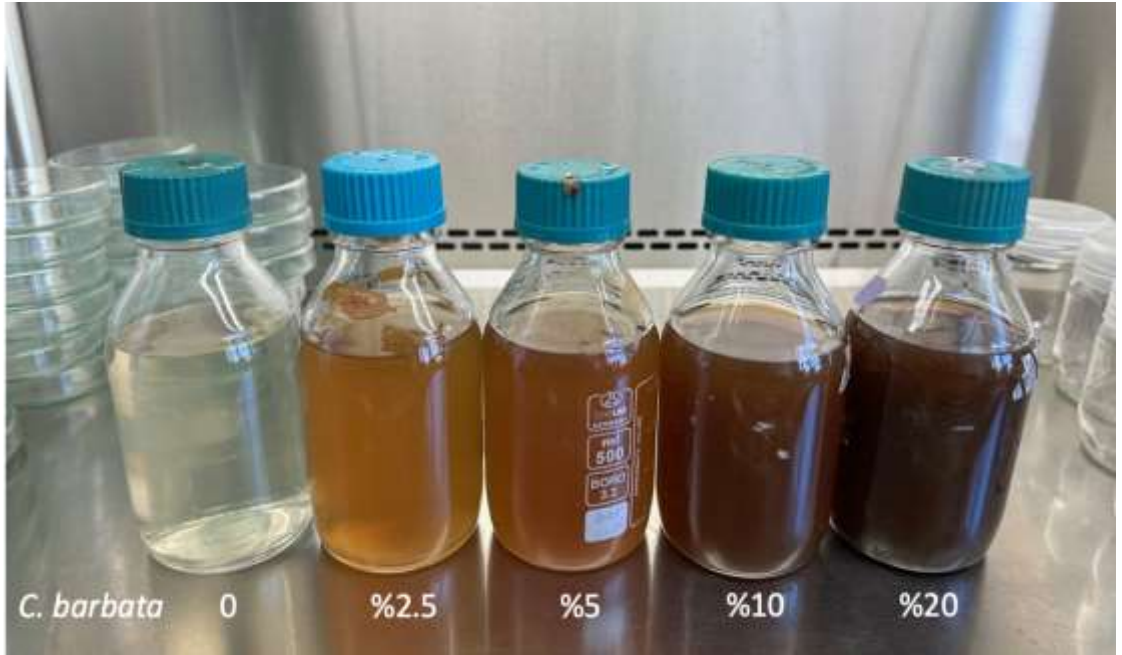
Şekil 3.4 *Jania rubens*'in gölgede kurutulması (a) ve öğütücüde kabaca öğütülmesi (b, c)



Şekil 3.5 *Cystoseira barbata*'nın gölgede kurutulması (a) ve kabaca öğütülmesi (b, c, d)

3.2.2 Besin ortamlarının hazırlanması ve kültür koşulları

Tüm in vitro kültür çalışmalarında temel besin ortamı olarak MS (Duchafe Biochemie) besin ortamı kullanılmıştır. MS besin ortamının in vitro kültür için önerilen miktarı ise 4.4 g/L'dir (Murashige ve Skoog 1962). Mevcut çalışmada ise 0, 1, 2 ve 4 g/L MS besin ortamlarına %2.5, 5, 10 ve 20 *J. rubens* ve *C. barbata* özütleri eklenmiştir (Şekil 3.6, Çizelge 3.2). Deniz yosunlarının zengin besin içeriği ve su bitkileriyle ilgili daha önce yapılmış çalışmaların sonuçları (Özcan vd., 2023, Özcan vd., 2025) göz önüne alınarak bu ortamlara 20 g/L sakaroz ve 1.5 g/L agar ilave edilmiştir. Besin ortamlarının pH'sı 1N HCl veya 1N NaOH kullanarak 5.8'e ayarlandıktan sonra 121 °C'de 1.4 kg/cm² basınç altında 20 dakika süreyle otoklavda steril edilmiştir. Tüm kültürler, 24 ± 1 °C'de 16 saatlik fotoperiyotta soğuk beyaz floresan ışığı (35 µmol foton m⁻² s⁻¹) altında iklim dolaplarında inkübe edilmiştir.



Şekil 3.6 Farklı oranlara *Cystoseira barbata* özütü ilave edilen ve otoklavlanan MS besin ortamları

Çizelge 3.2 *A. barteri*, *A. reineckii* ve *M. tweediei* bitkilerinin mikroçoğaltımında kullanılan MS miktarları ile *J. rubens* ve *C. barbata* özüt oranları

MS (g/L)	<i>J. rubens</i> veya <i>C. barbata</i> özütü (%)
0	0
0	2.5
0	5
0	10
0	20
1	0
1	2.5
1	5
1	10
1	20
2	0
2	2.5
2	5
2	10
2	20
4	0
4	2.5
4	5
4	10
4	20

3.2.3 Mikroçoğaltım için eksplantların in vitro kültürü

Çalışmada, Magenta kaplarda in vitro steril şartlarda muhafaza edilen *Anubias barteri* nana ve *Alternanthera reineckii* bitkicikleri stok olarak kullanılırken, *Micranthemum tweediei* ise yerel satıcıların akvaryumlarından temin edilerek yüzey sterilizasyondan sonra kullanılmıştır. *M. tweediei* bitkileri yüzey sterilazyon için önce 1-2 damla Tween 20 (Caisson Labs) ilave edilen %20'lik ticari çamaşır suyunda (%4.5 sodyum hipoklorit içeren Domestos) 15 dakika tutulmuştur. Daha sonra, bitkiler 3 kez steril suyla durularak cam kavanozlarda in vitro çoğaltım ve stok oluşumu için besin ortamında kültüre alınmıştır. En yüksek mikroçoğaltım oranını sağladıkları için, *M. tweediei* için 10 sürgün içeren küçük kümeler, *A. barteri* için 3 küçük sürgün içeren kümeler ve *A. reineckii* için 1-2 kök içeren tek bitkicikler stok bitki kümelerinden izole edilerek

denemeler için besin ortamlarına eksplant olarak yerleştirilmiştir. *Alternanthera reineckii* eksplantları 100 ml ortam içeren 300 ml'lik kavanozlarda kültüre alınırken, *Micranthemum tweediei* ve *Anubias barteri* eksplantları ise 50 ml besin ortamı konulan 100 x 20 mm cam Petri kaplarına yerleştirilmiştir. Her bir kültür kabında tüm bitki türleri için dört eksplant konularak iklim dolaplarında inkübe edilmiştir. Bitkilerin gelişme durumlarına göre kültür başlangıcından *M. tweediei*'de 4 hafta sonra, *A. reineckii*'de 5 hafta sonra ve *A. barteri*'de ise 8 hafta sonra ölçüm ve sayımlar yapılmıştır. Bitki türüne göre değişmekle birlikte küme çapı, köklenme oranı, kümelerdeki sürgün ve köklerin toplam sayısı, sürgün ve kök uzunluğu ile küme yaş ve kuru ağırlıkları belirlenmiştir. Yaş ağırlığı belirlemek için, agar tamamen temizlendikten sonra kökleri de içeren sürgün kümeleri hassas terazi ile tartılmıştır. Aynı sürgün kümelerinin kuru ağırlıklarını bulmak için 2 saat 105 °C derecede kuru hava fırınında tutulduktan sonra tartım işlemi gerçekleştirilmiştir.

3.2.4 Klorofil içeriğinin belirlenmesi

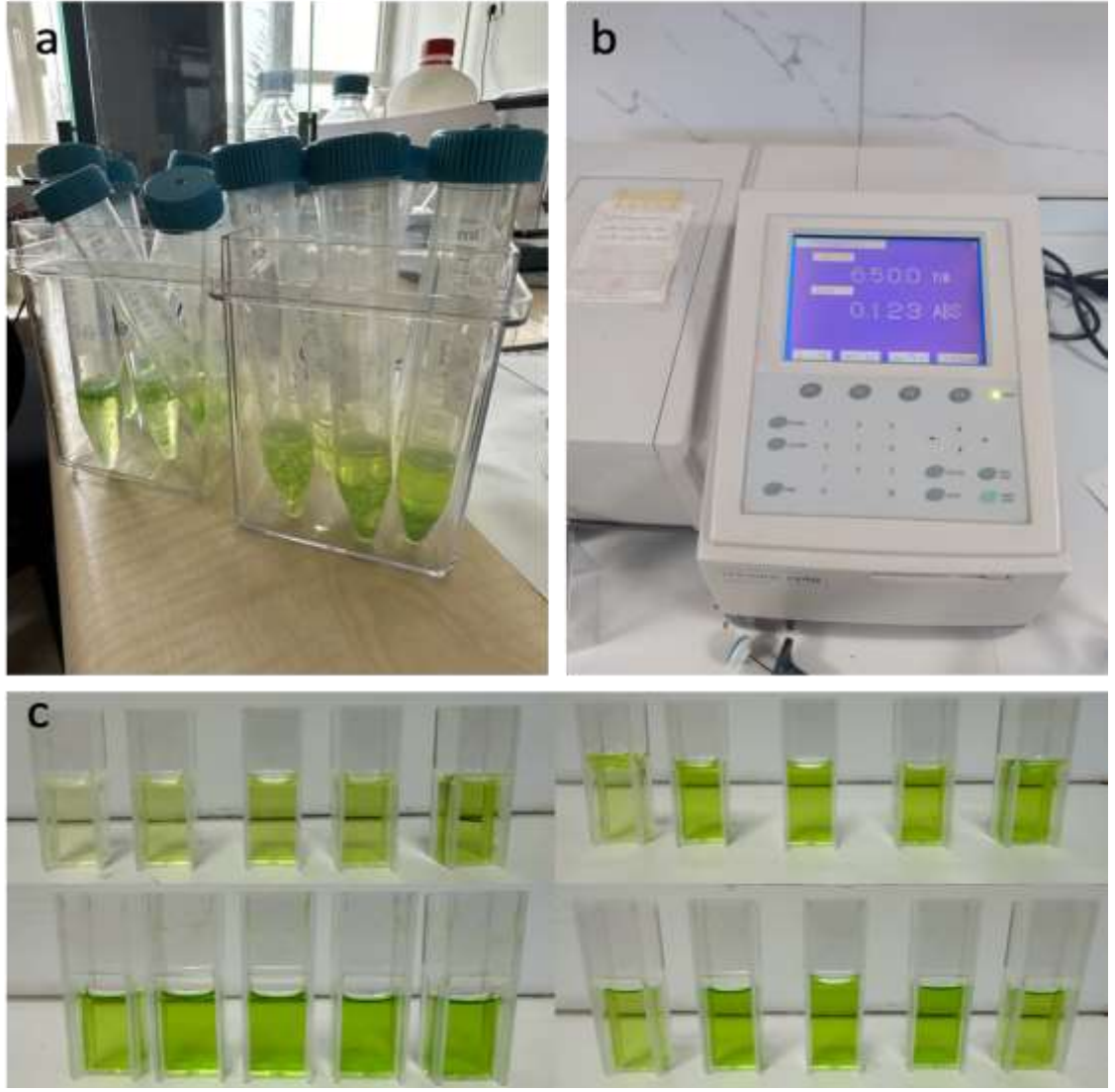
M. tweediei, *A. barteri* ve *A. reineckii* türlerine ait in vitro gelişen sürgünlerin klorofil *a*, *b* ve toplam klorofil içerikleri Shimadzu UVmini-1240 spektrofotometre cihazıyla önceki çalışmalarda geliştirilen yöntemlerde bazı değişiklikler yapılarak tahmin edilmiştir (Hipkins ve Baker 1986; Shetty vd. 1996). Elli mg yeşil taze bitki materyali içerisinde 3 ml %100 metanol (Merck) bulunan kapaklı 15 ml steril Falcon tüplerine konarak karanlıkta 23 °C'de üç tekrarlı olarak 2 saat süreyle inkübe edilmiştir (Şekil 3.7a). Örnekler karıştırıldıktan sonra, metanol fraksiyonundan 1.5 ml solüsyon spektrofotometre küvezlerine aktararak absorbans değerleri spektrofotometrede 650 (Şekil 3.7b,c) ve 665 nm'de ölçülmüştür. Örneklerin klorofil içerikleri, aşağıdaki formüller kullanılarak µg klorofil/g taze doku olarak hesaplanmıştır

$$\text{Klorofil } a = (16.5 \times A_{665} - 8.3 \times A_{650}) \times 3/0.05$$

$$\text{Klorofil } b = (33.8 \times A_{650} - 12.5 \times A_{665}) \times 3/0.05$$

$$\text{Toplam Klorofil} = (25.8 \times A_{650} + 4.0 \times A_{665}) \times 3/0.05$$

A650 ve A665, 650 ve 665 nm'de elde edilen absorbans değerleridir.



Şekil 3.7 In vitro gelişen bitkilerde tahmini klorofil içeriğinin belirlenmesi

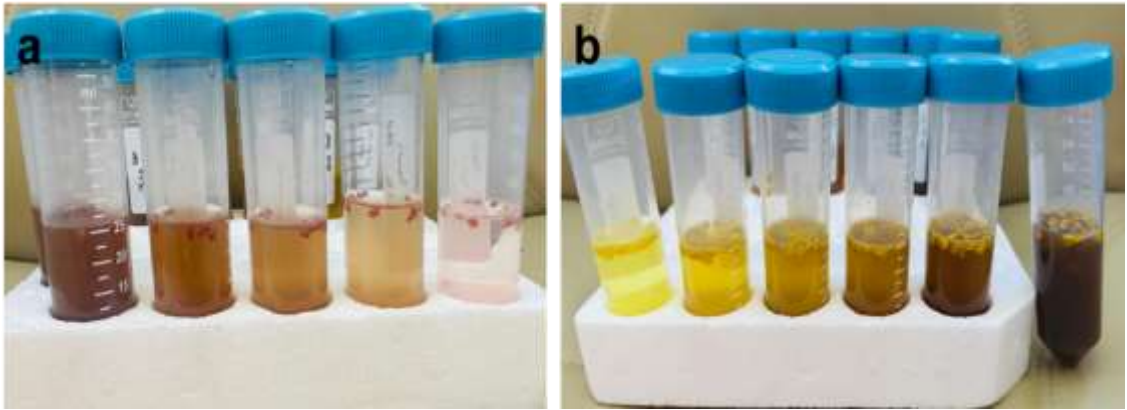
(a) Bitki yeşil materyalinin metanolde bekletilmesi, (b) Shimadzu UVmini-1240 spektrofotometre cihazı, (c) okunması amacıyla spektrofotometre küvetlerine aktarılan örnekler

3.2.5 Akvaryumlara adaptasyon

In vitro çoğaltılan *M. tweediei*, *A. barteri* ve *A. reineckii* fidelerinin köklerinden agar çıkarıldıktan sonra, fideler gruplar halinde veya tek tek akvaryumlara aktarılmıştır. Akvaryumlarda, 24°C sıcaklıkta, pH değeri 6,5-7,2 ve sertliği 120-140 ppm olan su ile dört farklı ışık kaynağı (gün ışığı, beyaz, kırmızı ve mavi) kullanılmıştır. Akvaryum tabanına dere çakılı, sera aqua kili, volkanik kum ve siyah bitki granül kumu karışımı serilmiştir.

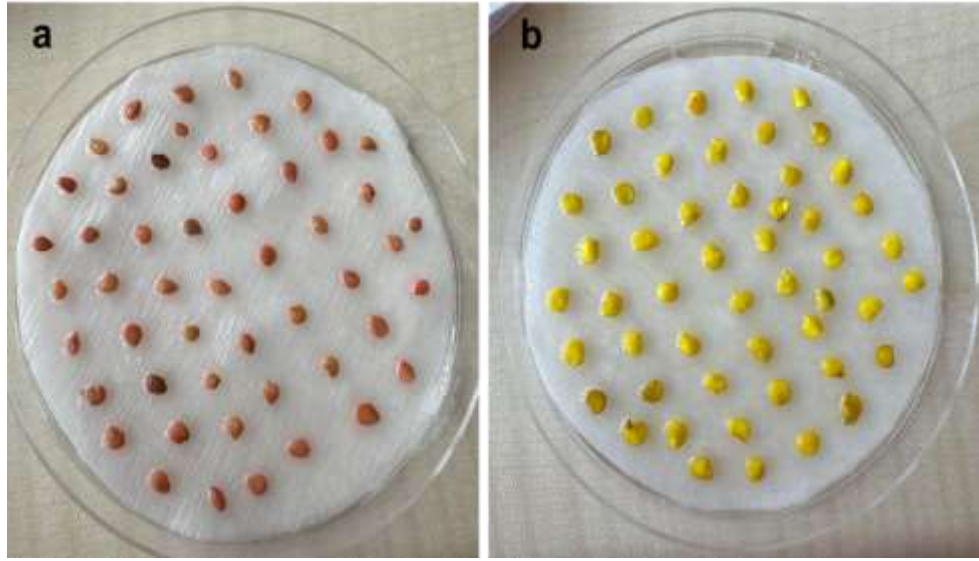
3.2.6 Tohum çimlendirme çalışmaları

Domates (H.2274 çeşidi) ve biber (Sera Demre 8 çeşidi) tohumları farklı oranlarda (%2.5, 5, 10, 20 ve 40) *J. rubens* ve *C. barbata* özütü içerisinde 25 °C’de karanlıkta 16 saat 50 ml santrifüj tüpleri içerisinde ön muameleye tabi tutulmuştur (Şekil 3.8). Kontrol olarak kullanılan tohumlar ise aynı şartlarda safsu içerisinde muamele edilmiştir. Çimlendirme denemeleri için 90 x 10 mm plastik Petri kutularının tabanına iki kat kurutma kağıdı yerleştirilerek 4.75 ml safsu ilave edilmiştir. Kurutma kağıtları üzerine domates ve biber tohumu yerleştirildikten sonra petri kutularının etrafı strech film ile sarılarak şeffaf saklama poşetleri içerisinde 25 °C’de karanlıkta çimlendirmeye alınmıştır (Şekil 3.9). Tüm denemeler herbir petri kabında 50 tohum olacak şekilde 3 tekerrürlü olarak kurulmuştur. Tohum çimlenme hızı ve oranını ile filizlenme durumunu belirlemek için 14. güne kadar iki gün aralıklarla sayım ve gözlemler yapılmıştır. Kotiledon yaprakları oluşturan tohumlar filizlenmiş olarak değerlendirilmiştir. 14. Günün sonunda gelişen fidelerin yaş ve kuru ağırlıkları belirlenmiştir. Yaş ağırlığı belirlemek için herbir petrideki tüm fideler hassas terazi ile tartılarak petri başına yaş ağırlık belirlenmiştir. Aynı fidelerin kuru ağırlıklarını belirlemek için her petrideki fideler 2 saat 105 °C derecede kuru hava fırınında tutulduktan sonra tartım işlemi gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.10).

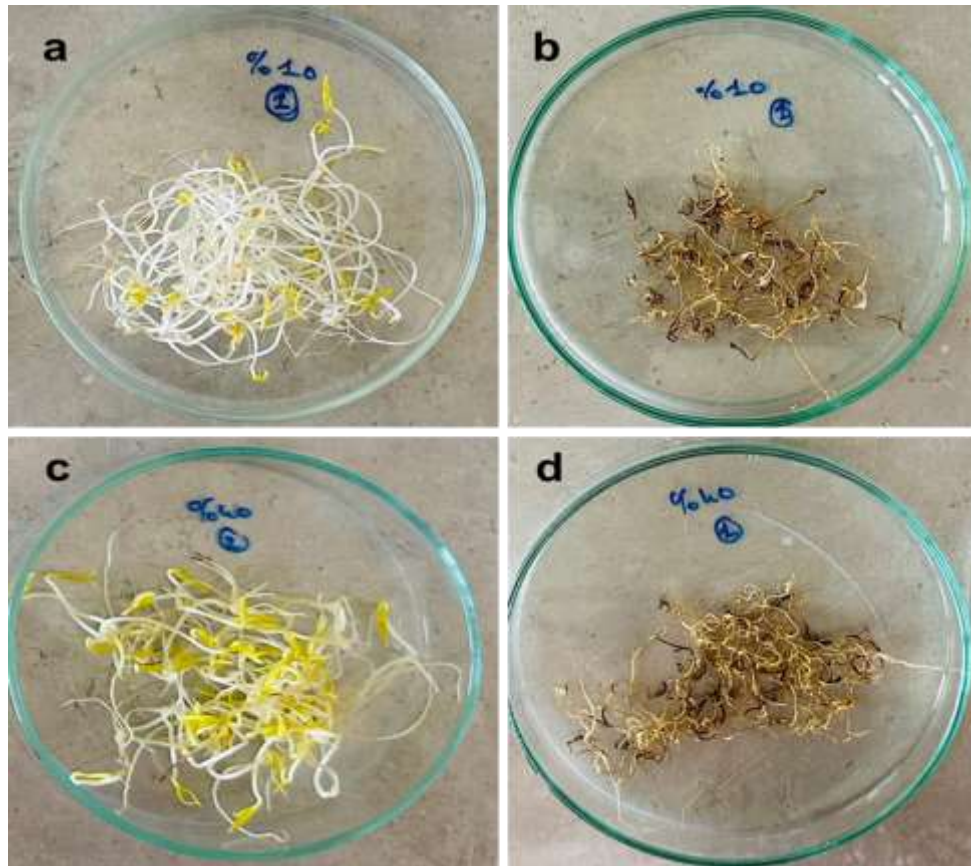


Şekil 3.8 Tohumların farklı makroalg özütleriyle ön muamesi

(a) Domates, (b) biber



Şekil 3.9 Petri kutularında kurutma kağıdı üzerinde çimlendirmeye alınan tohumlar
(a) Domates, (b) biber



Şekil 3.10 Farklı oranlarda makroalg özütü ile ön muameleye tabi tutulan domates tohumlarının yaş ve kuru ağırlıklarının belirlenmesi

(a) Domates Yaş ağırlık, (b) domates kuru ağırlık, (c) biber yaş ağırlık, (d) biber kuru ağırlık

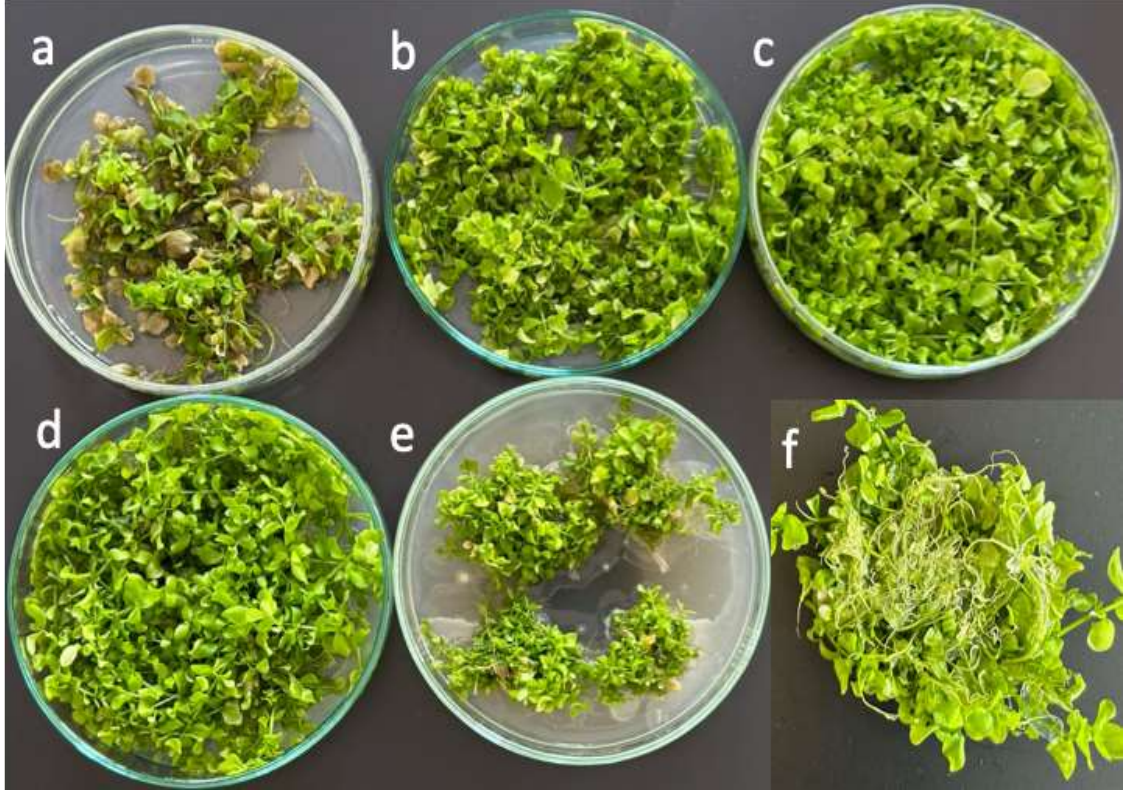
3.2.7 İstatistik analizler

In vitro sürgün rejenerasyonu denemeleri herbir kültür kabında 4 eksplant bulunacak şekilde 3 tekerrürlü olarak kurulmuş ve en az bir kez tekrarlanmıştır. Aynı şekilde tahmini klorofil içeriğinin belirlenmesine yönelik denemeler de 3 tekerrürlü olarak gerçekleştirilmiştir. Tohum çimlemesi için kurulan denemeler ise herbirine 50 adet tohumun ekildiği 3 adet petri kutusundan oluşmuştur. Verilerin her bağımlı değişkeni Shapiro-Wilk (normallik testi) testine tabi tutulmuş ve tüm değişken skorların $p < 0,05$ 'ten büyük olduğu görülmüştür. Bu sonuçlardan sonra, veriler JMP 17 bilgisayar programı kullanılarak ANOVA (tek yönlü ANOVA) analizine tabi tutularak ortalamalar arasındaki önemlilik Tukey testi ile belirlenmiştir.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI

4.1 *Jania rubens* Özütünün *Micranthemum tweediei*'nin Mikroüretimine Etkisi

Farklı oranlarda *Jania rubens* özütü içeren besin ortamlarında *Micranthemum tweediei* bitkisinde kültür başlangıcından bir hafta sonra yeni in vitro sürgünlerin gelişimi başlamış olup, 4 hafta sonra sürgünler petri kutularını tamamen kaplamıştır (Şekil 4.1). Bundan dolayı sürgün küme çapı, köklenme oranları, sürgün küme yaş ve kuru ağırlıkları ile klorofil içerik sonuçları kültür başlangıcından 4 hafta sonra belirlenmiştir. Sürgün kümesi üzerinde çok sayıda sürgün ve kök oluştuğu için bunların sayısını belirlemek mümkün olmamıştır. Bundan dolayı sürgün küme çapı ölçülerek, küme üzerindeki köklerin miktarı ise yüzde olarak belirlenmiştir.



Şekil 4.1 *Jania rubens* özütünün *Micranthemum tweediei*'nin mikroüretimine etkisi

Özüt ilave edilmeyen (a) ve %2.5 (b), %5 (c), %10 (d) ile %20 (e) özüt ilave edilen 2 g/L MS ortamında gelişen *M. tweediei* sürgün kümeleri. (f) %5 *J. rubens* özütü ilave edilen 2 g/L MS üzerinde gelişen köklü *M. tweediei* sürgün kümesi

4.1.1 *J. rubens* özütünün *M. tweediei*'de sürgün rejenerasyonu ve köklenmeye etkisi

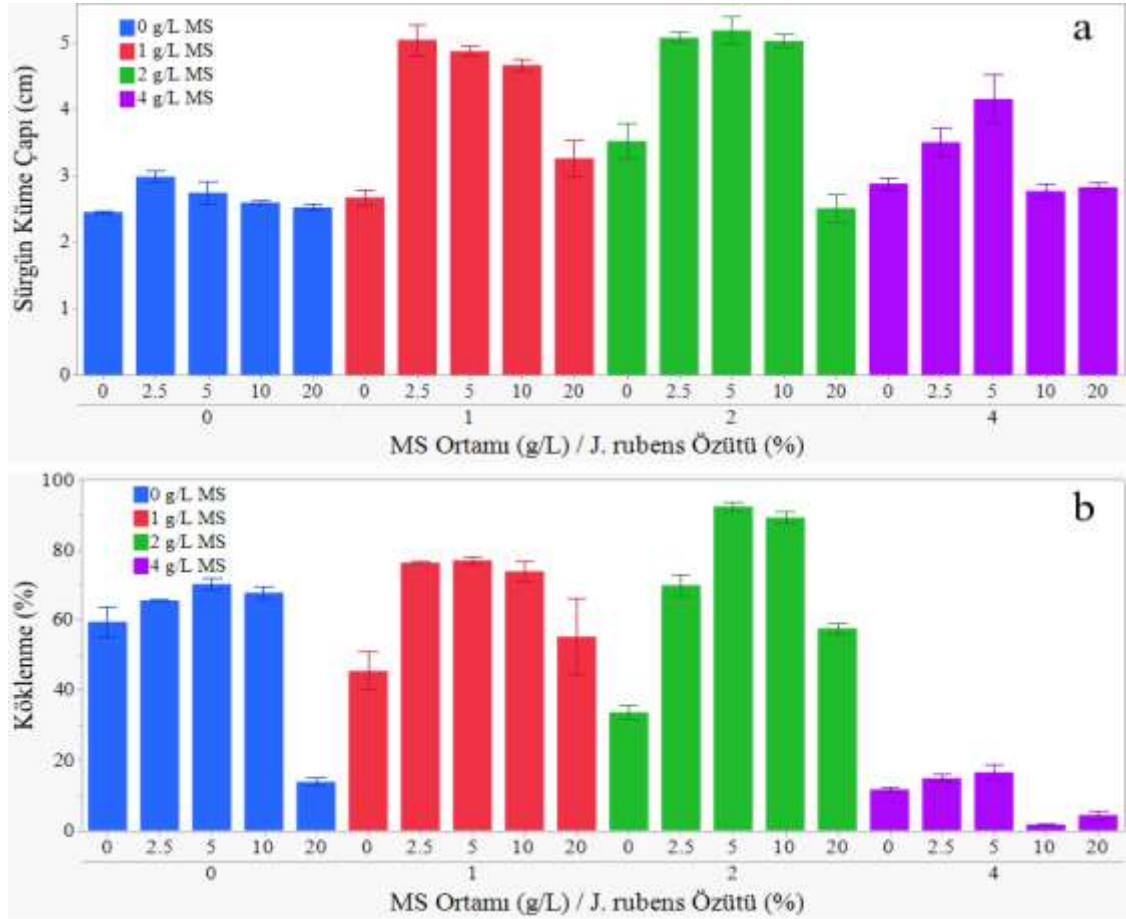
Besin ortamlarına *J. rubens* özütünün ilave edilmesi *M. tweediei*'de in vitro sürgün gelişimi ve kök oluşumunu önemli oranda artırmıştır (Çizelge 4.1, Şekil 4.2a). En yüksek sürgün küme çapı 5.18 cm ile %5 özüt ilave edilen 2.0 g/L MS besin ortamından elde edilmiştir (Şekil 4.1c ve 4.2a, Çizelge 4.1). Ancak, bu ortamdan elde edilen sonuç ile %2.5, %5.0 ve %10 özütün ilave edildiği 1.0 g/L MS ve %2.5 ile %10 özütün eklendiği 2.0 g/L MS besin ortamları arasındaki fark istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur (Şekil 4.1b ve d, Çizelge 4.1).

Çizelge 4.1 *Micranthemum tweediei*'nin in vitro sürgün rejenerasyonu ve köklenmesi üzerine farklı konsantrasyonlardaki MS besin ortamlarına ilave edilen farklı oranlardaki *Jania rubens* özütünün etkisi

MS (g/L)	<i>J. rubens</i> Özütü (%)	Sürgün Küme Çapı (cm) ± SE	Köklenme (%) ± SE
0	0	2.45 ± 0.02 ^f	59.5 ± 4.41 ^{defg}
0	2.5	2.98 ± 0.09 ^{def}	65.7 ± 0.36 ^{cdef}
0	5	2.74 ± 0.16 ^{def}	70.3 ± 1.76 ^{cdef}
0	10	2.59 ± 0.02 ^{ef}	67.9 ± 1.61 ^{cdef}
0	20	2.52 ± 0.04 ^f	13.9 ± 1.2 ^j
1	0	2.67 ± 0.12 ^{def}	45.5 ± 5.5 ^{gh}
1	2.5	5.04 ± 0.23^{ab}	76.4 ± 0.49^{abcd}
1	5	4.87 ± 0.08 ^{ab}	77.1 ± 1.08 ^{abc}
1	10	4.66 ± 0.09 ^{ab}	74.0 ± 2.9 ^{bcde}
1	20	3.26 ± 0.27 ^{cdef}	55.3 ± 10.8 ^{fg}
2	0	3.52 ± 0.27 ^{cd}	33.8 ± 2.1 ^{hi}
2	2.5	5.07 ± 0.08 ^a	70 ± 3.19 ^{cdef}
2	5	5.18 ± 0.2^a	92.4 ± 1.39^a
2	10	5.02 ± 0.1 ^{ab}	89.3 ± 1.74 ^{ab}
2	20	2.51 ± 0.21 ^f	57.7 ± 1.59 ^{efg}
4	0	2.88 ± 0.09 ^{d^{ef}}	11.7 ± 0.65 ^j
4	2.5	3.50 ± 0.21 ^{cde}	14.9 ± 1.02 ^j
4	5	4.15 ± 0.37 ^{bc}	16.6 ± 2.06 ^{ij}
4	10	2.77 ± 0.11 ^{def}	1.7 ± 0.33 ^j
4	20	2.82 ± 0.06 ^{def}	4.4 ± 1.16 ^j

Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark Tukey testi sonuçlarına göre 0,05 düzeyinde önemlidir. SE: Standart Hata

Ayrıca düşük özüt konsantrasyonunda (%2.5), 1.0 g/L MS'in sürgün çoğalmasını teşvik etmek için yeterli olduğu kaydedilmiştir. Besin ortamlarına yüksek oranlarda (%10 ve %20) özüt ilave edilmesi sürgün gelişimini olumsuz yönde etkileyerek küme çapında azalmaya neden olmuştur (Şekil 4.1e ve 4.2a, Çizelge 4.1).



Şekil 4.2 *Micranthemum tweediei*'nin in vitro sürgün rejenerasyonu ve köklenmesi üzerine farklı konsantrasyonlardaki MS besin ortamlarına ilave edilen farklı oranlardaki *Jania rubens* özütünün etkisi

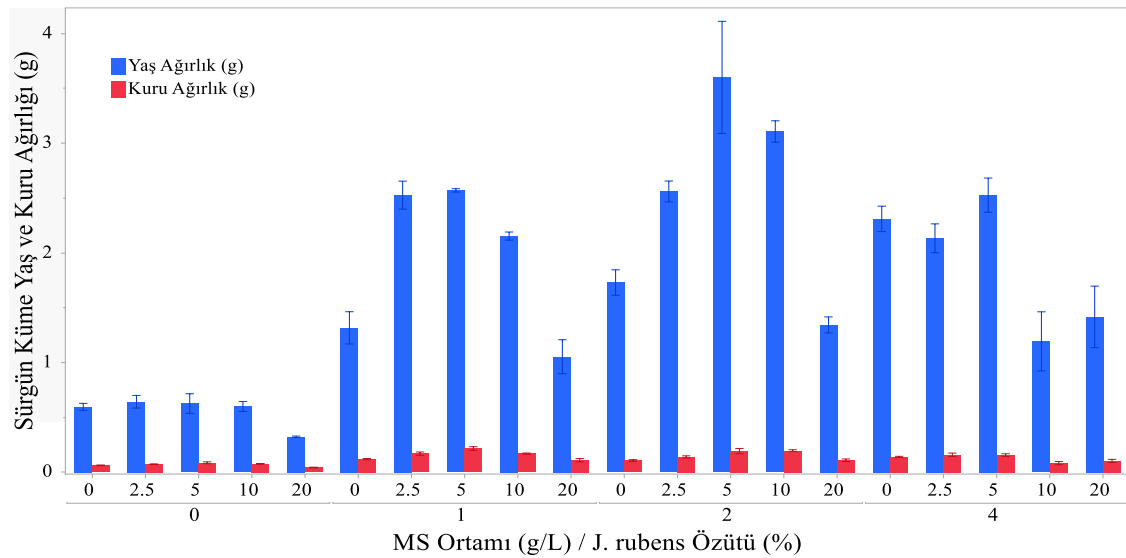
a) Sürgün küme çapı, b) köklenme oranı

Sürgün rejenerasyonunda olduğu gibi *M. tweediei*'de maksimum köklenme oranı (%92.4) da %5 *J. rubens* özütü ilave edilen 2.0 g/L MS besin ortamından elde edilmiştir (Şekil 4.1f ve 4.2b, Çizelge 4.1). Bununla birlikte, %10 özütün ilave edildiği 2.0 g/L MS besin ortamından elde edilen köklenme oranıyla (%89.3) arasındaki fark istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. Besin ortamına %20 oranında özüt ilave edilmesi ise olumsuz etki yaparak tüm kullanılan MS konsantrasyonlarında köklenme oranını önemli oranda

düşürmüştür. *J. rubens* özütünün kullanılmasıyla elde edilen sürgün rejenerasyonu ve köklenme sonuçları, %5 özüt ve 2.0 g/L MS kombinasyonunun *M. tweediei*'nin in vitro mikroüretimi için oldukça başarılı ve yeterli olduğunu ortaya koymuştur (Şekil 4.1c ve 4.2b, Çizelge 4.1).

4.1.2 *J. rubens* özütünün *M. tweediei*'de sürgün küme yaş ve kuru ağırlığına etkisi

Sürgün küme çapı ve köklenme oranında olduğu gibi en yüksek küme yaş ağırlığı 3,60 g da %5,0 özüt ilave edilen 2,0 g/L MS besin ortamından elde edilmiştir (Şekil 4.3, Çizelge 4.2). Ancak, elde edilen bu sonuç ile %10 özüt ilave edilen 2,0 g/L MS ortamı arasındaki fark istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. En yüksek kuru küme ağırlığı (0,22 g) ise %5,0 özüt ve 1.0 g/L MS kombinasyonundan elde edilmemesine karşın, bu ortam ile %5 ile %10 özüt eklenen 2.0 g/L MS ortmaları arasındaki fark istatistiksel olarak önemli olmamıştır. Kuru ağırlık MS konsantrasyonu ile düzenlenirken, düşük MS konsantrasyonunun biyokütle üretimi için uygun olduğu belirlenmiştir. Muhtemelen *J. rubens* tarafından sağlanan besinler nedeniyle düşük oranlarda MS besin ortamının kullanımı *M. tweediei*'nin in vitro rejenerasyonu ile sürgün yaş ve kuru ağırlığı için yeterli olmuştur.



Şekil 4.3 *Micranthemum tweediei*'nin sürgün küme yaş ve kuru ağırlığı üzerine farklı konsantrasyonlardaki MS besin ortamlarına ilave edilen farklı oranlardaki *Jania rubens* özütünün etkisi

Çizelge 4.2 *Micranthemum tweediei*'nin sürgün küme yaş ve kuru ağırlığı üzerine farklı konsantrasyonlardaki MS besin ortamlarına ilave edilen farklı oranlardaki *Jania rubens* özütünün etkisi

MS (g/L)	<i>J. rubens</i> Özütü (%)	Sürgün Küme Yaş Ağırlığı (g) ± SE	Sürgün Küme Kuru Ağırlığı (g) ± SE
0	0	0.59 ± 0.03 ^{gh}	0.06 ± 0.003 ^{fg}
0	2.5	0.64 ± 0.06 ^{gh}	0.07 ± 0.003 ^{fg}
0	5	0.63 ± 0.09 ^{gh}	0.09 ± 0.01 ^{efg}
0	10	0.60 ± 0.05 ^{gh}	0.08 ± 0.003 ^{efg}
0	20	0.32 ± 0.01 ^h	0.04 ± 0.003 ^g
1	0	1.32 ± 0.15 ^{efg}	0.12 ± 0.01 ^{cdef}
1	2.5	2.52 ± 0.13 ^{bc}	0.17 ± 0.02 ^{abc}
1	5	2.57 ± 0.02 ^{bc}	0.22 ± 0.02^a
1	10	2.15 ± 0.04 ^{cde}	0.17 ± 0.01 ^{abc}
1	20	1.05 ± 0.15 ^{fgh}	0.11 ± 0.02 ^{cdef}
2	0	1.73 ± 0.12 ^{cdef}	0.11 ± 0.01 ^{cdef}
2	2.5	2.56 ± 0.1b ^c	0.14 ± 0.01 ^{bcde}
2	5	3.60 ± 0.51^a	0.19 ± 0.02^{ab}
2	10	3.11 ± 0.1^{ab}	0.20 ± 0.01^{ab}
2	20	1.34 ± 0.07 ^{efg}	0.11 ± 0.01 ^{cdef}
4	0	2.31 ± 0.12 ^{bcd}	0.14 ± 0.01 ^{bcde}
4	2.5	2.13 ± 0.13 ^{cde}	0.16 ± 0.02 ^{abcd}
4	5	2.53 ± 0.16 ^{bc}	0.15 ± 0.01 ^{abcd}
4	10	1.19 ± 0.27 ^{fgh}	0.08 ± 0.01 ^{efg}
4	20	1.42 ± 0.28 ^{defg}	0.10 ± 0.01 ^{defg}

Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark Tukey testi sonuçlarına göre 0,05 düzeyinde önemlidir. SE: Standart Hata

4.1.3 *J. rubens* özütünün *M. tweediei*'de sürgünlerin klorofil içeriğine etkisi

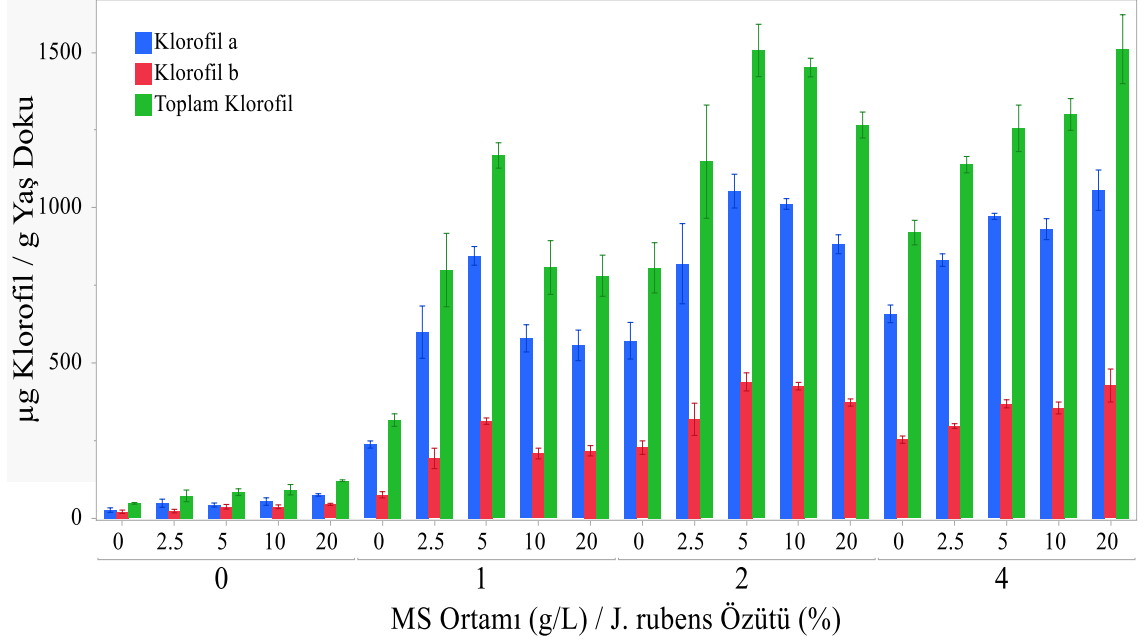
J. rubens özütünün MS ortamına ilave edilmesi gözle görülür bir şekilde daha yeşil *M. tweediei* sürgünlerin oluşumunu sağlamıştır. Yapılan spektrofotometre analizlerinde de bu etki sayısal olarak belirlenmiş olup, *J. rubens* özütü tüm pigment (klorofil *a*, klorofil *b* ve toplam klorofil) seviyelerinde önemli artışa neden olmuştur (Çizelge 4.3, Şekil 4.4). *J. rubens* özütünün %20 oranında 4.0 g/L MS ortamına ilave edilmesiyle in vitro sürgünlerde en yüksek seviyede klorofil *a* (1057 µg klorofil/g taze doku) ve toplam klorofil (1511 µg klorofil/g taze doku) değerleri elde edilmiştir (Çizelge 4.3, Şekil 4.4). Ancak elde edilen bu sonuçlar ile %5 *J. rubens* özütü ilave edilen 2.0 g/L MS ortamından elde edilen sonuçlar (sırasıyla 1054 ve 1506 µg klorofil/g taze doku) arasındaki farklılık

istatistiksel olarak önemsiz olmuştur. En yüksek klorofil *b* içeriği ise (439 µg klorofil/g taze doku) %5 özüt ilave edilen 2.0 g/L MS besin ortamından elde edilmiştir. Sürgün rejenerasyonu ve köklenme de olduğu gibi %5 özüt ilave edilen 2.0 g/L MS besin ortamı *Micranthemum tweediei*'nin klorofil içeriğinin artışında da etkili olmuştur (Çizelge 4.3, Şekil 4.4).

