



T.C.
HATAY MUSTAFA KEMAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**DEV KRALOTU (*Pennisetum hybridum*) TOHUMLUK ÇOĞALTIMINDA
HİDROPONİK KÜLTÜR UYGULAMALARI ve POLİMERİK KAPLAMA
ile SENTETİK TOHUM YAPIMI**

Saliha YILMAZ

TARLA BİTKİLERİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**HATAY
KASIM - 2021**



T.C.
HATAY MUSTAFA KEMAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**DEV KRALOTU (*Pennisetum hybridum*) TOHUMLUK ÇOĞALTIMINDA
HİDROPONİK KÜLTÜR UYGULAMALARI ve POLİMERİK KAPLAMA
ile SENTETİK TOHUM YAPIMI**

Saliha YILMAZ
ORCID:0000-0003-3673-3233

TARLA BİTKİLERİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Danışman
Prof. Dr. Nafiz ÇELİKTAŞ
ORCID: 0000-0002-0467-1034

HATAY
KASIM - 2021

26/11/2021

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını ve tez üzerinde Yükseköğretim Kurulu tarafından hiçbir değişiklik yapılamayacağı için tezin bilgisayar ekranında görüntülendiğinde asıl nüsha ile aynı olması sorumluluğunun tarafıma ait olduğunu beyan ederim.

Saliha YILMAZ

ÖZET

DEV KRALOTU (*Pennisetum hybridum*) TOHURLUK ÇOĞALTIMINDA HİDROPONİK KÜLTÜR UYGULAMALARI ve POLİMERİK KAPLAMA ile SENTETİK TOHUM YAPIMI

Dev kral otu (*Pennisetum hybridum*) son yıllarda biyoenerji amaçlı kullanımı ön plana çıkmaya başlayan bir tür olmuştur. Türler arası bir melez olup çok az miktarda tohum üretebilen ve tohumda heterojenitenin yüksek olduğu bitkinin yetiştiriciliği zorunlu olarak vejetatif çoğaltımla gerçekleştirilmektedir.

Tamamlanan mevcut araştırma kapsamında, Dev Kral otu türünün, üretim materyali için alternatif bir çoğaltım yöntemi ile toprağa, zamana ve iklime bağımlılığı ortadan kaldırarak başlangıç materyali belli, hastalıklardan ari ve sürdürülebilir bir tohumluk üretim döngüsü oluşturulmuştur.

Standart Hoagland besin çözeltisine 150 µL/L Bachtoboost uygulaması ile oluşturulan su kültürü üretim sisteminde, 45. gün sonunda 250.980 sürgün/m² dev kral otu sürgünü üretilmiştir.

Kök tacı genç sürgünlerinin eksplantat olarak kullanıldığı suni tohum üretiminde %2 alginik asit+%3 CaCl₂.2H₂O uygulamasının en ideal kaplama formülasyonu olduğu belirlenmiştir. Ortalama 1.77 cm uzunluk ve 0.8 cm eninde oluşturulan suni tohumlardan doğrudan toprağa ekimlerde çimlenme sağlanamamıştır.

2021, 39 sayfa

Anahtar Kelimeler: Dev kral otu, *Pennisetum hybridum*, hidroponik kültür, biyopolimerik kaplama, sentetik tohumluk

ABSTRACT

HYDROPONIC CULTURE APPLICATIONS for SEEDLING PRODUCTION of GIANT KING GRASS (*Pennisetum hybridum*) and SYNTHETIC SEED PRODUCTION VIA POLYMERIC ENCAPSULATION

The usage of Giant king grass (*Pennisetum hybridum*) as a bioenergy crop has been increasing in recent years. It is an interspecific hybrid species and produces very limited amount of seed. Moreover, the heterogeneity of the seed is so high. Therefore, the vegetative propagation is prerequisite for commercial production. An alternative sustainable propagation method which is eliminated the dependence on soil, time and climate has been introduced with the current study.

In the hydroponic system by applying 150 $\mu\text{L/L}$ Bachtoboost to the standard Hoagland nutrient solution, 250,98 shoots/ m^2 giant kinggrass shoots were produced at the end of the 45th days.

It was determined that 2%alginic acid + 3% $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ application is the most ideal encapsulation formulation in synthetic seed production where the young root shoots are used as starting explants. In direct sowing of the synthetic seeds that have an average length of 1.77 cm and 0.80 cm width, the germination could not be achieved.

2021, 39 pages

Key Words: Giant king grass, *Pennisetum hybridum*, hydroponic, bio-polymeric encapsulation, synthetic seeds

TEŞEKKÜR

Mesleki ve akademik hayatımda önemli kararlar almam gerektiğinde sürekli yanımda olan ve varlığı ile benim için önemli bir rol model oluşturan, gerek doktora tez konumunun belirlenmesinde gerek araştırılması ve yazımı sırasında sahip olduğu bilgi birikimi ve tecrübesi ile çalışmalarına ışık tutan ve yardımını esirgemeyen danışman hocam Prof. Dr. Nafiz ÇELİKTAŞ'a sonsuz saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

Tez konusunun belirlenmesi ve çalışmaların takibinde profesyonel yaklaşımları ve öngörülerini ile çalışmalarımı zenginleştiren ve yardımlarını esirgemeyen aynı zamanda tez çalışmalarım sırasında tüm bölüm olanaklarından yararlanmamı sağlayan Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi (HMKÜ) Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölüm Başkanı Prof. Dr. Ersin CAN ve HMKÜ FBE Enstitüsü Müdürlüğü çalışanlarına teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmalarım süresince, tüm laboratuvar çalışmalarında yapmış oldukları katkı ve yardımları nedeniyle Dr. İbrahim ERTEKİN'e çok teşekkür ederim.

Eğitim hayatım boyunca beni maddi ve manevi olarak destekleyen, güvenen ve daima yanımda olan canım aileme sonsuz minnet ve şükranlarımı sunarım.

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	I
ABSTRACT.....	II
TEŞEKKÜR.....	III
İÇİNDEKİLER	IV
ÇİZELGELER DİZİNİ	V
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	VI
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	VII
1. GİRİŞ.....	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	5
3. MATERYAL ve YÖNTEM.....	9
3.1. Materyal.....	9
3.2. Yöntem	9
3.2.1. Dev Kral otu (<i>Pennisetum hybridum</i>) depo plantasyonu.....	9
3.2.2. Su kültürü üretim materyalinin hazırlanması	11
3.2.3. Su kültürü ortamı ve bitki yetiştiriciliği	12
3.2.3.1 Su kültürü düzeneği.....	12
3.2.3.2 Hoagland besin çözeltisi	12
3.2.3.3 Bitki Yetiştiriciliği	13
3.2.3.4 Bitki büyüme düzenleyici ve aktivatörü (BD-BA)	14
3.2.3.5 Su kültürü incelenen özellikler.....	15
3.2.3.5.1 Tek bir dev kral otu çeliğinde oluşan sürgün sayısı (adet/çelik)	15
3.2.3.5.2 Birim alanda yetiştirilen sürgün sayısı (sürgün/m ²)	15
3.2.3.5.3 Birim alanda yetiştirilen kök tacı tomurcuk sayısı	15
3.2.4. Suni tohumluk üretimi	15
3.2.4.1 Suni tohumluk incelenen özellikler.....	18
3.2.4.1.1 Suni tohum kalitesi	18
3.2.4.1.2 Suni tohumlardan fide oluşum oranı (%).....	19
3.2.5. Verilerin değerlendirilmesi.....	19
4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA	20
4.1. Su kültürü yetiştiriciliğine ait bulgular.....	20
4.1.1. Tek bir dev kral otu çeliğinde oluşan sürgün sayısı (adet/çelik)	21
4.1.2. Birim alanda yetiştirilen sürgün sayısı (sürgün/m ²)	25
4.1.3. Birim alanda yetiştirilen kök tacı tomurcuk sayısı	30
4.2. Suni tohum çalışmalarına ait bulgular	30
5. SONUÇ ve ÖNERİLER.....	35
KAYNAKLAR	37
ÖZGEÇMİŞ	39