Çizelge 4.3 *Micranthemum tweediei*'nin klorofil içeriği üzerine farklı konsantrasyonlardaki MS besin ortamlarına ilave edilen farklı oranlardaki *Jania rubens* özütünün etkisi

MS (g/L)	<i>J. rubens</i> Özütü (%)	Klorofil <i>a</i> (µg klorofil/g yaş doku)	Klorofil <i>b</i> (µg klorofil/g yaş doku)	Toplam Klorofil (µg klorofil/g yaş doku)
0	0	27 ± 7.26 ^f	21 ± 5.44 ^h	48 ± 2.67 ^e
0	2.5	49 ± 13.1 ^f	23 ± 5.79 ^h	72 ± 18.7 ^e
0	5	43 ± 6.55 ^f	37 ± 7.36 ^h	84 ± 10.8 ^e
0	10	54 ± 12 ^f	37 ± 6.08 ^h	92 ± ± 16.7 ^e
0	20	75. ± 3.9 ^f	45 ± 3.44 ^h	121 ± 2.79 ^e
1	0	238 ± 11.5 ^f	76 ± 10.1 ^h	316 ± 20.1 ^e
1	2.5	599 ± 84.3 ^{cde}	193 ± 32.9 ^{fg}	799 ± 118 ^{cd}
1	5	845 ± 30.1 ^{abc}	313 ± 10.3 ^{bcde}	1168 ± 40.8 ^{abc}
1	10	579 ± 43.8 ^{de}	209 ± 17.3 ^{ef}	808 ± 86.6 ^{cd}
1	20	557 ± 49.2 ^e	218 ± 16.6 ^{ef}	781 ± 66.2 ^d
2	0	572 ± 59 ^{de}	228 ± 21.8 ^{ef}	807 ± 80.9 ^{cd}
2	2.5	820 ± 129 ^{abcd}	319 ± 51.9 ^{bcde}	1148 ± 182 ^{abcd}
2	5	1054 ± 54.4^a	439 ± 29.1^a	1506 ± 84.3^a
2	10	1012 ± 17.2 ^a	426 ± 12.1 ^{ab}	1451 ± 29.9 ^a
2	20	883 ± 30.4 ^{ab}	373 ± 11.6 ^{abc}	1266 ± 41.7 ^{ab}
4	0	658 ± 28.3 ^{bcde}	253 ± 11.7 ^{def}	920 ± 39.5 ^{bcd}
4	2.5	831 ± 20.1 ^{abc}	297 ± 7.47 ^{cdef}	1139 ± 26.4 ^{abcd}
4	5	972 ± 9.91 ^a	369 ± 13 ^{abcd}	1256 ± 74.8 ^{ab}
4	10	931 ± 33.7 ^a	355 ± 19.1 ^{abcd}	1300 ± 51.1 ^{ab}
4	20	1057 ± 65^a	428 ± 53.1^{ab}	1511 ± 111^a

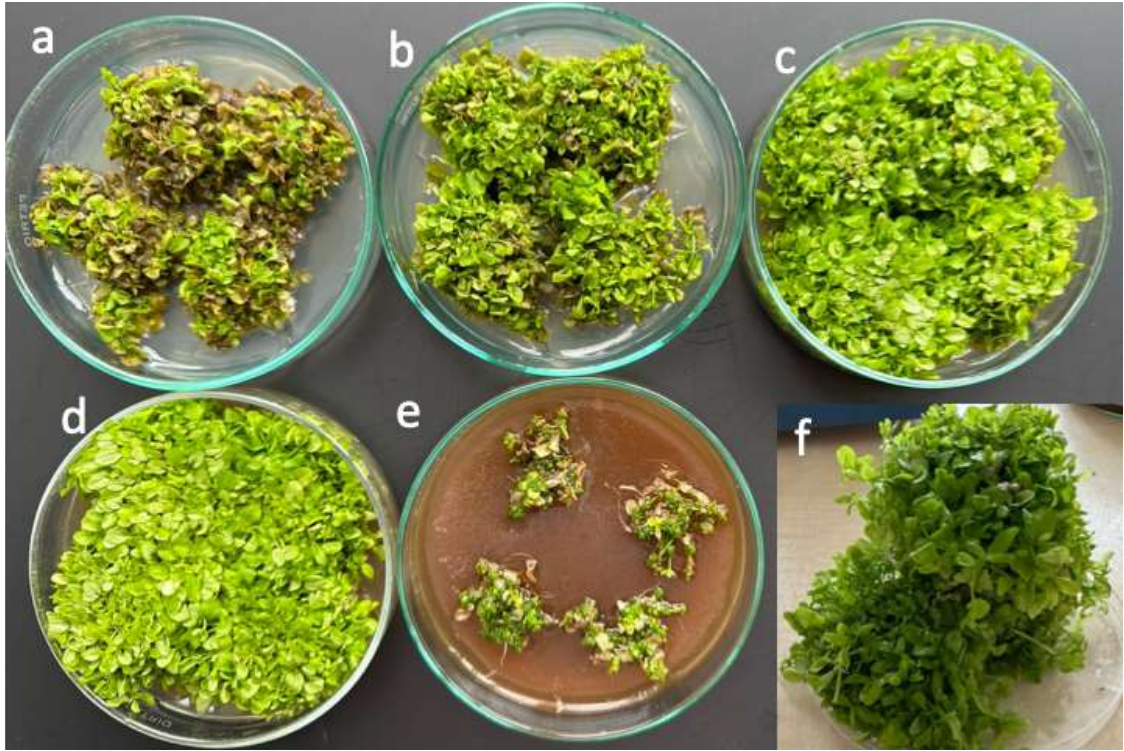
Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark Tukey testi sonuçlarına göre 0,05 düzeyinde önemlidir. SE: Standart Hata



Şekil 4.4 *Micranthemum tweediei*'nin klorofili içeriği üzerine farklı konsantrasyonlardaki MS besin ortamlarına ilave edilen farklı oranlardaki *Jania rubens* özütünün etkisi

4.2 *Cystoseira barbata* Özütünün *Micranthemum tweediei*'nin Mikroüretimine Etkisi

J. rubens uygulmasında olduğu gibi farklı oranlarda *Cystoseria barbata* özütü içeren besin ortamlarında da *Micranthemum tweediei*'de kültür başlangıcından bir hafta sonra yeni in vitro sürgünlerin gelişimi başlamış ve 4 hafta sonra sürgünler Petri kutularını tamamen doldurmuştur (Şekil 4.5). Bundan dolayı sürgün küme çapı, köklenme oranları, sürgün küme yaş ve kuru ağırlıkları ile klorofil içerik sonuçları kültür başlangıcından 4 hafta sonra belirlenmiştir. Sürgün kümesi üzerinde çok sayıda sürgün ve kök oluştuğu için bunların sayısını belirlemek mümkün olmamıştır. Bundan dolayı sürgün küme çapı ölçülerek, küme üzerindeki köklerin miktarı ise yüzde olarak belirlenmiştir.



Şekil 4.5 *Cystoseria barbata* özütünün *Micranthemum tweediei*'nin mikroüretimine etkisi
 Özüt ilave edilmeyen (a) ve %2.5 (b), %5 (c), %10 (d) ile %20 (e) özüt ilave edilen 4 g/L MS ortamında gelişen *M. tweediei* sürgün kümeleri. (f) %10 *C. barbata* özütü ilave edilen 4g/L MS besin ortamında gelişen *M. tweediei* sürgün kümesi

4.2.1 *C. barbata* özütünün *M. tweediei*'de sürgün rejenerasyonu ve köklenmeye etkisi

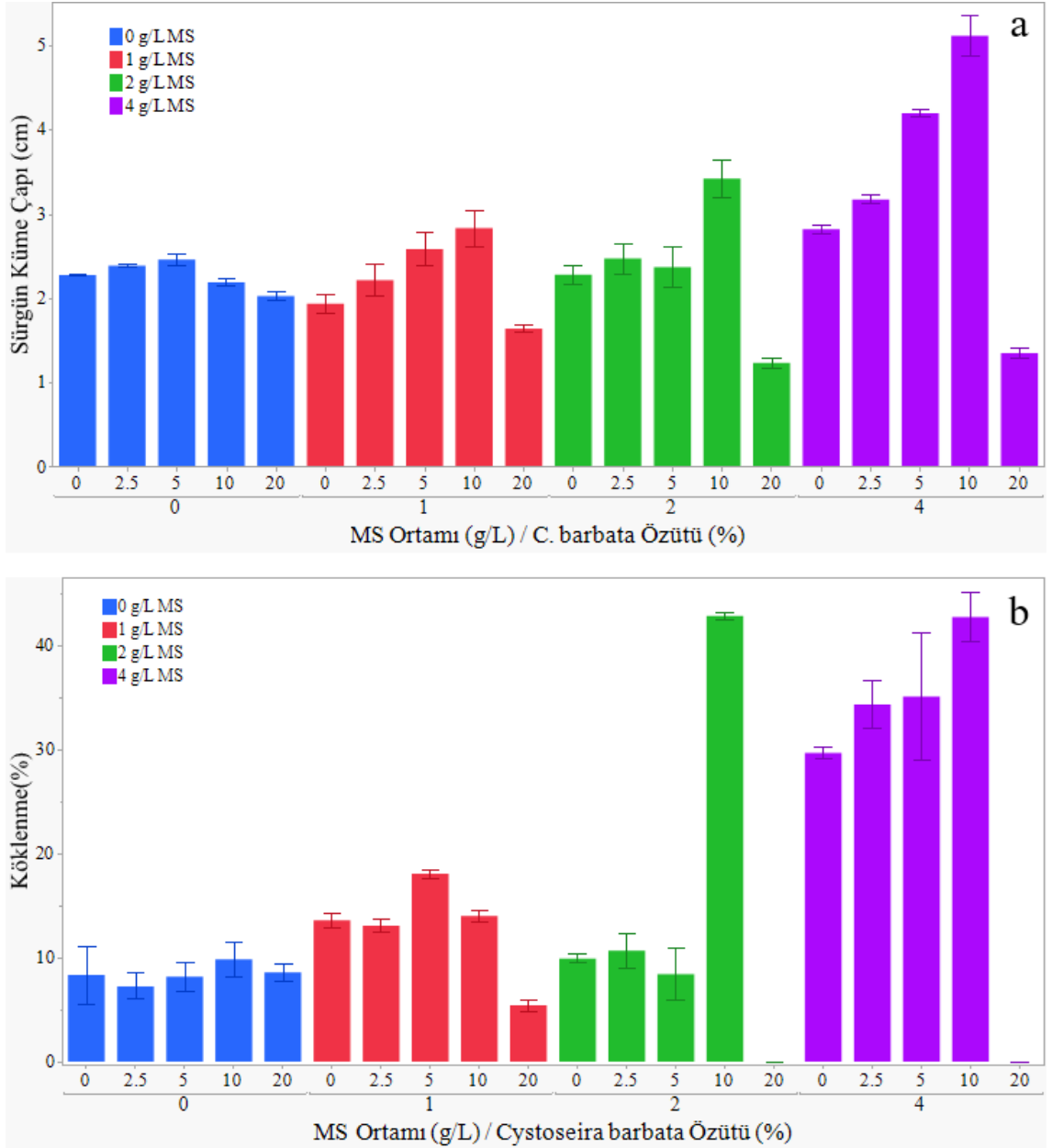
Farklı konsantrasyonlardaki MS besin ortamlarına ilave edilen farklı oranlardaki *Cystoseira barbata* özütünün *Micranthemum tweediei*'nin in vitro sürgün küme çapı ve köklenmesi üzerine etkisi Çizelge 4.4 ve Şekil 4.5 ve 4.6'da verilmiştir. MS besin ortamına *C. barbata* özütünün eklenmesi, *M. Tweediei*'nin in vitro mikroçoğaltımını da önemli ölçüde artırmış olup, en yüksek sürgün küme çapı (5.11 cm) ve köklenme oranı (%42.8) her ikisi birden %10 özüt ilave edilen 4 g/L MS besin ortamından elde edilmiştir. (Şekil 4.5d ve f). Bununla birlikte, %10 özüt ve 2.0 g/L MS kombinasyonundan da aynı köklenme sonucu elde edilmiştir. Genel olarak test edilen tüm MS konsantrasyonlarına %2.5 ile %10 arasında ilave edilen *C. barbata* özütü, özüt içermeyen ortamlara göre daha yüksek oranda sürgün ve kök gelişimi sağlamıştır (Şekil 4.5 ve 4.6, Çizelge 4.4). Öte yandan besin ortamlarına %20 oranında ilave edilen özüt toksik etki yaparak sürgün ve kök gelişimini önemli oranda düşürmüştür (Şekil 4.5e). Ayrıca, %20 özüt içeren besin

ortamlarında muhtemelen özüt yoğunluğundan dolayı tam sterilizasyon yapılamadığından bakteri gelişimi de gözlenmiştir (Şekil 4.5e).

Çizelge 4.4 *Micranthemum tweediei*'nin in vitro sürgün rejenerasyonu ve köklenmesi üzerine farklı konsantrasyonlardaki MS besin ortamlarına ilave edilen farklı oranlardaki *Cystoseira barbata* özütünün etkisi

MS (g/L)	<i>C. barbata</i> Özütü (%)	Sürgün Küme Çapı (cm) ± SE	Köklenme (%) ± SE
0	0	2.28 ± 0.01 ^{efg}	8.3 ± 4.77 ^{cde}
0	2.5	2.39 ± 0.02 ^{ef}	7.2 ± 2.17 ^{de}
0	5	2.46 ± 0.07 ^{def}	8.2 ± 2.4 ^{cde}
0	10	2.19 ± 0.04 ^{efg}	9.8 ± 2.98 ^{cde}
0	20	2.03 ± 0.05 ^{fgh}	8.6 ± 1.44 ^{cde}
1	0	1.94 ± 0.11 ^{fghi}	13.7 ± 1.26 ^{cd}
1	2.5	2.22 ± 0.19 ^{efg}	13.1 ± 1.15 ^{cd}
1	5	2.59 ± 0.2 ^{def}	18.1 ± 0.72 ^c
1	10	2.83 ± 0.22 ^{cde}	14.0 ± 0.9 ^{cd}
1	20	1.64 ± 0.05 ^{ghi}	5.4 ± 0.95 ^{de}
2	0	2.28 ± 0.11 ^{efg}	9.9 ± 0.76 ^{cde}
2	2.5	2.47 ± 0.18 ^{def}	10.7 ± 2.96 ^{cd}
2	5	2.37 ± 0.23 ^{ef}	8.4 ± 4.3 ^{cde}
2	10	3.42 ± 0.22 ^c	42.8 ± 0.63^a
2	20	1.23 ± 0.06 ⁱ	0.0 ± 0 ^e
4	0	2.82 ± 0.05 ^{cde}	29.7 ± 1.04 ^b
4	2.5	3.17 ± 0.05 ^{cd}	34.3 ± 3.96 ^{ab}
4	5	4.20 ± 0.04 ^b	35.1 ± 10.6 ^{ab}
4	10	5.11 ± 0.24^a	42.8 ± 4.16^a
4	20	1.35 ± 0.06 ^{hi}	0.0 ± 0 ^e

Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark Tukey testi sonuçlarına göre 0,05 düzeyinde önemlidir. SE: Standart Hata



Şekil 4.6 *Micranthemum tweediei*'nin in vitro sürgün rejenerasyonu ve köklenmesi üzerine farklı konsantrasyonlardaki MS besin ortamlarına ilave edilen farklı oranlardaki *Cystoseira barbata* özütünün etkisi

a) Sürgün küme çapı, b) köklenme oranı

4.2.2 *C. barbata* özütünün *M. tweediei*'de sürgün küme yaş ve kuru ağırlığına etkisi

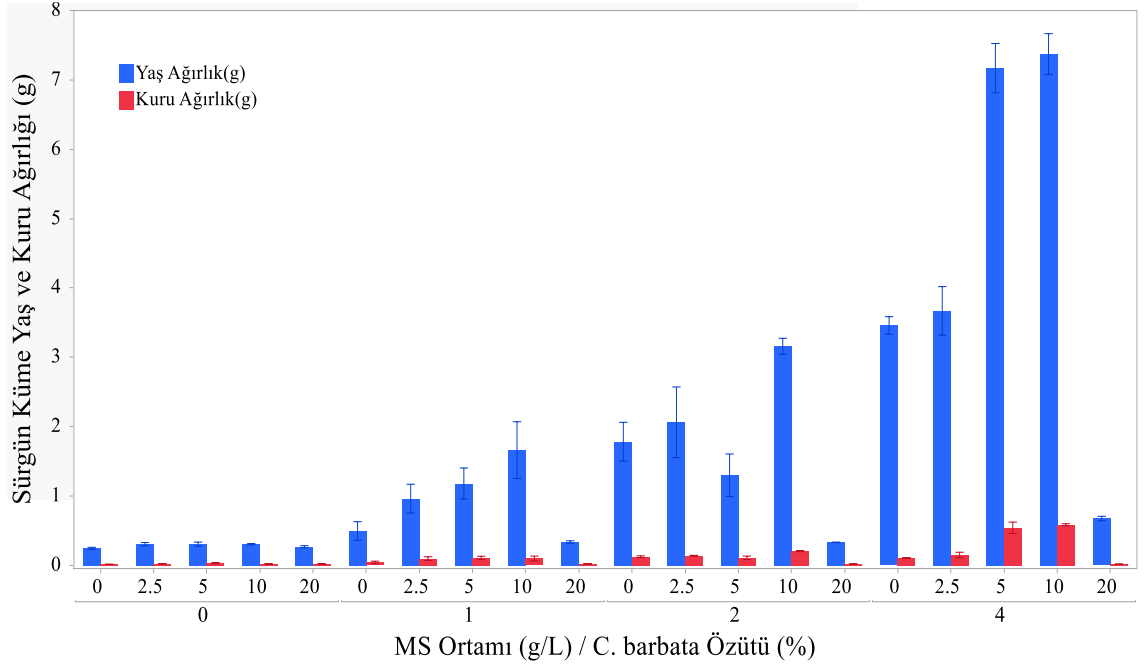
Sürgün küme çapı ve köklenme oranında olduğu gibi en yüksek sürgün küme yaş (7.37 g) ve kuru (0.59 g) ağırlığı da %10 *C. barbata* özütü ilave edilen 4 g/L MS besin ortamından elde edilmiştir (Çizelge 4.5, Şekil 4.7). Ancak, bu ortam ile %5 özüt ilave

edilen 4 g/L MS ortamından elde edilen sonuçlar arasındaki fark istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. Genel olarak %20 oranında özüt ilavesi hariç, besin ortamına ilave edilen %2.5, %5 ve %10 oranındaki özütler, özüt içermeyen ortamlara göre sürgün yaş ve kuru ağırlığında önemli artışlar sağlamıştır (Çizelge 4.5, Şekil 4.7)

Çizelge 4.5 *Micranthemum tweediei*'nin sürgün küme yaş ve kuru ağırlığı üzerine farklı konsantrasyonlardaki MS besin ortamlarına ilave edilen farklı oranlardaki *Cystoseira barbata* özütünün etkisi

MS (g/L)	<i>C. barbata</i> Özütü (%)	Sürgün Küme Yaş Ağırlığı (g) ± SE	Sürgün Küme Kuru Ağırlığı (g) ± SE
0	0	0.25 ± 0.03 ^g	0.02 ± 0.001 ^c
0	2.5	0.30 ± 0.04 ^g	0.02 ± 0.004 ^c
0	5	0.31 ± 0.05 ^g	0.03 ± 0.009 ^c
0	10	0.31 ± 0.02 ^g	0.02 ± 0.001 ^c
0	20	0.27 ± 0.03 ^g	0.02 ± 0.002 ^c
1	0	0.49 ± 0.23 ^{fg}	0.04 ± 0.019 ^c
1	2.5	0.96 ± 0.36 ^{defg}	0.10 ± 0.026 ^{bc}
1	5	1.18 ± 0.39 ^{defg}	0.11 ± 0.023 ^{bc}
1	10	1.66 ± 0.71 ^{def}	0.10 ± 0.035 ^{bc}
1	20	0.34 ± 0.03 ^g	0.02 ± 0.003 ^c
2	0	1.78 ± 0.49 ^{de}	0.13 ± 0.012 ^{bc}
2	2.5	2.06 ± 0.88 ^{cd}	0.14 ± 0.006 ^{bc}
2	5	1.30 ± 0.53 ^{defg}	0.11 ± 0.025 ^{bc}
2	10	3.16 ± 0.2 ^{bc}	0.21 ± 0.009 ^b
2	20	0.33 ± 0.01 ^g	0.02 ± 0 ^c
4	0	3.46 ± 0.22 ^b	0.11 ± 0.007 ^{bc}
4	2.5	3.67 ± 0.61 ^b	0.15 ± 0.04 ^{bc}
4	5	7.17 ± 0.62^a	0.54 ± 0.082^a
4	10	7.37 ± 0.51^a	0.59 ± 0.015^a
4	20	0.68 ± 0.0 ^{6efg}	0.02 ± 0.002 ^c

Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark Tukey testi sonuçlarına göre 0,05 düzeyinde önemlidir. SE: Standart Hata



Şekil 4.7 *Micranthemum tweediei*'nin sürgün küme yaş ve kuru ağırlığı üzerine farklı konsantrasyonlardaki MS besin ortamlarına ilave edilen farklı oranlardaki *Cystoseira barbata* özütünün etkisi

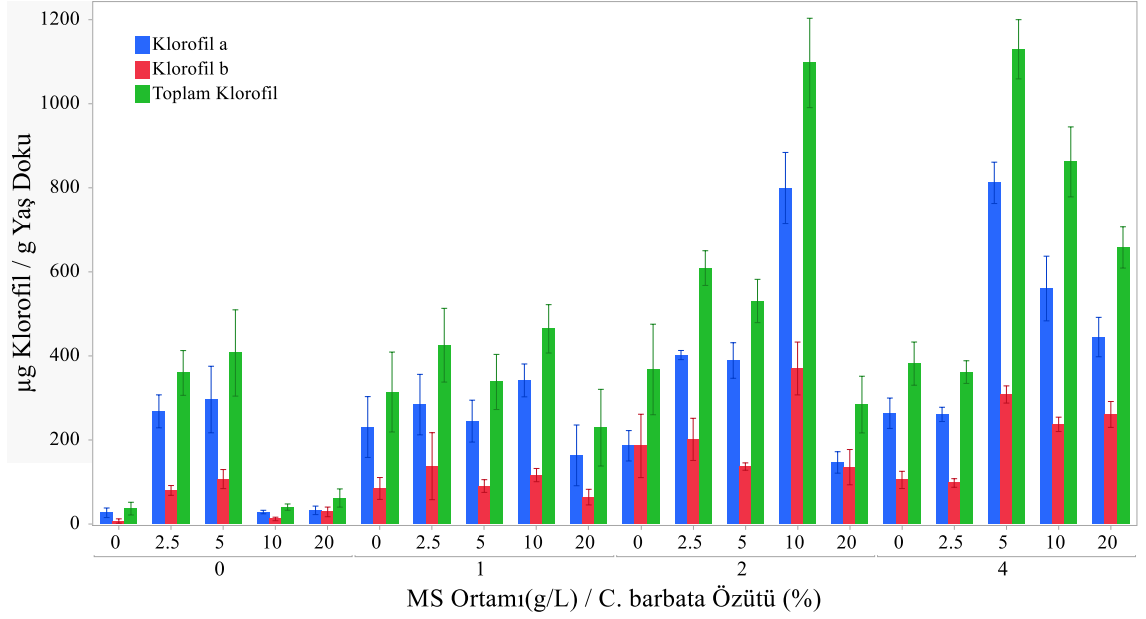
4.2.3 *C. barbata* özütünün *M. tweediei*'de sürgünlerinin klorofil içeriğine etkisi

C. barbata özütünün MS besin ortamına ilave edilmesi de *J. rubens*'de olduğu gibi *M. tweediei* bitkisinde daha yeşil sürgünlerin gelişimi ve tüm pigmentler (klorofil *a*, klorofil *b* ve toplam klorofil) üzerinde önemli oranda olumlu etki yapmıştır (Çizelge 4.6, Şekil 4.8). %5 oranında *C. barbata* özütünün 4.0 g/L MS ortamına eklenmesi en yüksek klorofil *a* (811 µg klorofil/g taze doku) ve toplam klorofil (1129 µg klorofil/g taze doku) seviyelerini sağlamıştır. En yüksek klorofil *b* oranı (369 µg klorofil/g taze doku) ise %10 *C. barbata* özütü ve 2.0 g/L MS kombinasyonunda kaydedilmiştir (Çizelge 4.6). Özellikle 4 g/L MS ortamına ilave edilen %10 ve %20 oranındaki *C. barbata* özütü klorofil seviyelerinde önemli azalmaya neden olmuştur. *M. tweediei*'nin klorofil içeriğine ilişkin tüm sonuçlar göz önüne alındığında, besin ortamına *C. barbata* özütü eklenmesi, özüt içermeyen kontrol ortamına kıyasla klorofil *a*, klorofil *b* ve toplam klorofil seviyelerini önemli ölçüde artırmıştır.

Çizelge 4.6 *Micranthemum tweediei*'nin klorofili içeriği üzerine farklı konsantrasyonlardaki MS besin ortamlarına ilave edilen farklı oranlardaki *Cystoseira barbata* özütünün etkisi

MS (g/L)	<i>C. barbata</i> Özütü (%)	Klorofil <i>a</i> (µg klorofil/g yaş doku)	Klorofil <i>b</i> (µg klorofil/g yaş doku)	Toplam Klorofil (µg klorofil/g yaş doku)
0	0	27 ± 11.37 ^e	7 ± 5.18 ^f	37 ± 15.16 ^g
0	2.5	268 ± 39.2 ^{cde}	79 ± 11.65 ^{cdef}	359 ± 53.23 ^{cdefg}
0	5	296 ± 79.16 ^{bcde}	107 ± 22.65 ^{cdef}	407 ± 102.6 ^{cdefg}
0	10	28 ± 4.169 ^e	12 ± 4.17 ^f	40 ± 7.528 ^g
0	20	32 ± 10.09 ^e	29 ± 11.47 ^{ef}	62 ± 21.67 ^{cdefg}
1	0	231 ± 72.36 ^{cde}	84 ± 26.02 ^{cdef}	314 ± 95.06 ^{cdefg}
1	2.5	284 ± 71.95 ^{cde}	138 ± 79.68 ^{bcdef}	425 ± 87.72 ^{cdef}
1	5	245 ± 49.84 ^{cde}	90 ± 15.13 ^{cdef}	338 ± 65.56 ^{cdefg}
1	10	342 ± 39.09 ^{bcd}	116 ± 15.75 ^{cdef}	464 ± 57.53 ^{cde}
1	20	163 ± 72.25 ^{de}	64 ± 18.6 ^{def}	229 ± 91.21 ^{cdefg}
2	0	186 ± 36.15 ^{cde}	186 ± 75.38 ^{abcdef}	368 ± 107.7 ^{cdefg}
2	2.5	402 ± 10.88 ^{bcd}	201 ± 50.18 ^{abcde}	609 ± 41.29 ^{bcd}
2	5	389 ± 42.33 ^{bcd}	137 ± 8.79 ^{bcdef}	530 ± 51.48 ^{bcde}
2	10	799 ± 84.59 ^a	369 ± 62.85^a	1097 ± 106.3 ^a
2	20	146 ± 25.5 ^{de}	135 ± 41.97 ^{bcdef}	284 ± 67.44 ^{cdefg}
4	0	263 ± 36.15 ^{cde}	105 ± 20.49 ^{cdef}	381 ± 51.39 ^{cdefg}
4	2.5	261 ± 16.97 ^{cde}	98 ± 10.22 ^{cdef}	361 ± 26.96 ^{cdefg}
4	5	811 ± 49.21^a	308 ± 20.45 ^{ab}	1129 ± 70.43^a
4	10	560 ± 76.9 ^{ab}	237 ± 17.07 ^{abcd}	861 ± 83.25 ^{ab}
4	20	445 ± 46.89 ^{bc}	261 ± 30.8 ^{abc}	658 ± 49.14 ^{bc}

Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark Tukey testi sonuçlarına göre 0,05 düzeyinde önemlidir. SE: Standart Hata



Şekil 4.8 *Micranthemum tweediei*'nin klorofili içeriği üzerine farklı konsantrasyonlardaki MS besin ortamlarına ilave edilen farklı oranlardaki *Cystoseira barbata* özütünün etkisi

4.3 *Jania rubens* Özütünün *Anubias barteri*'nin Mikroüretimine Etkisi

Jania rubens özütünün ilave edildiği besin ortamlarında *Anubias barteri* bitkisinde yeni sürgünlerin gelişimi kültürün başlangıcından 2 hafta sonra başlamıştır. Kültür başlangıcından 8 hafta sonra da iyi kök sistemine sahip tam gelişmiş bitkicikler elde edilmiştir (Şekil 4.9). Bundan dolayı sürgün küme çapı, küme içerisinde bulunan sürgün ve kök sayısı, kök uzunluğu, sürgün küme yaş ve kuru ağırlıkları ile klorofil içerik sonuçları kültür başlangıcından 8 hafta sonra belirlenmiştir.



Şekil 4.9 *Jania rubens* özütünün *Anubias barteri*'nin mikroüretimine etkisi

Özüt ilave edilmeyen (a) ve %2.5 (b), %5 (c), %10 (d) ile %20 (e) özüt ilave edilen 4 g/L MS ortamında gelişen *M. tweediei* sürgün kümeleri. (f) %2.5 *J. rubens* özütü ilave edilen 4g/L MS besin ortamında gelişen *A. barteri* sürgün kümesi

4.3.1 *J. rubens* özütünün *A. barteri*'de sürgün rejenerasyonuna etkisi

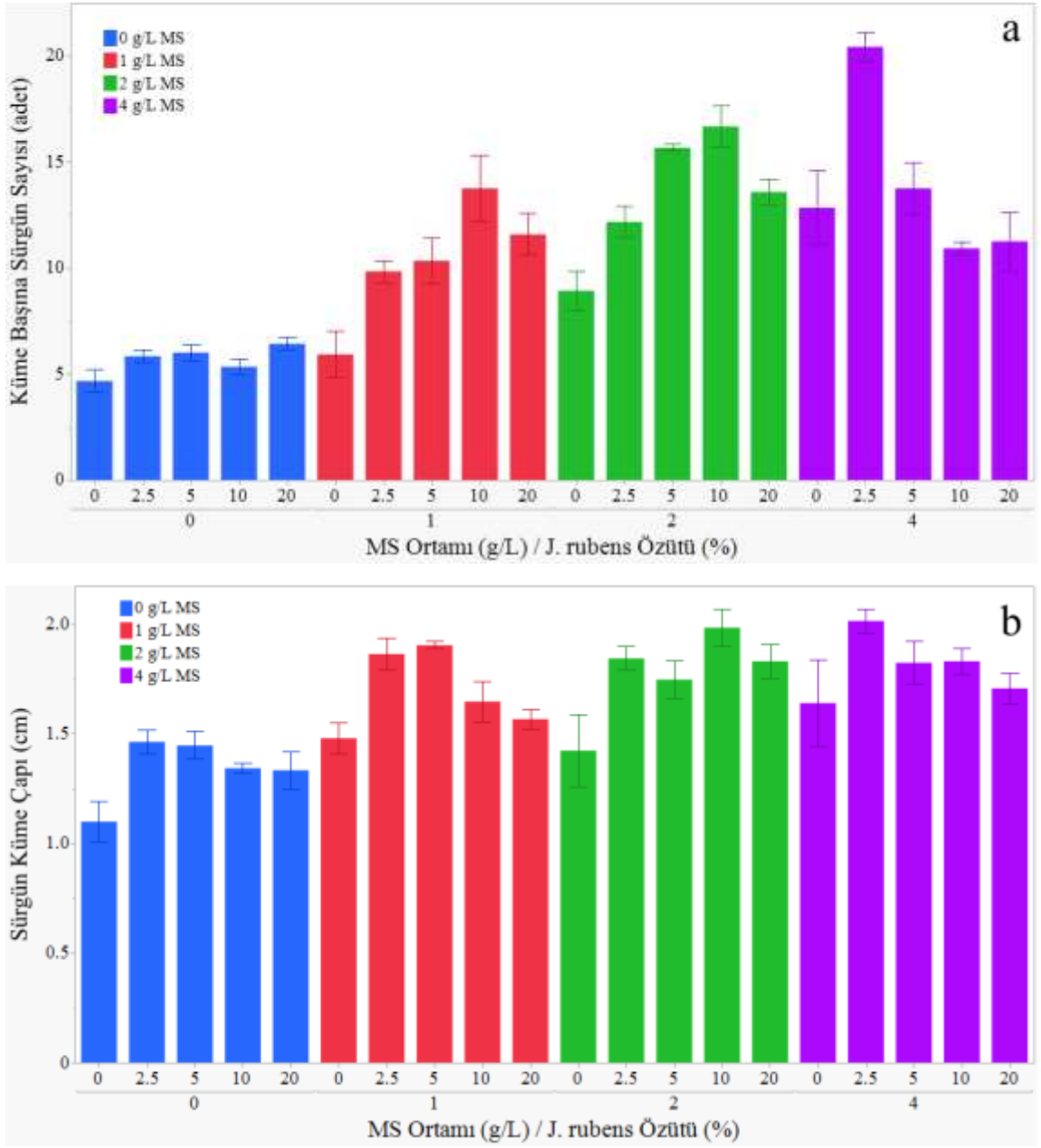
Farklı konsantrasyonlardaki MS ortamına ilave edilen farklı oranlardaki *J. rubens* özütü *Anubias barteri*'de küme içerisindeki sürgün sayısını ve sürgün kümelerinin çapını önemli oranda etkilemiştir (Şekil 4.9, Çizelge 4.7, Şekil 4.10). Küme başına en yüksek sürgün sayısı 20.41 adet ile %2.5 *J. rubens* özütü içeren 4 g/L MS ortamından elde edilmiştir (Şekil 4.9b, Çizelge 4.7). Ancak, bu ortam ile %5 ve %10 özüt içeren 2 g/L MS ortamından elde edilen sonuçlar arasındaki fark istatistiksel olarak önemsiz olmuştur. Öte yandan, 4 g/L MS ortamına %2.5'ten fazla *J. rubens* özütü eklenmesi, küme başına sürgün sayısını önemli ölçüde azaltmıştır (Şekil 1c-e, Çizelge 4.7). Küme başına sürgün sayısında olduğu gibi, en yüksek küme çapı (2,01 cm) da %2.5 *J. rubens* özütü içeren 4 g/L MS ortamından elde edilmiştir (Çizelge 4.7, Şekil 4.10). Küme çapı açısından elde edilen bu değerler, tüm konsantrasyonlarda *J. rubens* özütü ile desteklenmiş 1 ve 2 g/L

MS ortamlarının sonuçlarıyla istatistiksel olarak aynı grupta yer almıştır. Genel olarak, düşük oranlardaki MS ortamlarına (1 ve 2 g/L) ilave edilen *J. rubens* özütü, özüt içermeyen MS ortamına kıyasla sürgün rejenerasyonunu önemli oranda artırmıştır (Çizelge 4.7, Şekil 4.10).

Çizelge 4.7 *Anubias barteri*'nin in vitro sürgün rejenerasyonu üzerine farklı konsantrasyonlardaki MS besin ortamlarına ilave edilen farklı oranlardaki *Jania rubens* özütünün etkisi

MS (g/L)	<i>J. rubens</i> Özütü (%)	Küme başına sürgün Sayısı (adet) ± SE	Sürgün Küme Çapı (cm) ± SE
0	0	4.66 ± 0.54 ^h	1.10 ± 0.09 ^e
0	2.5	5.83 ± 0.30 ^{fgh}	1.46 ± 0.05 ^{bcde}
0	5	6.00 ± 0.38 ^{fgh}	1.44 ± 0.06 ^{bcde}
0	10	5.33 ± 0.36 ^{gh}	1.34 ± 0.02 ^{de}
0	20	6.41 ± 0.30 ^{efg}	1.33 ± 0.08 ^{de}
1	0	5.91 ± 1.10 ^{fgh}	1.48 ± 0.07 ^{bcde}
1	2.5	9.83 ± 0.50 ^{defg}	1.86 ± 0.07 ^{abc}
1	5	10.33 ± 1.08 ^{def}	1.90 ± 0.01 ^{ab}
1	10	13.75 ± 1.56 ^{bcd}	1.64 ± 0.09 ^{abcd}
1	20	11.58 ± 0.98 ^{cd}	1.56 ± 0.04 ^{abcde}
2	0	8.91 ± 0.91 ^{defg}	1.42 ± 0.16 ^{cde}
2	2.5	12.16 ± 0.72 ^{bcd}	1.84 ± 0.05 ^{abc}
2	5	15.66 ± 0.16 ^{abc}	1.74 ± 0.08 ^{abcd}
2	10	16.66 ± 0.96 ^{ab}	1.98 ± 0.08 ^a
2	20	13.58 ± 0.60 ^{bcd}	1.83 ± 0.07 ^{abc}
4	0	12.83 ± 1.74 ^{bcd}	1.64 ± 0.19 ^{abcd}
4	2.5	20.41 ± 0.68^a	2.01 ± 0.05^a
4	5	13.75 ± 1.23 ^{bcd}	1.82 ± 0.09 ^{abc}
4	10	10.91 ± 0.30 ^{cde}	1.83 ± 0.05 ^{abc}
4	20	11.25 ± 1.39 ^{cde}	1.70 ± 0.09 ^{abcd}

Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark Tukey testi sonuçlarına göre 0,05 düzeyinde önemlidir. SE: Standart Hata



Şekil 4.10 *Anubias barteri*'nin in vitro sürgün rejenerasyonu üzerine farklı konsantrasyonlardaki MS besin ortamlarına ilave edilen farklı oranlardaki *Jania rubens* özütünün etkisi

a) Küme başına sürgün sayısı, b) sürgün küme çapı

4.3.2 *J. rubens* özütünün *A. barteri*'de köklenmeye etkisi

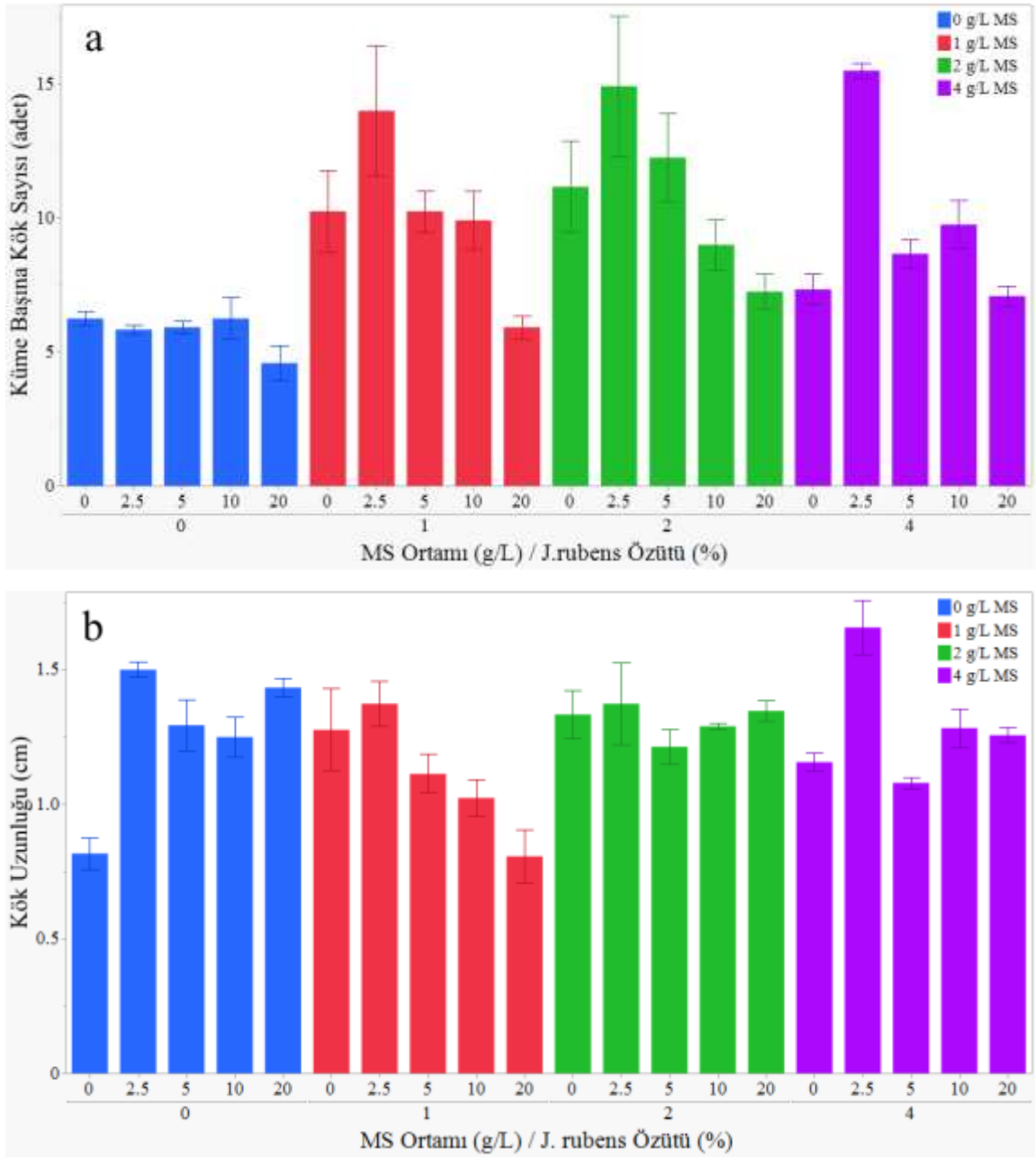
J. rubens özütünün *A. barteri*'nin in vitro köklenmesine etkisine ait sonuçlar Çizelge 4.8 ve Şekil 4.11'de verilmiştir. Sürgün rejenerasyonunda olduğu gibi en yüksek küme başına

kök sayısı (15.5 adet) ve kök uzunluğu (1.65 cm) da 4 g/L MS besin ortamına % 2.5 oranında *J. rubens* özütü ilave edilmesiyle elde edilmiştir (Şekil 4.9f). Aynı şekilde 1 ve 2 g/L MS besin ortamında %2.5 oranında özüt ilave edilmesi sonucunda da benzer sonuçlar elde edilmiştir. Genel olarak besin ortamına %10 ile %20 oranında özüt ilave edilmesi kök sayısının azalmasına neden olmuştur (Çizelge 4.8).

Çizelge 4.8 *Anubias barteri*'nin in vitro köklenmesi üzerine farklı konsantrasyonlardaki MS besin ortamlarına ilave edilen farklı oranlardaki *Jania rubens* özütünün etkisi

MS (g/L)	<i>J. rubens</i> Özütü (%)	Küme Başına Kök Sayısı (adet) ± SE	Kök Uzunluğu (cm) ± SE
0	0	6.25 ± 0.25 ^{def}	0.81 ± 0.06 ^d
0	2.5	5.83 ± 0.16 ^{ef}	1.50 ± 0.02 ^{ab}
0	5	5.91 ± 0.22 ^{ef}	1.29 ± 0.09 ^{abc}
0	10	6.25 ± 0.76 ^{def}	1.25 ± 0.07 ^{abc}
0	20	4.58 ± 0.65 ^f	1.43 ± 0.03 ^{abc}
1	0	10.25 ± 1.52 ^{abcdef}	1.27 ± 0.15 ^{abc}
1	2.5	14.00 ± 2.42 ^{abc}	1.37 ± 0.08 ^{abc}
1	5	10.25 ± 0.76 ^{abcdef}	1.11 ± 0.07 ^{bcd}
1	10	9.91 ± 1.10 ^{abcdef}	1.02 ± 0.06 ^{cd}
1	20	5.91 ± 0.4 ^{ef}	0.80 ± 0.09 ^d
2	0	11.16 ± 1.69 ^{abcde}	1.33 ± 0.08 ^{abc}
2	2.5	14.91 ± 2.6 ^{ab}	1.37 ± 0.15 ^{abc}
2	5	12.25 ± 1.63 ^{abcd}	1.21 ± 0.06 ^{bcd}
2	10	9.00 ± 0.94 ^{bcdef}	1.29 ± 0.01 ^{abc}
2	20	7.25 ± 0.66 ^{def}	1.34 ± 0.03 ^{abc}
4	0	7.33 ± 0.58 ^{def}	1.15 ± 0.03 ^{bcd}
4	2.5	15.50 ± 0.28^a	1.65 ± 0.09^a
4	5	8.66 ± 0.54 ^{cdef}	1.08 ± 0.02 ^{bcd}
4	10	9.75 ± 0.90 ^{abcdef}	1.28 ± 0.07 ^{abc}
4	20	7.08 ± 0.36 ^{def}	1.26 ± 0.03 ^{abc}

Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark Tukey testi sonuçlarına göre 0,05 düzeyinde önemlidir. SE: Standart Hata



Şekil 4.11 *Anubias barteri*'nin in vitro köklenmesi üzerine farklı konsantrasyonlardaki MS besin ortamlarına ilave edilen farklı oranlardaki *Jania rubens* özütünün etkisi

a) Küme başına kök sayısı, b) kök uzunluğu

4.3.3 *J. rubens* özütünün *A. barteri*'de sürgün küme yaş ve kuru ağırlığına etkisi

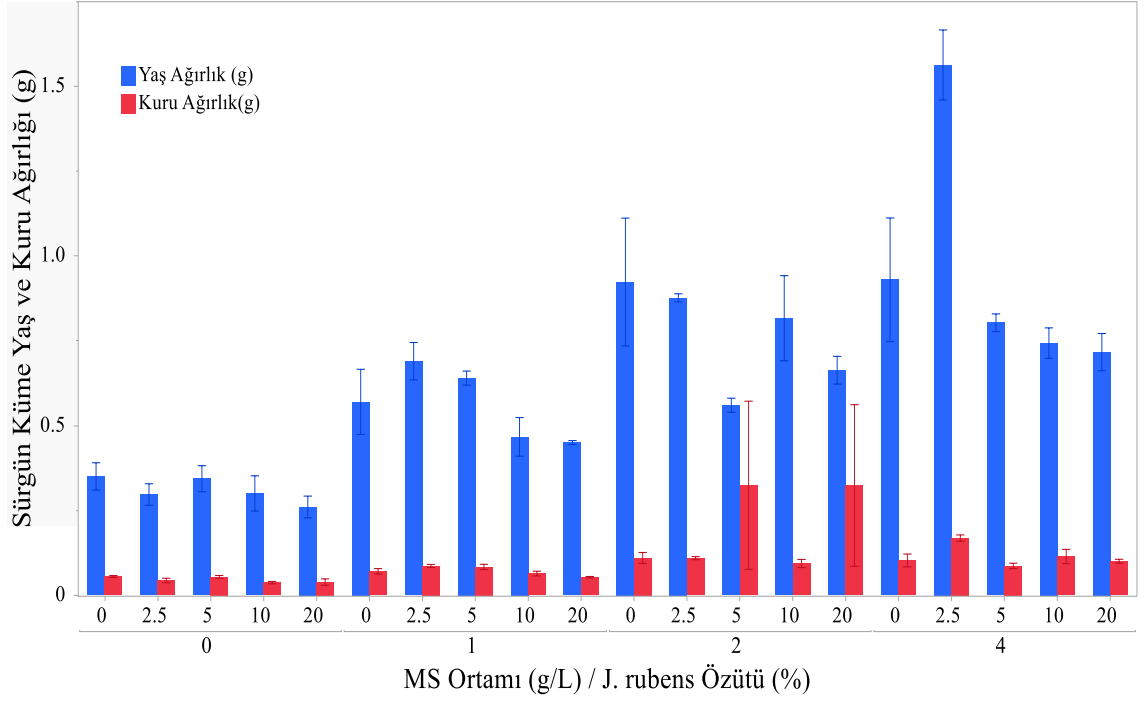
Sürgün sayısında olduğu gibi, en yüksek sürgün küme yaş ve kuru ağırlıkları da sırasıyla 1.563 g ve 0.192 g ile %2,5 *J. rubens* özütü içeren 4 g/L MS ortamdan elde edilmiştir

(Çizelge 4.9, Şekil 4.12). Bu ortam ile diğer ortamlar arasındaki fark da istatistiksel olarak önemli çıkmıştır. En düşük küme yaş ve kuru ağırlıkların ise MS içermeyen besin ortamlarından elde edilmiştir. Genel olarak tüm MS besin ortamlarına ilave edilen %10 ve %20 oranındaki *J. rubens* özütleri negatif etki yaparak sürgün küme yaş ve kuru ağırlığını önemli oranda düşürmüştür (Çizelge 4.9, Şekil 4.12).

Çizelge 4.9 *Anubias barteri*'nin sürgün küme yaş ve kuru ağırlığı üzerine farklı konsantrasyonlardaki MS besin ortamlarına ilave edilen farklı oranlardaki *Jania rubens* özütünün etkisi

MS (g/L)	<i>J. rubens</i> Özütü (%)	Sürgün Küme Yaş Ağırlığı (g) ± SE	Sürgün Küme Kuru Ağırlığı (g) ± SE
0	0	0.350 ± 0.040 ^{def}	0.055 ± 0.003 ^{ghi}
0	2.5	0.297 ± 0.032 ^{ef}	0.043 ± 0.007 ^{hi}
0	5	0.343 ± 0.038 ^{def}	0.054 ± 0.004 ^{ghi}
0	10	0.300 ± 0.052 ^{ef}	0.037 ± 0.004 ⁱ
0	20	0.260 ± 0.032 ^f	0.039 ± 0.009 ⁱ
1	0	0.570 ± 0.096 ^{bcdef}	0.070 ± 0.008 ^{efgh}
1	2.5	0.690 ± 0.055 ^{bcde}	0.086 ± 0.004 ^{cdef}
1	5	0.640 ± 0.021 ^{bcdef}	0.083 ± 0.008 ^{cdef}
1	10	0.467 ± 0.057 ^{cdef}	0.063 ± 0.007 ^{fghi}
1	20	0.450 ± 0.006 ^{cdef}	0.053 ± 0.002 ^{ghi}
2	0	0.923 ± 0.189 ^b	0.109 ± 0.016 ^{bc}
2	2.5	0.876 ± 0.012 ^{bc}	0.110 ± 0.005 ^{bc}
2	5	0.560 ± 0.021 ^{bcdef}	0.078 ± 0.002 ^{defg}
2	10	0.817 ± 0.125 ^{bc}	0.093 ± 0.012 ^{bcde}
2	20	0.663 ± 0.041 ^{bcdef}	0.083 ± 0.001 ^{cdef}
4	0	0.930 ± 0.182 ^b	0.102 ± 0.019 ^{bcd}
4	2.5	1.563 ± 0.103^a	0.192 ± 0.010^a
4	5	0.803 ± 0.026 ^{bc}	0.114 ± 0.021 ^b
4	10	0.743 ± 0.045 ^{bcd}	0.100 ± 0.006 ^{bcd}
4	20	0.717 ± 0.055 ^{bcde}	0.086 ± 0.008 ^{cdef}

Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark Tukey testi sonuçlarına göre 0,05 düzeyinde önemlidir. SE: Standart Hata



Şekil 4.12 *Anubias barteri*'nin sürgün küme yaş ve kuru ağırlığı üzerine farklı konsantrasyonlardaki MS besin ortamlarına ilave edilen farklı oranlardaki *Jania rubens* özütünün etkisi

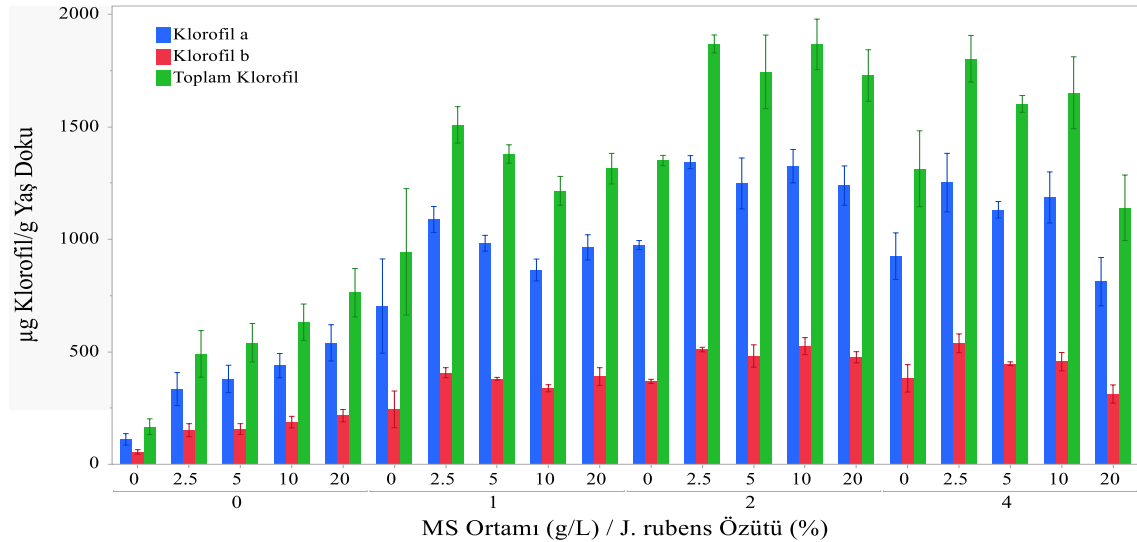
4.3.4 *J. rubens* özütünün *A. barteri*'de sürgünlerin klorofil içeriğine etkisi

J. rubens özütünün *A. barteri*'nin klorofil içeriğine etkisine ait sonuçlar Çizelge 4.10 ve Şekil 4.13'de verilmiştir. *J. rubens* özütü ilave edilen MS besin ortamları özütü içermeyen MS ortamlarına kıyasla *A. barteri*'nin klorofil *a*, klorofil *b* ve toplam klorofil içeriğinde önemli artışlar meydana getirmiştir. En yüksek klorofil *a* (1343,0 µg klorofil/g taze doku) ve toplam klorofil (1868,3 µg klorofil/g yaş doku) seviyeleri, 2 g/L MS besin ortamına eklenen %2,5 *J. rubens* özütünden elde edilmiştir (Çizelge 4.10, Şekil 4.13). Ancak, bu değerler ile en yüksek klorofil *b* içeriğini (537,7 µg klorofil/g taze doku) ve *A. barteri*'de en yüksek oranda mikroüretim sağlayan %2,5 *J. rubens* özütü içeren 4 g/L MS'den elde edilen sonuçlar arasındaki fark istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. En düşük klorofil değerleri ise MS içermeyen besin ortamlarından elde edilmiştir. Özellikle 4 g/L MS ortamına ilave edilen %20 oranındaki *J. rubens* özütü klorofil içeriği üzerine olumsuz etki yapmıştır.

Çizelge 4.10 *Anubias barteri*'nin klorofili içeriği üzerine farklı konsantrasyonlardaki MS besin ortamlarına ilave edilen farklı oranlardaki *Jania rubens* özütünün etkisi

MS (g/L)	<i>J. rubens</i> Özütü (%)	Klorofil a (µg klorofil/g yaş doku) ± SE	Klorofil b (µg klorofil/g yaş doku) ± SE	Toplam Klorofil (µg klorofil/g yaş doku) ± SE
0	0	110.7 ± 25.47 ⁱ	55.0 ± 10.02 ^g	167.0 ± 35.00 ⁱ
0	2.5	334.0 ± 73.37 ^{hi}	151.3 ± 29.07 ^{fg}	490.7 ± 103.40 ^{hi}
0	5	379.3 ± 60.91 ^{ghi}	156.7 ± 23.82 ^{fg}	540.3 ± 85.21 ^{ghi}
0	10	438.3 ± 53.82 ^{fghi}	187.3 ± 25.83 ^{efg}	631.7 ± 80.68 ^{fghi}
0	20	539.7 ± 80.62 ^{efghi}	216.0 ± 27.43 ^{defg}	762.7 ± 107.90 ^{efghi}
1	0	703.3 ± 209.4 ^{defgh}	244.0 ± 81.73 ^{defg}	944.3 ± 280.90 ^{defgh}
1	2.5	1088.0 ± 58.02 ^{abcd}	407.0 ± 22.30 ^{abcd}	1508.7 ± 80.92 ^{abcd}
1	5	982.7 ± 35.14 ^{abcde}	380.3 ± 6.173 ^{abcd}	1379.3 ± 40.74 ^{abcde}
1	10	863.7 ± 48.53 ^{bcdef}	338.0 ± 15.63 ^{bcdef}	1215.7 ± 63.99 ^{bcdef}
1	20	964.0 ± 56.22 ^{abcde}	389.7 ± 39.65 ^{abcd}	1314.0 ± 68.09 ^{abcde}
2	0	974.3 ± 20.12 ^{abcde}	368.7 ± 9.17 ^{abcde}	1350.0 ± 23.12 ^{abcde}
2	2.5	1343.0 ± 29.02^a	510.0 ± 10.15 ^{ab}	1868.3 ± 39.96^a
2	5	1248.3 ± 113.20 ^{abc}	481.3 ± 49.64 ^{abc}	1744.3 ± 163.60 ^{abc}
2	10	1325.0 ± 74.23 ^{ab}	525.0 ± 37.85 ^{ab}	1866.3 ± 112.60 ^a
2	20	1238.7 ± 87.48 ^{abc}	475.7 ± 24.84 ^{abc}	1728.0 ± 114.50 ^{abc}
4	0	925.0 ± 103.70 ^{abcde}	382.0 ± 61.01 ^{abcd}	1313.3 ± 168.80 ^{abcde}
4	2.5	1252.0 ± 130.20 ^{abc}	537.7 ± 41.79^a	1802.7 ± 103.70 ^{ab}
4	5	1131.3 ± 36.80 ^{abcd}	447.0 ± 8.386 ^{abc}	1602.0 ± 37.45 ^{abc}
4	10	1186.0 ± 113.60 ^{abc}	456.0 ± 40.67 ^{abc}	1651.3 ± 159.90 ^{abc}
4	20	811.67 ± 107.50 ^{cdefg}	312.3 ± 40.46 ^{cdef}	1140.0 ± 145.90 ^{cdefg}

Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark Tukey testi sonuçlarına göre 0,05 düzeyinde önemlidir. SE: Standart Hata



Şekil 4.13 *Anubias barteri*'nin klorofili içeriği üzerine farklı konsantrasyonlardaki MS besin ortamlarına ilave edilen farklı oranlardaki *Jania rubens* özütünün etkisi

4.4 *Cystoseira barbata* Özütünün *Anubias barteri*'nin In Vitro Mikroüretimine Etkisi

Cystoseira barbata özütünün ilave edildiği besin ortamlarında *Anubias barteri* bitkisinde yeni sürgünlerin gelişimi kültürün başlangıcından 2 hafta sonra başlamıştır. Kültür başlangıcından 8 hafta sonra da iyi kök sistemine sahip tam gelişmiş bitkicikler elde edilmiştir (Şekil 4.14). Bundan dolayı tüm sayım ve ölçümler kültür başlangıcından 8 hafta sonra belirlenmiştir.



Şekil 4.14 *Cystoseira barbata* özütünün *Anubias barteri*'nin mikroüretimine etkisi

Özüt ilave edilmeyen (a) ve %2.5 (b), %5 (c), %10 (d) ile %20 (e) özüt ilave edilen ve MS içermeyen besin ortamında gelişen *M. tweediei* sürgün kümeleri

4.4.1 *C. barbata* özütünün *A. barteri*'de sürgün rejenerasyonuna etkisi

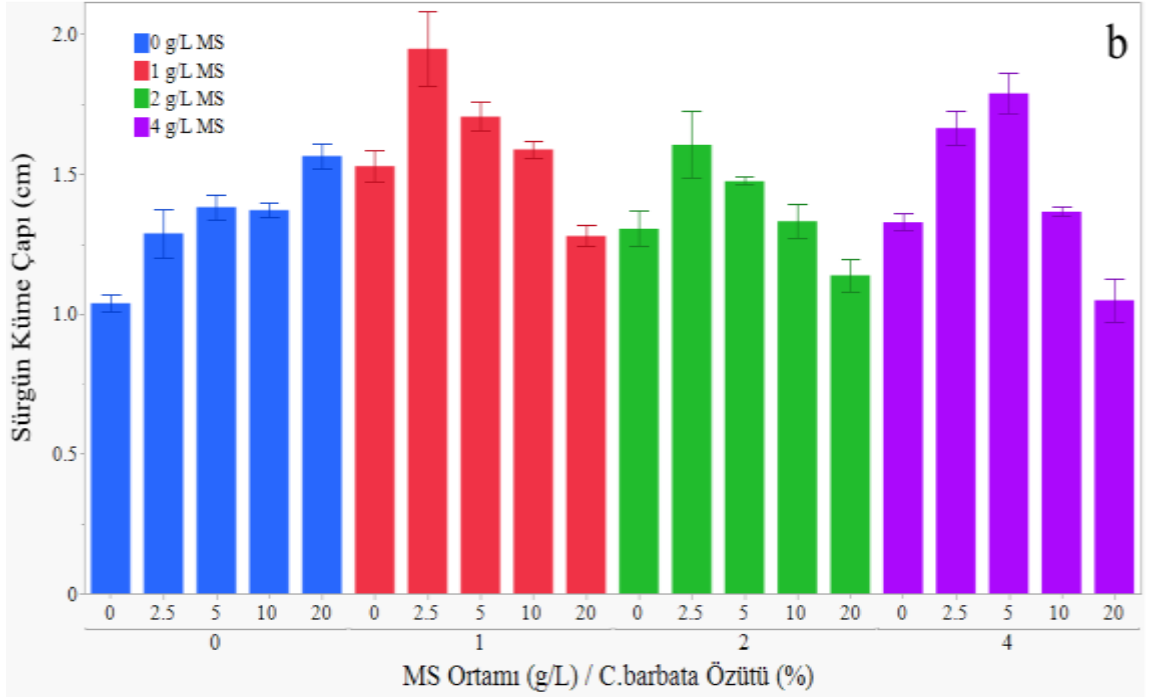
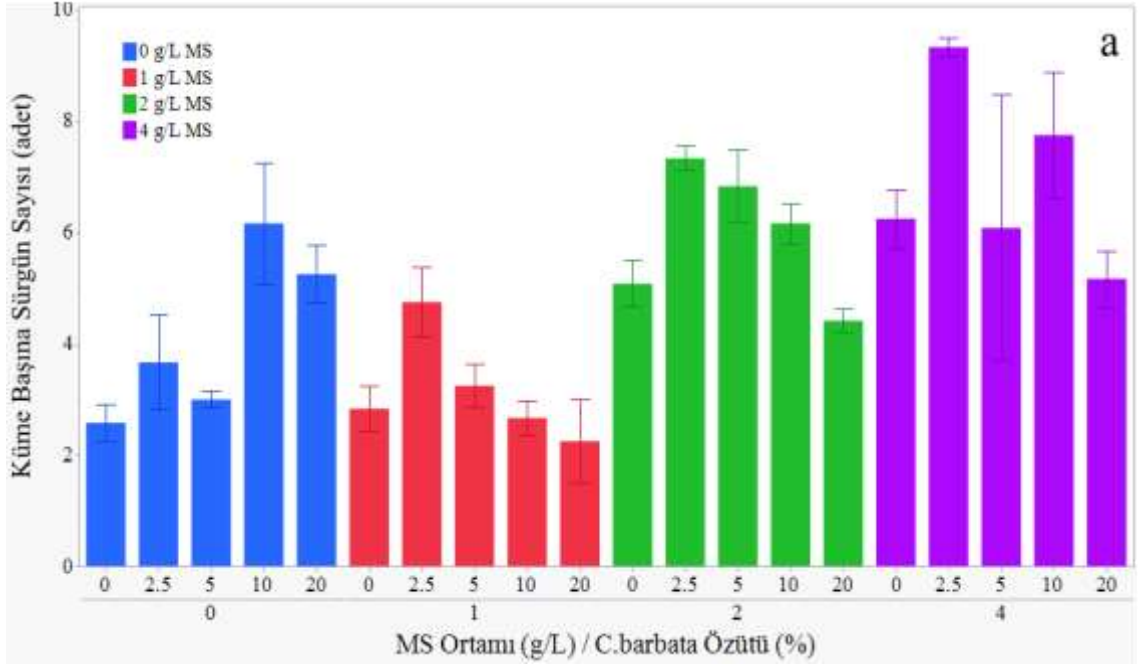
Çizelge 4.11 ve Şekil 4.15'de MS besin ortamında farklı oranlarda kullanılan *C. barbata* özütünün *A. barteri*'nin sürgün rejenerasyonu üzerine etkisi verilmiştir. *J. rubens* özütünde olduğu gibi, *A. barteri*'de de küme başına en yüksek sürgün sayısı 9.33 adet ile %2.5 *C barbata* özütü ilave edilen 4 g/L MS ortamından elde edilmiştir. Ancak bu değer ile *C. barbata* özütü içermeyen 4 g/L MS ortamından elde edilen sonuç arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır. En yüksek küme çapı ise 1,95 cm ile %2,5 özüt içeren 1 g/L MS ortamından elde edilirken, en yüksek sürgün sayısını veren %2,5 özüt içeren 4 g/L MS ortamından elde edilen sonuç (1.67 cm) ile bu değer arasındaki fark istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. MS içermeyen besin ortamlarına *C. barbata* özütünün ilave edilmesi sürgün rejenerasyonunu önemli oranda artırmıştır. MS içermeyen besin ortamına %10 özüt ilave edilmesi küme başına en yüksek sürgün sayısını

veren 4 g/L MS besin ortamına ilave edilen %2.5'lik özüt ile istatistiksel olarak aynı grupta yer almıştır (Çizelge 4.11).

Çizelge 4.11 *Anubias barteri*'nin in vitro sürgün rejenerasyonu üzerine farklı konsantrasyonlardaki MS besin ortamlarına ilave edilen farklı oranlardaki *Cystoseira barbata* özütünün etkisi

MS (g/L)	<i>C. barbata</i> Özütü (%)	Küme başına sürgün Sayısı (adet) ± SE	Sürgün Küme Çapı (cm) ± SE
0	0	2.58 ± 0.33 ^e	1.04 ± 0.03 ^h
0	2.5	3.67 ± 0.84 ^{bcde}	1.29 ± 0.08 ^{efgh}
0	5	3.00 ± 0.14 ^{de}	1.38 ± 0.04 ^{cdefg}
0	10	6.17 ± 1.09 ^{abcd}	1.37 ± 0.02 ^{cdefgh}
0	20	5.25 ± 0.52 ^{bcde}	1.57 ± 0.04 ^{bcde}
1	0	2.83 ± 0.41 ^{de}	1.53 ± 0.05 ^{bcde}
1	2.5	4.75 ± 0.62 ^{bcde}	1.95 ± 0.13^a
1	5	3.25 ± 0.38 ^{cde}	1.71 ± 0.05 ^{abc}
1	10	2.67 ± 0.30 ^e	1.59 ± 0.03 ^{bcde}
1	20	2.25 ± 0.75 ^e	1.28 ± 0.04 ^{efgh}
2	0	5.08 ± 0.41 ^{bcde}	1.31 ± 0.06 ^{efgh}
2	2.5	7.33 ± 0.22 ^{abc}	1.61 ± 0.12 ^{bcde}
2	5	6.83 ± 0.65 ^{abcd}	1.48 ± 0.01 ^{bcdef}
2	10	6.17 ± 0.36 ^{abcd}	1.33 ± 0.06 ^{defgh}
2	20	4.42 ± 0.22 ^{bcde}	1.14 ± 0.06 ^{fgh}
4	0	6.25 ± 0.52 ^{abcd}	1.33 ± 0.03 ^{defgh}
4	2.5	9.33 ± 0.16^a	1.67 ± 0.06 ^{abcd}
4	5	6.08 ± 2.39 ^{abcde}	1.79 ± 0.07 ^{ab}
4	10	7.75 ± 1.12 ^{ab}	1.37 ± 0.02 ^{defgh}
4	20	5.17 ± 0.50 ^{bcde}	1.05 ± 0.07 ^{gh}

Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark Tukey testi sonuçlarına göre 0,05 düzeyinde önemlidir. SE: Standart Hata



Şekil 4.15 *Anubias barteri*'nin in vitro sürgün rejenerasyonu üzerine farklı konsantrasyonlardaki MS besin ortamlarına ilave edilen farklı oranlardaki *Cystoseira barbata* özütünün etkisi

a) Küme başına sürgün sayısı, b) sürgün küme çapı

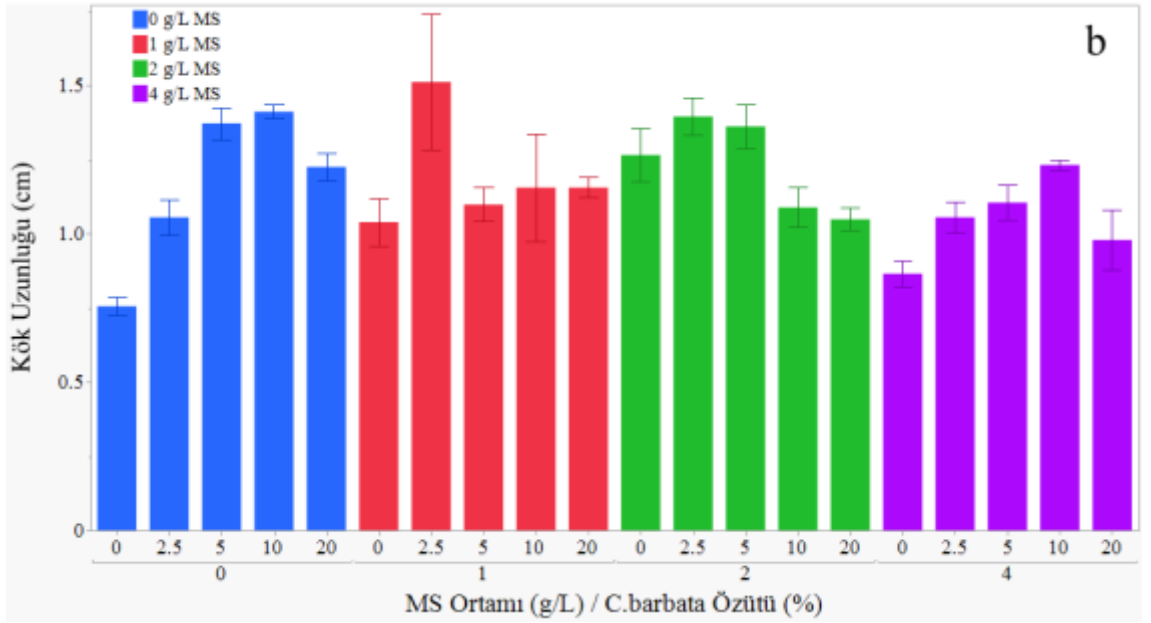
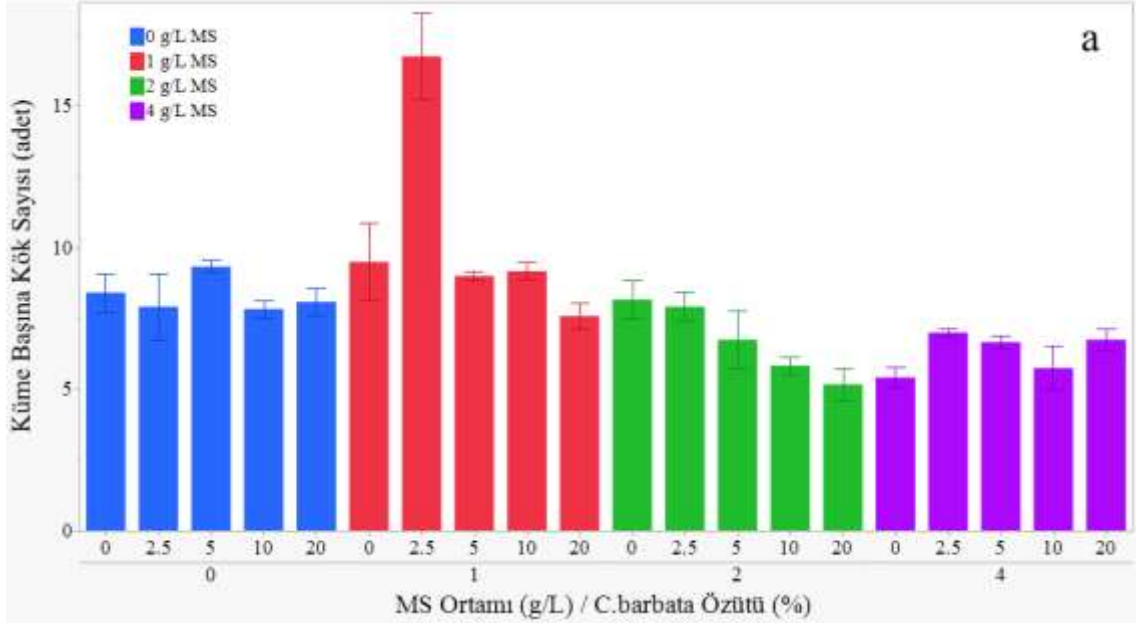
4.4.2 *C. barbata* özütünün *A. barteri*'de köklenmeye etkisi

A. barteri'de en yüksek küme başına kök sayısı ve kök uzunluğu %2.5 *C. barbata* özütü içeren 1 g/L MS besin ortamından elde edilmiştir (Çizelge 4.12, Şekil 4.16). Genel olarak, ortamdaki MS besin ve ekstrakt içeriği arttıkça kök gelişiminde bir azalma gözlenmiştir. Özellikle 2 ve 4 g/L MS besin ortamlarına ilave edilen %10 ve %20 oranındaki *C. barbata* özütü olumsuz etki yaparak kök sayısını önemli oranda düşürmüştür.

Çizelge 4.12 *Anubias barteri*'nin in vitro köklenmesi üzerine farklı konsantrasyonlardaki MS besin ortamlarına ilave edilen farklı oranlardaki *Cystoseira barbata* özütünün etkisi

MS (g/L)	<i>C. barbata</i> Özütü (%)	Küme Başına Kök Sayısı \pm SE	Kök Uzunluğu (cm) \pm SE
0	0	8.42 \pm 0.68 ^{bcde}	0.76 \pm 0.03 ^d
0	2.5	7.92 \pm 1.16 ^{bcde}	1.05 \pm 0.06 ^{bcd}
0	5	9.33 \pm 0.22 ^{bc}	1.37 \pm 0.05 ^{ab}
0	10	7.83 \pm 0.30 ^{bcde}	1.41 \pm 0.02 ^{ab}
0	20	8.08 \pm 0.46 ^{bcde}	1.23 \pm 0.05 ^{abc}
1	0	9.50 \pm 1.37 ^b	1.04 \pm 0.08 ^{bcd}
1	2.5	16.75 \pm 1.50^a	1.51 \pm 0.23^a
1	5	9.00 \pm 0.14 ^{bcd}	1.10 \pm 0.05 ^{abcd}
1	10	9.17 \pm 0.30 ^{bcde}	1.16 \pm 0.18 ^{abcd}
1	20	7.58 \pm 0.44 ^{bcde}	1.16 \pm 0.03 ^{abcd}
2	0	8.17 \pm 0.68 ^{bc}	1.27 \pm 0.09 ^{abc}
2	2.5	7.92 \pm 0.50 ^{bcde}	1.40 \pm 0.06 ^{ab}
2	5	6.75 \pm 1.01 ^{bcde}	1.36 \pm 0.07 ^{ab}
2	10	5.83 \pm 0.30 ^{bcde}	1.09 \pm 0.06 ^{abcd}
2	20	5.17 \pm 0.58 ^e	1.05 \pm 0.04 ^{bcd}
4	0	5.42 \pm 0.36 ^{de}	0.87 \pm 0.04 ^{cd}
4	2.5	7.00 \pm 0.14 ^{bcde}	1.05 \pm 0.05 ^{bcd}
4	5	6.67 \pm 0.22 ^{bcde}	1.11 \pm 0.06 ^{abcd}
4	10	5.75 \pm 0.76 ^{cde}	1.23 \pm 0.02 ^{abc}
4	20	6.75 \pm 0.38 ^{bcde}	0.98 \pm 0.10 ^{bcd}

Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark Tukey testi sonuçlarına göre 0,05 düzeyinde önemlidir. SE: Standart Hata



Şekil 4.16 *Anubias barteri*'nin in vitro köklenmesi üzerine farklı konsantrasyonlardaki MS besin ortamlarına ilave edilen farklı oranlardaki *Cystoseira barbata* özütünün etkisi

a) Küme başına kök sayısı, b) kök uzunluğu

4.4.3 *C. barbata* özütünün *A. barteri*'de sürgün küme yaş ve kuru ağırlığına etkisi

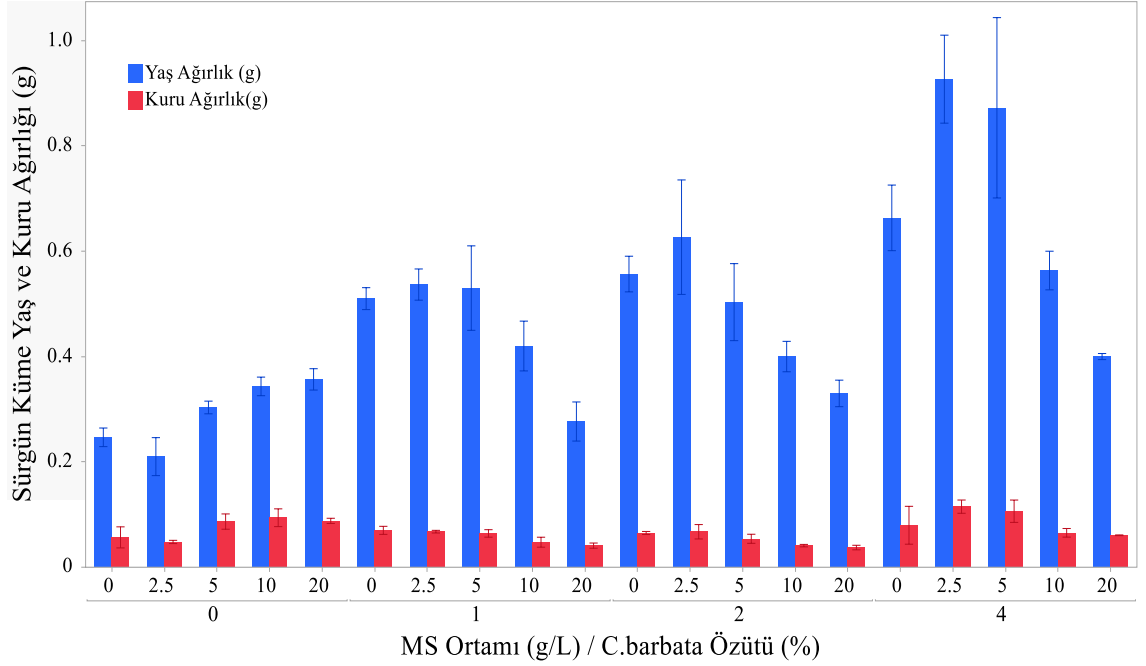
Sürgün sayısında olduğu gibi, en yüksek sürgün küme yaş ve kuru ağırlıkları da %2,5 *C. barbata* özütü içeren 4 g/L MS içeren ortamdan elde edilmiştir (Çizelge 4.13, Şekil 4.17).

MS içermeyen besin ortamı haricinde, MS içeren tüm ortamlara ilave edilen %10 ve %20 oranındaki *C. barbata* özütü olumsuz etki yaparak sürgün yaş ve kuru küme ağırlığını önemli oranda azaltmıştır.

Çizelge 4.13 *Anubias barteri*'nin sürgün küme yaş ve kuru ağırlığı üzerine farklı konsantrasyonlardaki MS besin ortamlarına ilave edilen farklı oranlardaki *Cystoseira barbata* özütünün etkisi

MS (g/L)	<i>C. barbata</i> Özütü (%)	Sürgün Küme Yaş Ağırlığı (g) ± SE	Sürgün Küme Kuru Ağırlığı (g) ± SE
0	0	0.247 ± 0.018 ^{ef}	0.057 ± 0.020 ^{ab}
0	2.5	0.210 ± 0.036 ^f	0.048 ± 0.03 ^{ab}
0	5	0.303 ± 0.012 ^{def}	0.087 ± 0.015 ^{ab}
0	10	0.343 ± 0.018 ^{cdef}	0.094 ± 0.01 ^{7ab}
0	20	0.357 ± 0.020 ^{cdef}	0.088 ± 0.005 ^{ab}
1	0	0.510 ± 0.021 ^{cdef}	0.070 ± 0.008 ^{ab}
1	2.5	0.537 ± 0.030 ^{cdef}	0.068 ± 0.003 ^{ab}
1	5	0.530 ± 0.080 ^{cdef}	0.064 ± 0.007 ^{ab}
1	10	0.420 ± 0.047 ^{cdef}	0.048 ± 0.009 ^{ab}
1	20	0.277 ± 0.037 ^{ef}	0.041 ± 0.005 ^b
2	0	0.557 ± 0.034 ^{bcde}	0.065 ± 0.003 ^{ab}
2	2.5	0.627 ± 0.109 ^{abcd}	0.067 ± 0.014 ^{ab}
2	5	0.503 ± 0.073 ^{cdef}	0.054 ± 0.009 ^{ab}
2	10	0.400 ± 0.029 ^{cdef}	0.041 ± 0.002 ^b
2	20	0.330 ± 0.025 ^{def}	0.037 ± 0.004 ^b
4	0	0.663 ± 0.062 ^{abc}	0.080 ± 0.036 ^{ab}
4	2.5	0.927 ± 0.084^a	0.115 ± 0.013^a
4	5	0.872 ± 0.171 ^{ab}	0.106 ± 0.021 ^{ab}
4	10	0.563 ± 0.037 ^{bcde}	0.065 ± 0.008 ^{ab}
4	20	0.400 ± 0.006 ^{cdef}	0.061 ± 0.001 ^{ab}

Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark Tukey testi sonuçlarına göre 0,05 düzeyinde önemlidir. SE: Standart Hata



Şekil 4.17 *Anubias barteri*'nin sürgün küme yaş ve kuru ağırlığı üzerine farklı konsantrasyonlardaki MS besin ortamlarına ilave edilen farklı oranlardaki *Cystoseira barbata* özütünün etkisi

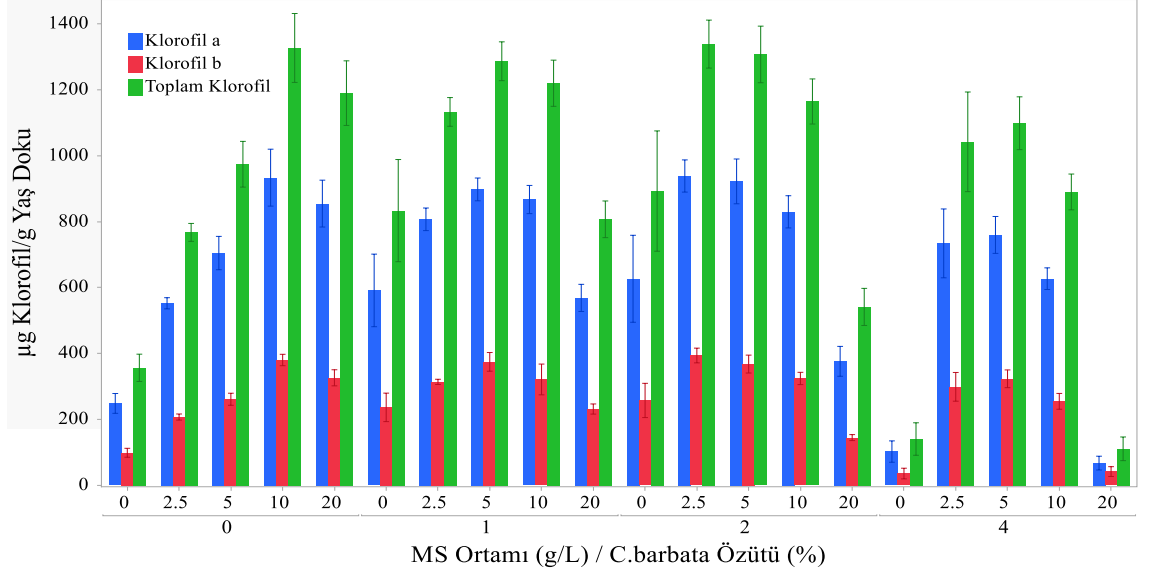
4.4.4 *C. barbata* özütünün *A. barteri*'de sürgünlerin klorofil içeriğine etkisi

C. barbata özütünün MS besin ortamına eklenmesiyle, deniz yosunu özütü içermeyen MS ortamına kıyasla *A. barteri*'nin klorofil içeriğinde önemli artışlar meydana gelmiştir (Çizelge 41.14, Şekil 4.18). *J. rubens* özütünün ilave edilmesinde olduğu gibi, %2,5 *C. barbata* özütü içeren 2 g/L MS besin ortamı *A. barteri*'de en yüksek klorofil *a* (938,3 µg klorofil/g taze doku), klorofil *b* (394,0 µg klorofil/g taze doku) ve toplam klorofil (1338,3 µg klorofil/g taze doku) içeriğini vermiştir (Çizelge 41.14, Şekil 4.18). MS içermeyen besin ortamında dahi, ortama %5-20 oranında ilave edilen *C. barbata* özütü tüm klorofil içeriklerinde önemli artışlar sağlamıştır. Öte yandan 4 g/L MS içeren ortamlarda klorofil oranları önemli miktarda düşmüştür. Genel olarak *A. barteri*'nin klorofil içeriğine etkisi bakımından *J. rubens* özütü *C. barbata* özütüne göre daha etkili olmuştur.