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1. Hoagland besin çözeltisi bileşimi (Hoagland ve Arnon, 1950)	13
Çizelge 3.2. Bitki büyüme düzenleyici ve aktivatörü ile uygulama dozları	14
Çizelge 3.3. Suni tohum üretmek amaçlı kullanılan yüzey kaplama ajan ve dozları.....	16
Çizelge 4.1. Su kültürü ortamında, 15. gün dev kral otu sürgün sayılarına ait varyans analiz sonuçları	21
Çizelge 4.2. Su kültüründe 15. günde oluşan çelik başına ortalama sürgün sayısı.....	22
Çizelge 4.3. Su kültürü ortamında, 30. gün dev kral otu sürgün sayılarına ait varyans analiz sonuçları	23
Çizelge 4.4. Su kültüründe 15. günde oluşan çelik başına ortalama sürgün sayısı.....	23
Çizelge 4.5. Su kültürü ortamında, 45. gün dev kral otu sürgün sayılarına ait varyans analiz sonuçları	24
Çizelge 4.6. Su kültüründe 45. günde oluşan çelik başına ortalama sürgün sayısı.....	24
Çizelge 4.7. Su kültürü ortamı, birim alanda 15. gün dev kral otu sürgün sayılarına ait varyans analiz sonuçları.....	26
Çizelge 4.8. Birim su kültürü alanında, 15. günde oluşan ortalama sürgün sayısı	26
Çizelge 4.9. Su kültürü ortamı, birim alanda 30. gün dev kral otu sürgün sayılarına ait varyans analiz sonuçları.....	27
Çizelge 4.10. Birim su kültürü alanında, 30. günde oluşan ortalama sürgün sayısı	27
Çizelge 4.11. Su kültürü ortamı, birim alanda 45. gün dev kral otu sürgün sayılarına ait varyans analiz sonuçları.....	28
Çizelge 4.12. Su kültüründe 45. günde oluşan çelik başına ortalama sürgün sayısı.....	29
Çizelge 4.13. Farklı polimer ve çapraz bağ ajanı konsantrasyonlarında oluşan makro kapsüllerin, yapısal durumu.....	31

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1. Dev Kral otu (<i>Pennisetum hybridum</i>) türüne ait “Paraiso” çeşidi	9
Şekil 3.2. Amik Ovası koşullarında tesis edilmiş olan dev kral otu plantasyonu	10
Şekil 3.3. Çimlendirme tanklarında, çelikten yetiştirilen dev kral otu bitkileri	10
Şekil 3.4. Su kültürü üretim materyali olarak hazırlanan dev kral otu çelikleri	11
Şekil 3.5. KNF Vakum pompası	12
Şekil 3.6. Su kültürü bitki yetiştiriciliği	14
Şekil 3.7. Suni tohum üretim amaçlı kullanılan kök tacı tomurcukları	16
Şekil 3.8. ½ MS + alginik asit çözeltisine alınmış ekplantlar.	17
Şekil 3.9. Alginik asit çözeltisinden kalsiyum klorür çözeltisine aktarılan eksplantatlar	18
Şekil 3.10. Dev kral otu suni tohumlukları	18
Şekil 4.1. İklim odasında koşullarında, dev kral otu türünün su kültürü yetiştiriciliği ...	21
Şekil 4.2. Su kültürü ortamında 45. gün sayımlarında dev kral otu sürgünleri (sol: kontrol, sağ: Bachtoboost uygulaması)	24
Şekil 4.3. Kültür süreci ve BD-BA uygulamalarına bağlı su kültürü ortamındaki dev kral otu sürgün sayıları	25
Şekil 4.4. Denemenin sonlandırıldığı dönemde dev kral otu sürgünleri.....	28
Şekil 4.5. Kültür süreci ve BD-BA uygulamalarına bağlı birim su kültürü alanındaki dev kral otu sürgün sayıları	29
Şekil 4.6. Toprakta gelişmiş kök tacı sürgünleri.....	30
Şekil 4.7. Biyopolimerik makro kapsül oluşturma çalışmaları	31
Şekil 4.8. Ca-Alginat ile oluşturulan Dev kral otu suni tohumları.....	32
Şekil 4.9. Dev kral otu kök tacı sürgünü ve Ca-Alginat suni tohumları	32
Şekil 4.10. Doğrudan toprağa ekilen dev kral otu suni tohumları	33

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

SİMGELER

°C	: Derece Celsius
µL	: mikrolitre
mg	: miligram
mL	: mililitre
MJ kg ⁻¹	: Megajul kilogram
MW	: Megawat

KISALTMALAR

IEA	: Uluslararası Enerji Ajansı
MS	: Murashige ve Skoog besi ortamı
BAP	: Benzel amino purin
IBA	: İndol butrik asit
EDTA	: Ethylenediaminetetraasetik asid
LSD	: Least Significant Difference
BD	: Büyüme düzenleyicisi
BA	: Bitki aktivatörü

1. GİRİŞ

Dünya enerji kullanımı, nüfus artışı ve endüstriyel gelişmelerin eşliğinde hızlı bir şekilde artmaktadır. Nitekim Uluslararası Enerji Ajansı (IEA) verileri 1990-2008 yılları arasında Dünya nüfusunun %27 oranında arttığını, kişi başına enerji tüketiminin ise %10'luk bir artış gösterdiğini ortaya koymaktadır. Mevcut eğilim dikkate alındığında, dünya enerji ihtiyacının yıllık %4-5 oranında artmakta olduğunu söylemek mümkündür. Dünya geneli incelendiğinde halen birincil enerji kaynağının fosil yakıtlar olduğu görülmektedir. Ülkemizdeki durumun da dünya genelinden farklı olmadığı görülmektedir. Fosil yakıtlara olan yüksek orandaki bağımlılık, fosil yakıt rezervlerinin hızla tükenmesi sonucunu doğurmaktadır.

Oluşum süreci milyonlarca yıl alan fosil yakıtlar yenilenemeyen doğal kaynaklardandır. Bu doğal kaynaktan kullanılabilir enerji üretimi ve bunun tüketimine kadar geçen tüm aşamalarında zararlı emisyonların salımı söz konusudur. IAE (2011) raporları, atmosfere salınan toplam 7.9 milyar ton karbonun %79.7'sinin fosil yakıtlardan kaynaklandığını bildirmektedir. Dolayısıyla bu enerji rezervlerinin hızla azalması ve zararlı emisyon salınımının yarattığı küresel sorunlar, enerji arzı konusunda yeni kaynak arayışlarına hız kazandırmıştır. Bu arayışta, çevreyi daha az kirleten sürdürülebilir doğal kaynaklar ön plana çıkmaktadır.

Biyokütle, güneşteki fiziksel enerjinin, potansiyel bir kimyasal enerji olarak ekosistemin üretici organizmalarında depolanmış halidir. Nitekim dünya toplam enerji tüketiminden 10 kat fazla bir enerjinin, potansiyel olarak biyokütlede mevcut olduğu bildirilmektedir. Bu potansiyel enerjinin, uygun çevrim teknolojileri neticesinde tüketime arz edilmesinin, bahse konu ekolojik problemler karşısında önemli çözümler sunacağı değerlendirilmektedir. Zira organik bir karbon kaynağı olan biyokütlenin enerji amaçlı kullanımında, bitkinin karbonhidrat üretimi için kullandığı atmosferik karbonu tekrar ortama salımı söz konusudur ki bu reaksiyon atmosferdeki net karbondioksit miktarını arttırmadığı gibi fosil yakıtlarda milyonlarca yılda biriken ve yanma ile birden açığa çıkan karbonun neden olduğu sera etkisi de oluşturmaz. Yakıt yanma deneyleri, fosil yakıtlara kıyasla biyokütlenin yanması sonucu zararlı emisyon salınımının %90'lara varan oranda azaltılabileceğini ortaya koymaktadır.