Çizelge 4.14 *Anubias barteri*'nin klorofili içeriği üzerine farklı konsantrasyonlardaki MS besin ortamlarına ilave edilen farklı oranlardaki *Cystoseira barbata* özütünün etkisi

MS (g/L)	<i>C. barbata</i> Özütü (%)	Klorofil <i>a</i> (µg klorofil/g yaş doku)	Klorofil <i>b</i> (µg klorofil/g yaş doku)	Toplam Klorofil (µg klorofil/g yaş doku)
0	0	248.7 ± 30.07 ^{fg}	99.0 ± 13.58 ^{fg}	356.7 ± 41.37 ^{ef}
0	2.5	552.3 ± 16.91 ^{def}	207.3 ± 9.28 ^{def}	767.3 ± 27.20 ^{cde}
0	5	704.7 ± 50.58 ^{abcde}	261.3 ± 18.26 ^{abcde}	974.0 ± 69.37 ^{abcd}
0	10	933.3 ± 86.31 ^a	380.3 ± 17.32 ^{ab}	1326.7 ± 104.50 ^a
0	20	854.7 ± 71.05 ^{abcd}	326.3 ± 24.39 ^{abcd}	1189.7 ± 97.93 ^{abc}
1	0	591.3 ± 110.10 ^{bcde}	236.7 ± 43.21 ^{bcdef}	833.3 ± 154.93 ^{bcd}
1	2.5	807.0 ± 34.27 ^{abcd}	314.0 ± 7.937 ^{abcd}	1132.7 ± 43.50 ^{abc}
1	5	897.7 ± 34.57 ^{abc}	374.7 ± 28.35 ^{abc}	1286.3 ± 58.89 ^{ab}
1	10	867.0 ± 42.77 ^{abcd}	321.3 ± 46.67 ^{abcd}	1219.7 ± 70.02 ^{abc}
1	20	568.7 ± 41.15 ^{cdef}	231.7 ± 15.38 ^{cdef}	807.0 ± 55.61 ^{cde}
2	0	626.7 ± 131.9 ^{abcde}	257.7 ± 51.97 ^{abcde}	892.7 ± 182.43 ^{abcd}
2	2.5	938.3 ± 48.82^a	394.0 ± 22.34^a	1338.3 ± 72.78^a
2	5	922.0 ± 67.93 ^{ab}	368.0 ± 27.15 ^{abc}	1307.0 ± 85.82 ^a
2	10	829.7 ± 48.82 ^{abcd}	324.3 ± 18.66 ^{abcd}	1164.3 ± 68.36 ^{abc}
2	20	376.3 ± 45.31 ^{efg}	145.0 ± 9.07 ^{efg}	541.3 ± 56.27 ^{def}
4	0	102.7 ± 32.38 ^g	36.0 ± 16.20 ^g	140.7 ± 49.26 ^f
4	2.5	734.0 ± 104.4 ^{abcd}	299.0 ± 43.58 ^{abcd}	1042.0 ± 151.11 ^{abc}
4	5	759.7 ± 55.97 ^{abcd}	323.3 ± 26.91 ^{abcd}	1098.3 ± 80.10 ^{abc}
4	10	627.0 ± 32.81 ^{abcde}	255.0 ± 24.01 ^{abcde}	890.0 ± 54.31 ^{abcd}
4	20	67.7 ± 20.92 ^g	42.0 ± 14.84 ^g	111.0 ± 35.91 ^f

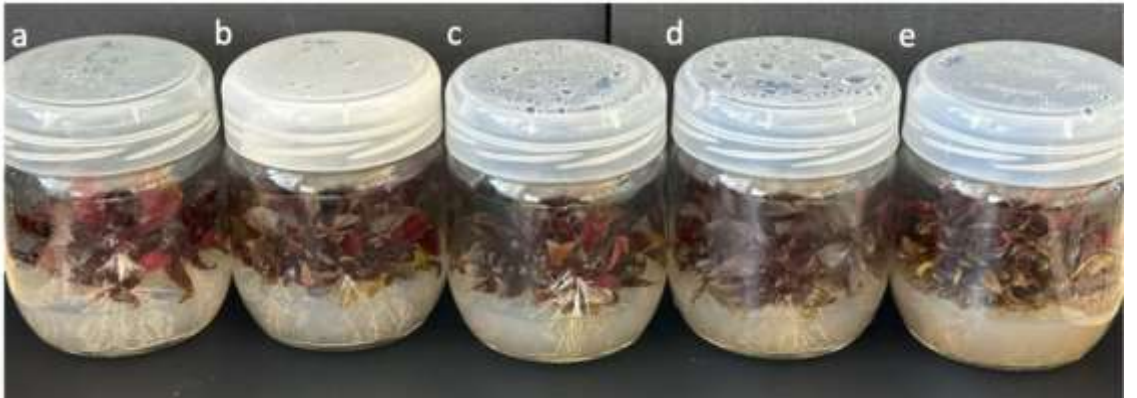
Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark Tukey testi sonuçlarına göre 0,05 düzeyinde önemlidir. SE: Standart Hata



Şekil 4.18 *Anubias barteri*'nin klorofil içeriği üzerine farklı konsantrasyonlardaki MS besin ortamlarına ilave edilen farklı oranlardaki *Cystoseira barbata* özütünün etkisi

4.5 *Jania rubens* Özütünün *Alternanthera reineckii*'nin Mikroüretimine Etkisi

Farklı oranlarda *Jania rubens* özütünün ilave edildiği besin ortamlarında *Alternanthera reineckii* bitkisinde yeni sürgünlerin gelişimi kültür başlangıcından 10 gün sonra başlamış ve 5 hafta sonra da çoğalan ve iyi bir kök yapısına sahip olan sürgünler kavonozları doldurmuştur (Şekil 4.19). Bundan dolayı küme başına sürgün ve kök sayısı, sürgün ve kök uzunluğu, küme yaş ve kuru ağırlığı ile klorofil analizleri 5 hafta sonra belirlenmiştir.



Şekil 4.19 *Jania rubens* özütünün *Alternanthera reineckii*'nin mikroüretimine etkisi

Özüt ilave edilmeyen (a) ve %2.5 (b), %5 (c), %10 (d) ile %20 (e) özüt ilave edilen 4 g/L MS besin ortamında gelişen *A. reineckii* sürgünleri

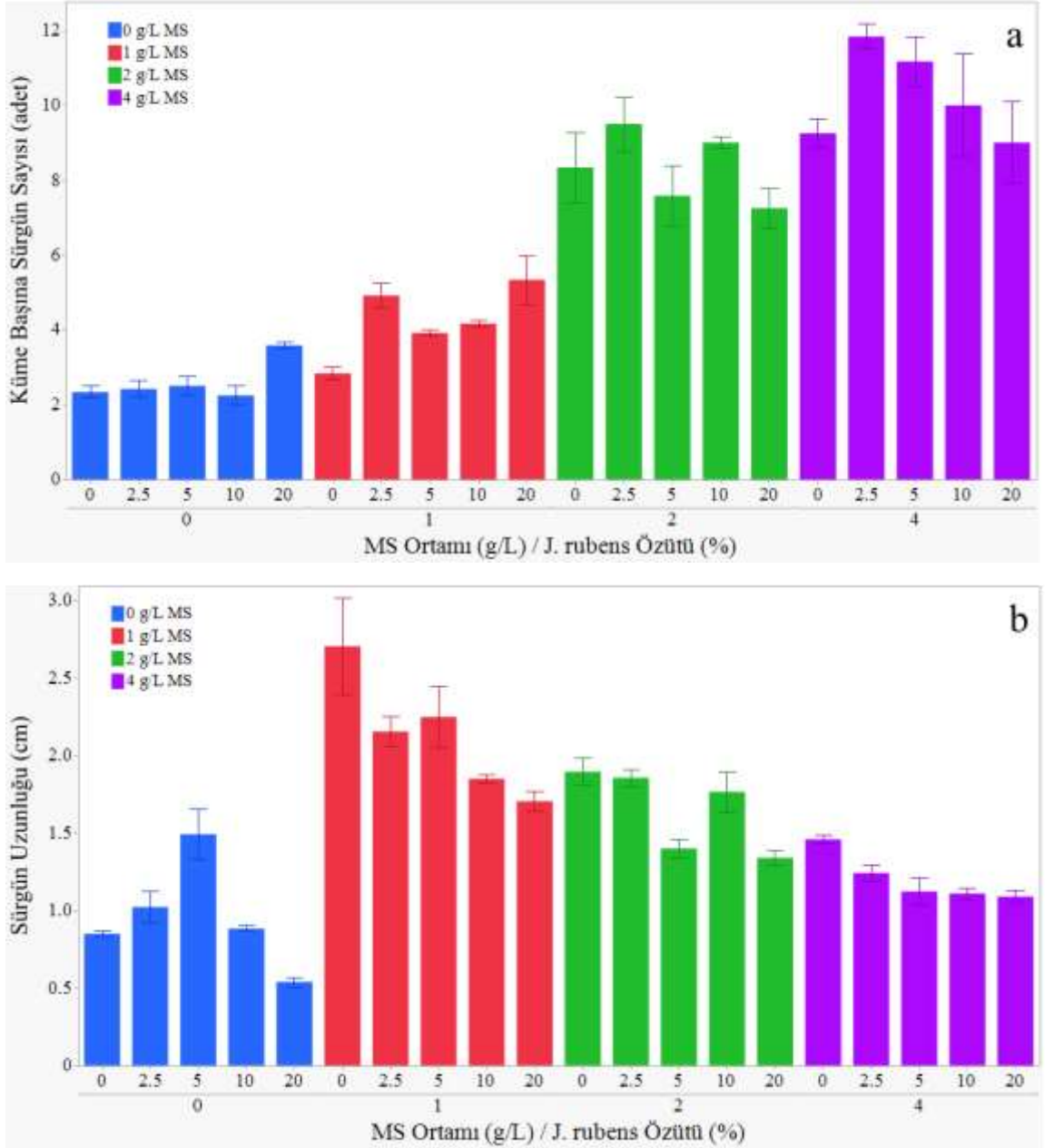
4.5.1 *J. rubens* özütünün *A. reineckii*'de sürgün rejenerasyonuna etkisi

Çizelge 4.15 ve Şekil 4.20'd farklı konsantrasyonlarda MS besin ortamlarına ilave edilen farklı oranlardaki *J. rubens* özütünün küme başına sürgün sayısı ve sürgün uzunlukları üzerine etkisine ait sonuçlar verilmiştir. Küme başına en yüksek sürgün sayısı 11.83 adet ile %2.5 *J. rubens* özütü içeren 4 g/L MS besin ortamından elde edilmiştir. Ancak bu ortam ile özüt içermeyen ve %5-20 oranında özüt içeren 4 g/L MS ortamları arasındaki fark ile %2.5 ile %10 özüt içeren 2 g/L MS arasındaki fark istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. Küme başına en düşük sürgün sayıları ise MS içermeyen besin ortamlarından elde edilmiştir. En yüksek sürgün uzunluğu 2.71 cm ile özüt içermeyen 1 g/L MS ortamından elde edilirken, bu ortam ile %2.5 ve %5 özüt içeren aynı ortam arasındaki fark istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. Genel olarak yüksek MS ve yüksek oranda *J. rubens* özüt ilavesi sürgün uzunluğunda azalmaya neden olmuştur.

Çizelge 4.15 *Alternanthera reineckii*'nin in vitro sürgün rejenerasyonu üzerine farklı konsantrasyonlardaki MS besin ortamlarına ilave edilen farklı oranlardaki *Jania rubens* özütünün etkisi

MS (g/L)	<i>J. rubens</i> Özütü (%)	Küme başına sürgün Sayısı (adet) ± SE	Sürgün Uzunluğu (cm) ± SE
0	0	2.33 ± 0.16 ^g	0.85 ± 0.01 ^{gh}
0	2.5	2.42 ± 0.22 ^g	1.02 ± 0.10 ^{efgh}
0	5	2.50 ± 0.25 ^g	1.49 ± 0.15 ^{cde}
0	10	2.25 ± 0.25 ^g	0.88 ± 0.01 ^{fgh}
0	20	3.58 ± 0.08 ^g	0.54 ± 0.03 ^h
1	0	2.83 ± 0.16 ^g	2.71 ± 0.30^a
1	2.5	4.91 ± 0.33 ^{efg}	2.16 ± 0.09 ^{ab}
1	5	3.92 ± 0.08 ^g	2.25 ± 0.20 ^{ab}
1	10	4.17 ± 0.08 ^{fg}	1.85 ± 0.02 ^{bc}
1	20	5.33 ± 0.65 ^{defg}	1.71 ± 0.06 ^{bcd}
2	0	8.33 ± 0.93 ^{bcd}	1.90 ± 0.08 ^{bc}
2	2.5	9.50 ± 0.72 ^{abc}	1.86 ± 0.05 ^{bc}
2	5	7.58 ± .79 ^{cde}	1.40 ± 0.05 ^{cdefg}
2	10	9.00 ± 0.14 ^{abc}	1.77 ± 0.13 ^{bcd}
2	20	7.25 ± 0.52 ^{cdef}	1.34 ± 0.04 ^{cdefg}
4	0	9.25 ± 0.38 ^{abc}	1.46 ± 0.02 ^{cdef}
4	2.5	11.83 ± 0.33^a	1.24 ± 0.05 ^{defg}
4	5	11.17 ± 0.65 ^{ab}	1.12 ± 0.08 ^{efg}
4	10	10.00 ± 1.37 ^{abc}	1.11 ± 0.03 ^{efgh}
4	20	9.00 ± 1.08 ^{abc}	1.09 ± 0.04 ^{efgh}

Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark Tukey testi sonuçlarına göre 0,05 düzeyinde önemlidir. SE: Standart Hata



Şekil 4.20 *Alternanthera reineckii*'nin in vitro sürgün rejenerasyonu üzerine farklı konsantrasyonlardaki MS besin ortamlarına ilave edilen farklı oranlardaki *Jania rubens* özütünün etkisi

a) Küme başına sürgün sayısı, b) sürgün uzunluğu

4.5.2 *J. rubens* özütünün *A. reineckii*'de köklenmeye etkisi

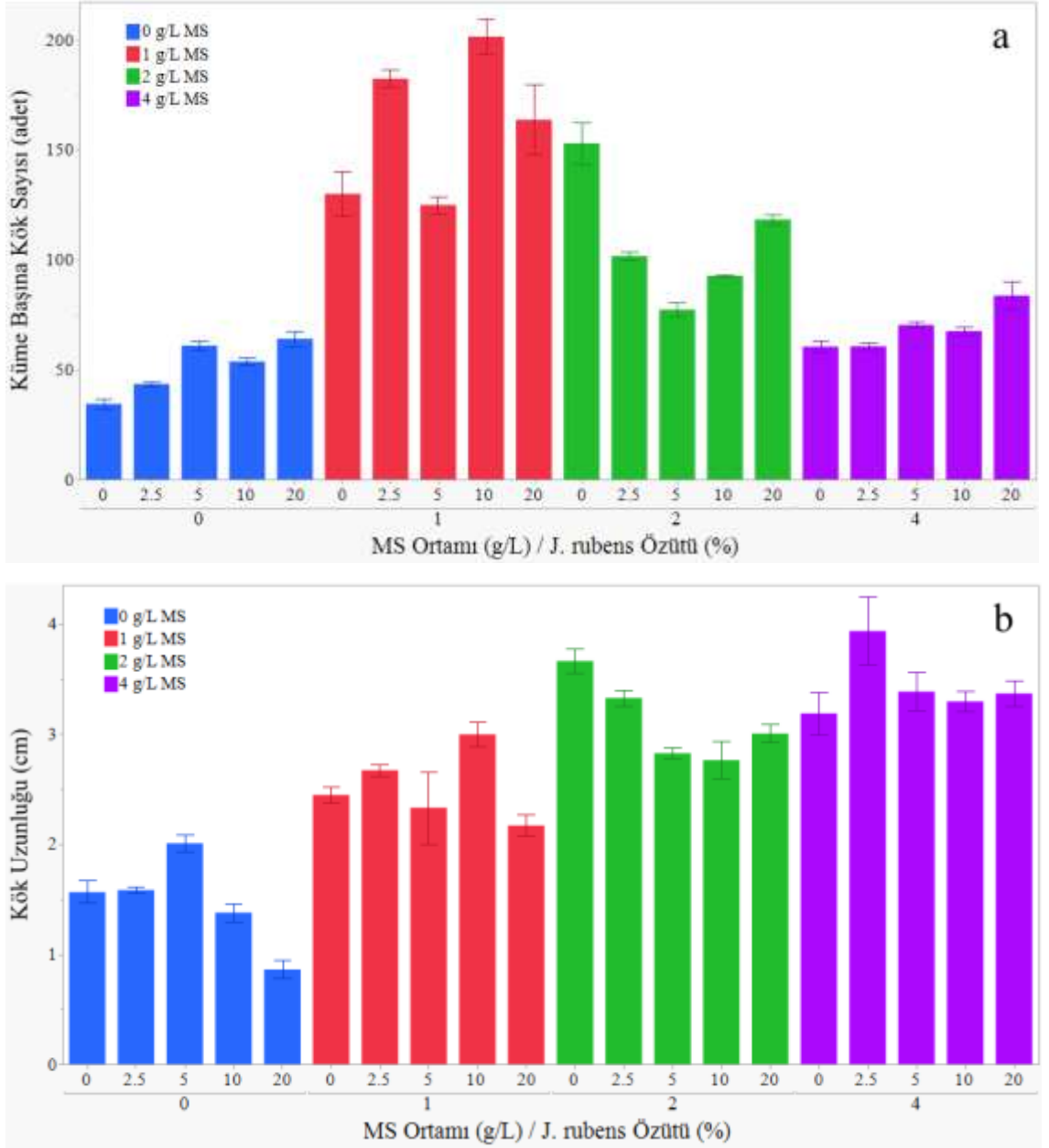
J. rubens özütünün MS besin ortamına farklı oranlarda ilave edilmesi *A. reineckii*'de in vitro kök oluşumunda önemli etki göstermiştir. Küme başına en fazla kök sayısı 201.7

adet ile %10 özüt içeren 1g/L MS ortamından elde edilmiştir (Çizelge 4.16, Şekil 4.21). Üstelik bu ortam ile uygulanan diğer ortamlar arasındaki farkta istatistiksel olarak önemli olmuştur. MS içermeyen ve 4 g/L MS içeren ortamlarda tüm *J. rubens* özüt ilavelerinde kök sayısında önemli azalmalar kaydedilmiştir (Çizelge 4.16, Şekil 4.21). En yüksek kök uzunluğu ise 3.94 cm ile %2.5 özüt içeren 4 g/L MS besin ortamından elde edilirken, bu ortam ile 4 g/L MS içeren diğer uygulamalar ve özüt içermeyen ve %2.5 özüt içeren 2 g/L MS arasındaki fark istatistiksel olarak önemsiz olmuştur.

Çizelge 4.16 *Alternanthera reineckii*'nin in vitro köklenmesi üzerine farklı konsantrasyonlardaki MS besin ortamlarına ilave edilen farklı oranlardaki *Jania rubens* özütünün etkisi

MS (g/L)	<i>J. rubens</i> Özütü (%)	Küme Başına Kök Sayısı (adet) ± SE	Kök Uzunluğu (cm) ± SE
0	0	34.5 ± 2.36 ^j	1.57 ± 0.10 ^{ijk}
0	2.5	43.6 ± 0.87 ^{ij}	1.59 ± 0.03 ^{hijk}
0	5	61.1 ± 2.17 ^{hij}	2.01 ± 0.07 ^{ghij}
0	10	53.8 ± 1.87 ^{hij}	1.38 ± 0.08 ^{jk}
0	20	64.2 ± 3.22 ^{ghij}	0.86 ± 0.08 ^k
1	0	130.2 ± 10.28 ^{cd}	2.45 ± 0.07 ^{defg}
1	2.5	182.5 ± 4.12 ^{ab}	2.67 ± 0.05 ^{cdefg}
1	5	125.0 ± 3.81 ^{cd}	2.33 ± 0.33 ^{efgh}
1	10	201.7 ± 7.94^a	3.00 ± 0.11 ^{bcde}
1	20	163.9 ± 16.08 ^b	2.17 ± 0.09 ^{fghi}
2	0	153.2 ± 9.33 ^{bc}	3.67 ± 0.11 ^{ab}
2	2.5	101.8 ± 1.84 ^{def}	3.33 ± 0.07 ^{abc}
2	5	77.4 ± 3.11 ^{fgh}	2.83 ± 0.04 ^{cdef}
2	10	92.9 ± 0.22 ^{rfg}	2.77 ± 0.17 ^{cdefg}
2	20	118.4 ± 1.98 ^{de}	3.01 ± 0.08 ^{bcde}
4	0	60.6 ± 2.52 ^{hij}	3.19 ± 0.19 ^{abcd}
4	2.5	60.8 ± 1.44 ^{hij}	3.94 ± 0.31^a
4	5	70.5 ± 1.15 ^{ghi}	3.39 ± 0.17 ^{abc}
4	10	67.8 ± 1.90 ^{ghi}	3.30 ± 0.09 ^{abc}
4	20	83.8 ± 6.30 ^{fgh}	3.37 ± 0.11 ^{abc}

Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark Tukey testi sonuçlarına göre 0,05 düzeyinde önemlidir. SE: Standart Hata



Şekil 4.21 *Alternanthera reineckii*'nin in vitro köklenmesi üzerine farklı konsantrasyonlardaki MS besin ortamlarına ilave edilen farklı oranlardaki *Jania rubens* özütünün etkisi

a) Küme başına kök sayısı, b) kök uzunluğu

4.5.3 *J. rubens* özütünün *A. reineckii*'de sürgün küme yaş ve kuru ağırlığına etkisi

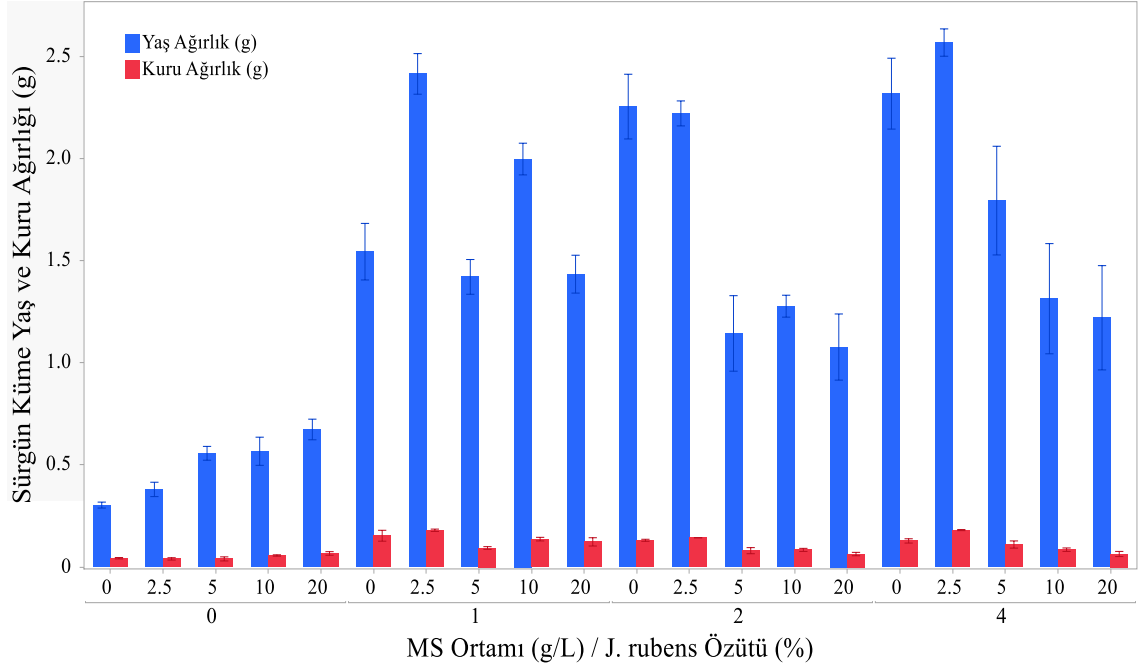
Küme başına sürgün sayısında olduğu gibi *A. reineckii*'de en yüksek sürgün küme yaş ve kuru ağırlıkları da sırasıyla 2.57 g ve 0.181 g ile %2.5 *J. rubens* özütü içeren 4 g/L MS besin ortamından elde edilmiştir (Çizelge 4.17, Şekil 4.22). Ancak, farklı özüt

uygulamalarından elde edilen kuru ağırlık değerleri arasındaki fark istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. En düşük yaş ve kuru ağırlık miktarları ise MS içermeyen ortamlardan elde edilmiştir. MS içermeyen ortam haricinde, besin ortamlarına %20 oranında ilave edilen *J. rubens* özütü yaş ve kuru ağırlık üzerine olumsuz etki yapmıştır.

Çizelge 4.17 *Alternanthera reineckii*'nin sürgün küme yaş ve kuru ağırlığı üzerine farklı konsantrasyonlardaki MS besin ortamlarına ilave edilen farklı oranlardaki *Jania rubens* özütünün etkisi

MS (g/L)	<i>J. rubens</i> Özütü (%)	Sürgün Küme Yaş Ağırlığı (g) ± SE	Sürgün Küme Kuru Ağırlığı (g) ± SE
0	0	0.30 ± 0.040 ⁱ	0.043 ± 0.006*
0	2.5	0.38 ± 0.035 ⁱ	0.040 ± 0.003
0	5	0.56 ± 0.034 ^{hi}	0.040 ± 0.010
0	10	0.57 ± 0.069 ^{ghi}	0.057 ± 0.003
0	20	0.67 ± 0.050 ^{fghi}	0.067 ± 0.008
1	0	1.54 ± 0.138 ^{cde}	0.153 ± 0.027
1	2.5	2.41 ± 0.099 ^{ab}	0.180 ± 0.006
1	5	1.42 ± 0.085 ^{def}	0.093 ± 0.007
1	10	2.00 ± 0.078 ^{abcd}	0.137 ± 0.009
1	20	1.43 ± 0.093 ^{de}	0.123 ± 0.020
2	0	2.25 ± 0.158 ^{abc}	0.131 ± 0.005
2	2.5	2.22 ± 0.061 ^{abc}	0.144 ± 0.001
2	5	1.14 ± 0.185 ^{efgh}	0.080 ± 0.015
2	10	1.28 ± 0.054 ^{defgh}	0.084 ± 0.008
2	20	1.08 ± 0.162 ^{efghi}	0.064 ± 0.008
4	0	2.32 ± 0.173 ^{ab}	0.128 ± 0.011
4	2.5	2.57 ± 0.067^a	0.181 ± 0.015
4	5	1.79 ± 0.266 ^{bcde}	0.110 ± 0.018
4	10	1.31 ± 0.270 ^{defg}	0.085 ± 0.007
4	20	1.22 ± 0.256 ^{efgh}	0.064 ± 0.012

Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark Tukey testi sonuçlarına göre 0,05 düzeyinde önemlidir. *Aynı sütündaki ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemsizdir. SE: Standart Hata.



Şekil 4.22 *Alternanthera reineckii*'nin sürgün küme yaş ve kuru ağırlığı üzerine farklı konsantrasyonlardaki MS besin ortamlarına ilave edilen farklı oranlardaki *Jania rubens* özütünün etkisi

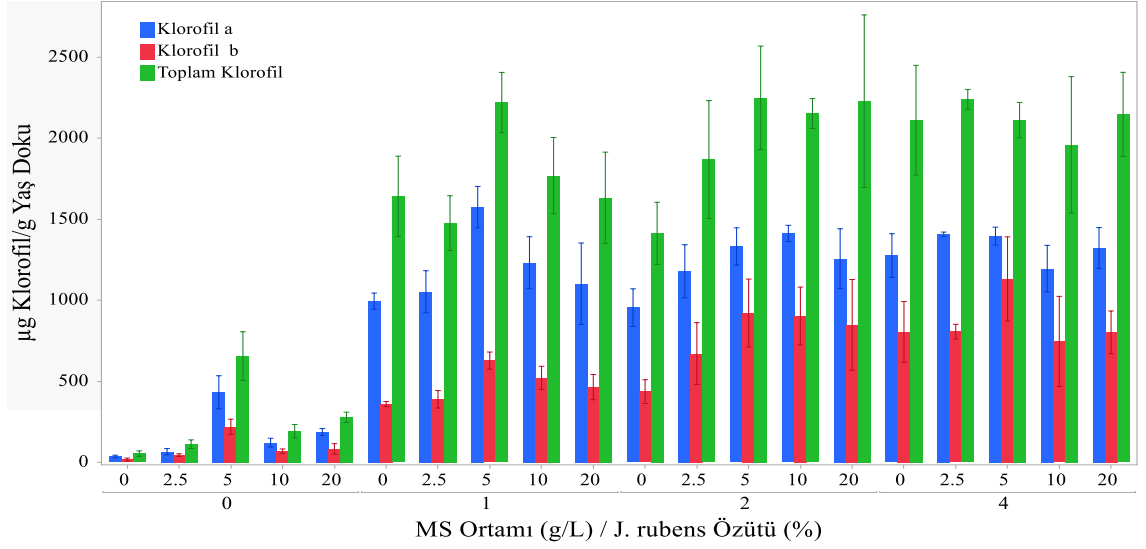
4.5.4 *J. rubens* özütünün *A. reineckii*'de sürgünlerin klorofil içeriğine etkisi

Farklı oranlardaki *J. rubens* özütünün *A. reineckii*'nin klorofil içeriğine etkisine ait sonuçlar Çizelge 4.18 ve Şekil 4.23'te verilmiştir. Besin ortamlarına *J. rubens* özütünün eklenmesi, *M. tweediei* ve *A. barteri*'de olduğu gibi *A. reineckii*'nin klorofil içeriğini de önemli oranda artırmıştır. En yüksek klorofil *a* içeriği (1573,3 µg klorofil/g yaş doku), %5 *J. rubens* özütü içeren 1 g/L MS ortamından elde edilmiştir. En yüksek klorofil *b* (1132,3 µg klorofil/g taze doku) ve toplam klorofil içerikleri (2240,3 µg klorofil/g taze doku) ise sırasıyla %5 ve %2,5 özüt ilave edilen 4 g/L MS'den elde edilmiştir. En düşük klorofil içerikleri MS içermeyen ortamlardan elde edilirken, bu ortamlara tek başına *J. rubens* özütünün ilave edilmesi de klorofil içeriklerinde artış sağlamıştır. Genel olarak *J. rubens* özütü test edilen tüm besin ortamlarında her üç klorofil değerini de artırmıştır.

Çizelge 4.18 *Alternanthera reineckii*'nin klorofili içeriği üzerine farklı konsantrasyonlardaki MS besin ortamlarına ilave edilen farklı oranlardaki *Jania rubens* özütünün etkisi

MS (g/L)	<i>J. rubens</i> Özütü (%)	Klorofil <i>a</i> (µg klorofil/g yaş doku)	Klorofil <i>b</i> (µg klorofil/g yaş doku)	Toplam Klorofil (µg klorofil/g yaş doku)
0	0	36.3 ± 8.01 ^c	17.3 ± 8.95 ^e	54.0 ± 17.10 ^e
0	2.5	65.7 ± 19.37 ^c	45.0 ± 8.14 ^{de}	112.0 ± 26.76 ^{de}
0	5	432.3 ± 102.32 ^{bc}	219.3 ± 47.27 ^{bcde}	655.7 ± 150.61 ^{bcde}
0	10	121.7 ± 27.23 ^c	69.3 ± 13.67 ^{de}	192.0 ± 41.68 ^{cde}
0	20	187.3 ± 21.70 ^c	83.3 ± 32.13 ^{cde}	278.0 ± 31.94 ^{cde}
1	0	995.0 ± 50.05 ^{ab}	359.7 ± 15.67 ^{abcde}	1641.7 ± 248.47 ^{ab}
1	2.5	1053.0 ± 129.88 ^{ab}	389.0 ± 53.98 ^{abcde}	1476.3 ± 169.28 ^{abc}
1	5	1575.3 ± 127.99 ^a	628.0 ± 53.07 ^{a^{bcde}}	2220.7 ± 186.25 ^a
1	10	1232.3 ± 160.31 ^a	521.7 ± 71.50 ^{abcde}	1769.7 ± 235.40 ^{ab}
1	20	1102.3 ± 251.56 ^a	464.3 ± 77.76 ^{abcde}	1633.3 ± 281.46 ^{ab}
2	0	955.0 ± 116.13 ^{ab}	436.7 ± 73.41 ^{abcde}	1413.7 ± 191.88 ^{abcd}
2	2.5	1179.7 ± 163.62 ^a	671.0 ± 191.14 ^{abcde}	1868.7 ± 363.89 ^{ab}
2	5	1332.7 ± 115.06 ^a	921.7 ± 209.61 ^{ab}	2250.3 ± 318.92 ^a
2	10	1412.7 ± 50.42 ^a	903.3 ± 178.53 ^{ab}	2153.0 ± 92.12 ^a
2	20	1257.0 ± 184.64 ^a	848.3 ± 279.97 ^{abc}	2229.3 ± 532.44 ^a
4	0	1277.0 ± 134.28 ^a	804.0 ± 188.99 ^{abcd}	2112.0 ± 338.60 ^a
4	2.5	1407.3 ± 14.10 ^a	807.0 ± 45.18 ^{abcd}	2240.3 ± 61.68 ^a
4	5	1396.3 ± 55.56 ^a	1132.3 ± 259.56 ^a	2112.3 ± 109.47 ^a
4	10	1195.7 ± 144.01 ^a	746.3 ± 278.32 ^{abcde}	1960.0 ± 420.78 ^{ab}
4	20	1323.3 ± 125.69 ^a	802.7 ± 131.84 ^{abcd}	2147.3 ± 259.95 ^a

Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark Tukey testi sonuçlarına göre 0,05 düzeyinde önemlidir. SE: Standart Hata



Şekil 4.23 *Alternanthera reineckii*'nin klorofil içeriği üzerine farklı konsantrasyonlardaki MS besin ortamlarına ilave edilen farklı oranlardaki *Jania rubens* özütünün etkisi

4.6 *Cystoseira barbata* Özütünün *Alternanthera reineckii*'nin Mikroüretimine Etkisi

Cystoseira barbata özütünün ilave edildiği besin ortamlarında *Alternanthera reineckii* bitkisinde yeni sürgünlerin gelişimi kültür başlangıcından 10 gün sonra başlamış ve 5 hafta sonra da çoğalan ve iyi bir kök yapısına sahip olan sürgünler kavonozları doldurarak akvaryumlara aktarılmaya hazır hale gelmiştir (Şekil 4.19). Bundan dolayı küme başına sürgün ve kök sayısı, sürgün ve kök uzunluğu, küme yaş ve kuru ağırlığı ile klorofil analizleri 5 hafta sonra belirlenmiştir.



Şekil 4.24 *Cystoseira barbata* özütünün *Alternanthera reineckii*'nin mikroüretimine etkisi

Özüt ilave edilmeyen (a) ve %2.5 (b), %5 (c), %10 (d) ile %20 (e) özüt ilave edilen 4 g/L MS besin ortamında gelişen *A. reineckii* sürgün kümeleri

4.6.1 *C. barbata* özütünün *A. reineckii*'de sürgün rejenerasyonuna etkisi

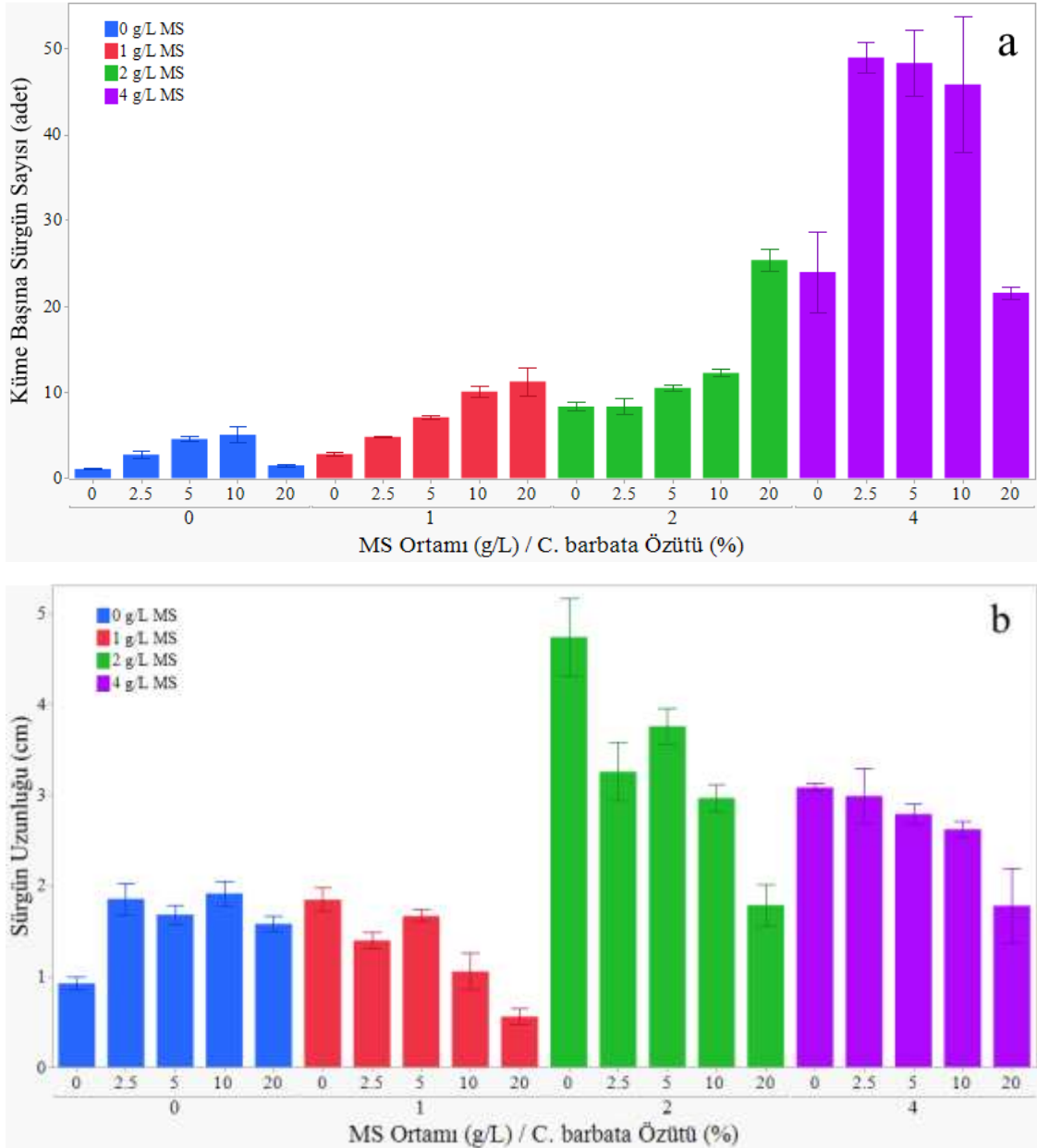
Çizelge 4.19 ve Şekil 4.25'de görüldüğü üzere besin ortamlarına *C. barbata* özütünün ilave edilmesi *A. reineckii*'de sürgün sayısını özüt ilave edilmeyen kontrol ortamlarına göre önemli oranda artırmıştır. Yalnızca 4 g/L MS besin ortamına %20 özüt ilave edildiğinde kontrole göre sürgün sayısında bir azalma olmuştur. En yüksek küme başına sürgün sayısı ise 49,0 adet ile %2.5 *C. barbata* özütü ilave edilen 4 g/L MS ortamından elde edilirken (Şekil 4b), bu değer ile %5 ve %10 özüt içeren 4 g/L MS ortamından elde edilen sonuçlar arasındaki fark istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur (Çizelge 4.19 ve Şekil 4.25). Ancak, bu ortama %20 *C. barbata* özütü eklenmesi sürgün sayısını azaltmıştır. Genel olarak, düşük konsantrasyonlarda MS ortamına eklenen *C. barbata* özütü de sürgün sayısını artırmada olumlu bir etkiye sahip olmuştur.

Çizelge 4.19 *Alternanthera reineckii*'nin in vitro sürgün rejenerasyonu üzerine farklı konsantrasyonlardaki MS besin ortamlarına ilave edilen farklı oranlardaki *Cystoseira barbata* özütünün etkisi

MS (g/L)	<i>C. barbata</i> Özütü (%)	Küme başına sürgün Sayısı (adet) ± SE	Sürgün Uzunluğu (cm) ± SE
0	0	1.08 ± 0.08 ^e	0.93 ± 0.07 ^{gh}
0	2.5	2.75 ± 0.38 ^e	1.86 ± 0.17 ^{efg}
0	5	4.58 ± 0.30 ^e	1.68 ± 0.11 ^{fg}
0	10	5.08 ± 0.96 ^e	1.92 ± 0.12 ^{defg}
0	20	1.50 ± 0.14 ^e	1.58 ± 0.08 ^{fgh}
1	0	2.83 ± 0.22 ^e	1.85 ± 0.12 ^{efg}
1	2.5	4.83 ± 0.08 ^e	1.40 ± 0.09 ^{gh}
1	5	7.08 ± 0.22 ^e	1.67 ± 0.06 ^{fg}
1	10	10.08 ± 0.68 ^{de}	1.06 ± 0.20 ^{gh}
1	20	11.25 ± 1.63 ^{de}	0.56 ± 0.09 ^h
2	0	8.33 ± 0.51 ^e	4.74 ± 0.42^a
2	2.5	8.33 ± 0.96 ^e	3.26 ± 0.32 ^{bc}
2	5	10.50 ± 0.38 ^{de}	3.76 ± 0.19 ^{ab}
2	10	12.25 ± 0.43 ^{cde}	2.97 ± 0.14 ^{bcd}
2	20	25.42 ± 1.30 ^b	1.79 ± 0.23 ^{efg}
4	0	24.00 ± 4.68 ^{bc}	3.08 ± 0.04 ^{bc}
4	2.5	49.00 ± 1.80^a	2.99 ± 0.30 ^{bcd}
4	5	48.33 ± 3.80 ^a	2.79 ± 0.11 ^{bcde}
4	10	45.83 ± 7.88 ^a	2.62 ± 0.08 ^{cdef}
4	20	21.58 ± 0.71 ^{bcd}	1.78 ± 0.41 ^{efg}

Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark Tukey testi sonuçlarına göre 0,05 düzeyinde önemlidir. SE: Standart Hata

En yüksek sürgün uzunluğu ise 4.74 cm ile ekstrakt içermeyen 2 g/L MS ortamından elde edilmiştir. Ancak bu ortam ile %5 özüt içeren 2 g/L MS ortamı arasındaki fark istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. Genel olarak besin ortamlarına %20 oranında ilave edilen *C. barbata* özütü sürgün uzunluğunda azalmaya neden olmuştur (Çizelge 4.19, Şekil 4.25).



Şekil 4.25 *Alternanthera reineckii*'nin in vitro sürgün rejenerasyonu üzerine farklı konsantrasyonlardaki MS besin ortamlarına ilave edilen farklı oranlardaki *Cystoseira barbata* özütünün etkisi

a) Küme başına sürgün sayısı, b) sürgün uzunluğu

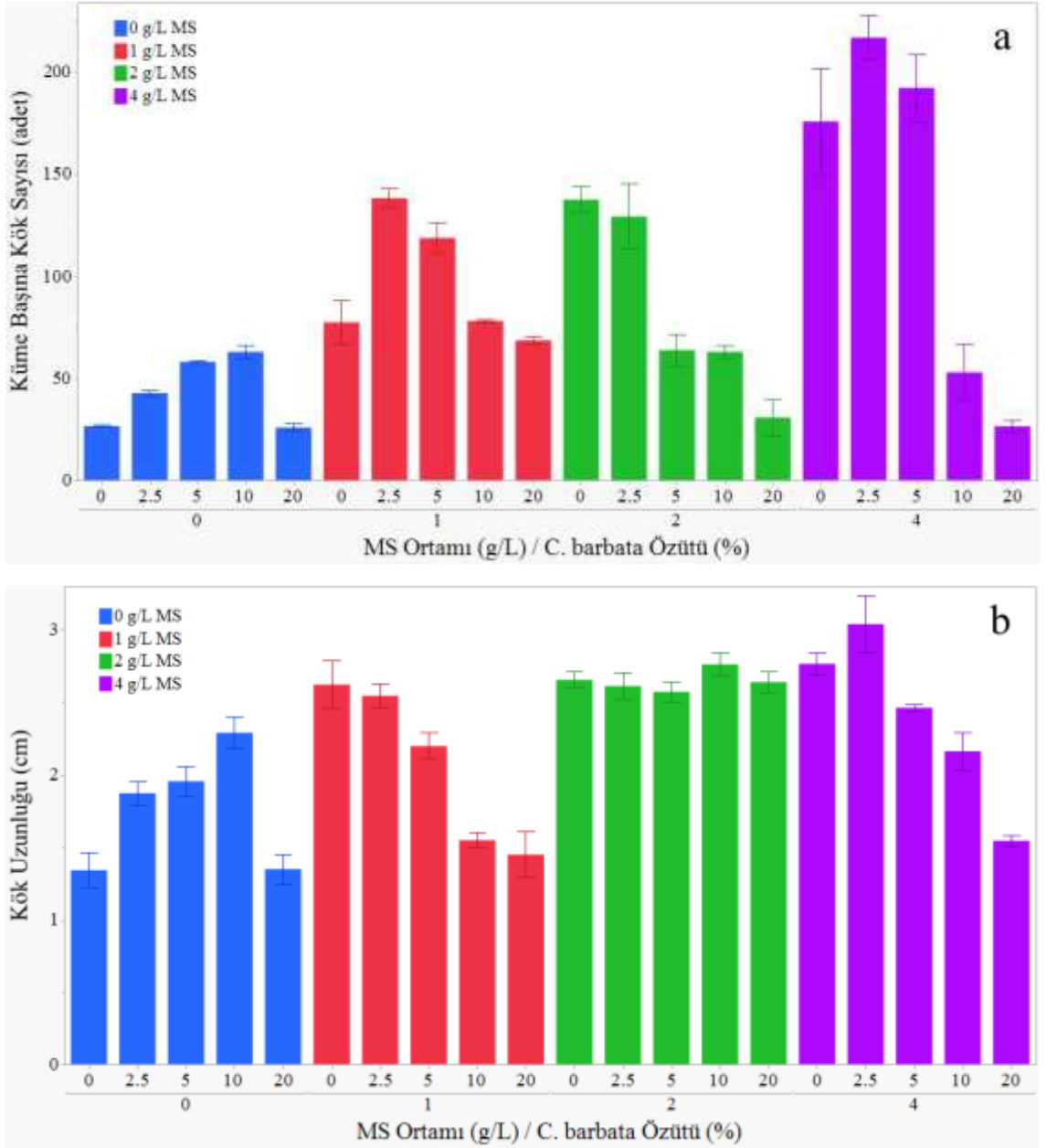
4.6.2 *C. barbata* özütünün *A. reineckii*'de köklenmeye etkisi

Farklı oranlarda *C. barbata* özütünün ilave edildiği besin ortamlarında en yüksek kök sayısı (216.7 adet) ve kök uzunluğu (3.04 cm), sürgün sayısında olduğu gibi %2,5 *C. barbata* özütü ilave edilen 4 g/L MS ortamından elde edilmiştir (Çizelge 4.20, Şekil 4.26). Ancak, kök sayısı bakımından bu ortam ile özüt içermeyen veya %5 özüt içeren ortam 4 g/L MS arasındaki fark istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. Kök uzunluğu açısından ise birçok uygulama arasındaki fark önemsiz olmuştur. Besin ortamlarına %20 oranında ilave edilen özüt seviyeleri ise olumsuz etki yaparak kök sayısı ve kök uzunluğunu önemli oranda düşürmüştür.

Çizelge 4.20 *Alternanthera reineckii*'nin in vitro köklenmesi üzerine farklı konsantrasyonlardaki MS besin ortamlarına ilave edilen farklı oranlardaki *Cystoseira barbata* özütünün etkisi

MS (g/L)	<i>C. barbata</i> Özütü (%)	Küme Başına Kök Sayısı (adet) ± SE	Kök Uzunluğu (cm) ± SE
0	0	26.8± 0.80 ^f	1.34 ± 0.12 ^g
0	2.5	42.8± 1.53 ^f	1.87 ± 0.08 ^{efg}
0	5	58.2± 0.72 ^f	1.96 ± 0.10 ^{def}
0	10	63.0± 3.13 ^{ef}	2.29 ± 0.11 ^{bcd}
0	20	26.1± 1.97 ^f	1.35 ± 0.10 ^g
1	0	77.4± 10.7 ^{def}	2.62 ± 0.16 ^{cde}
1	2.5	138.2± 4.69 ^{bc}	2.55 ± 0.08 ^{abc}
1	5	118.8± 7.53 ^{cde}	2.20 ± 0.09 ^{cde}
1	10	78.2± 0.72 ^{def}	1.55 ± 0.05 ^{fg}
1	20	68.7± 1.83 ^{ef}	1.45 ± 0.16 ^{fg}
2	0	137.5± 6.28 ^{bc}	2.66 ± 0.05 ^{abc}
2	2.5	129.3± 15.91 ^{bcd}	2.61± 0.09 ^{abc}
2	5	63.9± 7.72 ^{ef}	2.57 ± 0.07 ^{abc}
2	10	63.1± 3.22 ^{ef}	2.76 ± 0.08 ^{ab}
2	20	30.9± 8.96 ^f	2.64 ± 0.07 ^{abc}
4	0	175.7± 25.88 ^{ab}	2.77 ± 0.08 ^{ab}
4	2.5	216.7 ± 10.88^a	3.04 ± 0.20^a
4	5	192.2 ± 16.37 ^a	2.46 ± 0.02 ^{bcd}
4	10	53.1± 13.64 ^f	2.16 ± 0.13 ^{cde}
4	20	26.1± 2.99 ^f	1.55 ± 0.04 ^{fg}

Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark Tukey testi sonuçlarına göre 0,05 düzeyinde önemlidir. SE: Standart Hata



Şekil 4.26 *Alternanthera reineckii*'nin in vitro köklenmesi üzerine farklı konsantrasyonlardaki MS besin ortamlarına ilave edilen farklı oranlardaki *Cystoseira barbata* özütünün etkisi

a) Küme başına kök sayısı, b) kök uzunluğu

4.6.3 *C. barbata* özütünün *A. reineckii*'de sürgün küme yaş ve kuru ağırlığına etkisi

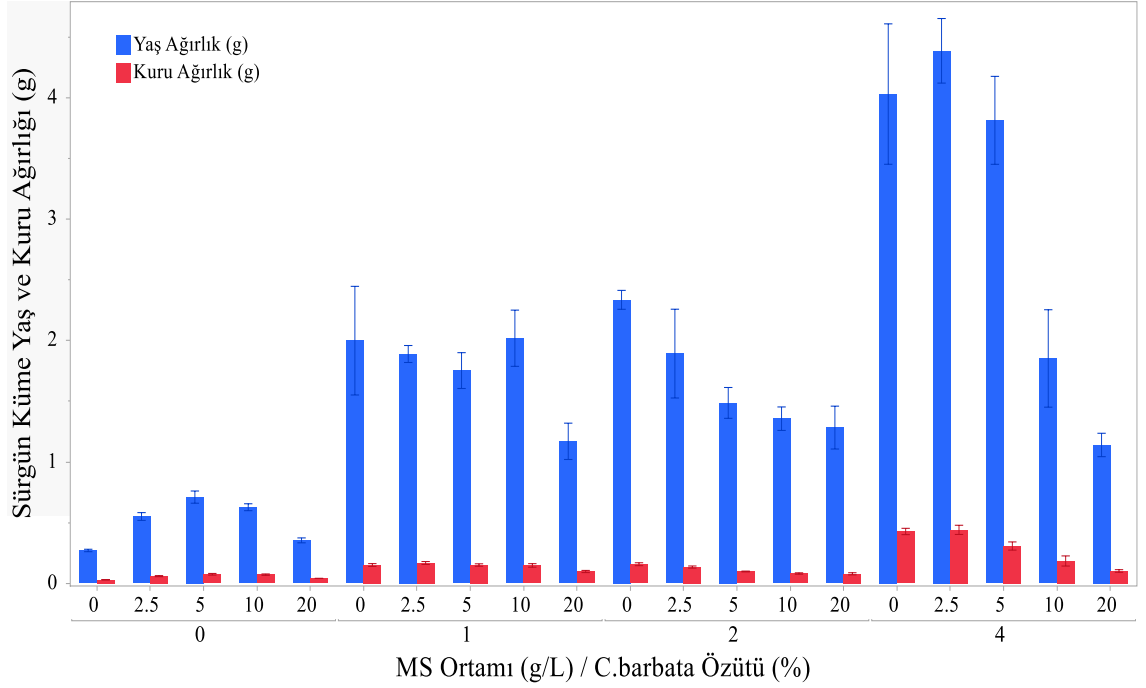
Farklı oranlarda *C. barbata* özütünün ilave edildiği besin ortamlarının *A. reineckii*'nin sürgün küme yaş ve kuru ağırlığına etkisine ait sonuçlar Çizelge 4.21 ve Şekil 4.27'de verilmiştir. Sürgün ve kök sayısı ile kök uzunluğunda olduğu gibi, en yüksek küme yaş

(4.39 g) ve kuru ağırlığı (0.44 g) da %2.5 *C. barbata* özütünün ilave edildiği 4 g/L MS besin ortamından elde edilmiştir. Ancak küme yaş ağırlığı açısından bu ortam ile özüt içermeyen ve %5 özüt içeren 4 g/L MS arasındaki fark istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. Küme kuru ağırlığı bakımından ise özüt içermeyen ve %2.5 özüt içeren 4 g/L MS ortamından elde edilen sonuçlar arasındaki fark önemsiz olmuştur.

Çizelge 4.21 *Alternanthera reineckii*'nin sürgün küme yaş ve kuru ağırlığı üzerine farklı konsantrasyonlardaki MS besin ortamlarına ilave edilen farklı oranlardaki *Cystoseira barbata* özütünün etkisi

MS (g/L)	<i>C. barbata</i> Özütü (%)	Sürgün Küme Yaş Ağırlığı (g) ± SE	Sürgün Küme Kuru Ağırlığı (g) ± SE
0	0	0.27 ± 0.010 ^d	0.028 ± 0.002 ⁱ
0	2.5	0.55 ± 0.032 ^d	0.058 ± 0.004 ⁱ
0	5	0.71 ± 0.050 ^{cd}	0.074 ± 0.007 ^{fghi}
0	10	0.63 ± 0.028 ^{cd}	0.071 ± 0.006 ^{fghi}
0	20	0.35 ± 0.020 ^d	0.040 ± 0.001 ⁱ
1	0	2.00 ± 0.448 ^{cd}	0.150 ± 0.012 ^{defg}
1	2.5	1.89 ± 0.070 ^{cd}	0.167 ± 0.012 ^{de}
1	5	1.75 ± 0.147 ^{cd}	0.150 ± 0.010 ^{defg}
1	10	2.02 ± 0.232 ^{cd}	0.147 ± 0.014 ^{defg}
1	20	1.17 ± 0.150 ^{cd}	0.097 ± 0.009 ^{efghi}
2	0	2.34 ± 0.078 ^{bc}	0.157 ± 0.012 ^{def}
2	2.5	1.89 ± 0.366 ^{cd}	0.133 ± 0.009 ^{defgh}
2	5	1.49 ± 0.127 ^{cd}	0.097 ± 0.003 ^{efghi}
2	10	1.36 ± 0.097 ^{cd}	0.080 ± 0.006 ^{fghi}
2	20	1.28 ± 0.176 ^{cd}	0.078 ± 0.009 ^{fghi}
4	0	4.03 ± 0.241 ^a	0.427 ± 0.026 ^a
4	2.5	4.39 ± 0.658^a	0.440 ± 0.049^a
4	5	3.82 ± 0.579 ^a	0.307 ± 0.034 ^b
4	10	1.85 ± 0.402 ^{cd}	0.183 ± 0.042 ^{cd}
4	20	1.14 ± 0.096 ^{cd}	0.101 ± 0.011 ^{defghi}

Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark Tukey testi sonuçlarına göre 0,05 düzeyinde önemlidir. SE: Standart Hata



Şekil 4.27 *Alternanthera reineckii*'nin sürgün küme yaş ve kuru ağırlığı üzerine farklı konsantrasyonlardaki MS besin ortamlarına ilave edilen farklı oranlardaki *Cystoseira barbata* özütünün etkisi

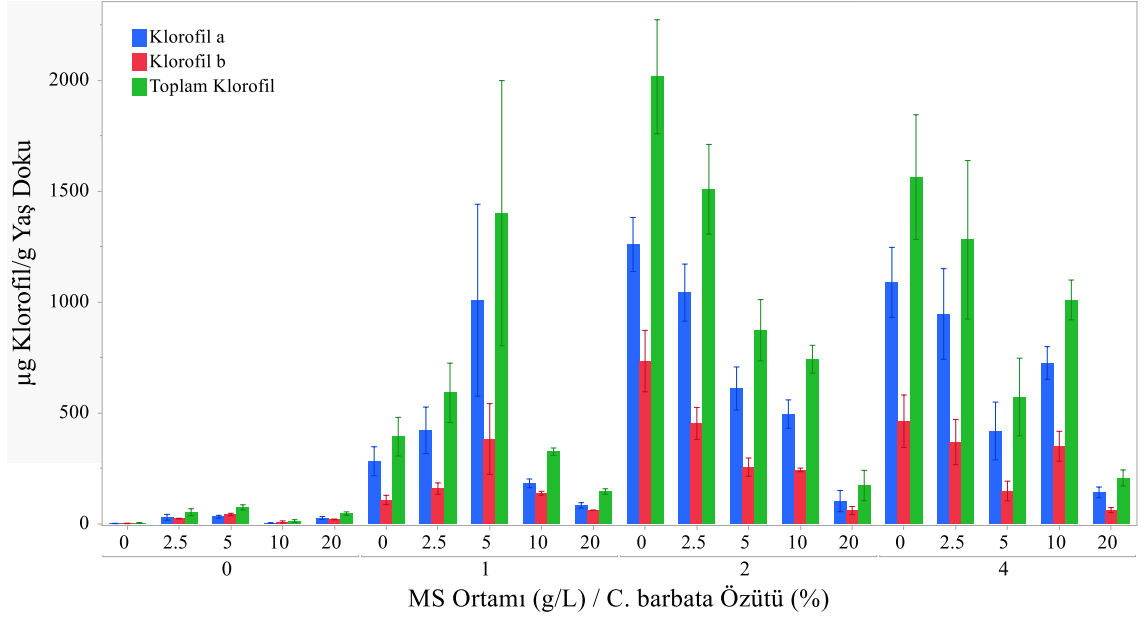
4.6.4 *C. barbata* özütünün *A. reineckii*'de sürgünlerin klorofil içeriğine etkisi

MS besin ortamlarına *C. barbata* özütünün ilave edildiği çalışmalarda, *A. reineckii*'de en yüksek klorofil *a* (1260,3 µg klorofil/g yaş doku), klorofil *b* (734,0 µg klorofil/g yaş doku) ve toplam klorofil (2016,7 µg klorofil/g yaş doku) içerikleri özüt içermeyen 2 g/L MS besin ortamından elde edilmiştir (Çizelge 4.22, Şekil 4.28). Ancak, bu ortam ile test edilen diğer bazı ortamlar arasındaki fark da önemsiz olmuştur (Çizelge 4.22). MS içermeyen veya 1 g/L MS içeren ortamlara ilave edilen *C. barbata* özütleri *A. reineckii*'nin klorofil içeriğini artırırken, 2 ve 4 g/L MS ortamına eklenen özütler ise olumsuz etki yaparak azaltmıştır.

Çizelge 4.22 *Alternanthera reineckii*'nin klorofili içeriği üzerine farklı konsantrasyonlardaki MS besin ortamlarına ilave edilen farklı oranlardaki *Cystoseira barbata* özütünün etkisi

MS (g/L)	<i>C. barbata</i> Özütü (%)	Klorofil <i>a</i> (µg klorofil/g yaş doku)	Klorofil <i>b</i> (µg klorofil/g yaş doku)	Toplam Klorofil (µg klorofil/g yaş doku)
0	0	1.7 ± 0.88 ^e	2.00 ± 1.15 ^f	3.7 ± 2.03 ^e
0	2.5	29.3 ± 13.33 ^{de}	23.7 ± 1.45 ^{ef}	52.3 ± 15.83 ^e
0	5	32.0 ± 6.43 ^{de}	42.0 ± 5.51 ^{def}	74.3 ± 11.57 ^e
0	10	3.3 ± 1.85 ^e	8.7 ± 4.70 ^f	12.3 ± 6.44 ^e
0	20	26.0 ± 6.66 ^e	20.0 ± 1.73 ^f	46.3 ± 7.54 ^e
1	0	282.3 ± 65.34 ^{cde}	107.7 ± 21.18 ^{cdef}	393.0 ± 87.23 ^{cde}
1	2.5	421.7 ± 105.10 ^{bcde}	159.0 ± 25.79 ^{bcdef}	591.0 ± 133.84 ^{bcde}
1	5	1008.7 ± 432.91 ^{ab}	382.7 ± 159.52 ^{bcd}	1401.3 ± 598.09 ^{abc}
1	10	182.7 ± 19.70 ^{de}	138.0 ± 8.62 ^{bcdef}	325.7 ± 16.42 ^{de}
1	20	83.3 ± 12.17 ^{de}	61.3 ± 0.88 ^{def}	145.7 ± 12.39 ^e
2	0	1260.3 ± 121.85^a	734.0 ± 138.59^a	2016.7 ± 257.16^a
2	2.5	1043.0 ± 128.79 ^{ab}	453.0 ± 72.15 ^{abc}	1509.0 ± 202.39 ^{ab}
2	5	610.3 ± 97.29 ^{abcde}	255.7 ± 41.28 ^{bcdef}	873.3 ± 138.33 ^{bcde}
2	10	495.0 ± 64.07 ^{bcde}	243.3 ± 8.17 ^{bcdef}	742.7 ± 62.60 ^{bcde}
2	20	102.7 ± 47.89 ^{de}	59.7 ± 18.66 ^{def}	172.7 ± 68.74 ^e
4	0	1089.3 ± 157.86 ^{ab}	462.7 ± 118.67 ^{ab}	1564.3 ± 280.86 ^{ab}
4	2.5	946.7 ± 204.49 ^{abc}	369.0 ± 102.09 ^{bcde}	1281.3 ± 357.35 ^{abcd}
4	5	418.7 ± 130.31 ^{bcde}	148.0 ± 44.52 ^{bcdef}	572.0 ± 175.19 ^{bcde}
4	10	725.7 ± 73.66 ^{abcd}	350.0 ± 67.44 ^{bcdef}	1010.0 ± 89.74 ^{abcde}
4	20	142.0 ± 24.13 ^{de}	61.7 ± 11.46 ^{def}	207.0 ± 36.34 ^e

Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark Tukey testi sonuçlarına göre 0,05 düzeyinde önemlidir. SE: Standart Hata



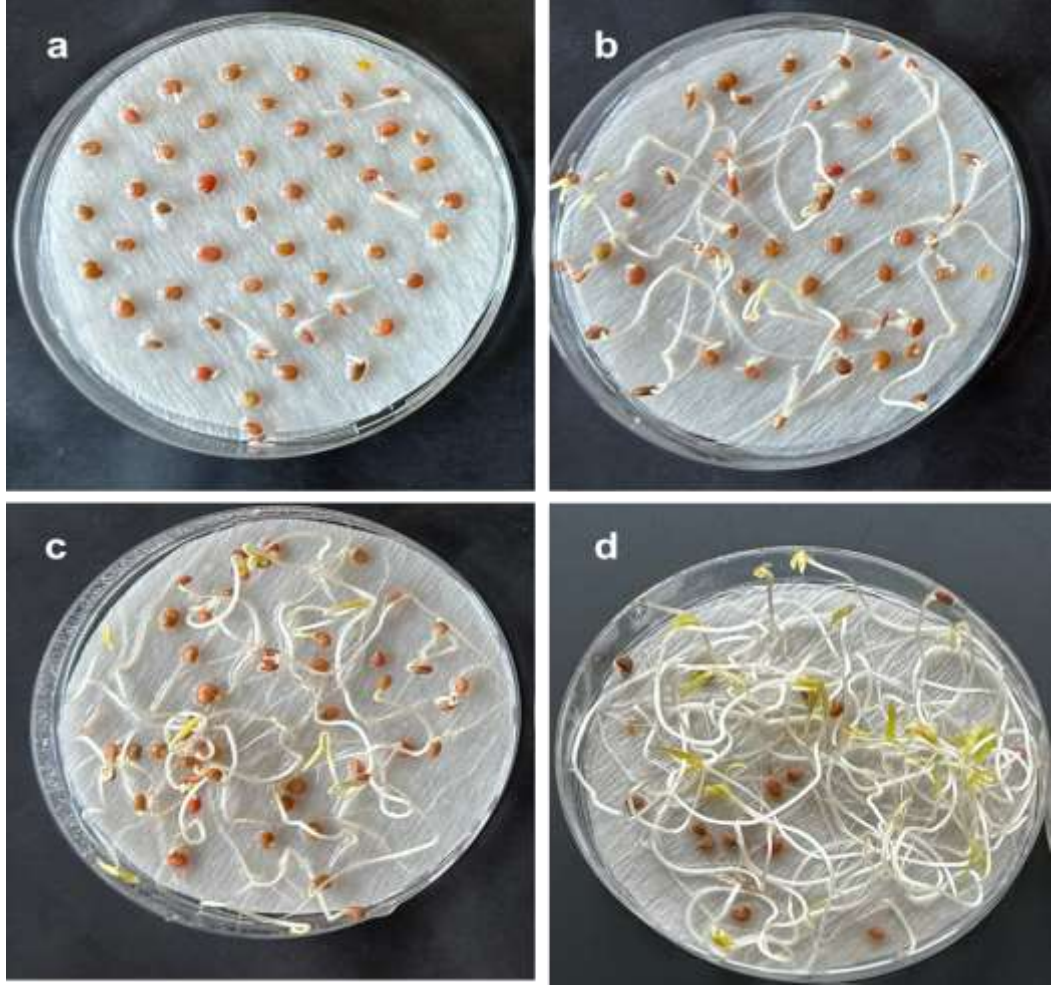
Şekil 4.28 *Alternanthera reineckii*'nin klorofili içeriği üzerine farklı konsantrasyonlardaki MS besin ortamlarına ilave edilen farklı oranlardaki *Cystoseira barbata* özütünün etkisi

4.7 In vitro Bitkilerin Akvaryumlara Adaptasyonu

In vitro mikroüretimi yapılan *M. tweediei*, *A. barteri* ve *A. reineckii* bitkiciklerinin köklerinde bulunan besin ortamı ve agar çeşme suyuyla yıkanıp uzaklaştırıldıktan sonra kontrollü akvaryumlara tek tek veya kümeler halinde yerleştirilmiştir. Aktarıldıktan 1-2 hafta sonra tüm bitkilerde iyi bir adaptasyon ve gelişme gerçekleşirken, 4-6 hafta içerisinde ise önemli oranda büyümenin olduğu gözlenmiştir. Ayrıca, aktarılan bitkiler akvaryumlara %100 oranında adaptasyon sağlamıştır.

4.8 *Jania rubens* Özütünün Domates Tohumlarının Çimlenme ve Filizlenmesine Etkisi

Farklı oranlarda *J. rubens* özütü ile ön muameleye tabi tutulan domates tohumları ekimden 2 gün sonra çimlenmeye başlarken, 4 gün sonra da filizlenme başlamıştır. Ekimden 14 gün sonra da tohumlar büyük oranda çimlendiği ve filizlendiği için en son sayım 14. günde yapılmıştır (Şekil 4.29).

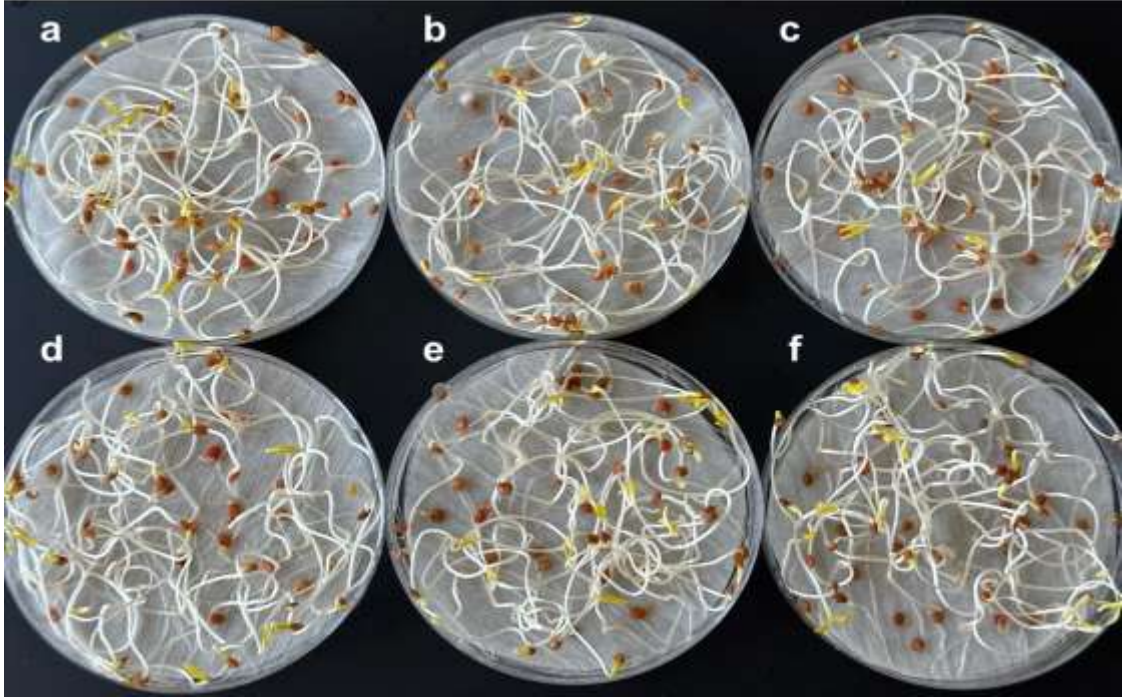


Şekil 4.29 Farklı oranlarda *J. rubens* özütü ile ön muameleye tabi tutulan domates tohumlarının ekimden sonra farklı günlerde çimlenme ve filizlenmeleri

(a) 2 gün sonra, (b) 4 gün sonra, (c) 6 gün sonra, (d) 14 gün sonra

4.8.1 *J. rubens* özütünün domates tohumlarının çimlenmesine etkisi

Domates tohumlarının farklı oranlarda *J. rubens* özütü ile ön muamelesi gün sayısına bağlı olarak çimlenme oranında farklılık göstermiştir (Şekil 4.30, Çizelge 4.23, Şekil 4.31). İkinci günde en yüksek oranda çimlenme %43.3 ile %10 özüt uygulamasından elde edilirken, bu sonuç ile diğer özüt uygulamalarından elde edilen sonuçlar arasındaki fark da istatistiksel olarak da önemli bulunmuştur. Dördüncü günden 14. güne kadar yapılan tüm sayımlarda ise en yüksek çimlenme oranı %2.5 *J. rubens* özütü ön muamelesinden elde edilmiştir. Ancak, bu sonuç ile diğer özüt uygulamalarından elde edilen çok sayıdaki sonuç arasındaki fark istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur (Çizelge 4.23, Şekil 4.31).



Şekil 4.30 Farklı oranlarda *J. rubens* özütü ile ön muameleye tabi tutulan domates tohumlarının ekimden 10 gün sonra çimlenme ve filizlenmeleri
(a) Kontrol (%0) özüt, (b) %2.5 özüt, (c) %5 özüt (d) %10 özüt, (e) %20 özüt, (f) %40 özüt

4.8.2 *J. rubens* özütünün domates tohumlarının filizlenmesine etkisi

Farklı oranlarda kullanılan *Jania rubens* özütünün domates tohumlarının filizlenmesi üzerine etkisi Çizelge 4.24 ve 4.32’de verilmiştir. Çizelge ve Şekil’den de gözlendiği üzere çimlenme sonuçlarında olduğu gibi 4. günde en yüksek oranda (%14.7) filizlenme %10 *J. rubens* özütü ile ön muamele edilen domates tohumlarından elde edilmiştir. Üstelik bu uygulama ile 4. gündeki diğer özüt uygulamaları arasındaki fark da istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Aynı şekilde 6. günde de en yüksek filizlenme oranı %20.7 ile yine %10 özüt ön muamelesinden elde edilirken, kontrol uygulama da dahil olmak üzere diğer 4 uygulama arasındaki fark istatistiksel olarak önemsiz olmuştur. Öte yandan en yüksek oranda filizlenme 8. günde kontrol, 10. günde %2.5 özüt ve 12. günde %20 ve %40 özüt ve 14. günde yine %2.5 özüt uygulamalarından elde edilmiştir. Ancak bu uygulamalar ile diğer uygulamalar arasındaki fark 12. günde %5 özüt uygulamasından elde edilen en düşük sonuç hariç istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur.

Çizelge 4.23 Farklı oranlarda kullanılan *Jania rubens* özütünün domates tohumlarının çimlenmesi üzerine etkisi

<i>J. rubens</i> Özütü (%)	Günlere Göre Çimlenme Oranı (%) ± SE						
	2. Gün	4. Gün	6. Gün	8. Gün	10. Gün	12. Gün	14. Gün
0	36.0 ± 2.00 ^b	76.7 ± 0.67 ^a	76.7 ± 0.67 ^{ab}	77.3 ± 0.67 [*]	77.3 ± 0.67 [*]	77.3 ± 0.67 ^{ab}	78.0 ± 1.15 ^{ab}
2.5	35.3 ± 0.67 ^b	77.3 ± 1.76 ^a	80.0 ± 3.05 ^a	80.7 ± 3.33	80.7 ± 3.33	81.3 ± 2.67 ^a	82.0 ± 2.00 ^a
5	32.0 ± 1.15 ^{bc}	66.0 ± 1.15 ^b	69.3 ± 0.67 ^b	70.0 ± 1.15	70.7 ± 1.76	70.7 ± 1.76 ^b	71.3 ± 2.40 ^b
10	43.3 ± 0.67 ^a	70.7 ± 3.53 ^{ab}	72.0 ± 4.16 ^{ab}	72.7 ± 4.37	75.3 ± 3.71	75.3 ± 3.71 ^{ab}	76.0 ± 4.16 ^{ab}
20	28.7 ± 0.67 ^{cd}	71.3 ± 0.67 ^{ab}	72.7 ± 0.67 ^{ab}	72.7 ± 0.67	73.3 ± 1.33	76.0 ± 0.00 ^{ab}	76.7 ± 0.67 ^{ab}
40	24.7 ± 1.76 ^d	66.7 ± 0.67 ^b	71.3 ± 0.67 ^{ab}	73.3 ± 1.76	76.7 ± 2.40	80.7 ± 0.67 ^a	81.3 ± 0.67 ^{ab}

Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark Tukey testi sonuçlarına göre 0,05 düzeyinde önemlidir.

*Aynı sütündeki ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemsizdir.

SE: Standart Hata.

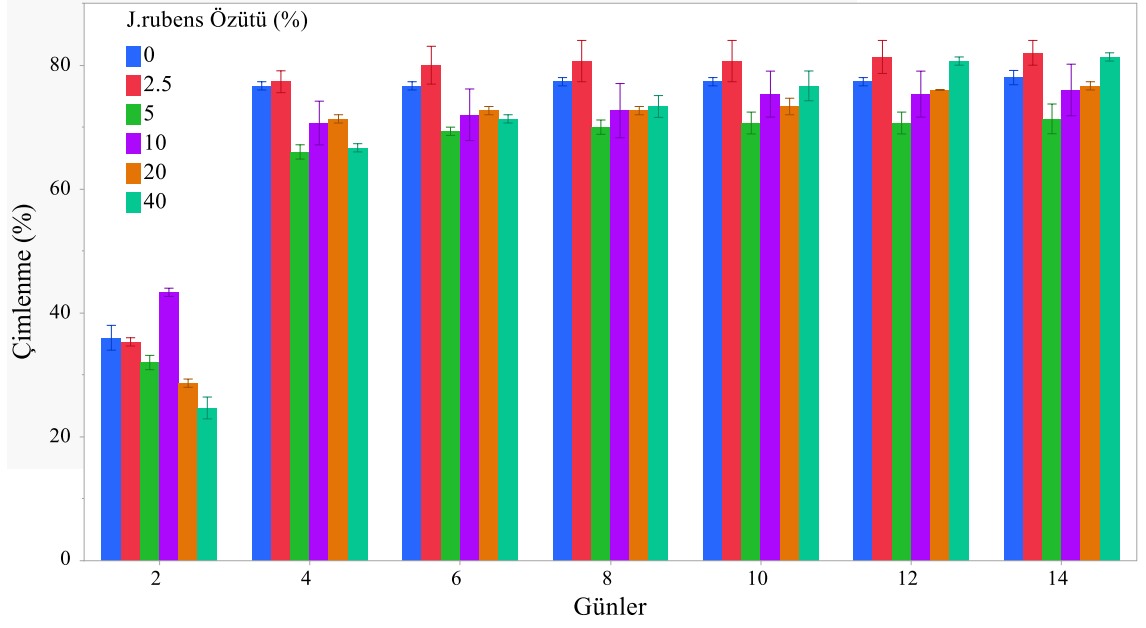
Çizelge 4.24 Farklı oranlarda kullanılan *Jania rubens* özütünün domates tohumlarının filizlenmesi üzerine etkisi

<i>J. rubens</i> Özütü (%)	Günlere Göre Filizlenme Oranı (%) ± SE					
	4. Gün	6. Gün	8. Gün	10. Gün	12. Gün	14. Gün
0	5.33 ± 0.67 ^b	20.7 ± 0.67 ^a	30.7 ± 0.67*	37.3 ± 0.67*	44.7 ± 2.40 ^{ab}	55.3 ± 3.71*
2.5	5.33 ± 0.67 ^b	19.3 ± 3.71 ^a	23.3 ± 0.67	44.7 ± 2.40	52.0 ± 1.15 ^a	60.7 ± 2.40
5	6.67 ± 0.67 ^b	9.33 ± 0.67 ^b	24.0 ± 1.15	31.3 ± 0.67	40.0 ± 1.15 ^b	48.7 ± 0.67
10	14.7 ± 1.76^a	20.7 ± 0.67^a	25.3 ± 2.40	38.0 ± 1.15	47.3 ± 0.67 ^{ab}	60.0 ± 3.05
20	7.33 ± 1.76 ^b	12.7 ± 2.40 ^{ab}	25.3 ± 7.33	34.0 ± 1.15	52.7 ± 0.67^a	56.0 ± 1.15
40	8.67 ± 0.67 ^b	17.3 ± 0.67 ^{ab}	29.3 ± 2.91	36.7 ± 5.70	52.7 ± 2.91^a	56.0 ± 2.31

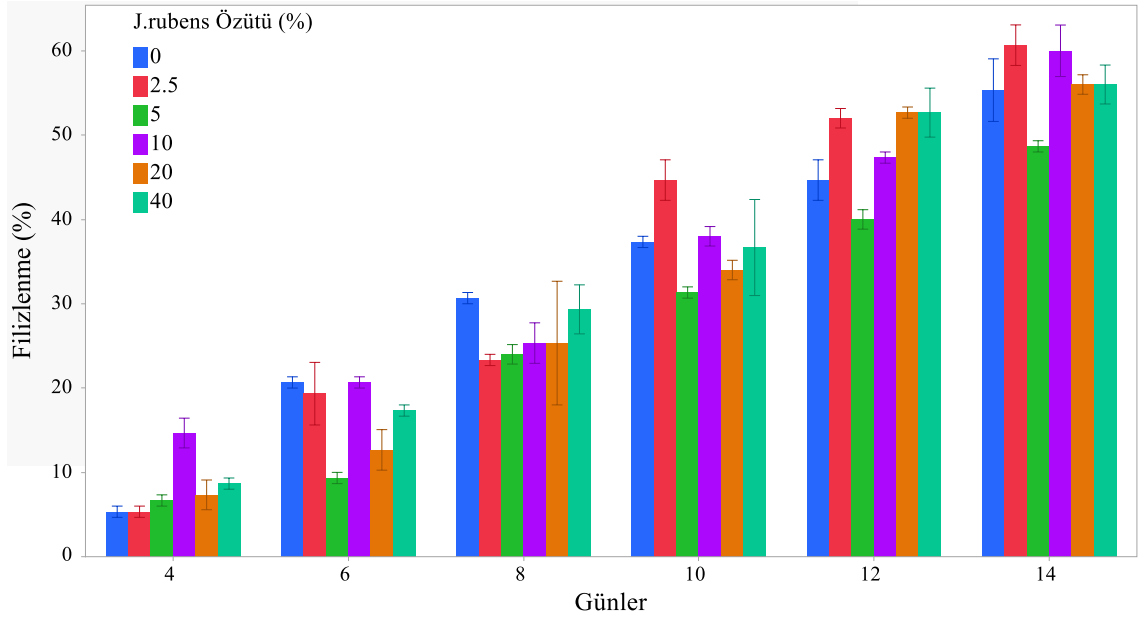
Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark Tukey testi sonuçlarına göre 0,05 düzeyinde önemlidir.

*Aynı sütündeki ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemsizdir.

SE: Standart Hata.



Şekil 4.31 Farklı oranlarda kullanılan *Jania rubens* özütünün domates tohumlarının çimlenmesi üzerine etkisi



Şekil 4.32 Farklı oranlarda kullanılan *Jania rubens* özütünün domates tohumlarının filizlenmesi üzerine etkisi

4.8.3 *J. rubens* özütünün filizlenen domates tohumlarının yaş ve kuru ağırlığına etkisi

Domates tohumlarının farklı oranlarda *J. rubens* özütü ile ön muamesi sonucunda çimlenen tohumlardan gelişen filizlerde en yüksek yaş ağırlık, çimlenme oranı ve filizlenme oranında olduğu gibi 1.88 g ile %10 özüt uygulamasından elde edilmiştir (Çizelge 4.25, Şekil 4.33). Ancak bu uygulamaya ile kontrol uygulamasında dahil olmak üzere %2.5, %20 ve %40 özüt uygulamaları arasındaki fark istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. En düşük yaş ağırlık ise 1.56 g ile %5 özüt uygulamasından elde edilmiştir. Öte yandan özüt uygulamalarının gelişen filizlerin kuru ağırlığı üzerine etkisi önemsiz bulunmuştur (Çizelge 4.25, Şekil 4.33).

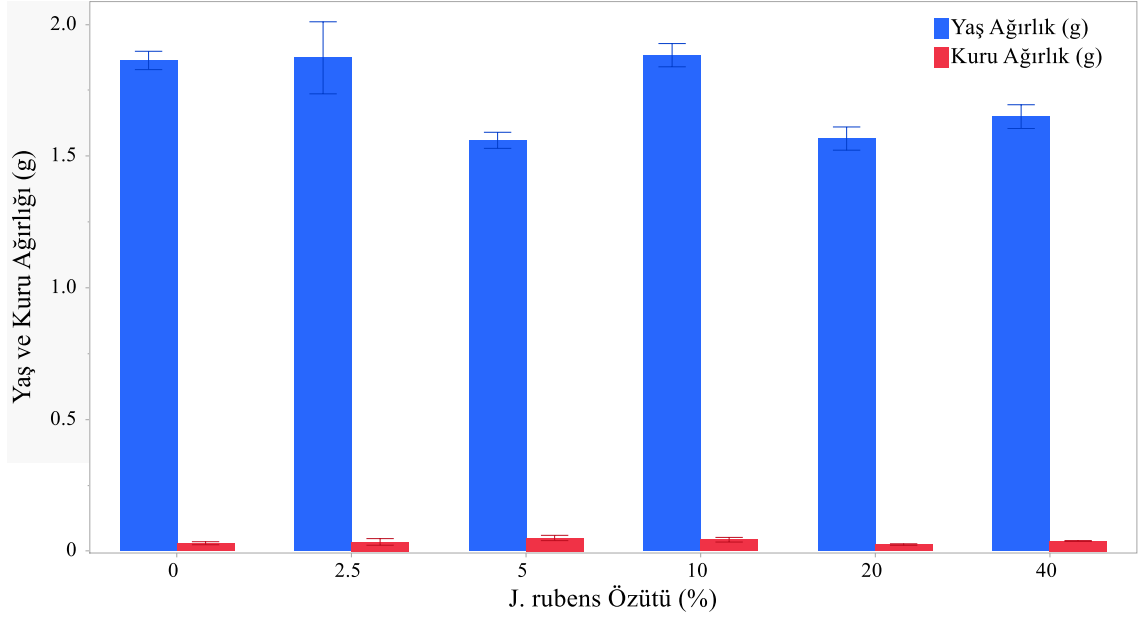
Çizelge 4.25 Farklı oranlarda kullanılan *Jania rubens* özütünün filizlenen domates tohumlarının yaş ve kuru ağırlığı üzerine etkisi

<i>J. rubens</i> Özütü (%)	Yaş Ağırlık (g) ± SE	Kuru Ağırlık (g) ± SE
0	1.86 ± 0.03 ^{ab}	0.03 ± 0.01*
2.5	1.87 ± 0.14 ^{ab}	0.03 ± 0.01
5	1.56 ± 0.03 ^b	0.05 ± 0.01
10	1.88 ± 0.04 ^a	0.04 ± 0.01
20	1.57 ± 0.04 ^{ab}	0.03 ± 0.00
40	1.65 ± 0.05 ^{ab}	0.04 ± 0.00

Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark Tukey testi sonuçlarına göre 0,05 düzeyinde önemlidir.

*Aynı sütündeki ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemsizdir.

SE: Standart Hata.