Endüstriyel amaçlı, yenilenebilir biyoyakıtlar; biyokütlede (bitki hasat ürünleri) mevcut lignoselülozik yapının farklı çevrim teknolojileri ile işlenmesi neticesinde

üretilebilmektedir. Kullanılan biyokütle ve çevrim teknolojisine göre biyoyakıtlar; biyoetanol, biyodizel, biyogaz ve biyohidrojen olabilmektedir (Sarkar ve ark., 2012).

Yüksek biyokütle verimi, geniş adaptasyon kabiliyeti ve marjinal alanları değerlendirebilme yeteneği olan biyokütle bitkileri biyoenerji tarımında ön plana çıkmaya başlamıştır. Çelikaş ve ark. (2017) dallı darı türünün uygun genotiplerinin seçilmesi durumunda 1 hektar alandan 25-40 t biyokütle hasat edilebileceğini, biyokütlenin piroliz ve enzimatik hidrolizi neticesinde fermente edilmesi ile 3-4 t ha⁻¹ biyoetanol üretilebileceğini ortaya koymuşlardır. Araştırmacılar artan gıda ihtiyacına dikkat çekerek 1. nesil biyoetanol üretiminden vazgeçilmesi ve 2. nesil olarak adlandırılan selülozik biyoetanol üretimine yönelmek gerektiğine vurgu yapmışlardır. Nitekim bu konuda model olan dallı darı türünün Amerika kıtasında yaygın olarak kullanıldığı ve fil otu türünün ise Avrupa kıtasında yaygınlaştığı görülmektedir.

Dev kral otu (*Pennisetum hybridum*) son yıllarda biyoenerji amaçlı kullanımı ön plana çıkmaya başlayan bir tür olmuştur. Türler arası bir melez olan dev kral otu, *Pennisetum purpureum* ile *Pennisetum glaucum* L.'un melezlenmesiyle triploid (3n) olarak elde edilmiş ve daha sonra colcichine uygulamasıyla hekzaploid (6n) yapıya yükseltilmiştir (Geren ve Kavut, 2015). Buğdaygiller familyasından, Afrika orijinli bir tropik iklim bitkisidir. Dev kral otu termofilik yapısı dolayısıyla ideal koşullarda 7 m boylanabilse de, ortalama 2-3.5 m boylandığı bilinmektedir. Yoğun bir kardeşlenme özelliği gösteren bitki kök derinliği 4 m'ye ulaşabilmektedir.

Tropik bölgelerde, taze biçimlerinin hayvan besleme amaçlı kullanımı oldukça yaygındır. Genç sürgünlerinden kaliteli kuru ot amacıyla yararlanılan bitkinin silajı da yapılabilmekte ancak ilerleyen fenolojik dönemlerle birlikte besleme değerlerinde düşüş gözlenmektedir (Geren ve ark., 2014). Bununla birlikte yüksek biyokütle üretimi dolayısı ile birim alana toplam protein ve toplam sindirilebilir madde oranlarının fazlalığı bu düşüşü tolere etmektedir. Bu durum, kaba yem açığının oldukça yüksek olması nedeni ile düşük besleme değerlerine sahip bazı tarımsal ürünlerin kaba yem olarak tüketildiği ülkemiz hayvancılığı açısından son derece önemlidir.

Hayvan besleme amaçlı kullanımına rastlanmakla beraber, toprak ıslahı, malç, kağıt hammaddesi ama en çok da biyoenerji (yakma, biyoetanol ve biyogaz) amaçlı kullanımı ön plana çıkmaya başlamaktadır. Enerji girdi çıktı oranı 25:1 olarak bildirilen dev kral otu bitkisinin yanma ya da gazlaştırma teknolojileri için daha uygun bir hammadde

olduğu, pellet haline getirilmiş olgun biyokütlenin yakılması ile 16.58 MJ kg^{-1} ısı enerjisi elde edilebileceği bildirilmektedir (Haegele ve Arjhar, 2017). Waramit ve Chaugool (2014), sulanan arazilerde yılda 5-6 biçim neticesi $438-500 \text{ t ha}^{-1}$ yeşil biyokütle üretiminin mümkün olduğunu ve 1 ton biyokütlenin 90 m^3 biyogaz üretim kapasitesi olduğunu belirtmişlerdir. Bu sebeple Tayland Ulusal Enerji Ajansı, gelecek 10 yılda dev kral otunun yaklaşık 222 milyon ton biyokütle üretimi ile 3000 MW elektrik enerjisi üreteceğini öngörmektedir.

Dev kral otu bitki yetiştiriciliği vejetatif çoğaltımla gerçekleştirilmekte ve bu amaçla gövde çelikleri veya rizomlar kullanılmaktadır. Bir bitki 5 ila 10 yeni fide üretebilmektedir. Bu amaçla oluşturulan fideliklerde 1.2 milyon bitki 6-12 milyon fideye dönüşebilmektedir. 1 dekar fidelikten 50 dekar araziye yetecek fide üretimi gerçekleştirmek mümkündür (Viaspace, 2018). Ancak fide plantasyonları başlangıç bitkilerinin, temiz ve yüksek heterojenik yapı dolayısıyla bilinen materyal olması, üretim aşaması açısından oldukça büyük önem taşımaktadır.

Bitkisel üretimin durgun veya akan besin eriyiklerinde veya besin eriyiği ile beslenmiş katı ortamlarda gerçekleştirilmesi işlemi topraksız tarım olarak tanımlanmaktadır. Hidroponik kültür topraksız tarım uygulamalarından birisi olup, kontrollü yetiştiricilik imkanı sunması, alan ve işgücü tasarrufu, olumsuz toprak koşulları ve zamandan bağımsız yetiştiriciliğin mümkün olması sebepleri ile önemli avantajlar sunar. Suda çözülmüş besin elementi her an alınabilir formdadır. Öte taraftan bir sezonda çoklu hasat yapma imkanı ve ortam koşullarının optimum olması, klasik yetiştiriciliğe kıyasla önemli bir kalite ve verim artışı sağlar.

Organik materyallerin biyo-materyallerle kaplanması teknolojisi, son yıllarda çok farklı bilim disiplininin ilgi alanı olmuştur. Kaplanacak herhangi bir bitki dokusu, sentetik tohum niteliğinde yeni bir birey meydana getirebilme potansiyeline sahiptir. Kaplanmış bitki dokularının uzun süreli germplasm muhafazası sonrasında in vitro ya da doğrudan in vivo koşullarda, yeni bireylere dönüşümü bugün için çok farklı türlerde uygulanmıştır. Bu teknolojinin vejetatif çoğaltımda önemli avantajlar sunacağı ortadadır.

Tamamlanan mevcut araştırma kapsamında, çoğaltımı sadece vejetatif yolla (çelik) mümkün olan Dev Kral otu türünün, tohumculuğu için alternatif bir çoğaltım yöntemi ile toprağa, zamana ve iklime bağımlılığı ortadan kaldırarak başlangıç materyali belli, hastalıklardan ari ve sürdürülebilir bir tohumluk üretim döngüsü oluşturulmuştur. Bu

amaçla kullanılan hidroponik sistemde bitki aktivatörleri de test edilerek, hidroponik ortamın etkinliğini arttırılmış ve böylece birim eksplant başına maksimum tohumluk üretiminin protokolleri oluşturulmuştur.