Şekil 4.33 Farklı oranlarda kullanılan *Jania rubens* özütünün filizlenen domates tohumlarının yaş ve kuru ağırlığı üzerine etkisi

4.9 *Cystoseira barbata* Özütünün Domates Tohumlarının Çimlenme ve Filizlenmesine Etkisi

J. rubens özütü uygulamasında olduğu gibi, farklı oranlarda *C. barbata* özütü ile ön muameleye tabi tutulan domates tohumları ekimden 2 gün sonra çimlenmeye başlamıştır. *J. rubens* uygulamasına göre oranı düşük olsa da *C. barbata* uygulamasında da 4 gün sonra filizlenme başlamıştır. Ekimden 14 gün sonra tohumlar büyük oranda çimlendiği ve filizlendiği için en son sayım 14. günde yapılmıştır.

4.9.1 *C. barbata* özütünün domates tohumlarının çimlenmesine etkisi

Domates tohumlarının farklı oranlarda *C. barbata* özütü ile ön muamesi sonucunda elde edilen sonuçlar Çizelge 4.26 ve Şekil 4.34'de verilmiştir. *C. barbata* özüt uygulaması 2. günde çimlenme oranını kontrole göre önemli oranda artırmış olup, en yüksek oranda çimlenme %21.3 ile %5 özüt uygulamasından elde edilmiştir. Ancak, bu uygulama ile %2.5, %10 ve %20 özüt uygulamaları arasındaki fark istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. İkinci günde en düşük çimlenme oranı ise %14.7 ile kontrol ve %40 özüt ön muamesinden elde edilmiştir. Yüksek oranda özüt kullanımı diğer uygulamalara

göre bu günde çimlenmeyi önemli oranda düşürmüştür. Çimlenme sayımı yapılan diğer günlerde ise en yüksek çimlenme oranı %10 özüt ile ön muameleye tabi tutulan tohumlarda elde edilmiştir. Ancak, bu uygulama ile diğer uygulamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. En düşük sonuçlar ise ikinci gün hariç özüt kullanılmayan kontrol uygulamasından elde edilmiştir (Çizelge 4.26 ve Şekil 4.34).

4.9.2 *C. barbata* özütünün domates tohumlarının filizlenmesine etkisi

Domateste filizlenme 4. günde başladığından dolayı filizlenme sayılarına 4. günden sonra yapılmıştır. Dördüncü günde en yüksek oranda filizlenme en yüksek oran olan %40 *C. barbata* özütü ön muamelesinden elde edilmiştir (Çizelge 4.27, Şekil 4.35). Ancak bu uygulama ile %10 ve %20 özüt ön muamelesi arasındaki fark istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. Dördüncü günde kontrol, %2.5 ve %5 özüt uygulamalarında filizlenme olmamıştır. Altıncı gün sayımlarında da yine en yüksek filizlenme oranı %40 *C. barbata* uygulamasından elde edilirken, %2.5 özüt ön muamelesi hariç diğer uygulamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. Öte yandan, çimlenme oranında olduğu gibi 8. günden sonra en yüksek filizlenme oranları %10 özüt ön muamelesinden elde edilmiştir (Çizelge 4.27, Şekil 4.35). %10 *C. barbata* özüt uygulaması ile kontrol arasındaki fark 8. günde istatistiksel olarak önemli olurken, diğer günlerde önemsiz olmuştur.

Çizelge 4.26 Farklı oranlarda kullanılan *Cystoseira barbata* özütünün domates tohumlarının çimlenmesi üzerine etkisi

<i>C. barbata</i> Özütü (%)	Günlere Göre Çimlenme Oranı (%) ± SE						
	2. Gün	4. Gün	6. Gün	8. Gün	10. Gün	12. Gün	14. Gün
0	14.7 ± 0.67 ^b	60.0 ± 5.03 [*]	62.0 ± 7.02 [*]	63.3 ± 6.36 [*]	64.0 ± 6.11 [*]	64.0 ± 6.11 [*]	67.3 ± 5.93 [*]
2.5	19.3 ± 1.76 ^{ab}	70.7 ± 0.67	74.7 ± 2.91	74.7 ± 2.91	76.7 ± 3.33	76.7 ± 3.33	77.3 ± 3.71
5	21.3 ± 1.76 ^a	68.7 ± 4.67	74.0 ± 5.03	76.7 ± 2.40	76.7 ± 2.40	78.7 ± 3.53	79.3 ± 4.05
10	17.3 ± 0.67 ^{ab}	71.3 ± 4.67	78.0 ± 2.31	79.3 ± 1.76	80.7 ± 2.40	81.3 ± 2.67	82.0 ± 3.05
20	18.7 ± 0.67 ^{ab}	58.7 ± 0.67	63.3 ± 2.91	68.0 ± 5.77	70.7 ± 6.36	71.3 ± 6.67	72.0 ± 7.02
40	14.7 ± 0.67 ^b	62.7 ± 2.40	72.0 ± 3.46	73.3 ± 2.40	75.3 ± 2.40	78.0 ± 3.05	78.7 ± 3.53

Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark Tukey testi sonuçlarına göre 0,05 düzeyinde önemlidir.

*Aynı sütündeki ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemsizdir.

SE: Standart Hata.

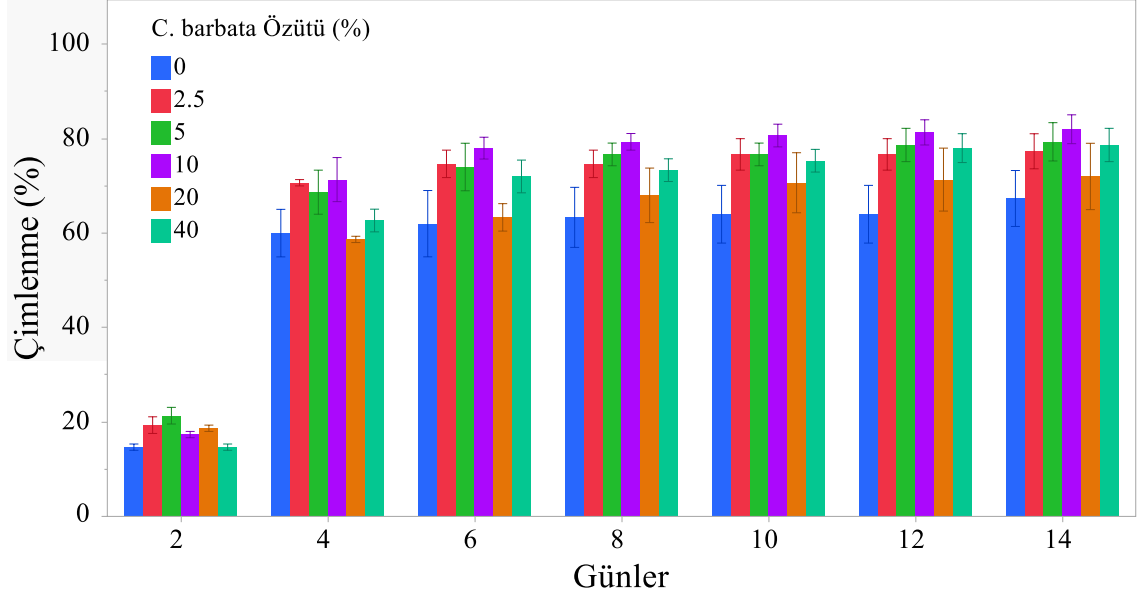
Çizelge 4.27 Farklı oranlarda kullanılan *Cystoseira barbata* özütünün domates tohumlarının filizlenmesi üzerine etkisi

<i>C. barbata</i> Özütü (%)	Günlere Göre Filizlenme Oranı (%) ± SE					
	4. Gün	6. Gün	8. Gün	10. Gün	12. Gün	14. Gün
0	0.00 ± 0.00 ^b	7.33 ± 1.33 ^{ab}	13.3 ± 0.67 ^b	23.3 ± 1.33 [*]	33.3 ± 2.40 [*]	39.3 ± 0.67 ^{ab}
2.5	0.00 ± 0.00 ^b	5.33 ± 0.67 ^b	14.0 ± 2.31 ^b	26.0 ± 2.31	32.0 ± 2.31	38.0 ± 2.00 ^{ab}
5	0.00 ± 0.00 ^b	12.0 ± 2.00 ^{ab}	24.0 ± 5.03 ^{ab}	26.0 ± 3.05	32.0 ± 2.31	36.0 ± 1.15 ^b
10	1.33 ± 0.67 ^{ab}	14.7 ± 2.91 ^a	28.0 ± 1.15^a	32.0 ± 3.05	45.3 ± 2.40	49.3 ± 1.76^a
20	1.33 ± 0.67 ^{ab}	6.67 ± 0.67 ^{ab}	17.3 ± 0.67 ^{ab}	29.3 ± 2.91	34.7 ± 4.05	37.3 ± 4.67 ^{ab}
40	4.00 ± 1.15^a	15.3 ± 2.40^a	20.0 ± 2.00 ^{ab}	24.7 ± 1.76	36.0 ± 3.05	42.7 ± 3.33 ^{ab}

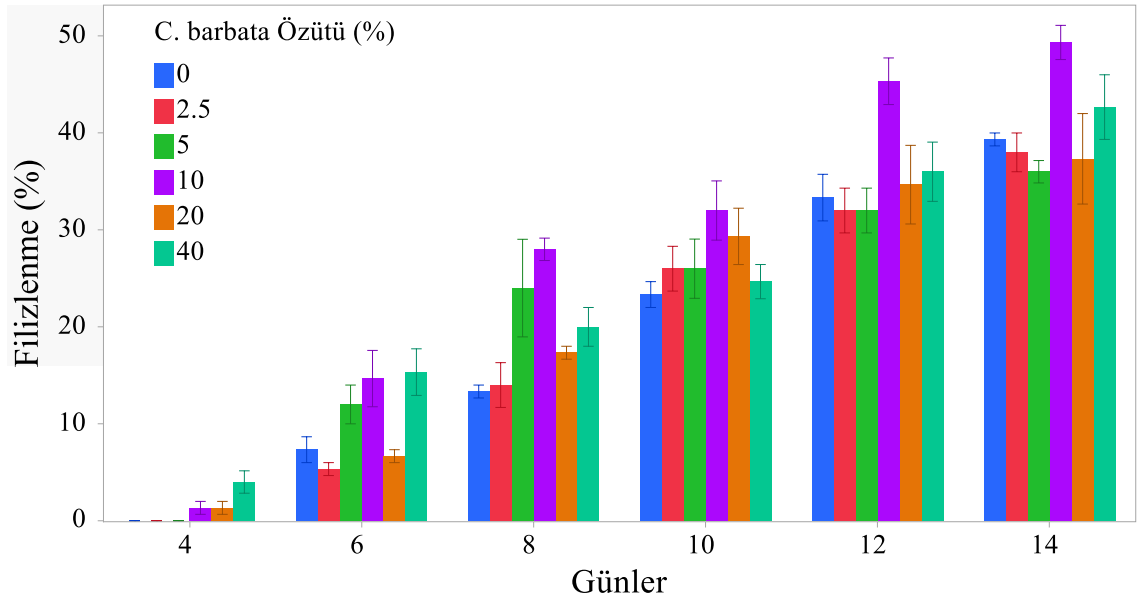
Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark Tukey testi sonuçlarına göre 0,05 düzeyinde önemlidir.

*Aynı sütündaki ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemsizdir.

SE: Standart Hata.



Şekil 4.34 Farklı oranlarda kullanılan *Cystoseira barbata* özütünün domates tohumlarının çimlenmesi üzerine etkisi



Şekil 4.35 Farklı oranlarda kullanılan *Cystoseira barbata* özütünün domates tohumlarının filizlenmesi üzerine etkisi

4.9.3 *C. barbata* özütünün filizlenen domates tohumlarının yaş ve kuru ağırlığına etkisi

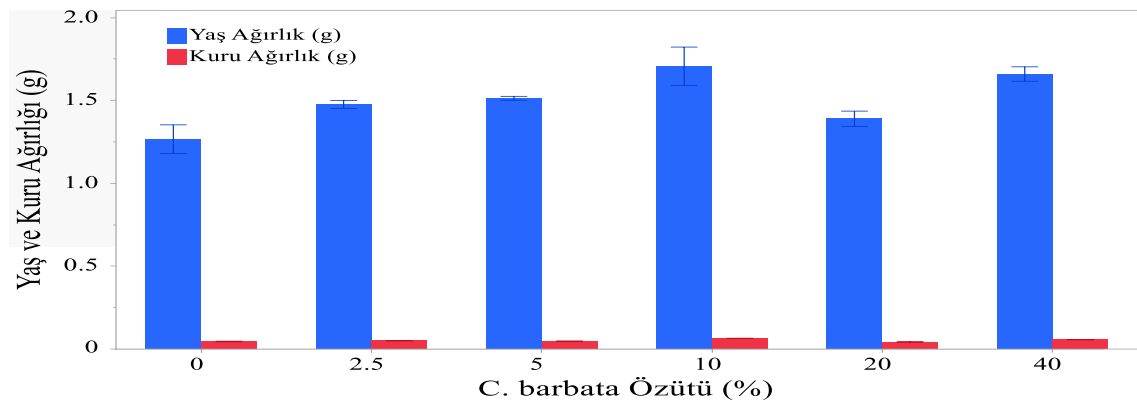
Farklı oranlarda *C. barbata* özütü ile ön muamaleye tabi tutulan tohumlardan gelişen filizlerin yaş ve kuru ağırlıkları Çizelge 4.28 ve Şekil 4.36'da verilmiştir. Çizelge ve Şekil incelendiğinde en yüksek yaş ağırlık 1.71 g ile %10 özüt ön muamelesinden elde edilmiştir. Bu uygulama ile kontrol ve %20 özüt uygulaması arasındaki fark da istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. En düşük yaş ağırlık değeri ise 1.27 g özüt içermeyen kontrol uygulamasından elde edilmiştir. Yaş ağırlıkta olduğu gibi en yüksek kuru ağırlık değeri de 0.06 g ile %10 özüt uygulamasından elde edilirken, diğer uygulamalar arasındaki fark da istatistiksel olarak önemli olmuştur. En düşük kuru ağırlık miktarı ise %20 özüt uygulamasından elde edilmiştir.

Çizelge 4.28 Farklı oranlarda kullanılan *Cystoseira barbata* özütünün filizlenen domates tohumlarının yaş ve kuru ağırlığı üzerine etkisi

<i>C. barbata</i> Özütü (%)	Yaş Ağırlık (g) ± SE	Kuru Ağırlık (g) ± SE
0	1.27 ± 0.09 ^c	0.05 ± 0.00 ^b
2.5	1.48 ± 0.02 ^{abc}	0.05 ± 0.00 ^b
5	1.51 ± 0.01 ^{abc}	0.05 ± 0.00 ^b
10	1.71 ± 0.12^a	0.06 ± 0.00^a
20	1.39 ± 0.05 ^{bc}	0.04 ± 0.00 ^d
40	1.66 ± 0.04 ^{ab}	0.05 ± 0.00 ^b

Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark Tukey testi sonuçlarına göre 0,05 düzeyinde önemlidir.

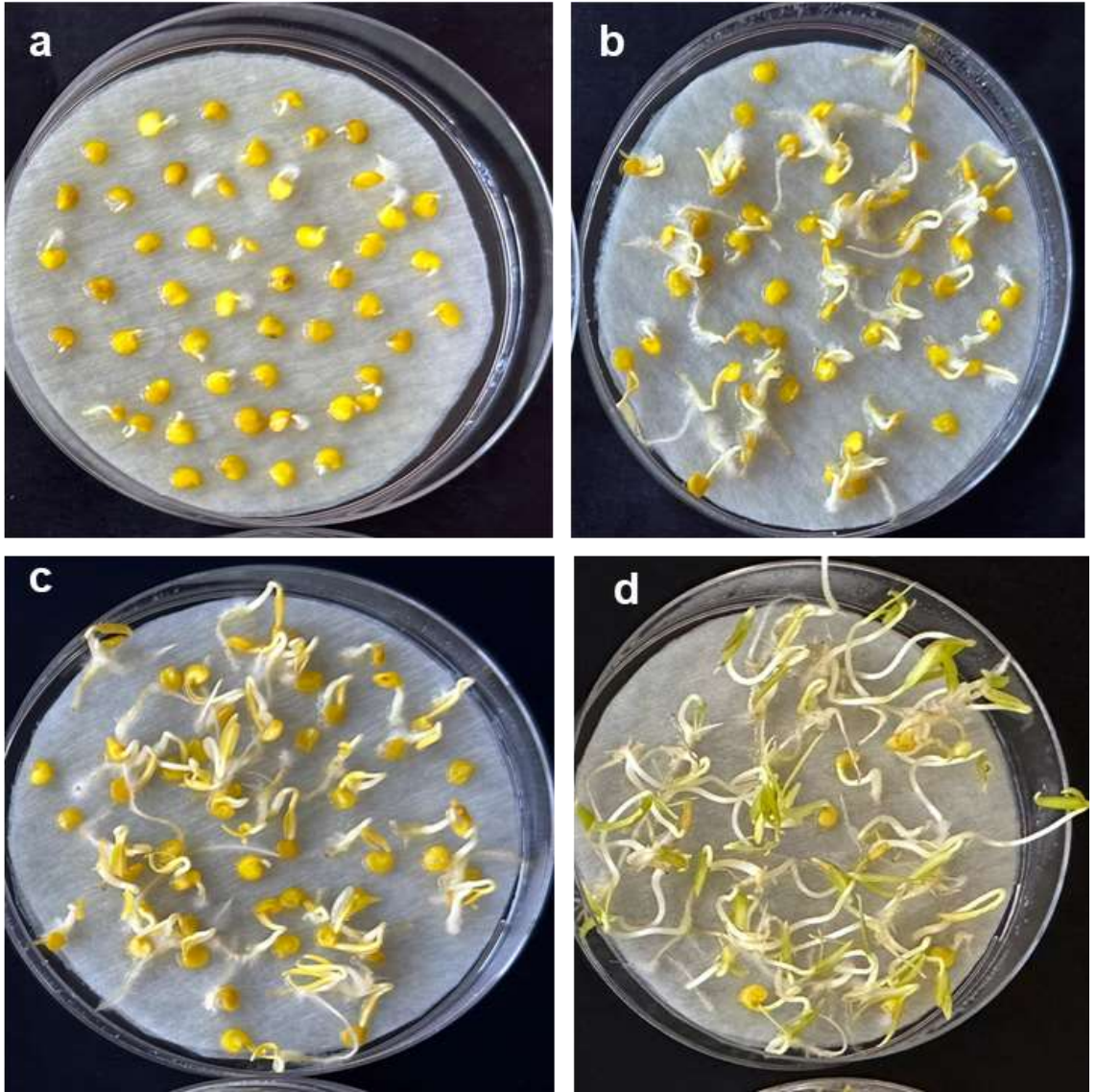
SE: Standart Hata.



Şekil 4.36 Farklı oranlarda kullanılan *Cystoseira barbata* özütünün filizlenen domates tohumlarının yaş ve kuru ağırlığı üzerine etkisi

4.10 *Jania rubens* Özütünün Biber Tohumlarının Çimlenme ve Filizlenmesine Etkisi

J. rubens özütü ile ön muameleye tabi tutulan biber tohumları ekimden 2 gün sonra çimlenmeye başlamış olup, 8 gün sonra da filizlenme gerçekleşmiştir. Ekimden 14 gün sonra da tohumlar büyük oranda çimlendiği ve filizlendiği için en son sayım 14. günde yapılmıştır (Şekil 4.37).

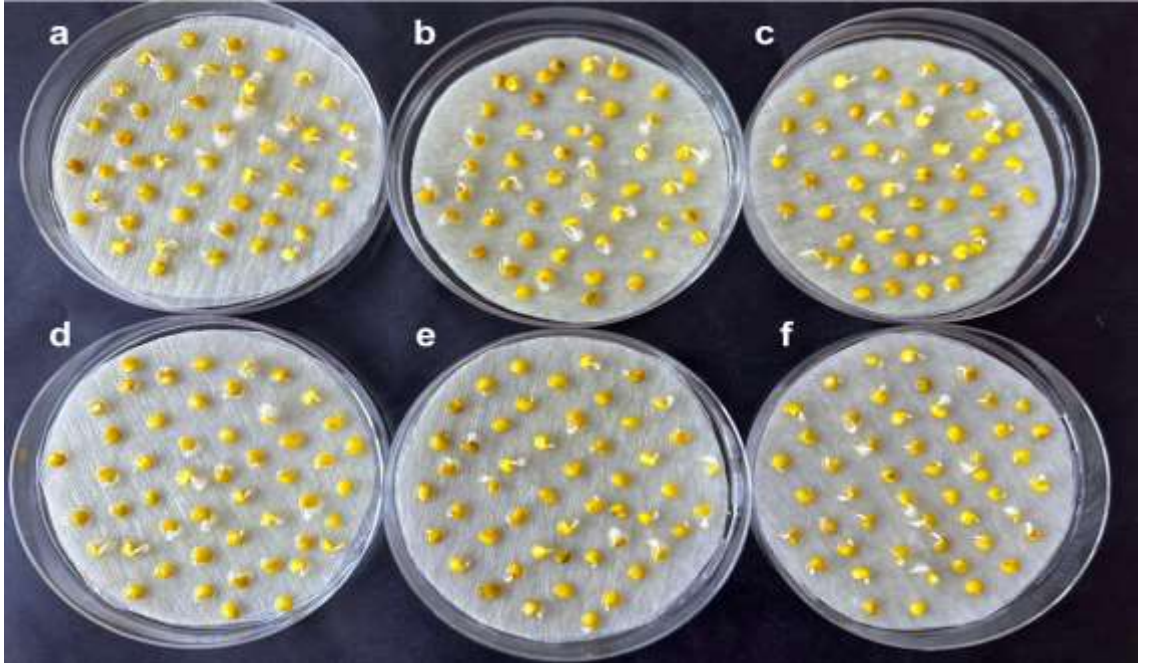


Şekil 4.37 Farklı oranlarda *J. rubens* özütü ile ön muameleye tabi tutulan biber tohumlarının ekimden sonra farklı günlerde çimlenme ve filizlenmeleri

(a) 4 gün sonra, (b) 8 gün sonra, (c) 10 gün sonra, (d) 14 gün sonra

4.10.1 *J. rubens* özütünün biber tohumlarının çimlenmesine etkisi

Biber tohumlarının farklı oranlarda *J. rubens* özütü ile ön muamelesi gün sayısına bağlı olarak çimlenme oranında farklılık göstermiştir (Şekil 4.38, Çizelge 4.29, Şekil 4.39). En yüksek oranda çimlenme 2. günde %1.33 ile %2.5, 4. günde %45.3 ile %40 ve 6. günde %86.0 ile %5 *J. rubens* özütü uygulamasından elde edilerek geniş bir varyasyon göstermiştir. Ancak, sayım yapılan bu günlerde en yüksek sonucun elde edildiği bu uygulamalar ile kontrol da dahil diğer uygulamalar arasında istatistiksel olarak önemli bir fark saptanmamıştır. İkinci günde %10, %20 ve %40 özüt uygulamalarında çimlenme olmazken, 4. ve 6. günlerde en düşük sonuçlar sırasıyla %20 ve %2.5 özüt ön muamalelerinden elde edilmiştir. Sekizinci ve 10. günlerde ise en yüksek oranda çimlenme sırasıyla %94.0 ve %97.3 ile %5 özüt ön muamalesinden elde edilirken, bu değer ile kontrol uygulaması arasındaki fark istatistiksel anlamda önemli bulunmuştur. Benzer şekilde 12 ve 14. günlerde en yüksek çimlenme sonuçları yine %5 özüt uygulamasından elde edilmiştir. Ancak 12 ve 14. günlerde tüm uygulamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur (Çizelge 4.29)



Şekil 4.38 Farklı oranlarda *J. rubens* özütü ile ön muameleye tabi tutulan biber tohumlarının ekimden 4 gün sonra çimlenme durumları

(a) Kontrol (%0 özüt), (b) %2.5 özüt, (c) %5 özüt (d) %10 özüt, (e) %20 özüt, (f) %40 özüt

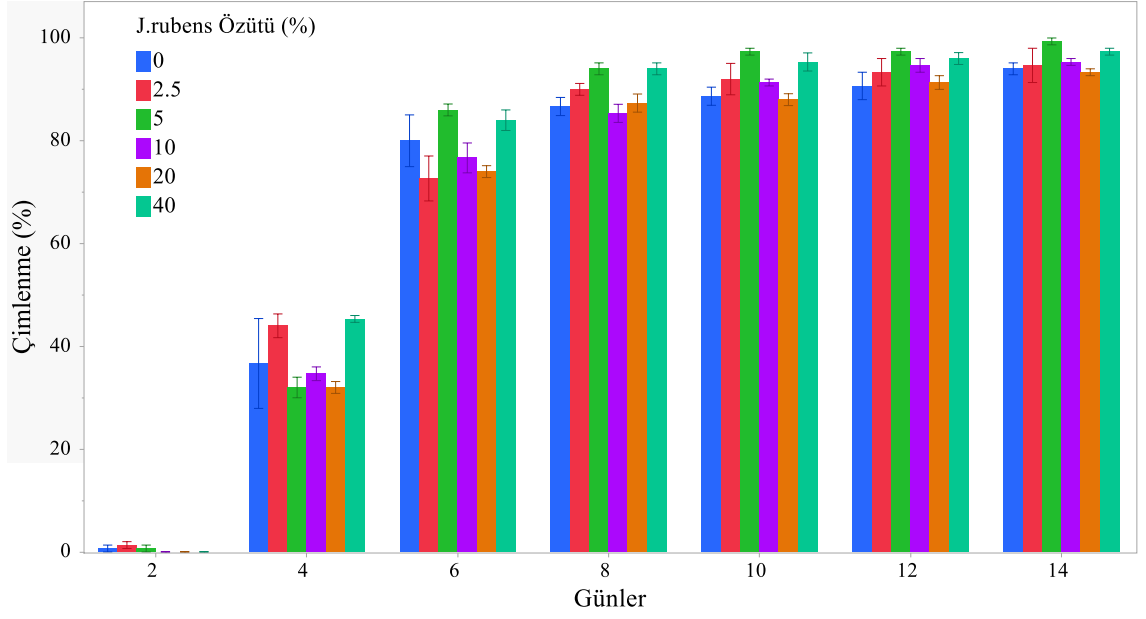
Çizelge 4.29 Farklı oranlarda kullanılan *Jania rubens* özütünün biber tohumlarının çimlenmesi üzerine etkisi

<i>J. rubens</i> Özütü (%)	Günlere Göre Çimlenme Oranı (%) ± SE						
	2. Gün	4. Gün	6. Gün	8. Gün	10. Gün	12. Gün	14. Gün
0	0.67 ± 0.67*	36.7 ± 8.74*	80.0 ± 5.03*	86.7 ± 1.76 ^b	88.7 ± 1.76 ^b	90.7 ± 2.67*	94.0 ± 1.15*
2.5	1.33 ± 0.67	44.0 ± 2.31	72.7 ± 4.37	90.0 ± 1.15 ^{ab}	92.0 ± 3.05 ^{ab}	93.3 ± 2.67	94.67 ± 3.33
5	0.67 ± 0.67	32.0 ± 2.00	86.0 ± 1.15	94.0 ± 1.15 ^a	97.3 ± 0.67 ^a	97.3 ± 0.67	99.3 ± 0.67
10	0.0 ± 0.00	34.7 ± 1.33	76.7 ± 2.91	85.3 ± 1.76 ^b	91.3 ± 0.67 ^{ab}	94.7 ± 1.33	95.3 ± 0.67
20	0.0 ± 0.00	32.0 ± 1.15	74.0 ± 1.15	87.3 ± 1.76 ^{ab}	88.0 ± 1.15 ^b	91.3 ± 1.33	93.3 ± 0.67
40	0.0 ± 0.00	45.3 ± 0.67	84.0 ± 2.00	94.0 ± 1.15 ^a	95.3 ± 1.76 ^{ab}	96.0 ± 1.15	97.3 ± 0.67

Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark Tukey testi sonuçlarına göre 0,05 düzeyinde önemlidir.

*Aynı sütündeki ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemsizdir.

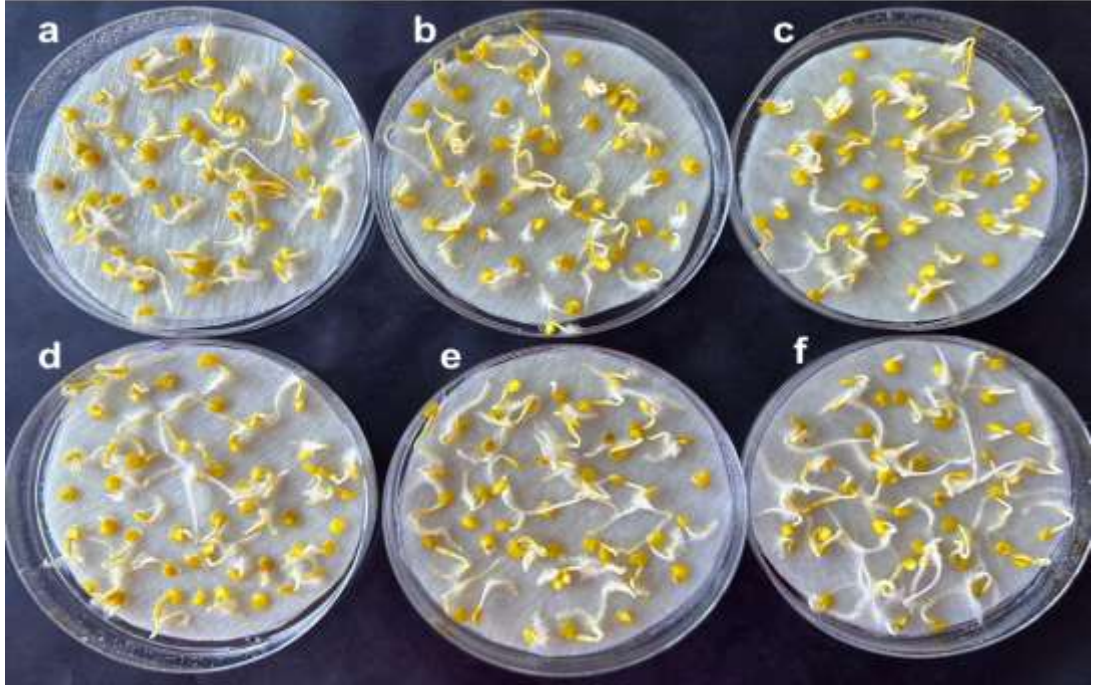
SE: Standart Hata.



Şekil 4.39 Farklı oranlarda kullanılan *Jania rubens* özütünün biber tohumlarının çimlenmesi üzerine etkisi

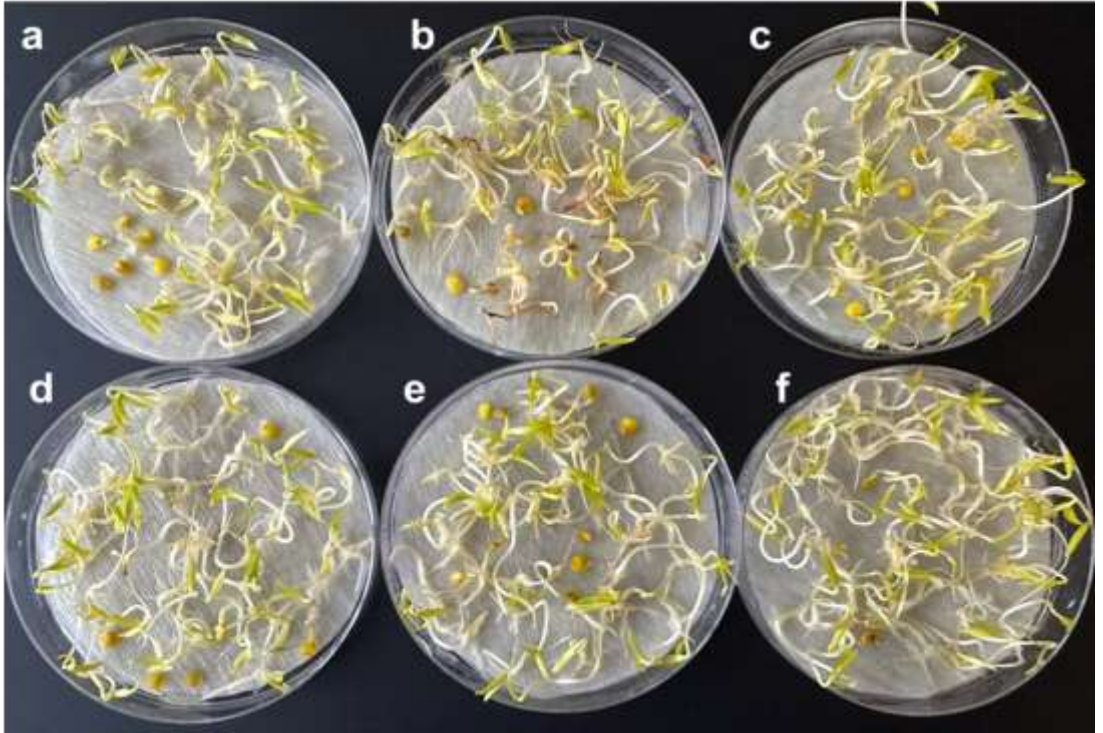
4.10.2 *J. rubens* özütünün biber tohumlarının filizlenmesine etkisi

Biber tohumlarının filizlenme oranının belirlenmesine 8. günde başlanmıştır (Şekil 4.40). Bütün günlerdeki sayımlarda tohumların özellikle yüksek oranlarda *J. rubens* özütü ile ön muamelesi kontrol uygulamasına göre daha yüksek sonuçlar verirken, tüm uygulamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur (Çizelge 4.30). Sekizinci günde en yüksek filizlenme oranı %34.0 ile %10 özüt, 10. günde %83.3 ile %40, 12. günde %88.7 ile yine %40 özüt ve 14 günde ise %93.3 ile %5 özüt uygulamasından elde edilmiştir (Şekil 4.41, Çizelge 4.30, Şekil 4.42). En düşük değerler ise genellikle özüt kullanılmayan kontrol ve %2.5 özüt uygulamalarından elde edilmiştir.



Şekil 4.40 Farklı oranlarda *J. rubens* özütü ile ön muameleye tabi tutulan biber tohumlarının ekimden 8 gün sonra çimlenme ve filizlenmeleri

(a) Kontrol (%0 özüt), (b) %2.5 özüt, (c) %5 özüt (d) %10 özüt, (e) %20 özüt, (f) %40 özüt



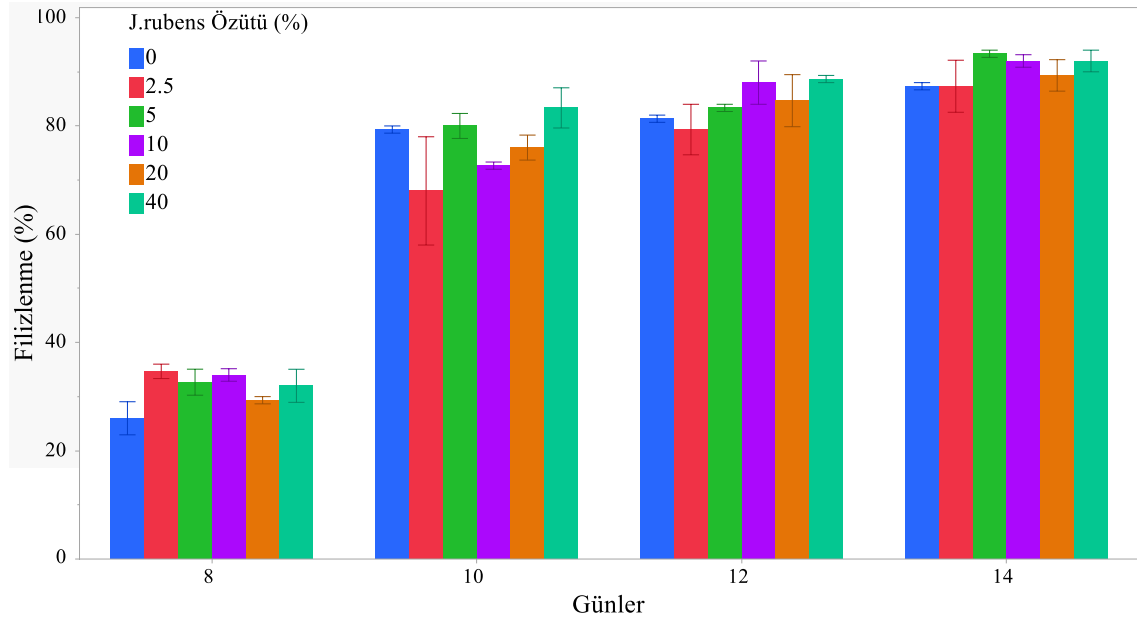
Şekil 4.41 Farklı oranlarda *J. rubens* özütü ile ön muameleye tabi tutulan biber tohumlarının ekimden 14 gün sonra çimlenme ve filizlenmeleri

(a) Kontrol (%0 özüt), (b) %2.5 özüt, (c) %5 özüt (d) %10 özüt, (e) %20 özüt, (f) %40 özüt

Çizelge 4.30 Farklı oranlarda kullanılan *Jania rubens* özütünün biber tohumlarının filizlenmesi üzerine etkisi

<i>J. rubens</i> (%)	Günlere Göre Filizlenme Oranı (%) ± SE			
	8. Gün	10. Gün	12. Gün	14. Gün
0	26.0 ± 3.05*	79.3 ± 0.67*	81.3 ± 0.67*	87.3 ± 0.67*
2.5	34.7 ± 1.33	68.0 ± 10.0	79.3 ± 4.67	87.3 ± 4.81
5	32.7 ± 2.40	80.0 ± 2.31	83.3 ± 0.67	93.3 ± 0.67
10	34.0 ± 1.15	72.7 ± 0.67	88.0 ± 4.00	92.0 ± 1.15
20	29.3 ± 0.67	76.0 ± 2.31	84.7 ± 4.81	89.3 ± 2.91
40	32.0 ± 3.05	83.3 ± 3.71	88.7 ± 0.67	92.0 ± 2.00

*Aynı sütündeki ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemsizdir.
SE: Standart Hata.



Şekil 4.42 Farklı oranlarda kullanılan *Jania rubens* özütünün biber tohumlarının filizlenmesi üzerine etkisi

4.10.3 *J. rubens* özütünün filizlenen biber tohumlarının yaş ve kuru ağırlığına etkisi

Farklı oranlarda *J. rubens* özütü ile ön muamaleye tabi tutulan biber tohumlarından gelişen filizlerin yaş ve kuru ağırlıkları Çizelge 4.31 ve şekil 4.43’de verilmiştir. Çizelge ve şekil incelendiğinde özüt uygulması yaş ve kuru ağırlığı önemli oranda artırmıştır. En yüksek miktarda yaş (2.20 g) ve kuru (0.14 g) ağırlık %40 özüt ön muamelesinden elde edilmiştir. En düşük değerler ise %2.5 özüt uygulmasında bulunmuştur. Yaş ağırlık bakımından kontrol uygulması ile en yüksek değeri sağlayan %40 uygulması arasındaki fark da istatistiksel olarak önemli olmuştur.

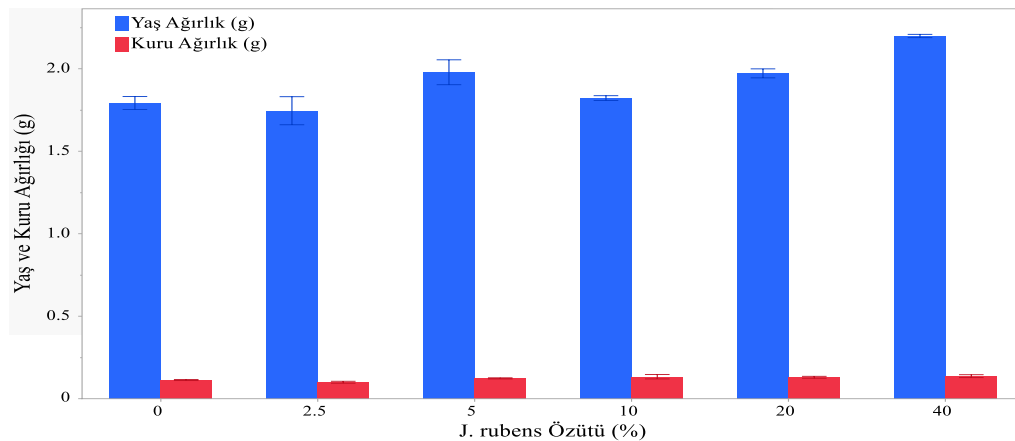
Çizelge 4.31 Farklı oranlarda kullanılan *Jania rubens* özütünün filizlenen biber tohumlarının yaş ve kuru ağırlığı üzerine etkisi

<i>J. rubens</i> Özütü (%)	Yaş Ağırlığı (g) ± SE	Kuru Ağırlığı (g) ± SE
0	1.79 ± 0.04 ^b	0.11 ± 0.00 ^{ab}
2.5	1.75 ± 0.09 ^b	0.10 ± 0.01 ^b
5	1.98 ± 0.07 ^{ab}	0.12 ± 0.00 ^{ab}
10	1.82 ± 0.01 ^b	0.13 ± 0.01 ^{ab}
20	1.97 ± 0.03 ^{ab}	0.13 ± 0.01 ^{ab}
40	2.20 ± 0.01^a	0.14 ± 0.01^a

Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark Tukey testi sonuçlarına göre 0,05 düzeyinde önemlidir.

*Aynı sütündeki ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemsizdir.

SE: Standart Hata.



Şekil 4.43 Farklı oranlarda kullanılan *Jania rubens* özütünün filizlenen biber tohumlarının yaş ve kuru ağırlığı üzerine etkisi

4.11 *Cystoseira barbata* Özütünün Biber Tohumlarının Çimlenme ve Filizlenmesine Etkisi

J. rubens özütü uygulamasında olduğu gibi, farklı oranlarda *C. barbata* özütü ile ön muameleye tabi tutulan biber tohumları ekimden 2 gün sonra çimlenmeye başlamıştır. *J. rubens* uygulamasına göre oranı düşük olsa da *C. barbata* uygulamasında da 8 gün sonra filizlenme başlamıştır. Ekimden 14 gün sonra tohumlar büyük oranda çimlendiği ve filizlendiği için en son sayım 14. günde yapılmıştır.

4.11.1 *C. barbata* Özütünün biber tohumlarının çimlenmesine etkisi

Farklı oranlarda *C. barbata* özütünün biber tohumlarının çimlenme ve filizlenmesi üzerine etkisinin araştırıldığı denemelerde 2. Günde tohum çimlenmesi çok düşük oranlarda gerçekleşmiştir (Çizelge 4.32, Şekil 4.44). İkinci günde sadece %10 özütle ön muameleye tabi tutulan tohumlarda %0.7 oranında bir çimlenme gerçekleşmiştir. Kontrol uygulaması da dahil olmak üzere diğer uygulamalarda çimlenme olmamıştır. Dördüncü günde ise en yüksek oranda çimlenme %24.0 ile %20 özüt ön muamesinden elde edilmiş olup, bu uygulama ile özüt uygulanmayan kontrol ve %40 özüt uygulaması arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Altıncı günden 14. güne kadar ise en yüksek oranda çimlenme %5 *C. barbata* özütü ön muamesinden elde edilmiştir (Çizelge 4.32, Şekil 4.44). Altıncı günde kontrol ve %40 uygulamasıyla %5 özüt uygulaması arasındaki fark istatistiksel olarak önemliyken diğer günlerde önemsiz olmuştur.

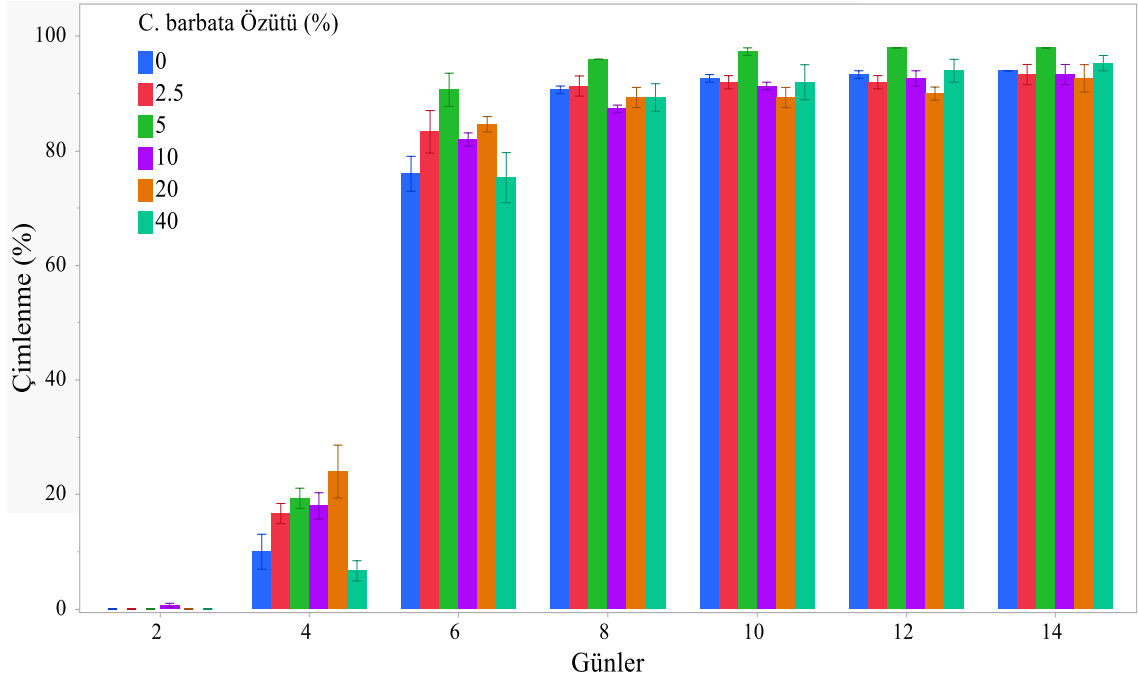
Çizelge 4.32 Farklı oranlarda kullanılan *Cystoseira barbata* özütünün biber tohumlarının çimlenmesi üzerine etkisi

<i>C. barbata</i> Özütü (%)	Günlere Göre Çimlenme Oranı (%) ± SE						
	2. Gün	4. Gün	6. Gün	8. Gün	10. Gün	12. Gün	14. Gün
0	0.0 ± 0.00 ^b	10.0 ± 3.05 ^b	76.0 ± 3.06 ^b	90.7 ± 0.67 ^{ab}	92.7 ± 0.67 [*]	93.3 ± 0.67 ^{ab}	94 ± 0.00 [*]
2.5	0.0 ± 0.00 ^b	16.7 ± 1.76 ^{ab}	83.3 ± 3.71 ^{ab}	91.3 ± 1.76 ^{ab}	92.0 ± 1.15	92.0 ± 1.15 ^b	93.3 ± 1.76
5	0.0 ± 0 ^b	19.3 ± 1.76 ^{ab}	90.7 ± 2.90^a	96.0 ± 0.00^a	97.3 ± 0.67	98.0 ± 0.00^a	98 ± 0.00
10	0.7 ± 0.33^a	18.0 ± 2.31 ^{ab}	82.0 ± 1.55 ^{ab}	87.3 ± 0.67 ^b	91.3 ± 0.67	92.7 ± 1.33 ^{ab}	93.3 ± 1.76
20	0.0 ± 0.00 ^b	24.0 ± 4.62^a	84.7 ± 1.33 ^{ab}	89.3 ± 1.76 ^{ab}	89.3 ± 1.76	90.0 ± 1.15 ^b	92.7 ± 2.40
40	0.0 ± 0.00 ^b	6.7 ± 1.76 ^b	75.3 ± 4.37 ^b	89.3 ± 2.40 ^{ab}	92.0 ± 3.06	94.0 ± 2.00 ^{ab}	95.3 ± 1.33

Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark Tukey testi sonuçlarına göre 0,05 düzeyinde önemlidir.

*Aynı sütündaki ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemsizdir.

SE: Standart Hata.



Şekil 4.44 Farklı oranlarda kullanılan *Cystoseira barbata* özütünün biber tohumlarının çimlenmesi üzerine etkisi

4.11.2 *C. barbata* Özütünün biber tohumlarının filizlenmesine etkisi

C. barbata ön muamelelerinde biber tohumlarının filiz oluşturması ekimden 8 gün sonra başlamıştır. Sekizinci günde en yüksek filizlenme oranı %6.67 ile %5 *C. barbata* ön muamelesinden elde edilirken, uygulamalar arasından istatistiksel olarak önemli bir fark bulunmamıştır (Çizelge 4.33, Şekil 4.45). Onuncu günde ise en yüksek filizlenme oranı %71.3 ile %2.5 özüt uygulamasından elde edilmiş olup, bu uygulama ile kontrol ve %40 özüt uygulaması arasındaki fark istatistiksel olarak da önemli olmuştur. Öte yandan 12. Ve 14. günden en yüksek filizlenme oranı sırasıyla %89.3 ve %94.0 ile %5 özüt ön muamesinden elde edilmiştir. Ancak bu günlerde bu uygulama ile kontrol arasında istatistiksel olarak önemli bir fark elde edilememiştir.

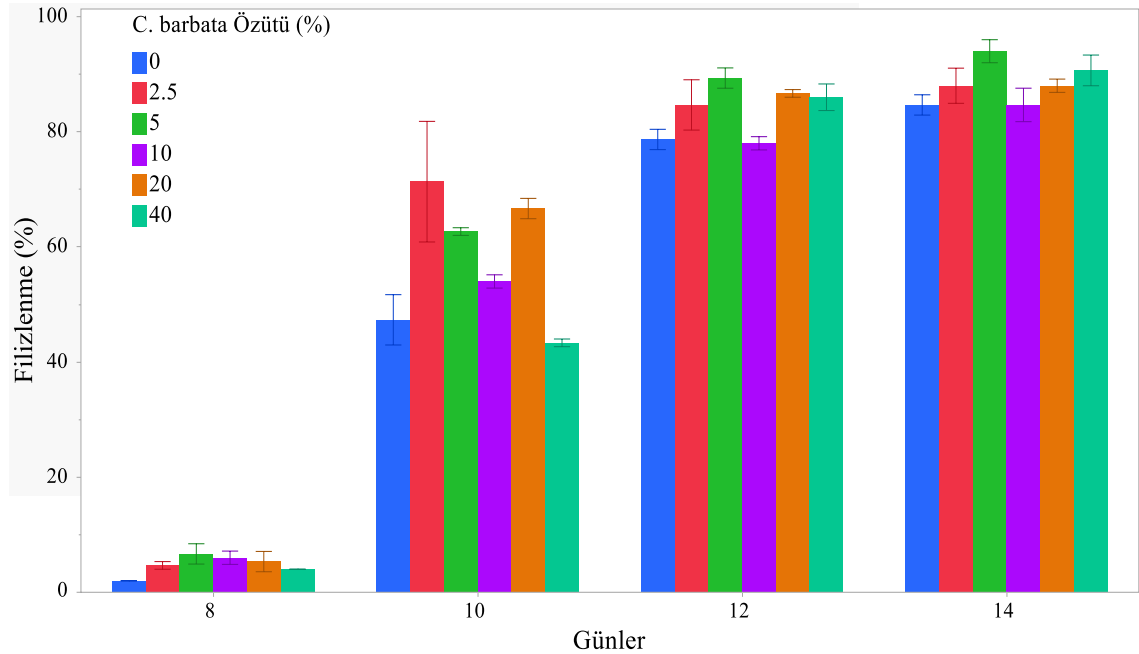
Çizelge 4.33 Farklı oranlarda kullanılan *Cystoseira barbata* özütünün biber tohumlarının filizlenmesi üzerine etkisi

<i>C. barbata</i> Özütü (%)	Günlere Göre Filizlenme Oranı (%) ± SE			
	8. Gün	10. Gün	12. Gün	14. Gün
0	2.00 ± 0.00*	47.3 ± 4.37 ^{bc}	78.7 ± 1.76 ^{ab}	84.7 ± 1.76*
2.5	4.67 ± 0.67	71.3 ± 10.47^a	84.7 ± 4.37 ^{ab}	88.0 ± 3.05
5	6.67 ± 1.76	62.7 ± 0.67 ^{abc}	89.3 ± 1.76^a	94.0 ± 2.00
10	6.00 ± 1.15	54.0 ± 1.15 ^{abc}	78.0 ± 1.15 ^b	84.7 ± 2.91
20	5.33 ± 1.76	66.7 ± 1.76 ^{ab}	86.7 ± 0.67 ^{ab}	88.0 ± 1.15
40	4.00 ± 0.00	43.3 ± 0.67 ^c	86.0 ± 2.31 ^{ab}	90.7 ± 2.67

Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark Tukey testi sonuçlarına göre 0,05 düzeyinde önemlidir.

*Aynı sütündeki ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemsizdir.

SE: Standart Hata.



Şekil 4.45 Farklı oranlarda kullanılan *Cystoseira barbata* özütünün biber tohumlarının filizlenmesi üzerine etkisi

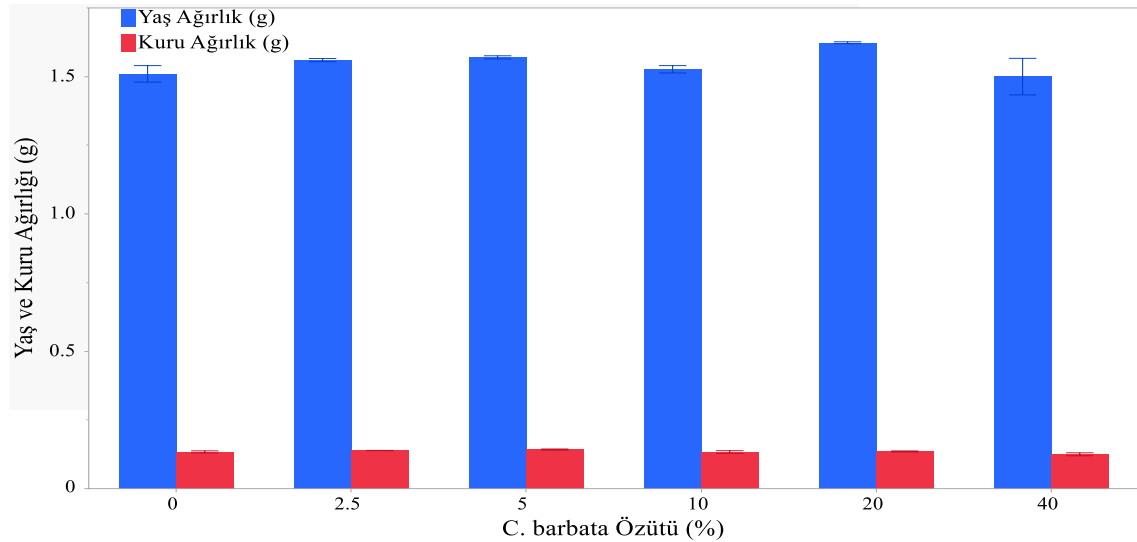
4.11.3 *C. barbata* özütünün filizlenen biber tohumlarının yaş ve kuru ağırlığına etkisi

Farklı oranlarda *C. barbata* özütü ile ön muamale edilen biber tohumlarından gelişen filizlerin yaş ve kuru ağırlıklarına ilişkin sonuçlar Çizelge 4.34 ve Şekil 4.46'da verilmiştir. En yüksek yaş ağırlık miktarı 1.62 g ile %20 özüt kullanımından elde edilirken, diğer uygulamalar ile arasındaki fark istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. En yüksek kuru ağırlık miktarı ise 0.14 g ile %2.5 ve %5 özüt uygulamasından edilmesine rağmen, yaş ağırlıkta olduğu gibi diğer uygulamalarla arasındaki fark önemli olmamıştır.

Çizelge 4.34 Farklı oranlarda kullanılan *Cystoseira barbata* özütünün filizlenen biber tohumlarının yaş ve kuru ağırlığı üzerine etkisi

<i>C. barbata</i> Özütü (%)	Yaş Ağırlık (g) ± SE	Kuru Ağırlık (g) ± SE
0	1.51 ± 0.03*	0.13 ± 0.00*
2.5	1.56 ± 0.00	0.14 ± 0.00
5	1.57 ± 0.00	0.14 ± 0.00
10	1.53 ± 0.01	0.13 ± 0.00
20	1.62 ± 0.00	0.13 ± 0.00
40	1.50 ± 0.07	0.13 ± 0.01

*Aynı sütündeki ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemsizdir.
SE: Standart Hata.



Şekil 4.46 Farklı oranlarda kullanılan *Cystoseira barbata* özütünün filizlenen biber tohumlarının yaş ve kuru ağırlığı üzerine etkisi

5. TARTIŞMA ve SONUÇ

In vitro teknikler son yıllarda ticari olarak üretilen çok sayıda bitki türünün mikroüretiminde yaygın olarak kullanılmaktadır (Özcan vd. 2023, Özcan vd. 2025). Klasik üretim tekniklerine göre in vitro tekniklerin en büyük avantajı, kısa bir süre içerisinde hastalıklardan arındırılmış ve aynı genetik yapıya sahip milyonlarca bitkinin üretilmesine olanak sağlamasıdır (Özcan 2021). In vitro yöntemlerin kullanılmasıyla aynı zamanda yer ve işçilikten de önemli oranda tasarruf sağlanabilmektedir. Bu yöntemin en büyük dezavantajı ise in vitro gelişme ve büyümeyi en fazla etkileyen faktör olan besin ortamlarının ve özellikle de büyüme düzenleyicilerin maliyeti önemli oranda artırmasıdır (Özcan et al., 2023). Besin ortamlarının daha ucuza elde edilebilmesi için en önemli kaynaklardan birisinin de besin elementleri ve büyüme düzenleyicileri bakımından oldukça zengin olan ve yeterince değerlendirilemeyen makroalg özütlerin kullanımının olduğu bildirilmektedir (Anbazhakan et al., 2022).

Tuzlu sularda yaygın olarak yetişen ve büyük bir kütleli potansiyele sahip olan makroalgler, makro (Na, K, P, Mg ve Ca) ve mikro besin elementleri (B, Zn, Fe ve Mn), kompleks mineraller, polisakkaritler, vitaminler ile gibberellinler, oksinler ve sitokininler gibi büyüme düzenleyiciler açısından oldukça zengindirler (Satish vd. 2015, Rashad ve El-Chaghaby 2020, Anbazhakan vd. 2022, Mughunth vd. 2024). Türlerine ve çevresel koşullara bağlı olarak farklı konsantrasyonlarda biyostimülant içeren makroalg özlerinin (Sharma vd. 2012, Kadam vd. 2015, Anbazhakan vd. 2022) birçok bitki türünde yaprak ve kök gelişimini, çiçeklenmeyi ve meyve oluşumunu ve verimi artırdığı bildirilmiştir (Craigie 2011, Calvo vd. 2014, Pereira ve Catos 2019, Ahmed vd. 2022, Arioli vd. 2024). Düşük konsantrasyondaki alg özütleri ayrıca tohum çimlenmesini ve fide gelişimini de teşvik etmiştir (Demir vd. 2006, Vinoth vd. 2012, Navarro vd. 2021, Rupawalla vd. 2022, Ouzakar vd. 2025). Elde edilen bu sonuçlar, bitki hormon metabolizması ve gelişimiyle ilgili genlerin ifadelerinin makroalg özütleri tarafından düzenlendiği ve artırıldığı transkriptom analizleriyle de doğrulanmıştır (Jannin vd. 2013, Goni vd. 2016). Ayrıca, yürütülen farklı çalışmalar makroalg özlerinin bitkilerde kuraklık, sıcaklık, tuzluluk ve patojen saldırılarının neden olduğu abiyotik ve biyotik stresleri azalttığını da göstermiştir (Khedra vd. 2020, Mukherjee ve Patel 2020, Nanda vd. 2022).

Makroalg özütlerinin in vitro bitki büyümesi üzerine etkileri ile ilgili yapılan önceki çalışma sayısı oldukça sınırlı iken, bu özütlerin su bitkilerinin in vitro gelişimi üzerine etkileri konusunda çalışma bulunmamaktadır. Daha önce, *Fucus spiralis*, *Cystoseira myriophylloides*, *Argardhiella subulata*, *Laminaria digitate* ve *Kappaphycus alverizii* makroalglerinden elde edilen özütler (Satish vd. 2015, Esserti vd. 2017, Carmo vd. 2020, Kakade vd. 2022, Vinod vd. 2022), *K. alverezii* polisakkaritleri (Gurusaravanan vd. 2024) ve *Turbinaria decurrens*'in fukoidan fraksiyonları (Kaniyassery vd. 2024) farklı bitki türlerinde in vitro bitki rejenerasyonunu teşvik etmek için kullanılmıştır. Ancak diğer makroalgler gibi zengin besin maddeleri ve bitki hormonları içeren *Jania rubens* (Laib ve Leghouchi 2012, El-Din ve Al-Ahwany 2016, Abdel Latef vd. 2017, Hamamouche vd. 2024) ve *Cystoseira barbata* (Ryabushko vd. 2019, Mutlu-Durak vd. 2024) özütlerinin in vitro bitki büyümesi üzerine etkileri bildirilmemiştir. Bundan dolayı bu tez çalışmasında ilk defa, tuzlu sularda doğal olarak bol miktarda yetişen *Jania rubens* ve *Cystoseira barbata* özütlerinin akvaryumların en değerli ve vazgeçilmez bitki türleri olan *Micranthemum tweediei*, *Anubias barteri* ve *Alternanthera reineckii*'nin in vitro mikroçoğaltımı üzerine etkileri araştırılmıştır. Ayrıca bu çalışmayla in vitro kültürlerinde kullanılan yapay besin ortamları ve bitki büyümesini düzenleyicilerin kullanımının en aza indirilmesi amaçlanmıştır.

Bu çalışmada *J. rubens* ve *C. barbata* özütlerinin in vitro besin ortamlarına ilave edilmesi *M. tweediei*, *A. barteri* ve *A. reineckii*'de sürgün küme çapı, sürgün sayısı, köklenme oranı, kök sayısı, kök uzunluğu ile küme taze ve kuru ağırlığı gibi mikroüretim parametrelerinde önemli artışlar sağlamıştır. Test edilen tüm MS ve makroalg özütü konsantrasyonları dikkate alındığında *M. tweediei*'de %5 *J. rubens* özütü içeren 2 g/L MS ve %10 *C. barbata* özütü içeren 4 g/L MS besin ortamları en yüksek mikroçoğaltım değerlerini sağlamışlardır. *A. barteri* ve *A. reineckii*'nin mikroçoğaltımında ise en yüksek mikroçoğaltım değerleri 4 g/L MS ortamına düşük miktarlarda (%2.5) *J. rubens* ve *C. barbata* özütü eklendiğinde elde edilmiştir. *M. tweediei*'de *C. barbata*'ya göre *J. rubens*'in daha düşük oranların ve düşük MS konsantrasyonlarında etkili olmasının en önemli sebebinin *J. rubens* özütünün organik mineraller ve biyo-stimülanlar açısından daha zengin olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir (Hamamouche vd. 2024, Mutlu-Durak vd. 2024).

Her üç bitki türünde de 4 g/L MS ortamına ilave edilen %20 *J. rubens* ve *C. barbata* özütleri sürgün rejenerasyonunu önemli oranda düşürmüştür. Bu olumsuz etki, daha düşük MS seviyeleri içeren besin ortamlarında daha az görülmüştür. Düşük MS içeren bazı ortamlarda ise %20 makroalg özütü kontrol MS ortamına kıyasla sürgün rejenerasyonunu artırmıştır. 4 mg/L MS ortamına %20 özüt eklendiğinde, sürgün rejenerasyonundaki düşüş, aşırı besin ve biyo-stimülant kullanımından kaynaklanıyor olabilir. Benzer şekilde, *Plumbago zeylanica* bitkisinde, ½ MS besin ortamına eklenen %4 makroalg *Plumbago zeylanica* özütü sürgün rejenerasyonunu artırırken, %10 özüt sürgün oluşumunu önemli ölçüde azaltmıştır (Kakade vd. 2022). *Gracilaria salicornia*, *Padina gymnospora*, *Padina boergesenii* ve *Gelidiella acerosa* özütlerinin kullanıldığı başka bir çalışmada, deniz yosunu türüne bağlı olarak en yüksek sürgün rejenerasyonu ve kök gelişimi, %3-4 özüt içeren ½ MS ortamından elde edilmiştir (Satish vd. 2015). Yine, yüksek dozlarda kullanılan *Cystoseira myriophylloides*, *Fucus spiralis* ve *Laminaria digitata* özütleri *Nicotiana benthamiana* bitkisinde in vitro adventif sürgün rejenerasyonunu önemli ölçüde azaltmıştır. Ayrıca, düşük konsantrasyonda (%5) *Sargassum angustifolium* özütünün, tuz stresi altındaki *Calotropis procera* tohumlarının çimlenme oranını ve tohum canlılık indeksini artırdığı bildirilmiştir (Bahmani Jafarlou vd. 2021).

A. barteri'de MS içermeyen besin ortamına % 10 ile %20 oranında *J. rubens* ve *C. barbata* özütlerinin eklenmesi sürgün rejenerasyonunu önemli oranda artırmıştır. Bu sonuç, *A. barteri*'nin yapay ortam olmadan sadece *J. rubens* veya *C. barbata* özütü ile çoğaltılabileceğini göstermiştir. *A. reineckii*'de de benzer sonuçlar elde edilmesine rağmen, MS içermeyen ortam ile sadece özüt içeren ortam arasındaki fark istatistiksel olarak önemli olmamıştır. Benzer şekilde, Eserti vd. (2017) yapay besin ortamı kullanmadan, *Cystoseira myriophylloides* ve *Fucus spiralis* özütlerini içeren bir ortamda *Nicotiana benthamiana*'nın in vitro büyümesini gözlemlemişlerdir.

Oksin ve sitokininler, yüksek oranda in vitro mikro çoğaltım için mutlak gerekli bileşiklerdir. In vitro kültürde oksinler kallus ve kök gelişimini teşvik ederken, sitokininler sürgün rejenerasyonunda etkili olmaktadır (Babaoğlu vd. 2002). Ancak, yüksek oranda bir mikroüretim için besin ortamlarında iyi bir oksin ve sitokin dengesinin

oluşturulması gerekli olmaktadır (Mansuroğlu ve Gürel 2002). Bu çalışmada ise oksin ve stokinlere ihtiyaç duyulmadan *J. rubens* ve *C. barbata* özütlerinin besin ortamına eklenmesiyle her üç bitki türünde de hızlı ve etkili in vitro mikroçoğaltımı elde edilmiştir. Bu sonuç *J. rubens* ve *C. barbata* özütlerinin üzerinde çalışılan su bitkilerinin in vitro gelişimi için yeterli ve dengeli bir büyüme düzenleyicisi kombinasyonunu içerdiğine işaret etmektedir. Birçok araştırmacı tarafından yapılan içerik analizlerinde de farklı türlere ait makroalg özütlerinin 6-benzilamino purin, kinetin, zeatin, indol-3-asetik asit, etilen, jasmonatlar, salisilik asit, brassinosteroidler, strigolaktonlar ve gibberellinler gibi büyüme düzenleyicilerce zengin oldukları bildirilmiştir (Satish ve ark. 2015, Rashad ve El-Chaghaby 2020, Anbazhakan vd. 2022, Mughunth vd. 2024).

Karotenoidler ve fikobilin gibi çeşitli fotosentetik pigment türleri olmasına rağmen, güneş ışığını yakalama açısından en önemlileri klorofillerdir (Ebrahimi vd. 2023). Klorofiller, güneş enerjisinin kimyasal enerjiye dönüşümünü kolaylaştıran ve böylece glikoz gibi temel karbonhidrat molekülleri üreten fotosentetik pigmentlerdir (Allahverdiev vd. 2016, Gao vd. 2024). Üretilen bu karbonhidrat molekülleri daha sonra bitki için besin kaynağını oluşturur (Pareek vd. 2017, Ebrahimi vd. 2023). Fotosentezdeki rollerine ek olarak, klorofiller aynı zamanda E, A, C ve K vitaminleri, β -karoten, temel yağ asitleri, demir, magnezyum, potasyum ve kalsiyum gibi mineraller açısından da zengindir (Aiamla-Or vd. 2010, Derrien vd. 2018, Leite vd. 2018, Sarkar vd. 2020). Toplam klorofil içeriği ve klorofil *a/b* oranının bitki gelişim aşamasına, sıcaklığa, ışık yoğunluğuna, neme ve besin bulunabilirliğine bağlı olarak değiştiği bilinmektedir (Wu vd. 2021, Cotrina Cabello vd. 2023, Paraginski vd. 2025). Mevcut çalışmada, *J. rubens* ve *C. barbata* özütlerinin besin ortamına ilave edilmesi, in vitro mikroüretilen *A. barteri* ve *A. reineckii*'nin klorofil *a*, klorofil *b* ve toplam klorofil içeriklerinde önemli artışlar sağlamıştır. Bu artışın makroalg özütlerindeki yüksek organik mineral ve bitki hormonlarından kaynaklandığı sonucuna varılabilir (Satish vd. 2015; Rashad ve El-Chaghaby, 2020; Anbazhakan vd., 2022; Mughunth vd., 2024). Önceki çalışmalarda, makroalg özütlerinin kullanılması da farklı bitki türlerinde klorofil içeriğini önemli oranda artırmıştır. Mansori vd. (2015) tarafından yapılan bir çalışmada, şiddetli su açığı koşullarında *Phaseolus vulgaris* bitkilerine %25 *Ulva rigida* ve %50 *Fucus spiralis* özütlerinin spery edilmesi klorofil *a* ve klorofil *b* seviyelerinde önemli bir artışa neden

olmuştur. Benzer şekilde, *Ascophyllum nodosum* özütlerinin yapraktan uygulanması *Allium cepa* ve *Callistemon viminalis*'in klorofil *a* ve klorofil *b* içeriğinde önemli bir artışa yol açmıştır (Hidangmayum ve Sharma 2017, Al-Bakar vd. 2020). *Acanthophora spicifera*, *Gracilaria ornata*, *Codium taylorii*, *Caulerpa serrulata* ve *Sargassum vulgare* makroalglerinden elde edilen alkali özütlerin domates ve tatlı biber tohumlarına uygulanması sonucunda da fidelerin klorofil içeriklerinde %18.3 oranında bir artış sağlanmıştır (Ali vd. 2023). Yine, Seafer-100 ve Macys BC28 deniz yosunu gübrelerinin elma yapraklarına sprey edilmesi ve *Turbinaria ornata* özütlerinin *Vigna radiata* tohumlarına uygulanması da bitkilerde klorofil seviyesini önemli oranda artırmıştır (Mousavi vd. 2024, Punitha vd. 2024). Önceki çalışmalarda verilen sonuçlar bu tez çalışmasından elde edilenlerle benzerlik göstermiştir.

Son yıllarda makroalg özüt ve ticari gübrelerinin farklı bitkilerde tohum çimlenmesi ve fide gelişimi üzerine etkisiyle ilgili, farklı araştırmacılar tarafından çalışmalar yapılmıştır. Özellikle bazı makroalg özütleri düşük veya yüksek sıcaklık, kuraklık ve tuzluluk stresi altında tohumların çimlenme oranını önemli oranda artırmıştır. Diğer bazı makroalg özütlerinin ise çimlenme ve fide gelişiminde etkili olmadığı bildirilmiştir. Demir vd. (2006) *Codium tomentosum*, *Gracilaria gracilis* ve *Cystoseira barbata* alg süspansiyonlarının biber ve patlıcan tohumlarının hem optimum (25 °C) ve hem de düşük sıcaklıkta (15 °C) çimlenmeyi artırdığını bildirmişlerdir. Bu çalışmada ayrıca alg süspansiyonların çimlenme üzerine olumlu etkisi düşük sıcaklıkta daha fazla olduğu ifade edilmiştir. Benzer şekilde Akyurt vd. (2011) *Ulva lactuca* türüne ait sıvı gübrenin brokoli bitkisinde çimlenmeyi artırdığını, ancak ıspanakta etkili olmadığını belirtmişlerdir. Hernandez-Herrera vd. (2014) ise yaptıkları çalışmada *Ulva lactuca* ve *Padina gymnospora* özütlerinin düşük konsantrasyonlarda (%0.2) domates tohumlarının çimlenme hızını, çimlenme indeksini, plumula ve radikül uzunluğu ile fide canlılığını artırdığını, ancak *Caulerpa sertularioides* ve *Sargassum liebmannii* türlerine ait özütlerin etkili olmadığını bildirmişlerdir. Yine, Arokiarajan vd. (2020) farklı makroalgelere ait özütleri kullandıkları çalışmalarında %8 oranında kullanılan *Padina gymnospora* özütünün diğer makroalg özütlerine göre soğanda çimlenme parametrelerinin iyileştirilmesinde daha etkili olduğunu bulmuşlardır. Aynı şekilde Hernede-Herrera vd (2023) ve Bhuvaneshwari vd (2024) çok farklı makroalg türlerine ait özütleri

kullandıkları çalışmalarında, bazı makroalg türlerinin tohum çimlenmesi ve filizlenme üzerine olumlu etkisi olurken, diğer bazı makroalg türlerinin etkisiz olduğunu bildirmişlerdir.

Önceki çalışmalarda *J. rubens* özütünün tohum çimlenmesi ve fide gelişimi üzerine etkisine ait herhangi bir çalışma bulunmamaktadır. *C. barbata* ile ilgili tek çalışma ise Demir vd (2006)'nin biber ve patlıcan bitkileri üzerine yaptığı çalışmadır. Önceki çalışmalarda olduğu gibi, bu tez çalışmasında da *J. rubens* ve *C. barbata* özütleri tür ve gün sayısına bağlı olarak domates ve biberde çimlenme ve filizlenmeyi önemli oranda artırmıştır. Her iki bitki türünde de %2.5 ile %10 arasındaki *J. rubens* ve *C. barbata* özütleri özellikle ilk günlerde özüt kullanılmayan kontrol uygulamasına göre çimlenme oranını önemli oranda artırmıştır. Genel olarak %40 oranında özüt ön muamelesi çimlenme oranında önemli azalmalara neden olmuştur. Tohumların filizlenmesinde de bitki türü ve uygulanan özüt oranlarına bağlı olarak önemli artışlar meydana gelmiştir. Tohumların filiz oluşturmada genel olarak yüksek özüt dozlarının daha etkili olduğu gözlenmiştir. Ayrıca, *J. rubens* ve *C. barbata* özütleri filizlenen tohumların yaş ve kuru ağırlıklarında da artış sağlamıştır. Elde edilen tüm sonuçlar değerlendirildiğinde *J. rubens* ve *C. barbata* özütlerinin domates ve biber tohumlarının çimlenme ve filizlenme hızı ile oranını artırmıştır (Demir vd. 2006, Akyurt vd. 2011, Hernandez-Herrera vd. 2014, Arokiarajan vd. 2020, Bhuvaneshwari vd 2024). Elde edilen bu sonuçlar farklı makroalg özütleri ve bitkilerle yapılan ve bir üstteki paragrafta açıklandığı üzere önceki çalışmalarla da teyit edilmiştir.

Sonuç olarak, bu tez çalışmasıyla doğal ve yaygın olarak yetişen *Jania rubens* ve *Cystoseira barbata* makroalg özütlerinin yapay besin ortamlarına alternatif olarak önemli su/akvaryum bitkileri *Micranthemum tweediei*, *Anubias barteri* ve *Alternanthera reineckii*'nin in vitro mikroüretimine etkisi ilk defa incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar, her iki makroalg özütünün pahalı bitki büyüme düzenleyicileri kullanılmadan üç bitki türünde de in vitro morfogenezi, bitki rejenerasyonunu, köklenmeyi ve klorofil seviyelerini önemli oranda artırdığını göstermiştir. Ayrıca, üzerinde çalışılan bitkilerinin ticari besin ortamı kullanılmadan sadece makroalg özütü kullanılarak çoğaltılabileceği de gösterilmiştir. Bununla birlikte, 2 g/L MS besin ortamına %2.5 veya %5 *J. rubens* özütü

ilave edilmesi *M. tweediei*'nin yüksek oranda mikroüretimi için yeterli olurken, *C. barbata* özütünün kullanılması durumunda ise 4 g/L MS ortamına %10 özüt ilave edilmesi en yüksek sonuçları vermiştir. *A. barteri* ve *A. reineckii* türlerinde ise 4 g/L MS besin ortamına %2.5 makroalg özütü ilave edilmesi en yüksek mikroüretim ile sonuçlanmıştır. Her üç bitki türünde 4 g/L MS ortamına %20 özüt eklenmesi, in vitro sürgün rejenerasyonunu önemli ölçüde azaltmıştır. Bu olumsuz etki, düşük seviyelerde (1 ve 2 g/L) MS içeren besin ortamlarında daha az olmuştur. Besin ortamına eklenen makroalg özütleri sürgünlerde kök gelişimini de desteklemiştir. İyi kök sistemine sahip olan in vitro bitkicikler akvaryumlara %10 oranında uyum sağlamıştır. Bu tez çalışmasıyla makroalg özütlerinin tek başına veya besin ortamlarıyla kombine halinde kullanılmasıyla bitkilerin in vitro mikroüretiminde başarılı bir şekilde kullanılacağı gösterilmiştir. Üstelik besin ortamlarının en pahalı bileşikleri olan bitki büyüme düzenleyicilerine ihtiyaç duyulmayacağından dolayı daha ekonomik bir üretim sağlanabilecektir. Ayrıca, bu tez çalışmasında %2.5-10 oranında *J. rubens* ve *C. barbata* özütünün domates ve biber tohumlarının çimlenme ve flizlenme hızı ile oranını da önemli oranda artırdığı belirlenmiştir. Pahalı hibrit tohum kullanımının çok yaygın olduğu bu bitki türlerinde makroalg özütlerin kullanımının bu bitkilerin üretimine katkı sağlayabileceği düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- Aasim, M., Bakhsh, A., Sameeullah, M., Karataş, M. ve Khawar, K.M. 2018. Aquatic plants as human food. In: Global Perspectives on Underutilized Crops. Ozturk, M., Hakeem, K., Ashraf M. ve Ahmad M. (eds), Springer, 165-187, Cham.
- Abbas, M., Anwar, J., Zafar-ul-Hye, M., Iqbal Khan, R., Saleem, M., Rahi, A. A. ... and Datta, R. 2020. Effect of seaweed extract on productivity and quality attributes of four onion cultivars. Horticulturae, 6(2), 28.
- Abdel Latef, A.A.H., Srivastava, A.K., Saber, H., Alwaleed. E.A. and Tran, L.S.P. 2017. *Sargassum muticum* and *Jania rubens* regulate amino acid metabolism to improve growth and alleviate salinity in chickpea. Sci. Rep. 7, 10537.
- Ahmed, M., Ullah, H., Piromsri, K., Tisarum, R., Cha-um, S. and Datta, A. 2022. Effects of an *Ascophyllum nodosum* seaweed extract application dose and method on growth, fruit yield, quality, and water productivity of tomato under water-deficit stress. South African Journal of Botany, 151, 95-107.
- Aiamla-Or, S., Kaewsuksaeng, S., Shigyo, M. and Yamauchi, N. 2010. Impact of UV-B irradiation on chlorophyll degradation and chlorophyll-degrading enzyme activities in stored broccoli (*Brassica oleracea* L. Italica Group) florets. Food. Chem., 120, 645-651.
- Ak, İ. (2015). Sucul ortamın ekonomik bitkileri; makro algler. Dünya Gıda Dergisi, 12, 88-97.
- Akyurt, İ., Şahin, Y. ve Koç, H. 2011. Deniz marulunun (*Ulva* sp.) sıvı organik gübre olarak değerlendirilmesi. Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi, 2(2), 55-62.
- Al-Bakar, A.H.A.Q., Noori, A.M., Hasan, H.M. and Ahmed, A.M.A. 2020. Effect of humic acid and seaweed and number of doses additive on growth and chlorophyll content of seedlings weeping bottlebrush plant. Plant Cell Biotech. Mol. Biol., 21, 99-104.
- Albuquerque, N., Faize, L., Faize, M., Nortes, M. D., Bernardeau, J., Fernandez, J. M. R. and Burgos, L. 2019. Towards the valorization of the invasive seaweeds *Caulerpa cylindracea* and *Asparagopsis taxiformis* in the Mediterranean Sea: applications for in vitro plant regeneration and crop protection. Journal of Applied Phycology, 31, 1403-1413.
- Ali, A. S. and Elozeiri, A. A. 2017. Metabolic processes during seed germination. Advances in seed biology, 141-166.
- Ali, O., Ramsuhag, A. and Jayaraman, J. 2023. Application of extracts from Caribbean seaweeds improves plant growth and yields and increases disease resistance in tomato and sweet pepper plants. Phytoparasitica, 51(4), 727-745.
- Alkhalifa, A.H., Al-Homaidan, A.A., Shehata, A.I., Al-Khamis, H.H., Al-Ghanayem, A.A. and Ibrahim, A.S.S. 2012. Brown macroalgae as bioindicators for heavy metals pollution of Al-Jubail coastal area of Saudi Arabia. Afr. J. Biotechnol., 11, 15888-15895.

- Allakhverdiev, S.I., Kreslavski, V.D., Zharmukhamedov, S.K., Voloshin, R.A., Korol'Kova, D.V., Tomo,T and Shen, J.R. 2016. Chlorophylls *d* and *f* and their role in primary photosynthetic processes of cyanobacteria. *Biochemistry (Moscow)*, 81, 201-212.
- Amlani, M.Q. and Yetgin, S. 2022. Seaweeds: Bioactive components and properties, potential risk factors, uses, extraction and purification methods. *Marine Science and Technology Bulletin*, 11(1), 9-31.
- Anbazzhakan, R., Parthibhan, S., Senthil Kumar, T. 2022. Effect of seaweeds extract and plant growth regulators on high-frequency in vitro regeneration and ex-vitro rooting of *Ceropegia maculata* Bedd.: an endemic species of Southern Western Ghats. *Plant Cell, Tiss. Org.*, 151, 293-306.
- Arioli, T., Mattner, S. W., Hepworth, G., McClintock, D. and McClinock, R. 2021. Effect of seaweed extract application on wine grape yield in Australia. *Journal of applied phycology*, 33(3), 1883-1891.
- Arioli, T., Villalta, O. N., Hepworth, G., Farnsworth, B. and Mattner, S. W. 2024. Effect of seaweed extract on avocado root growth, yield and post-harvest quality in far north Queensland, Australia. *Journal of Applied Phycology*, 36(2), 745-755.
- Arokiarajan, M.S.,Thriunavukkarasu, R., Joseph, J. and Aruni, W. 2020. Effect of seaweed on seed germination and biochemical constituents of *Capsicum annum*. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 29, 101761.
- Ba-Akdah M.A., Satheesh S. and Al-Sofyani A.A. 2016. Habitat preference and seasonal variability of epifaunal assemblages associated with macroalgal beds on the Central Red Sea coast, Saudi Arabia. *J Marine Biol. Assoc. UK*, 96, 1457-1467.
- Babaoğlu, M., Yorgancılar, M. ve Akbudak, M.A. 2002. Doku Kültürü: Temel Laboratuvar Teknikleri. In: Bitki Biyoteknolojisi I: Doku Kültürü ve Uygulamaları. Babaoğlu, M., Gürel, E. ve Özcan, S. (eds), Selçuk Üniversitesi Vakfı Yayınları, Konya.
- Baghour, M. 2017. Effect of seaweeds in phyto-remediation. *Biotechnological Applications of Seaweeds*. Nova Publishers Sciences, 47-83, Hauppauge, NY, USA.
- Bahmani Jafarlou, M., Pilehvar, B., Modarresi, M. and Mohammadi, M. 2021. Performance of algae extracts priming for enhancing seed germination indices and salt tolerance in *Calotropis procera* (Aiton) WT. *Iranian Journal of Science and Technology, Transactions A: Science*, 45(2), 493-502.
- Barot, M., Nirmal Kumar, J. I. and Kumar, R. N. 2019. An Evaluation of the Nutritional Composition of Seaweeds as Potential Source of Food and Feed. *Natl. Acad. Sci. Lett.*, 2019, 42(6), 459–464.
- Baweja, P., Kumar, S., Sahoo, D. and Levine, I. 2016. Biology of seaweeds. In *Seaweed in health and disease prevention* Academic Press, 41-106.
- Benjama, O. and Masniyom, P. 2011. Nutritional composition and physicochemical properties of two green seaweeds (*Ulva pertusa* and *U. intestinalis*) from the Pattani Bay in southern Thailand. *Sonklanakarın. Journal of Science and Technology*, 33(5), 575.

- Bhuvaneshwari, S., Padmalochana, K., Natarajan, A. and Janani, P. 2024. Green synthesis and characterization of ZnO nanoparticles using seaweed extract of *Halimeda opuntia* and their application in seed germination of maize. *Biomass Conversion and Biorefinery*, 15, 8567-8583.
- Biris-Dorhoi, E. S., Michiu, D., Pop, C. R., Rotar, A. M., Tofana, M., Pop, O. L. ... and Farcas, A. C. 2020. Macroseaweeds-A sustainable source of chemical compounds with biological activities. *Nutrients*, 12(10), 3085.
- Bizzaro, G., Vatland, A. K. and Pampanin, D. M. 2022. The one-health approach in seaweed food production. *Environment International*, 158, 106948.
- Boran, M., Eliuz, E.E. and Ayas, D. 2024. The Anti-candidal and Absorbtion Performance of PVA/PVP-Based *Jania rubens* Hydrogel on *Candida tropicalis* and Some Physicochemical Properties of the Hydrogel. *Appl. Biochem. Biotech.*, 1-18.
- Bürün, B. 2002. Somaklonal Varyasyon. In: Bitki Biyoteknolojisi I: Doku Kültürü ve Uygulamaları. Babaoğlu, M., Gürel, E. ve Özcan, S. (eds), Selçuk Üniversitesi Vakfi Yayınları, Konya.
- Cai, J., Lovatelli, A., Aguilar-Manjarrez, J., Cornish, L., Dabbadie, L., Desrochers, A. ... and Yuan, X. 2021a. Seaweeds and microalgae: an overview for unlocking their potential in global aquaculture development. *FAO Fisheries and Aquaculture Circular*, 1229.
- Cai, J., Lovatelli, S., Stankus, A. and Zhou, X. 2021b. Seaweed revolution: where is the next milestone? *FAO Aquaculture Newsletter*, 63, 13–16.
- Calvo, P., Nelson, L. and Kloepper, J.W. 2014. Agricultural uses of plant biostimulants. *Plant. Soil.*, 383, 3-41.
- Carmo, L. P., Moura, C. W. N. and Lima-Brito, A. 2020. Red macroalgae extracts affect in vitro growth and bud formation in *Comanthera mucugensis* (Giul.) LR Parra & Giul., an endemic dry flower species from the Chapada Diamantina (Brazil). *South African Journal of Botany*, 135, 29-34.
- Cirik, S., Cirik, Ş. ve Dalay M.C. 2001. Su bitkileri II. (İçsu Bitkilerinin Biyolojisi, Ekolojisi, Yetiştirme Teknikleri). Ege Üniv. Su Ürünleri Fakültesi, Yay. No: 61, İzmir.
- Cirik, Ş. ve Cirik, S.,2011. Su Bitkileri I (Deniz Bitkilerinin Biyolojisi, Ekolojisi, Yetiştirme Teknikleri). Ege Üniversitesi Yayınları, Su ürünleri Fakültesi Yayınları, 58, 135-145, Bornova-İzmir
- Cotas, J., Gomes, L., Pacheco, D. and Pereira, L. 2023. Ecosystem services provided by seaweeds. *Hydrobiology*, 2, 5-96.
- Cotas, J., Pacheco, D., Gonçaves, A.M., Silva, P., Carvalho, L.G. and Pereira, L. 2021. Seaweeds' nutraceutical and biomedical potential in cancer therapy: a concise review. *Journal of Cancer Metastasis and Treatment*, 7, 13.
- Cotchakaew, N., Nuntagij, I. and Laohavisuti, N. 2015. Study on the use of rectangular and triangular models in hydroponics for the culture of *Anubias barteri* var" Broad Leaf". *Journal of Agricultural Technology*, 11(2), 327-334.