2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Pritchard (1971) dört çok yıllık buğdaygil yem bitkisinde (*Pennisetum typhoides* x *P.purpureum* melezi, *P.typhoides*, *Sorghum* sp. (Krish) ve *Sorghum almum* (Crooble)), dört farklı biçim sıklığının etkisini incelediği çalışmasında, toplam kuru madde verimi bakımından *P.typhoides* x *P.purpureum* melezinin en yüksek değere ulaştığını bildirmişlerdir. Araştırmacılar bu türün en yüksek hayatta kalma süresine sahip iken, *P.typhoides*'in ikinci yıldan itibaren parsellerden kaybolduğunu saptamışlardır. Yapılan değerlendirme sonucu 12 haftada bir yapılan biçimin, 15 veya 10 haftada bir yapılan biçim uygulamalarına göre daha yüksek kuru madde verimi ve hayatta kalma oranı sağladığını, biçim sıklığının daha da azaltılmasının ise kuru madde veriminde kayıplara yol açtığı görülmüştür.

Bogdan (1977) ve 'tMannetje (1992), dev kralotu türünün derin kök sistemi sayesinde kuraklığa dayanıklılığının yüksek olduğunu, geniş bir toprak pH (4.5-8.2) aralığında rahatlıkla yetiştirilebildiğini bildirmişlerdir. Araştırmacılar, iyi bir biyokütle verimi açısından sulamanın mutlak gerekli olduğunu ancak kök bölgesindeki uzun süreli göllenmelerin sorun oluşturabileceğini kaydetmişlerdir.

Vilela ve ark. (2001) farklı zaman aralıklarında biçilen dev kralotu (*Pennisetum hybridum*) bitkisinde biçim zamanının uzatılması ile kuru madde verimi artarken ot besleme kalitesinin azaldığını, ham protein oranının biçim zamanına bağlı olarak %9.1-19.2 arasında değişim gösterdiğini bildirmişlerdir.

Campos ve ark. (2002) Brezilya koşullarında *Pennisetum purpureum* bitkisinin, büyüme başlangıcının 45. günden itibaren 105. gününe kadar 4 kez biçtiklerini, bitki kuru madde veriminin %6 oranında artış gösterdiğini, ancak ham protein oranının %9'dan %6'ya düşüş gösterdiğini bildirmişlerdir.

Wadi ve ark. (2004) Japonya ekolojik koşullarında, *Pennisetum purpureum*, *P.purpureum* x *P.thypoides*, *P.thypoides* x *P.purpureum* ve *P.thypoides* türleri ile farklı biçim sıklığı ve biçim yüksekliğinin etkilerini incelediklerini, kuru biyokütle verimlerinin 12.3 t/ha ile 22.6 t/ha arasında değişim gösterdiğini bildirmişlerdir. Araştırmacılar 90 günde bir ve 30 cm anız yüksekliğinde yapılan biçimlerde verimin diğer uygulamalara kıyasla belirgin bir şekilde arttığını belirtmişlerdir.

Magalhães ve ark. (2006) 15, 30 ve 45 kg N/da uygulaması ile yetiştirdikleri *Pennisetum purpureum* türünde N dozu ve biçim sıklığının bitki boyu üzerinde önemli

etkisinin olduğu bildirmişlerdir. Araştırmacılar 84 günde bir yapılan biçimlerde ortalama kuru madde veriminin 18.9 kg/ha olarak gerçekleştiğini, 45 kg N/da uygulamasının ise en yüksek biyokütle verimini oluşturduğunu saptamışlardır.

Tegami Neto ve Mello (2007) Brezilya ekolojik koşullarında yürüttükleri çalışmalarında, dev kralotunda türünde biçim sıklığı ve N dozlarının verim üzerinde önemli etkisinin bulunduğunu, 30 günde bir biçilen bitkilerde 4.7 t/da olan yaş ot veriminin 60 günde bir yapılan biçimlerde 7.8 t/da olarak gerçekleştiğini bildirmişlerdir.

Ferreira ve ark. (2009) 100 günlük dev kralotu biyokütlesi ile hazırladıkları silajlarda silaj katkısı olarak uygulanan %5 ve %10 oranlarındaki sitrik asit'in kuru madde, ham protein ve in vitro sindirilebilirliği arttırırken, kalsiyum oksit uygulamasının silaj kalitesine herhangi bir katkısı olmadığını ortaya koymuşlardır.

Kukkonen (2009), dev kralotunun hızlı gelişen bir C4 buğdaygil bitkisi olduğunu, 4 m²'nin üzerinde boylanabildiğini, tropik ve bazı sup-tropik bölgelerde 4 kez biçilebildiğini ve dekara 35 ton yaş biyokütle verimi üretebildiğini, büyükbaş ve küçükbaş hayvanlar tarafından sevilerek tüketildiği gibi, öğütölmüş dev kralotunun peletlenerek kümes hayvanı ve balık beslenmesinde de kullanılabildiğini ifade etmiştir.

Kun ve ark. (2011) atrazin stresinin *Pennisetum hybridum* biyokütlesi üzerindeki etkisini inceledikleri araştırmada, 20 ve 50 mg/kg atrazin uygulamasının bitki boyu ve biyokütlesi üzerinde hiçbir olumsuz etkisi olmadığını, ancak orta düzeyde atrazin stresinin (100 ve 200 mg/kg), *P. hidridum*'un biyokütlesini kontrole kıyasla %36.4 azalttığını bildirmişlerdir.

Ma ve ark. (2012) Enerji bitkilerinin tuzlu topraklarda yetiştirilebilme olanaklarını araştırdıkları sera koşullarındaki çalışmalarında, *Pennisetum hybridum* türünün tuzluluğa yüksek tolerans gösterdiğini ve kuvvetli ve geniş bir alana dağılan kök sisteminin, topraktan aldığı sodyum ile toprak tuzluluğunu ve pH'yı azalttığını bildirmişlerdir. Araştırmacılar bu gibi biyokütle bitkilerinin hem toprağın temizlenmesinde ve hem de toprak organik maddesinin arttırılması ve biyoenerji üretimde çok önemli fonksiyonlarının olduğunu vurgulamışlardır.

Cardano ve ark. (2013) *Pennisetum purpureum* ve *Pennisetum hybridum* türlerine ait biyokütleden selülozik etanol fermentasyonu için 120°C'de 60 dakika %2'lik NaOH ön muamelesinin en ideal piroliz uygulaması olduğunu bildirmişlerdir. Araştırmacılar incelenen türler açısından 24 saatlik fermentasyon sonucu elde edilen biyoetanol

miktarlarını sırası ile 27.7 g/L ve 26.1 g/L olarak bildirirken, piroliz işleminin lignini uzaklaştırma oranını ise %88.4 ve %94.0 olarak belirtmişlerdir.

Geren ve Kavut (2015) İzmir Bornova Ekolojik koşullarında, dev kral otu (*Pennisetum hybridum*) bitkisi tarımında uygun ekim normunu belirlemek amacı ile yürüttükleri çalışmada, 70x50 cm bitki sıklığının 32.6 t ha⁻¹ kuru ot verimi ve en yüksek protein oranı ile ideal olduğunu bildirmişlerdir.

Jiang ve ark. (2019) Dev kral otu biyokütlesinin kağıt endüstrisine hammadde olabilirliğinin araştırıldığı çalışmada, biyokütle holoselüloz içeriğinin %72'yi aştığını ve lif uzunluğunun ise 0,83 mm'ye ulaştığını bildirmişlerdir. Araştırmacılar 3 ay ve 1 yıllık biyokütle karboksilik asit içeriklerinin ise değişmediğini ortaya koymuşlardır.

Geren ve ark. (2020) 2015 ve 2016 yıllarında, İzmir Bornova Ekolojik koşullarında yürüttükleri çalışmada, dev kral otunun (*Pennisetum hybridum*) yem verimi ve bazı kalite özellikleri üzerine biçim sıklığının etkisini araştırmışlardır. Araştırmacılar biçim aralığı uzadıkça metabolize olabilir enerji ve göreceli yem değerinde azalmalar saptadıklarını, Akdeniz Ekolojik kuşağında, sulu koşullarda dev kral otu biyokütlesinin 60 gün ara ile biçiminin yem kalitesi açısından en ideal sonuçları verdiğini ortaya koymuşlardır.