- Cotrina Cabello, G.G., Ruiz Rodriguez, A., Husnain Gondal, A., Areche, F.O., Flores, D.D.C., Astete, J.A.Q. ... and Cruz Nieto, D.D. 2023. Plant adaptability to climate change and drought stress for crop growth and production. CABI Reviews.
- Craigie, J.S. 2011. Seaweed extract stimuli in plant science and agriculture. J. Appl. Phycol., 23, 371-393.
- Crusio, W.E. A 1979 Revision of *Anubias* Schott (Araceae). Meded Landbouwhoges, 79, 1-48.
- Demarco M., de Moraes J.O., Matos Â.P., Derner R.B., de Farias Neves F. and Tribuzi G. 2022. Digestibility, bioaccessibility and bioactivity of compounds from algae. Trends Food Sci. Technol., 121, 114-128.
- Demir, N., Dural, B. and Yıldırım, K. 2006. Effect of seaweed suspensions on seed germination of tomato, pepper and aubergine. J. Biol. Sci., 6, 1130-1133.
- Derrien, M., Aghabararnejad, M., Gosselin, A., Desjardins, Y., Angers, P. and Boumghar, Y. 2018. Optimization of supercritical carbon dioxide extraction of lutein and chlorophyll from spinach by-products using response surface methodology. Lwt 93, 79-87.
- Dhargalkar, V.K. and Kavlekar, D. 2004. Seaweeds-a field manual. Edited by X.N. Verlekar, Vijaykumar Rathod. Goa: National Institute of Oceanography.
- Doğan, M. 2013. In vitro koşullarda tilki kuyruğu (*Ceratophyllum demersum* L.)'nun hızlı çoğaltımı. Yüksek Lisans Tezi, Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Karaman.
- Doğan, M. 2019. Multiple shoot regeneration via indirect organogenesis from shoot tip and nodal meristem explants of *Ceratophyllum demersum* L. Journal of Animal and Plant Sciences, 29(2), 568-577.
- Doğan, M. 2020. Su teresinin (*Nasturtium officinale* R. BR.) beslenme-diyet potansiyeli ve antioksidan özellikleri: Bir derleme. IAAOJ Health Sciences, 6, 222-233.
- Doğan, M., Karatas, M. and Aasim, M. 2018. Cadmium and lead bioaccumulation potentials of anaquatic macrophyte *Ceratophyllum demersum* L.: a laboratory study. Ecotoxicol. Environ, 148: 431-440.
- Ebrahimi, P., Shokramraji, Z., Tavakkoli, S., Mihaylova, D. and Lante, A. 2023. Chlorophylls as natural bioactive compounds existing in food by-products: A critical review. Plants, 12, 1533.
- Echave, J., Otero, P., Garcia-Oliveira, P., Munekata, P. E., Pateiro, M., Lorenzo, J. M. ...and Prieto, M. A. 2022. Seaweed-derived proteins and peptides: Promising marine bioactives. Antioxidants, 11(1), 176.
- Eid, E.M., Galal, T.M., Sewelam, N.A., Talha, N.I. and Abdallah, S.M. 2020. Phytoremediation of heavy metals by four aquatic macrophytes and their potential use as contamination indicators: A comparative assessment. Environmental Science and Pollution Research, 27, 12138-12151.
- El-Chaghaby, G., Rashad, S.F., Abdel-Kader, S.A., Rawash, E.S. and Abdul Moneem, M. 2019. Assessment of phytochemical components, proximate composition and

- antioxidant properties of *Scenedesmus obliquus*, *Chlorella vulgaris* and *Spirulina platensis* algae extracts. Egyptian J. Aqua. Biol. Fish., 23, 521-526.
- El-Din, S.M.M. and El-Ahwany, A.M. 2016. Bioactivity and phytochemical constituents of marine red seaweeds (*Jania rubens*, *Corallina mediterranea* and *Pterocladia capillacea*). J. Taibah Univ. Sci., 10, 471-484.
- El-Said, G.H. 2014. Bioaccumulation of key metals and other contaminants by seaweeds from the Egyptian Mediterranean sea coast in relation to human health risk. Human and Ecological Risk Assessment 19:1285-1305.
- Engin, Y. Ö., Yağmur, B., Cirik, S., Okur, B., Eşiyok, D. ve Gökpinar, Ş. 2019. *Ulva rigida* (C. Agardh) makroalginin fasulye bitkisinin üretiminde organik madde kaynağı olarak kullanımının araştırılması. Acta Aquatica Turcica, 15(2), 151-162.
- Esserti, S., Faize, M., Rifai, L.A., Smaili, A., Belfaiza, M., Faize, L., Albuquerque, N., Burgos, L., Koussa, T. and Makroum, K. 2017. Media derived from brown seaweeds *Cystoseira myriophylloides* and *Fucus spiralis* for in vitro plant tissue culture. Plant Cell Tiss. Org., 128, 437-446.
- FAO, 2022. The State of World Fisheries and Aquaculture 2022. Towards Blue Transformation; FAO, Rome.
- FAO, 2024. Food and Agriculture Organization, (<https://www.fao.org/faostat/en/#data>).
- Figuerola, V., Bunger, A., Ortiz, J. and Aguilera, J. M. 2022. Sensory descriptors for three edible Chilean seaweeds and their relations to umami components and instrumental texture. Journal of Applied Phycology, 34(6), 3141–3156.
- Fleurence, J., Morançais, M., Dumay, J., Decottignies, P., Turpin, V., Munier, M., Garcia- Bueno, N. And Jaouen, P., 2012. What are the prospects for using seaweed in human nutrition and for marine animals raised through aquaculture? Trends Food Sci. Technol., 27, 57–61.
- Gao, F., Guo, J. and Shen, Y. 2024. Advances from chlorophyll biosynthesis to photosynthetic adaptation, evolution and signaling. Plant Stress, 12,10047.
- Gheda, S., El-Sheekh, M. and Abou-Zeid, A. 2018. In vitro anticancer activity of polysaccharide extracted from red alga *Jania rubens* against breast and colon cancer cell lines. Asian Pac. J. Trop. Med., 11, 583-589.
- Gómez-Guzmán, M., Rodríguez-Nogales, A., Algieri, F. and Gálvez, J. 2018. Potential role of seaweed polyphenols in cardiovascular-associated disorders. Marine Drugs, 16(8), 250.
- Goni, O., Fort, A., Quille, P., McKeown, P.C., Spillane, C. and O'Connell, S. 2016. Comparative transcriptome analysis of two *Ascophyllum nodosum* extract biostimulants: same seaweed but different. J. Agri. food Chem., 64, 2980-2989.
- Guillerme, J. B., Couteau, C. and Coiffard, L. 2017. Applications for marine resources in cosmetics. Cosmetics, 4(3), 35.
- Gullón P., Astray G., Gullón B., Franco D., Campagnol P.C.B. and Lorenzo J.M. 2021 Inclusion of seaweeds as healthy approach to formulate new low-salt meat products. Curr. Opin. Food Sci., 40, 20-25.

- Gurusaravanan, P., Vinoth, S., Vasanthkumar, R., Arun, M., Saradhadevi, M., Sivakumar, S. and Jayabalan, N. 2024. In vitro regeneration of cotton (*Gossypium hirsutum* L.) cultivar KC3 with controlled phenolic secretion by using *Kappaphycus alvarezii* sulfated polysaccharide extract and plant growth regulators. *In Vitro Cellular & Developmental Biology-Plant*, 60(4), 561-574.
- Gürel E. ve Türker, A.U. 2002. Organogenesis. In: Bitki Biyoteknolojisi I: Doku Kültürü ve Uygulamaları. Babaoğlu, M., Gürel, E. ve Özcan, S. (eds), Selçuk Üniversitesi Vakfı Yayınları, Konya.
- Hamamouche, K., Elhadj, Z., Khattabi, L., Zahnit, W., Djemoui, B., Kharoubi, O. ... and Messaoudi, M. 2024. Impact of Ultrasound-and Microwave-Assisted Extraction on Bioactive Compounds and Biological Activities of *Jania rubens* and *Sargassum muticum*. *Marine Drugs*, 22, 530.
- Hamouda, R. A., Hussein, M. H., El-Naggar, N. E. A., Karim-Eldeen, M. A., Alamer, K. H., Saleh, M. A. ... and El-Azeem, R. M. A. 2022. Promoting effect of soluble polysaccharides extracted from *Ulva* spp. on *Zea mays* L. growth. *Molecules*, 27(4), 1394.
- Healy, L. E., Zhu, X., Pojic, M., Poojary, M. M., Curtin, J., Tiwari, U., Sullivan, C. and Tiwari, B. K. 2022. Impact of Dry Particle-Size Fractionation on Protein and Amino Acid Content of Three Seaweed Species. *Int. J. Food Prop.*, 25(1), 2073-2088.
- Hekimoğlu, M. A. 2006. Akvaryum Sektörünün Dünyadaki ve Türkiye'deki Genel Durumu. *Su Ürünleri Dergisi*, 23(2), 237-241.
- Hentati, F., Tounsi, L., Djomdi, D., Pierre, G., Delattre, C., Ursu, A. V., Fendri, I., Abdelkafi, S. and Michaud, P. 2020. Bioactive polysaccharides from seaweeds. *Molecules*, 25(14), 1-29.
- Hernández-Herrera, R. M., González-González, M. F., Velasco-Ramírez, A. P., Velasco-Ramírez, S. F., Santacruz-Ruvalcaba, F. and Zamora-Natera, J. F. 2023. Seaweed extract components are correlated with the seeds germination and growth of tomato seedlings. *Seeds*, 2(4), 436-448.
- Hernández-Herrera, R. M., Santacruz-Ruvalcaba, F., Ruiz-López, M. A., Norrie, J. and Hernández-Carmona, G. 2014. Effect of liquid seaweed extracts on growth of tomato seedlings (*Solanum lycopersicum* L.). *Journal of applied phycology*, 26, 619-628.
- Hidangmayum, A. and Sharma, R. 2017. Effect of different concentrations of commercial seaweed liquid extract of *Ascophyllum nodosum* as a plant bio stimulant on growth, yield and biochemical constituents of onion (*Allium cepa* L.). *J Pharmacognosy and Phytochemistry*, 6(4), 658-663.
- Hipkins, M.F. and Baker, N.R. 1986. Photosynthesis: energy transduction: a practical approach. IRL Press, Oxford, UK
- Hofmann, L. and Karn, J. F. 2019. Production Response of Russian Wildrye (*Elymus junceus* Fisch.) to Fertilizer and Clipping. In *Proceedings of the XIV International Grassland Congress*, 595-597, CRC Press.

- Holdt, S. L. and Kraan, S. 2011. Bioactive compounds in seaweed: Functional food applications and legislation. *Journal of Applied Phycology*, 23(3), 543–597.
- Hussain, H. I., Kasinadhuni, N. and Arioli, T. 2021. The effect of seaweed extract on tomato plant growth, productivity and soil. *Journal of Applied Phycology*, 33(2), 1305-1314.
- Illera-Vives, M., Labandeira, S. S., Fernández-Labrada, M. and López-Mosquera, M. E. 2020. Agricultural uses of seaweed. In *Sustainable seaweed Technologies*, 591-612, Elsevier.
- İrkin, L. C. 2020. *Akuakültürde Alglerin Önemi ve Kullanım Alanları*. İksad Publications, Ankara.
- Jamwal, S., Kumari, A., Veeragurunathan, V., Prasad, K., Ghosh, A. and Kumar, R. 2025. Enhancing growth, yield, essential oil content, and composition of holy basil (*Ocimum tenuiflorum* L.) using red algae-based bio-stimulant under acidic conditions of the Western Himalayas. *BMC Plant Biology*, 25(1), 84.
- Jannin, L., Arkoun, M., Etienne, P., Laîné, P., Goux, D., Garnica, M. ... and Ourry, A. 2013. *Brassica napus* growth is promoted by *Ascophyllum nodosum* (L.) Le Jol. seaweed extract: microarray analysis and physiological characterization of N, C, and S metabolisms. *J. Plant Growth Regul.*, 32, 31-52.
- Kadam, S.U., Tiwari, B.K., O’Connell, S. and O’Donnell, C.P. 2015. Effect of ultrasound pretreatment on the extraction kinetics of bioactives from brown seaweed (*Ascophyllum nodosum*). *Sep. Sci. Technol.*, 50, 670-675.
- Kakade, P.S., Zimare, S.B. and Malpathak, N.P. 2022. Effects of *Sargassum ilicifolium* seaweed extract on enhanced in vitro seed germination, mass propagation, and accumulation of plumbagin in *Plumbago zeylanica* L. *Plant Cell Tiss. Org. Cult.*, 149, 399-410.
- Kanchanapoom, K., Chunui, P. and Kanchanapoom, K. 2012. Micropropagation of *Anubias barteri* var. nana from shoot tip culture and the analysis of ploidy stability. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 40(2), 148-151.
- Kaniyassery, A., Thorat, S.A., Shanthi, N., Tantry, S., Sudhakar, M.P., Arunkumar, K. and Muthusamy, A. 2024. In vitro plant growth promoting effect of fucoidan fractions of *Turbinaria decurrens* for seed germination, organogenesis, and adventitious root formation in finger millet and eggplant. *J. Plant Growth Regul.*, 43, 283-298.
- Kannan, S., Sownthariya, S. and Anbazhakan, S. 2014. In vitro mass propagation of *Withania somnifera* Dunal using seaweed extract. *International Letters of Natural Sciences*, 19, 8-14.
- Karakurt, E. 2004. Ankara kıraç koşullarında nohut geveni (*Astragalus cicer* L.) hat ve çeşitlerinde ot verimi ile bazı tarımsal özellikler. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma enstitüsü dergisi*, 10, 75-82.
- Kendel, M., Wielgosz-Collin, G., Bertrand, S., Roussakis, C., Bourgougnon, N. and Bedoux, G. 2015. Lipid composition, fatty acids and sterols in the seaweeds *Ulva armoricana*, and *Solieria chordalis* from Brittany (France): An analysis from

- nutritional, chemotaxonomic, and antiproliferative activity perspectives. *Marine Drugs*, 13(9), 5606–5628.
- Khan, W., Rayirath, U. P., Subramanian, S., Jithesh, M. N., Rayorath, P., Hodges, D. M. ... and Prithiviraj, B. 2009. Seaweed extracts as biostimulants of plant growth and development. *Journal of plant growth regulation*, 28, 386-399.
- Khedia, J., Dangariya, M., Nakum, A.K., Agarwal, P., Panda, A., Parida, A.K. ... and Agarwal, P.K. 2020. *Sargassum* seaweed extract enhances *Macrophomina phaseolina* resistance in tomato by regulating phytohormones and antioxidative activity. *J Appl. Phycol.*, 32, 4373-4384.
- Kim, S. K. 2014. Marine cosmeceuticals. *Journal of Cosmetic Dermatology*, 13(1), 56-67.
- Koyande, A.K., Show, P.-L., Guo, R., Tang, B., Ogino, C. and Chang, J.-S. 2019. Bio-processing of algalbio-refinery: A review on current advances and future perspectives. *Bioengineered*, 10, 574–592.
- Krupnik, N., Israel, A. and Meiri, D. 2023. Seasonal variation in the metabolome expression of *Jania rubens* (Rhodophyta) reveals eicosapentaenoic acid as a potential anticancer metabolite. *Sci. Rep.*, 13, 15559.
- Laib, E. and Leghouchi, E. 2012. Cd, Cr, Cu, Pb, and Zn concentrations in *Ulva lactuca*, *Codium fragile*, *Jania rubens*, and *Dictyota dichotoma* from Rabta Bay, Jijel (Algeria). *Environ. Monit. Assess.*, 184, 1711-1718.
- Lee, R.E. 2008. *Phycology*, fourth ed. Cambridge University Press, New York.
- Legacy, S. 2019. Food Data Central-Seaweed, Agar, Dried. U.S. Department of Agriculture.
- Leite, A.C., Ferreira, A. M., Morais, E.S., Khan, I., Freire, M.G. and Coutinho, J.A. 2018. Cloud point extraction of chlorophylls from spinach leaves using aqueous solutions of nonionic surfactants. *ACS sustainable Chem. Eng.*, 6, 590-599.
- Li, L., Liu, C., Hou, K. and Liu, W. 2022. Comparative analyses of plastomes of four *Anubias* (Araceae) taxa, tropical aquatic plants endemic to Africa. *Genes*, 13(11), 2043.
- Lin, K. H., Kuo, C. P. and Chen, L. R. 2021. Establishment of the In Vitro Culture and Plant Regeneration of *Anubias barteri* var. nana 'Mini'. *The Philippine Agricultural Scientist*, 104(4), 363-370.
- Lopez-Hortas, L., Florez-Fernandez, N., Torres, M. D., Ferreira-Anta, T., Casas, M. P., Balboa, E. M. ... and Dominguez, H. 2021. Applying seaweed compounds in cosmetics, cosmeceuticals and nutricosmetics. *Marine Drugs*, 19(10), 552.
- Luhila, O., Paalme, T., Tanilas, K. and Sarand, I. 2022. Omega-3 Fatty Acid and B12 Vitamin Content in Baltic Algae. *Algal Res.*, 67, 102860.
- Lum, K.K., Kim, J. and Lei, X.G. 2013. Dual potential of microalgae as a sustainable biofuel feedstock and animal feed. *J. Anim. Sci. Biotechnol.*, 4, 53.
- MacArtain, P., Gill, C. I. R., Brooks, M., Campbell, R. and Rowland, I. R. 2007. Nutritional Value of Edible Seaweeds. *Nutr. Rev.*, 65(12), 535.

- Machado, M. Machado, S., Pimentel, F. B., Freitas, V., Alves, R. C., Beatriz, M. and Oliveira, P. P. 2020. Amino Acid Profile and Protein Quality Assessment of Macroalgae Produced in an Integrated Multi-Trophic Aquaculture System. *Foods*, 9(10), 1.
- Mahendran, D., Kavi Kishor, P. B., Geetha, N. and Venkatachalam, P. 2018. Phycomolecule-coated silver nanoparticles and seaweed extracts induced high-frequency somatic embryogenesis and plant regeneration from *Gloriosa superba* L. *Journal of Applied Phycology*, 30, 1425-1436.
- Mahmoud, S. H., Salama, D. M., El-Tanahy, A. M. and Abd El-Samad, E. H. 2019. Utilization of seaweed (*Sargassum vulgare*) extract to enhance growth, yield and nutritional quality of red radish plants. *Annals of Agricultural Sciences*, 64(2), 167-175.
- Makhaye, G., Mofokeng, M. M., Tesfay, S., Aremu, A. O., Van Staden, J. and Amoo, S. O. 2021. Influence of plant biostimulant application on seed germination. *Biostimulants for crops from seed germination to plant development*, Elsevier Inc., 109-135.
- Makkar, H. P., Tran, G., Heuzé, V., Giger-Reverdin, S., Lessire, M., Lebas, F. and Ankers, P. 2016. Seaweeds for livestock diets: A review. *Animal Feed Science and Technology*, 212, 1-17.
- Mansori, M., Chernane, H., Latique, S., Benaliat, A., Hsissou, D. and El Kaoua, M. 2015. Seaweed extract effect on water deficit and antioxidative mechanisms in bean plants (*Phaseolus vulgaris* L.). *J. Appl. Phycol.*, 27, 1689-1698.
- Mansuroğlu, S. ve Gürel, E. 2002. Mikroüretim. In: *Bitki Biyoteknolojisi I: Doku Kültürü ve Uygulamaları*. Babaoğlu, M., Gürel, E. ve Özcan, S. (eds), Selçuk Üniversitesi Vakfı Yayınları, Konya.
- Mazlum, Y., Sayın, S., Habiboğlu, O. and Uğur, S. 2020. Effects of two different macroalgae (*Ulva lactuca* and *Jania rubens*) species on growth and survival of red swamp crayfish (*Procambarus clarkii*) as feed additive. *Marine Sci. Technol Bull.*, 10, 154-162.
- Mendes M.C., Navalho S., Ferreira A., Paulino C., Figueiredo D., Silva D., Gao F., Gama F., Bombo G. and Jacinto R., et al. 2022. Algae as Food in Europe: An Overview of Species Diversity and Their Application. *Foods*, 11: 1871.
- Miao, X., Xiao, J., Xu, Q., Fan, S., Wang, Z., Wang, X. and Zhang, X. 2020. Distribution and species diversity of the floating green macroalgae and micro-propagules in the Subei shoal, southwestern Yellow Sea. *Peer J.*, 8, e10538.
- Misurcova, L., Ambrožová, J. and Samek, D. 2011. Seaweed lipids as nutraceuticals. *Advances in Food and Nutrition Research*, 64, 339-355.
- Mouritsen, O.G. 2013a. *Seaweeds: Edible, Available, and Sustainable*. University of Chicago Press, 272, Chicago.
- Mouritsen, O. G. 2013b. The science of seaweeds: marine macroalgae benefit people culturally, industrially, nutritionally, and ecologically. *American scientist*, 101(6), 458-466.

- Mousavi, S. M., Jafari, A. and Shirmardi, M. 2024. The effect of seaweed foliar application on yield and quality of apple cv. 'Golden Delicious'. *Scientia Horticulturae*, 323, 112529.
- Mughunth, R. J., Velmurugan, S., Mohanalakshmi, M. and Vanitha, K. 2024. A review of seaweed extract's potential as a biostimulant to enhance growth and mitigate stress in horticulture crops. *Sci. Hortic.*, 334, 113312.
- Mukherjee, A. and Patel, J.S. 2020. Seaweed extract: biostimulator of plant defense and plant productivity. *Int. J. Environ. Sci. Tech.*, 17, 553-558.
- Murashige, T. and Skoog, F. 1962. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. *Physiol. Plant.*, 15, 473.
- Mutlu-Durak, H., Arikan-Algul, Y., Bayram, E., Haznedaroglu, B.Z., Kutman, U.B. and Kutman, B.Y. 2024. Various extracts of the brown seaweed *Cystoseira barbata* with different compositions exert biostimulant effects on seedling growth of wheat. *Physiol. Plant.*, 176, e14503.
- Nanda, S., Kumar, G. and Hussain, S. 2022. Utilization of seaweed-based biostimulants in improving plant and soil health: current updates and future prospective. *International Int. J. Environ. Sci. Tech.*, 19, 12839-12852.
- Narayan, B., Kumar, C. S., Sashima, T., Maeda, H., Hosokawa, M. and Miyashita, K. 2008. Composition, functionality and potential applications of seaweed lipids. *Biocatalysis & Bioenergy*, 463-490.
- Navarro, Q.R., de Oliveira Corrêa, D., Behling, A., Nosedá, M.D., Amano, É., Suzuki, R.M. and Ribas, L.L.F. 2021. Efficient use of biomass and extract of the microalga *Desmodesmus subspicatus* (Scenedesmeceae) in asymbiotic seed germination and seedling development of the orchid *Cattleya warneri*. *J. Appl. Phycol.*, 33, 2189-2207.
- Naylor, R. L., Hardy, R. W., Buschmann, A. H., Bush, S. R., Cao, L., Klinger, D. H., Little, D. C., Lubchenco, J., Shumway, S. E. and Troell, M. A. 2021 20-Year Retrospective Review of Global Aquaculture. *Nature*, 591(7851), 551-563.
- Oğuz Künili, M. 2016. Makro Alglerden Elde Edilen Gübrelerin *Cystoseira barbata* (Phaeophyceae) Yetiştiriciliğinde Kullanılması. Yüksek Lisans Tezi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
- Okuda K 2008. Coastal environment and seaweed-bed ecology in Japan. *Kuroshio Sci.*, 2, 15-20.
- Othman, R., Hatta, F.A.M., Ramya, R. and Hanifah, N.A. 2015. Phytoremediation model system for aquaculture wastewater using *Glossostigma elatinooides* and *Hemianthus callitrichoides*", *International Journal of Sustainable Energy and Environmental Research*, 4, 1-7.
- Ouzakar, S., Senhaji, N.S. and Abrini, J. 2025. Biostimulant effect of *Haematococcus pluvialis* on the germination of seeds from two Moroccan endemic plants: *Origanum compactum* and *Origanum elongatum*. *J. Appl. Phycol.*, 1-14.
- Özcan, E. 2021. Bazı önemli akvaryum bitkilerinin in vitro mikroüretimi. Ankara Üniversitesi Fen bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Ankara.

- Özcan, E., Ali, S.A., Aasim, M., Atar, H.H. 2025. Precision in vitro propagation by integrating response surface methodology and machine learning for *Glossostigma elatinoides* (Benth) Hook. F. In *Vitro Cell Dev Biol-Plant*, 1-15.
- Özcan, E., Atar, H.H., Ali, S.A. and Aasim, M. 2023. Artificial neural network and decision tree-based models for prediction and validation of in vitro organogenesis of two hydrophytes-*Hemianthus callitrichoides* and *Riccia fluitans*. In *Vitro Cell Dev Biol-Plant*, 59, 547-562.
- Özcan, S., Babaoğlu, M. ve Sancak, C. 2002. Somatik Embriyogenesis. In: *Bitki Biyoteknolojisi I: Doku Kültürü ve Uygulamaları*. Babaoğlu, M., Gürel, E. ve Özcan, S. (eds), Selçuk Üniversitesi Vakfı Yayınları, Konya.
- Pacheco, D., Cotas, J., Rocha, C. P., Araújo, G. S., Figueirinha, A., Gonçalves, A. M. ... and Pereira, L. 2021. Seaweeds' carbohydrate polymers as plant growth promoters. *Carbohydrate Polymer Technologies and Applications*, 2, 100097.
- Pacheco, M. P., Sobczak, L. R. N. C. and DeAngelo, L. P. 2022. Vitamins and minerals. In *Salem Press Encyclopedia of Science*. Salem Press, 5.
- Paraginski, J.A., Moraes, M.P., Carlos, F.S., Mayer, N.A. and Bianchi, V.J. 2025. *Trichoderma asperellum* and mineral fertilization improve chlorophyll content and growth of *Prunus persica* L. Batsch rootstocks. *Plant and Soil*, First Online.
- Pareek, S., Sagar, N.A., Sharma, S., Kumar, V., Agarwal, T., González-Aguilar, G.A. and Yahia, E.M. 2017. Chlorophylls: Chemistry and biological functions. In: Yahia EM (ed) *Fruit and Vegetable Phytochemicals: Chemistry and Human Health*. Wiley, 269-284.
- Pereira, L. 2016. *Edible seaweeds of the world*. CRC Press, 463, Boca Raton.
- Pereira, L. and Cotas, J. 2019. Historical use of seaweed as an agricultural fertilizer in the European Atlantic area. In: Pereira, L., Bahcevandziev, K., Joshi, N.H. (eds) *Seaweeds as plant fertilizer, agricultural biostimulants and animal fodder*. CRC Press, 1-22, Boca Raton.
- Poblete-Castro I., Hoffmann S.-L., Becker J. and Cascaded W.C. 2020. Valorization of seaweed using microbial cell factories. *Curr. Opin. Biotechnol.*, 65:102–113.
- Punitha, P., Priyadharshini, P., Nanthini Devi, K., Dinesh Kumar, S., Roopavathy, J., Begum, A. ... and Perumal, P. 2024. Effect of seaweed liquid extract as an organic biostimulant on the growth, fatty acids and high-value pigment production of *Vigna radiata*. *Biomass Conversion and Biorefinery*, 14(6), 7345-7357.
- Rashad, S. and El-Chaghaby, G. 2020. Marine Algae in Egypt: distribution, phytochemical composition and biological uses as bioactive resources (a review). *Egypt J. Aquat. Biol. Fish.*, 24, 147-160.
- Rawiwan, P., Peng, Y., Paramayuda, I. G. P. B. and Quek, S. Y. 2022. Red Seaweed: A Promising Alternative Protein Source for Global Food Sustainability. *Trends Food Sci. Technol.*, 123, 37-56.
- Rengasamy, K. R., Mahomoodally, M. F., Aumeeruddy, M. Z., Zengin, G., Xiao, J. and Kim, D. H. 2020. Bioactive compounds in seaweeds: An overview of their biological properties and safety. *Food and Chemical Toxicology*, 135, 111013.

- Rhein-Knudsen, N., Ale, M.T. and Meyer, A.S. 2015. Seaweed hydrocolloid production: An update on enzyme assisted extraction and modification technologies. *Mar. Drugs*, 13, 3340–3359.
- Rifi, M., Radwan, Z., Al monla, R., Fajloun, Z., Sabatier, J.M., Kouzayha, A., El-Sabban, M., Mawlawi, H. and Dassouki, Z. 2022. The Lebanese Red Algae *Jania rubens*: Promising Biomolecules against Colon Cancer Cells. *Molecules*, 27, 6617.
- Rogel-Castillo, C., Latorre-Castañeda, M., Muñoz-Muñoz, C. and Agurto-Muñoz, C. 2023. Seaweeds in food: Current trends. *Plants*, 12(12), 2287.
- Rupawalla, Z., Shaw, L., Ross, I.L., Schmidt, S., Hankamer, B. and Wolf, J. 2022. Germination screen for microalgae-generated plant growth biostimulants. *Algal Res.*, 66, 102784.
- Ryabushko, V.I., Kamnev, A.N., Gureeva, E.V., Prazukin, A.V. and Nechoroshev, M.V. 2019. Content of lipids, fatty acids, and fucoxanthin in branches of different ages of *Cystoseira barbata* (Stackhouse) C. agardh (Phaeophyceae). *Int. J. Algae*, 21, 349-358.
- Saadaoui, I., Sedky, R., Rasheed, R., Bounnit, T., Almahmoud, A., Elshekh, A. ... and Al Jabri, H. 2019. Assessment of the algae-based biofertilizer influence on date palm (*Phoenix dactylifera* L.) cultivation. *Journal of Applied Phycology*, 31, 457-463.
- Saini, N., Singh, D. and Sandhir R. 2019. *Bacopa monnieri* prevents colchicine-induced dementia by anti-inflammatory action. *Metabolic Brain Disease*, 34, 505-518.
- Saleh, H.M, Mahmoud, H.H., Algan, R.F. and Bayoumi, T.A. 2019. Biological treatment of wastewater contaminated with Cu (II), Fe (II) and Mn (II) using *Ludwigia stolonifera aquatic* plant. *Environmental Engineering and Management Journal*, 18,1327-1336.
- Sarkar, S., Manna, M.S., Bhowmick, T.K. and Gayen, K. 2020. Extraction of chlorophylls and carotenoids from dry and wet biomass of isolated *Chlorella thermophila*: Optimization of process parameters and modelling by artificial neural network. *Process Biochem.*, 96, 58-72.
- Satheesh, S., Siddik, A.A., Ba-Akdah, M.A. and Al-Sofyani, A.A. 2017. An introduction to the ecological significance of seaweeds on coastal ecosystems. *Biotechnological applications of Seaweeds*”, Nabti, E. (ed.) Agricultural Engineering, Agriculture, Science and Technology, Nova Science Publishers, 1-14.
- Satish, L., Rameshkumar, R., Rathinapriya, P., Pandian, S., Rency, A.S., Sunitha, T. and Ramesh, M. 2015. Effect of seaweed liquid extracts and plant growth regulators on in vitro mass propagation of brinjal (*Solanum melongena* L.) through hypocotyl and leaf disc explants. *J. Appl. Phycol.*, 27, 993-1002.
- Satish, L., Rathinapriya, P., Rency, A. S., Ceasar, S. A., Pandian, S., Rameshkumar, R. and Ramesh, M. 2016. Somatic embryogenesis and regeneration using *Gracilaria edulis* and *Padina boergesenii* seaweed liquid extracts and genetic fidelity in finger millet (*Eleusine coracana*). *Journal of Applied Phycology*, 28, 2083-2098.
- Savaedi, Z., Parmoon, G., Moosavi, S. A. and Bakhshande, A. 2019. The role of light and Gibberellic Acid on cardinal temperatures and thermal time required for

- germination of Charnushka (*Nigella sativa*) seed. *Industrial Crops and Products*, 132, 140-149.
- Schmid, M., Kraft, L. G. K., Loos, L. M. V. D., Kraft, G. T., Virtue, P., Nichols, P. D. and Hurd, C. L. 2018. Southern Australian Seaweeds: A Promising Resource for Omega-3 Fatty Acids. *Food Chem.*, 265, 70–77.
- Sellimi, S., Maalej, H., Rekik, D.M., Benslimma, A., Ksouda, G., Hamdi, M. ... and Hajji, M. 2018. Antioxidant, antibacterial and in vivo wound healing properties of laminaran purified from *Cystoseira barbata* seaweed. *Int. J. Biol. Macromol.*, 119: 633-644.
- Shao, P., Shao, J., Han, L., Lv, R. and Sun, P. 2015. Separation, preliminary characterization, and moisture-preserving activity of polysaccharides from *Ulva fasciata*. *Int. J. Biol. Macromol.*, 72, 924–930.
- Sharma, A., Dubey, S., Singh, K., Mittal, R., Quille, P. and Rajauria, G. 2025. Innovative Processing and Industrial Applications of Seaweed. *Phycology*, 5(1), 10.
- Sharma, M., Ahuja, A., Gupta, R. and Mallubhotla, S. 2015. Enhanced bacoside production in shoot cultures of *Bacopa monnieri* under the influence of abiotic elicitors. *Natural Product Research Formerly Natural Product Letters*, 29, 745-749.
- Sharma, S.H.S., Lyons, G., McRoberts, C., McCall, D., Carmichael, E., Andrews, F. ... and Mellon, R. 2012. Biostimulant activity of brown seaweed species from Strangford Lough: compositional analyses of polysaccharides and bioassay of extracts using mung bean (*Vigna mungo* L.) and pak choi (*Brassica rapa chinensis* L.). *J. Appl. Phycol.*, 24, 1081-1091.
- Shetty, K., Curtis, O.F. and Levin, R.E. 1996. Specific interaction of mucoid strains of *Pseudomonas* spp. with oregano (*Origanum vulgare*) clones and the relationship to prevention of hyperhydricity in tissue culture. *Journal of Plant Physiology*, 149, 605-611.
- Steneck, R.S., Graham, M.H., Bourque, B.J., Corbett, D., Erlandson, J. M., Estes, J.A. and Tegner, M.J. 2002. Kelp forest ecosystems: biodiversity, stability, resilience and future. *Environ conserve.*, 29, 436-459.
- Stengel, D.B. and Connan, S. 2015. Marine algae: a source of biomass for biotechnological applications. In: *Natural Products from Marine Algae: Methods and Protocols, Methods in Molecular Biology* Stengel, D.B. ve Connan S (eds). Springer Science, 1-37, New York.
- Stengel, D.B., Macken, A., Morrison, L. and Morley, N. 2004. Zinc concentrations in marine macroalgae and a lichen from western Ireland in relation to phylogenetic grouping, habitat and morphology. *Mar Pollut. Bul.*, 48, 902-909.
- Stirk, W.A., Tarkowská, D., Turečová, V., Strnad, M. and Van Staden, J. 2014. Abscisic acid, gibberellins and brassinosteroids in Kelpak®, a commercial seaweed extract made from *Ecklonia maxima*. *J Appl Phycol.*, 26:561-567.
- Susanti, D., Ruslan, F. S., Shukor, M. I., Nor, N. M., Aminudin, N. I., Taher, M. and Khotib, J. 2022. Optimisation of Vitamin B12 Extraction from Green Edible

- Seaweed (*Ulva lactuca*) by Applying the Central Composite Design. *Molecules*, 27(14), 27.
- Swapna, M.M., Prakashkumar, R., Anoop, K.P., Manju, C.N. and Rajith, N.P. 2011. A review on the medicinal and edible aspects of aquatic and wetland plants of India. *Journal of Medicinal Plants Research*, 5, 7163-7176.
- Şumlu, Ş. 2009. Akvaryum bitkisi *Rotala macrandra*'nın in vitro koşullarda hızlı çoğaltımı ve gen aktarımı, Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Tian, Y., Qian, F., Chen, Y., Liu, K., Li, X., Wang, J. ... and Chen, S. 2025. Foliar-Applied Seaweed Extract as a Biostimulant for Enhancing Drought Tolerance in Tobacco. *Journal of Plant Growth Regulation*, 1-16.
- Tosun, A., Akkol, E.K., Süntar, I., Kiremit, H.Ö. and Asakawa Y. 2013. Phytochemical investigations and bioactivity evaluation of liverworts as a function of anti-inflammatory and antinociceptive properties in animal models. *Pharmaceutical Biology*, 51, 1008-1013.
- Trade-MAP, 2024. Trade Statistics for International Business Development, Monthly, Quarterly and Yearly Trade Data. Import & Export Values, Volumes, Growth Rates, Market Shares, Etc. (<https://www.trademap.org/Index.aspx>).
- Trica, B., Delattre, C., Gros, F., Ursu, A.V., Dobre, T., Djelveh, G. ... and Oancea, F. 2019. Extraction and characterization of alginate from an edible brown seaweed (*Cystoseira barbata*) harvested in the Romanian Black Sea. *Mar. Drugs* 17, 405.
- Uchida, M., Kurushima, H., Ishihara, K., Murata, Y., Touhata, K., Ishida, N., Niwa, K. and Araki, T. 2017. Characterization of Fermented Seaweed Sauce Prepared from Nori (*Pyropia Yezoensis*). *J. Biosci. Bioeng.*, 123(3), 327-332.
- Uğur, K., Doğan, M. ve Kaya, A. 2019. *Alternanthera reineckii* Briq.'nin doku kültürü çalışmaları için yüzey sterilizasyonunun optimizasyonu, *Eurasian J. Bio. Chem. Sci.*, 2, 24-28.
- Uzaticı, A. 2019. Farklı Olgunlaşma Dönemlerinde Hasat Edilen Nohut Geveni (*Astragalus cicer* L.) Otunun Besleme Değerinin Saptanması. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 6(4): 745-752.
- Villa e Vila, V., Rezende, R., Marques, P. A. A., Wenneck, G. S., Nocchi, R. C. D. F., Terassi, D. D. S. ... and Matumoto-Pintro, P. T. 2023. Seaweed extract of *Ascophyllum nodosum* applied in tomato crop as a biostimulant for improving growth, yield and soil fertility in subtropical condition. *Journal of Applied Phycology*, 35(5), 2531-2541.
- Vinod, S., Natarajan, K., Santhanu, K., Selvakumar, D., Natesan, S. and Senthil, K. 2022. Effect of seaweed elicitation and culture conditions on biomass and metabolite production in in vitro shoots of *Withania somnifera*. *South African Journal of Botany*, 151, 781-790.
- Vinoth, S., Gurusaravanan, P. and Jayabalan, N. 2012. Effect of seaweed extracts and plant growth regulators on high-frequency in vitro mass propagation of *Lycopersicon esculentum* L (tomato) through double cotyledonary nodal explant. *Journal of applied phycology*, 24, 1329-1337.

- Vinoth, S., Gurusaravanan, P., Sivakumar, S. and Jayabalan, N. 2019a. Influence of seaweed extracts and plant growth regulators on in vitro regeneration of *Lycopersicon esculentum* from leaf explant. *Journal of Applied Phycology*, 31, 2039-2052.
- Vinoth, S., Rathika, N., Jhansi, M., Gurusaravanan, P., Vigneswaran, M., Subbaiya, R. ... and Devika, R. 2019b. In vitro regeneration of *Vigna unguiculata* using marine seaweed *Sargassum polycystum*. *Research Journal of Pharmacy and Technology*, 12(4), 1580-1584.
- Wade, R., Augyte, S., Harden, M., Nuzhdin, S., Yarish, C. and Alberto, F. 2020. Macroalgal Germplasm Banking for Conservation, Food Security and Industry. *PLoS Biol.*, 18(2), 1-10.
- Wang, M., Chen, L., Li, Y., Chen, L., Liu, Z., Wang, X. ... and Qin, S. 2018. Responses of soil microbial communities to a short-term application of seaweed fertilizer revealed by deep amplicon sequencing. *Applied Soil Ecology*, 125, 288-296.
- Wells, M. L., Potin, P., Craigie, J. S., Raven, J. A., Merchant, S. S., Helliwell, K. E. ... and Brawley, S. H. 2017. Algae as nutritional and functional food sources: Revisiting our understanding. *Journal of Applied Phycology*, 29(2), 949-982.
- Wu, X., Khan, R., Gao, H., Liu, H., Zhang, J. and Ma, X. 2021. Low light alters the photosynthesis process in cigar tobacco via modulation of the chlorophyll content, chlorophyll fluorescence, and gene expression. *Agriculture*, 11, 755.
- Xie, C., Lee, Z. J., Ye, S., Barrow, C. J., Dunshea, F. R. and Suleria, H. A. 2024. A review on seaweeds and seaweed-derived polysaccharides: Nutrition, chemistry, bioactivities, and applications. *Food Reviews International*, 40(5), 1312-1347.
- Xu, J., Liao, W., Liu, Y., Guo, Y., Jiang, S. and Zhao, C. 2023. An overview on the nutritional and bioactive components of green seaweeds. *Food Production, Processing and Nutrition*, 5(1), 18.
- Yogendra, N. D., KM, P., Ravikumara, R., Padalia, R. C. and Ghosh, A. 2025. Effect of *Kappaphycus alvarezii* seaweed liquid extract on growth, yield and chemical constituents of *Geranium* (*Pelargonium graveolens* l'Herit. ex Aiton). *Journal of Plant Nutrition*, 48(6), 907-920.
- Yu, B., Bi, D., Yao, L., Li, T., Gu, L., Xu, H. ... and Xu, X. 2020. The inhibitory activity of alginate against allergic reactions in an ovalbumin-induced Mouse model. *Food & Function*, 11(3), 2704-2713.
- Yunita, R. and Nugraha, M.F.I. 2021. Effect of auxin type and concentration on the induction of *Alternanthera Reineckii* roots in vitro. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, 653, 1-4.
- Zhang L., Liao W., Huang Y., Wen Y., Chu Y. And Zhao C. 2022 Global seaweed farming and processing in the past 20 years. *Food Prod. Process. Nutr.*, 4, 23.