Velásquez ve ark. (2020) *Pennisetum sp.*, *Pennisetum purpureum* Schum ve *Pennisetum purpureum x Pennisetum typhoides* türleri arasındaki tarımsal farklılıkları ortaya koyabilmek amacı ile yürüttükleri çalışmada, *Pennisetum sp.* türünde 8.9 ile bitki başına kardeşlenmenin en fazla gerçekleştiğini bildirmişlerdir. Araştırmada aynı tür için yeşil ot verimi 90.3 t ha⁻¹ olarak gerçekleşirken, *Pennisetum purpureum* türü 12.9 t ha⁻¹ ile en yüksek kuru madde verimi ve yeniden büyüme oranı ortaya koymuştur.

Alvares ve ark. (2021) *Pennisetum* türünde, çiçeklenme ve vejetatif dönem biçimi biyokütlenin, şekerpancarı atığı kullanılarak yapılan 35 ve 70. günlük silajlarında, kaliteli bir silajda istenilen değerlerin altında kalite özellikleri saptadıklarını, kuru madde ve çözünebilir karbonhidrat içeriği düşüken, tamponlama kapasitesinin yüksek bulunduğunu, şeker pancarı posası uygulamasının pH'yı 4'ün altına çektiği ve NH₃-N içeriğinin ise %10'un altında gerçekleştiğini ortaya bildirmişlerdir.

He ve ark. (2021) *Pennisetum hybridum* biyokütlesinin Cd fitoekstraksiyonu üzerinde yaptıkları çalışmada, toprağa uygulanan çözücü preperatların, dev kralotu kardeş sayısı, bitki yüksekliği ve biyokütle verimini önemli ölçüde arttırdığını, buna bağlı olarak da hem Cd alımının ve hem de kökten sürgün ve yapraklara transferinin

hızlandığını bildirmişlerdir. Araştırmacılar, dev kral otu biyokütlesi ile kadminyumun topraktan temizlenmesi amacıyla çözücü preperat uygulamasının önemli avantaj sunduğunu, yıllık 3 biyokütle hasadı ile 15 yıl süreceği düşünülen Cd temizlenmesinin 10 yılda tamamlanabileceğini hesaplamışlardır.

Lin ve ark. (2021) *Pennisetum hybridum* türünde kentsel arıtma çamuru uygulamasının, biyokütle verimini 2.39 ve 2.80 kat arttırdığını, biyokütle azot içeriğinde de uygulama yapılmayan kontrol gruplarına kıyasla önemli artışlar sağlandığını kaydetmişlerdir. Araştırmacılar biyokütle tarımının, bu tarz atıkların içerdikleri ağır metaller dolayısı ile bertaraf edilmesindeki önemine vurgu yapmışlardır.



3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Materyal

Araştırmada Dev Kral otu (*Pennisetum hybridum*) türüne ait “Paraiso” çeşidi materyal olarak kullanılmıştır (Şekil 3.1).



Şekil 3.1. Dev Kral otu (*Pennisetum hybridum*) türüne ait “Paraiso” çeşidi

Deneme materyaline ait başlangıç çelikleri Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümünden temin edilmiştir.

3.2. Yöntem

3.2.1. Dev Kral otu (*Pennisetum hybridum*) depo plantasyonu

İzmir Bornova koşullarında tesis edilmiş olan Dev Kral otu plantasyonundan 2017 yılı içerisinde alınan çelikler, aynı yıl Haziran ayında MKÜ Ziraat Fakültesi Tıbbi Bitkiler

Koleksiyon Bahçesine dikilmiş ve depo plantasyon oluşturulmuştur. Bitkilerin tam teşekküllü hale gelmeleri sonrası buradan alınan çeliklerle, Amik Ovası koşullarında, MKÜ Ziraat Fakültesi Telgaliş Araştırma ve Uygulama Çiftliğinde yeni bir plantasyon daha oluşturulmuştur (Şekil 3.2).



Şekil 3.2. Amik Ovası koşullarında tesis edilmiş olan dev kral otu plantasyonu

Aynı süreçte, tek bir çeliğin yeni sürgün oluşturma potansiyelinin doğal ortamında izlenmesi amacıyla, çimlendirme tanklarında toprak içerisinde de dikim yapılmıştır (Şekil 3.3).



Şekil 3.3. Çimlendirme tanklarında, çelikten yetiştirilen dev kral otu bitkileri

Plantasyonda temizlik biçimi için bitkilerin fizyolojik olgunluğa gelmeleri beklenmiş, ancak kış döneminde bitkilerin halen vejetatif olmaları nedeni ile biçim 2018 yılı Ocak ayında yapılabilmektedir.

Plantasyon 2018 yılı Mart ayında 10 kg saf N/dekar hesabı ile Amonyum sülfat gübresi ile gübrelenmiştir. Yağışın yeterli olması nedeni ile ilkbahar dönemi sulama yapılmamış ancak Haziran ayı ve sonrasında

3.2.2. Su kültürü üretim materyalinin hazırlanması

Su kültürüne alınan deneme materyali, mevcut plantasyonun 2. yıl bitkilerinden temin edilmiştir. Bu amaçla ortalama 4-5 m boylanmış ve halen vejetatif olan bitki sapları 15 cm anız yüksekliğinden biçilmiştir. Yapraklarından temizlenen sapların tek boğum kalacak şekilde 15-20 cm uzunluğunda çelikler haline getirilmesi planlanmış ancak su kültürü kaplarında daha rahat çalışıldığının görülmesi üzerine çelik boyutları 20-25 cm uzunluğuna çıkarılmıştır (Şekil 3.4). Hazırlanan çeliklerde, herhangi bir varyasyona sebep vermemek adına gövde çapları benzeşen bitki saplarının alımına özen gösterilmiştir.

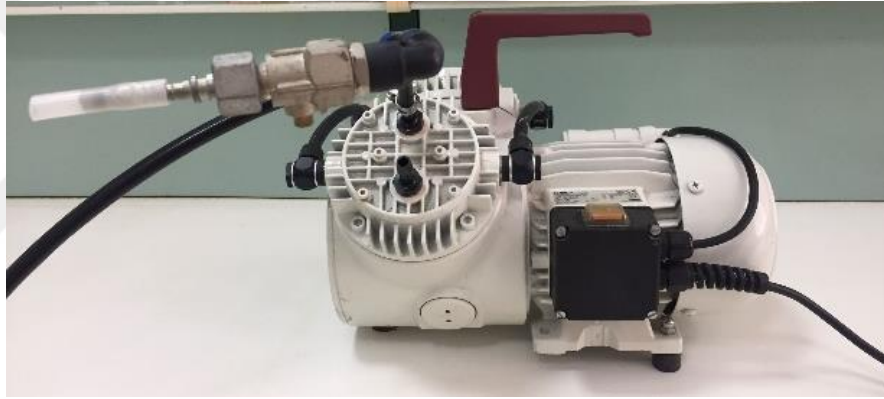


Şekil 3.4. Su kültürü üretim materyali olarak hazırlanan dev kral otu çelikleri

3.2.3. Su kültürü ortamı ve bitki yetiştiriciliği

3.2.3.1 Su kültürü düzeneği

Su kültürü düzeneği HMKÜ Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü Bitki Besleme Laboratuvarından temin edilmiştir. 3 L kapasiteli siyah kültür kapları ve bağlantı hortumlarını içeren hidroponik düzenek kontrollü koşulları temin etmek amacıyla Tarla Bitkileri Bölümü Hücre ve Doku Kültürü Laboratuvarı İklim Odasına yerleştirilmiştir. Sistemin oksijen ihtiyacı, hava filtrasyon imkanı da sunan, 7 bar g^{-1} max. işletim basıncı, 27 L dakika⁻¹ dağıtım basıncı özelliklerine sahip KNF N 145 AN.18 (KNF Neuberger GmbH, Freiburg, Germany) vakum pompası aracılığı ile sağlanmıştır (Şekil 3.5).



Şekil 3.5. KNF Vakum pompası

3.2.3.2 Hoagland besin çözeltisi

Besin çözeltisi ve stokları Hoagland ve Arnon (1950)'a göre hazırlanmıştır. Araştırmada kullanılan standart besin çözeltisinin içeriği Çizelge 3.1'de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Hoagland besin çözeltisi bileşimi (Hoagland ve Arnon, 1950)

Kimyasal Bileşik	Stok solüsyon	mL Stok solüsyon/1 L
Makro bileşikler		
2M KNO ₃	202 g/L	3
2M Ca(NO ₃) ₂ ·4H ₂ O	236 g/0.5 L	2
2M MgSO ₄ ·7H ₂ O	493 g/L	1
1M NH ₄ H ₂ PO ₄	115 g/L	1
Mikro bileşikler		
H ₃ BO ₃	2.86 g/L	1
MnCl ₂ ·4H ₂ O	1.81 g/L	1
ZnSO ₄ ·7H ₂ O	0.22 g/L	1
CuSO ₄ ·5H ₂ O	0.08 g/L	1
H ₂ MoO ₄ ·H ₂ O	0.02 g/L	1
C ₁₂ H ₁₂ Fe ₂ O ₁₈	5 g/L	1

Çözeltinin pH'sı 5.5-6.5 arasında, hafif asidik ve elektiriksel iletkenlik (EC) 2-2.5 mS cm⁻¹ olacak şekilde ayarlanmıştır. Değişkenlikler düzenli aralıklarla kontrol edilmiş ve oluşan sapmalar buffer solüsyonları yardımı ile düzenlenmiştir.

3.2.3.3 Bitki Yetiştiriciliği

Her bir su kültürü kabı, birim hacimde olması gereken Hoagland besin çözeltisi + destile su ile 2 L'lik hacme tamamlanmıştır. 2 L seviyesi, sonraki süreçte eksilen besin çözeltisinin takviyesi amacıyla her bir kapta işaretlenmiştir. Düzenegin oluşturulması ile Hoagland besin çözeltisi içeren hidroponik sistem vakum pompasına monte edilmiştir. Başlangıçta su kültürü kaplarının yuvalı kapaklarına birer dev kral otu çeliği girecek şekilde bir uygulama yapılmış, ancak yan tomurcukların su kültüründe kısa sürede fideye dönüşümünün gözlenmesi ve bunların kapaktan çıkarılma zorluğu nedeni ile bu uygulamadan vazgeçilmiştir. Araştırmanın devam eden bölümlerinde çelikler kültür kaplarının yan çeperlerine bir ataç yardımı ile tutturulmuş ve üretim kapaklar açık bir şekilde devam ettirilmiştir (Şekil 3.6).



Şekil 3.6. Su kültürü bitki yetiştiriciliği

Bitki yetiştiriciliği 3 litrelik yetiştirme kaplarında, her kap 5 çelik ve her bir uygulama kombinasyonu 10 kültür kabı (tekerrür) şeklinde oluşturulmuştur.

İklim odası 28-30 °C gündüz, 18-20 °C gece sıcaklığı ve 14/10 saatlik fotoperiyot koşullarına ayarlanmıştır. Deneme kaplarında bitki köklerinin oksijensiz kalmamaları için, hava (vakum) pompası aracılığı ile her deneme kabına sürekli temiz hava girişi sağlanmıştır. Eksilen Hoagland besin çözeltisi, üç günde bir başlangıç besin çözeltisi seviyesinde olacak şekilde takviye edilmiştir.

3.2.3.4 Bitki büyüme düzenleyici ve aktivatörü (BD-BA)

Araştırmada bitki büyüme düzenleyicileri ve ticari bir bitki aktivatörü deneme faktörü olarak konu edilmiştir (Çizelge 3.2). Bu amaçla bitki büyüme düzenleyicileri in vitro testlenimli ürünler olarak kullanılırken, bitki aktivatörü olarak, farklı ticari bitki üretimlerinde uygulamalarını gördüğümüz “Bactoboost” Baktogen AŞ, Türkiye firmasından temin edilmiştir.

Çizelge 3.2. Bitki büyüme düzenleyici ve aktivatörü ile uygulama dozları

Uygulama	Konsantrasyon
Kontrol	Hoagland besin çözeltisi
Bachtoboost	150 µL/L
IBA	1 mL/L
IBA+ BAP	0.5 mL/L + 1 mL/L

3.2.3.5 Su kültürü incelenen özellikler

Su kültürde bitki gelişimleri sürekli izlenerek, kök tacı tomurcukları ve fide oluşumları takip edilmiştir. Kök tacı tomurcukları suni tohum elde etmek amaçlı kullanılabilecek materyal olarak kaydedilirken, bu aşamada incelenen diğer özellikler şu şekilde sıralanmıştır.

3.2.3.5.1 Tek bir dev kral otu çeliğinde oluşan sürgün sayısı (adet/çelik)

Kültür kabındaki 4 çeliğin ürettiği toplam sürgün sayısının ortalaması alınmıştır. Sayımlar kültür başlangıcından itibaren 15, 30 ve 45. gün sonunda yapılmıştır.

3.2.3.5.2 Birim alanda yetiştirilen sürgün sayısı (sürgün/m²)

Kültür kabı yüzey alanından hareketle, toplam sürgün sayısı birim alanda olacak şekilde hesaplanmıştır. Bu maksatla kültür kabının dairesel yüzey alanı 0.0255 m² olarak hesaplanmıştır.

3.2.3.5.3 Birim alanda yetiştirilen kök tacı tomurcuk sayısı

Kültür kabı yüzey alanından hareketle, toplam kök tacı tomurcuk sayısı birim alanda olacak şekilde hesaplanmıştır. Bu maksatla kültür kabının dairesel yüzey alanı 0.0255 m² olarak hesaplanmıştır.

3.2.4. Suni tohumluk üretimi

Üretim materyali olarak 0.5-1 cm boyutlarındaki kök tacı tomurcukları kullanılmıştır (Şekil 3.7).



Şekil 3.7. Suni tohum üretim amaçlı kullanılan kök tacı tomurcukları

Uygun boyutta olduğu değerlendirilen tomurcuklar, laboratuvar ortamında, ana gövdeden de doku ihtiva edecek şekilde, skalpel yardımı ile kesilmiştir. İzole edilen sürgünler suni tohum eksplantı olarak laboratuvar ortamına alınmış ve steril saf su içerisinde +4°C’de kısa süreli muhafaza edilmişlerdir. Yüzey sterilizasyonu %10’luk sodyum hipoklorit+tween 20 içerisinde, 10 dakika süre ile yapılmış ve süre sonunda steril saf su ile yıkanmışlardır.

Yüzey kaplama ajanı olarak kullanılan doğal bir polimer olan Alginik asit ve kapsül katılaşmasını sağlayan çapraz bağ ajanı olarak ise kalsiyum klorür kullanılmıştır (Çizelge 3.3).

Çizelge 3.3. Suni tohum üretmek amaçlı kullanılan yüzey kaplama ajan ve dozları

Polimer	Çapraz bağ (cross link) ajanı
Alginic asit	Kalsiyum klorür
%1, %2 sodyum alginat	%1, %2, %3 CaCl ₂ .2H ₂ O

Dev kral otu eksplantlarının beslenmesi ve köklenme ile çimlenmenin teşviki amacıyla kalsiyum (Ca) içermeyen, sıvı ½ MS (Murashige ve Skoog, 1962) + 0.5 mg L⁻¹ BAP + 1 mg L⁻¹ IBA ilaveli 200 ml besi ortamı hazırlanmıştır. Besi ortamı 2 eşit parçaya bölünmüş ve çözeltiye %1 ve %2 konsantrasyonlarında alginik asit ilave edilerek

ısıtılmıştır. Homojen, şeffaf bir karışımın elde edilmesi ile ortam manyetik karıştırıcı üzerinde, oda sıcaklığına ulaşınca dek karıştırılmıştır.

Çapraz bağ ajanı %1, 2, 3 $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ konsantrasyonlarında 100 ml'lik çözeltiler halinde hazırlanmıştır.

Yüzey sterilizasyonu yapılan eksplantlar $\frac{1}{2}$ MS + alginik asit çözeltisine daldırılmış ve 30 dk. bu ortamda inkübe edilmişlerdir (Şekil 3.8). Süre sonunda, viskoz yapıdaki ortamla bulaşık olan eksplantlar bir spatül veya ucu kesilmiş pipet yardımı ile alınarak, manyetik karıştırıcı üzerinde hafif bir hızla dönmekte olan çapraz bağ solüsyonuna aktarılmıştır (Şekil 3.9). Böylece cross-link gerçekleştirilerek makro kapsüllerin oluşumu sağlanmıştır (Şekil 3.10).



Şekil 3.8. $\frac{1}{2}$ MS + alginik asit çözeltisine alınmış ekplantlar.



Şekil 3.9. Alginik asit çözeltisinden kalsiyum klorür çözeltisine aktarılan eksplantatlar



Şekil 3.10. Dev kral otu suni tohumlukları

Oluşturulan dev kral otu suni tohumları $+4\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'de 3 ve $\pm 25\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'ye ayarlanmış iklim dolabında 7 gün ve toplamda 10 gün depolanmıştır. Süre sonunda suni tohumlar torf+perlit karışımına ekilmiştir. Ca-Alginat makro kapsüllerinin çapraz bağlarının bozunumu amacıyla EDTA uygulaması yapılmıştır.

3.2.4.1 Suni tohumluk incelenen özellikler

3.2.4.1.1 Suni tohum kalitesi

Görsel inceleme ile oluşan kapsüllerin dış katman sertlik/yumuşaklık/elastikiyet durumları 1-5 skalası uygulanarak değerlendirilmiştir.

3.2.4.1.2 Suni tohumlardan fide oluşum oranı (%)

Doğrudan toprağa ekilmiş olan suni tohumlardan çimlenerek fide oluşturanların yüzdesi olarak ifade edilmiştir.

3.2.5. Verilerin değerlendirilmesi

Araştırma tesadüf parselleri deneme deseninde tek faktörlü olarak kurgulanmıştır. Hidroponik költürde kullanılan bitki aktivatörleri faktör olarak değerlendirilmiş ve kontrol grubu ile kıyaslanmıştır. Her bir uygulama 10 tekrarlamalı yapılmıştır. Sentetik tohum çalışmalarında ise polimer ve çapraz bağ ajanı kombinasyonu bir faktör kabul edilmiş ve 1-5 skalası ile değerlendirilmiştir. Araştırmadan elde edilen veriler SPSS V24 istatistik paket programında tek faktörlü deneme desenine göre analiz edilmiştir. Ortalamalar arası farklılıklar LSD çoklu karşılaştırma testi ile analiz edilerek her bir bitki aktivatörünün fide üretimi üzerindeki etkileri ortaya konulmuştur.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

4.1. Su kültürü yetiştiriciliğine ait bulgular

Su kültürü çalışmalarına 03.12.2018 tarihinde başlanmıştır. Bu bakımdan, normalde dev kral otu türü açısından açık alan fide çoğaltımına uygun olmayan bir sezonun da (kış ayları), fide üretimine uygunluğunun test edilmesi amaçlanmıştır. Ancak bu dönem bitkilerinde kısmi kurumaların, fizyolojik olumun da gözlenmiş olması, donor bitki saptama açısından sorun oluşturmuştur.

Belirlenen saplardan hazırlanan çelikler 10.12.2018 tarihinde su kültürü ortamına alınmış ve üretime başlanmıştır. Kültürün birinci haftasında su kültürüne aktarılan çeliklerin boğumlarındaki meristematik dokulardan sürgün gelişimleri gözlenmiştir. Bu sebeple yöntem kısmında da anlatıldığı üzere kültür kaplarının kapaklarındaki yuvalara yerleştirilmiş olan çelikler, sonraki süreçte açığa alınarak, doğrudan kapaklara tutturulmak sureti ile kültür edilmişlerdir.

Kültür kaplarında ilk haftalardan itibaren besin çözelti seviyesi düşmeye başlamıştır. Bu sebeple ortalama 10'ar gün aralıklarla, stok besin çözeltisinden, daha önce işaretlenmiş olan 2 L seviyesine kadar takviye yapılmıştır. Takviye çözelti miktarları ölçülmemiş ancak her kapta aynı olmadığı belirlenmiştir. Bununla birlikte fide sayısı ve boylarının artması ile birlikte eksilen çözelti miktarında da artış gözlenmiştir. Nitekim 45. gün gözlemi öncesinde 1 L'ye kadar besin çözeltisi takviyesinin yapıldığı kültür kapları olmuştur.

Dev kral otu bitkisi açık alan yetiştiriciliğinde koyu yeşil yapraklara sahip olan bir türdür. Bu durum genç yapraklar için de söz konusudur. Ancak iklim odasında tesis edilen su kültürü ortamında gelişen fidelerin, yapraklarının açık yeşil hatta kısmen sarı kaldığı gözlenmiştir. Bu durumun besin çözeltisi yetersizliğinden ziyade floresan ışığın kalitesinden kaynaklandığı değerlendirilmiştir (Şekil 4.1).



Şekil 4.1. İklim odasında koşullarında, dev kral otu türünün su kültürü yetiştiriciliği

4.1.1. Tek bir dev kral otu çeliğinde oluşan sürgün sayısı (adet/çelik)

Su kültürü ortamında yapılan dev kral otu fide yetiştiriciliğinde, her ne kadar ilk günlerde sürgün oluşumları gözlemlendi ise de sürgün sayımları kültür başlangıcından itibaren 15, 30 ve 45. günlerde yapılmış ve bunlarla ilgili istatistiki değerlendirmelere yer verilmiştir.

15. gün sürgün sayılarına uygulanan varyans analiz sonuçları Çizelge 4.1’de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Su kültürü ortamında, 15. gün dev kral otu sürgün sayılarına ait varyans analiz sonuçları

Kaynak	SD	Kareler Topl	Kareler Ort	F
Blok	9	0.258	0.029	1.1702
BD-BA	3	0.480	0.160	6.5319**
Hata	27	0.661	0.024	
Genel	39	1.398		

DK: %33.38

** Su kültürü ortamına eklenen BD-BA’lerinin sürgün sayısı üzerindeki etkisi $p \leq 0.01$ seviyesinde istatistiki açıdan önemlidir.

Varyans analiz sonuçları, su kültürü ortamına eklenen büyüme düzenleyicisi ve bitki aktivatörünün (BD-BA), erken dönem (15. günde) sürgün oluşumu üzerinde oldukça önemli ($p \leq 0.01$) etki gösterdiğini ortaya koymuştur.

Su kültüründe 15. günde oluşan çelik başına ortalama sürgün sayılarına uygulanan LSD testi Çizelge 4.2’de verilmiştir.

Çizelge 4.2. Su kültüründe 15. günde oluşan çelik başına ortalama sürgün sayısı

Uygulama	Ortalama sürgün sayısı (adet/çelik)
Kontrol	0.500 ab**
Bachtoboost	0.625 a
IBA	0.425 b
IBA+ BAP	0.325 b

LSD:0.1920

** Aynı sütun içerisinde, benzer harf ile gösterilen sürgün sayıları LSD %1’e göre, istatistiksel olarak birbirinden farklıdır.

Bitki aktivatörü olan ticari Bachtoboost formülasyonunun, su kültürü besin çözeltisine ilave edilmesi ile dev kral otu sürgün sayısında artış gözlenmiştir. Ancak kontrole kıyasla saptanan bu artışın istatistiksel olarak önemli olmadığı belirlenmiştir. Besin çözeltisi olarak Hoagland formülasyonunun tek başına kullanılması durumunda, Bachtoboost ilaveli ortamla istatistiki olarak benzeşen sayıda sürgün elde edilmiştir. İn vitro çalışmalarda sürgün gelişimi ve köklenmeyi teşvik ettiği bilinen büyüme düzenleyicilerinin, su kültürü ortamındaki etkisi sınırlı kalmıştır. IBA’nın tek başına veya BAP ile birlikte kullanımlarından birbirleri ile benzeşen, ancak kontrol ve Bachtoboost’a kıyasla istatistiki olarak daha az sayıda sürgün oluşumu saptanmıştır.

30. gün sürgün sayımlarında da uygulamaların etkisinin oldukça önemli olduğu görülmüştür (Çizelge 4.3).

30. günde oluşan çelik başına ortalama sürgün sayıları arasındaki farklılığın değerlendirildiği LSD testi ise Bachtoboost uygulamasının sürgün oluşumunu etkilediğini, ancak kontrol grubundan farklı bir sonuç ortaya koymadığını göstermiştir.

Çizelge 4.3. Su kültürü ortamında, 30. gün dev kral otu sürgün sayılarına ait varyans analiz sonuçları

Kaynak	SD	Kareler Topl	Kareler Ort	F
Blok	9	0.494	0.055	0.9673
BD-BA	3	0.875	0.292	5.1429**
Hata	27	1.531	0.057	
Genel	39	2.900		

DK: %25.75

** Su kültürü ortamına eklenen BD-BA'lerinin sürgün sayısı üzerindeki etkisi $p \leq 0.01$ seviyesinde istatistiki açıdan önemlidir.

Çizelge 4.4. Su kültüründe 15. günde oluşan çelik başına ortalama sürgün sayısı

Uygulama	Ortalama sürgün sayısı (adet/çelik)
Kontrol	1.000 a**
Bachtoboost	1.100 a
IBA	0.900 ab
IBA+ BAP	0.700 b

LSD:0.2958

** Aynı sütun içerisinde, benzer harf ile gösterilen sürgün sayıları LSD %1'e göre, istatistiksel olarak birbirinden farklıdır.

Sayımların sonlandırıldığı 45. günde de BD-BA uygulamalarının dev kral otu sürgün oluşumunu önemli derecede etkilediği görülmüştür (Çizelge 4.5).

45. gün sayımlarında IBA+ BAP uygulamasında yeni sürgün oluşumu gözlenmez iken, IBA uygulamasında çok az bir artış meydana gelmiştir (Çizelge 4.6). Buna karşın, Bachtoboost uygulaması 45. günde sürgün sayısını belirgin bir şekilde arttırmış, ancak saptanan farklılık benzer eğilimin saptandığı kontrol grubundaki sürgün sayısından farklı bulunmamıştır (Şekil 4.2). Dolayısı ile BD uygulamaları diğerlerinden istatistiksel olarak farklılaşmıştır.



Şekil 4.2. Su kültürü ortamında 45. gün sayımlarında dev kral otu sürgünleri (sol: kontrol, sağ: Bactoboost uygulaması)

Çizelge 4.5. Su kültürü ortamında, 45. gün dev kral otu sürgün sayılarına ait varyans analiz sonuçları

Kaynak	SD	Kareler Topl	Kareler Ort	F
Blok	9	1.389	0.154	0.6897
BD-BA	3	5.505	1.835	8.1994**
Hata	27	6.042	0.224	
Genel	39	12.936		

DK: %39.63

** Su kültürü ortamına eklenen BD-BA'lerinin sürgün sayısı üzerindeki etkisi $p \leq 0.01$ seviyesinde istatistiki açıdan önemlidir.

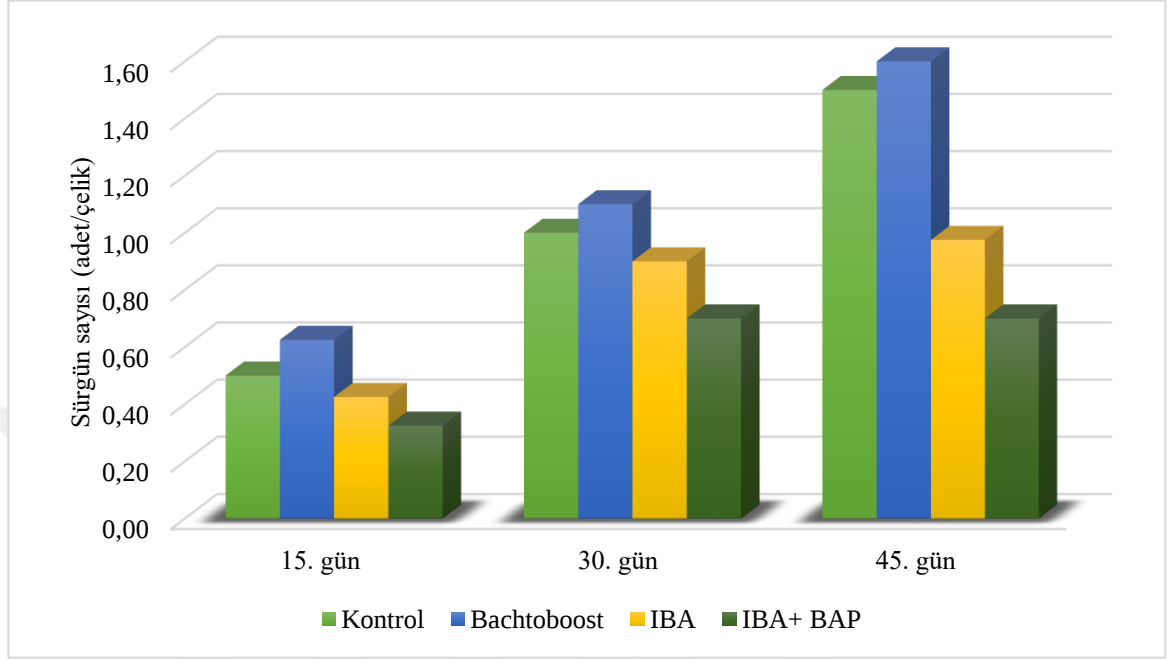
Çizelge 4.6. Su kültüründe 45. günde oluşan çelik başına ortalama sürgün sayısı

Uygulama	Ortalama sürgün sayısı (adet/çelik)
Kontrol	1.500 a
Bactoboost	1.600 a
IBA	0.975 bc
IBA+ BAP	0.700 b

LSD:0.2958

** Aynı sütun içerisinde, benzer harf ile gösterilen sürgün sayıları LSD %1'e göre, istatistiksel olarak birbirinden farklıdır.

Sürece ve BD-BA uygulamalarına bağlı olarak su kültürü ortamındaki dev kral otu sürgün sayılarındaki değişim Şekil 4.3’de görülmektedir.



Şekil 4.3. Kültür süreci ve BD-BA uygulamalarına bağlı su kültürü ortamındaki dev kral otu sürgün sayıları

4.1.2. Birim alanda yetiştirilen sürgün sayısı (sürgün/m²)

Mevcut çalışmanın temel amaçlarından birisi de, dev kral otu türü için sürdürülebilir bir vejetatif çoğaltım döngüsü için metodoloji ortaya koymak olduğundan, tek bir çelikten ziyade birim alandan ne kadar üretim yapılabileceği daha büyük bir önem arz etmektedir. Bu açıdan 15, 30 ve 45. günde saptanan sürgün sayıları, 1 m²’lik alandaki sayı olarak ifade edilmiş ve varyans analizine tabi tutulmuşlardır.

15. gün sayımlarından elde edilen sürgün sayıları için yapılan varyans analizi, BD-BA uygulamalarına bağlı olarak önemli değişimler olduğunu ortaya koymuştur (Çizelge 4.7).

Birim alanda, kültür başlangıcından 15 gün sonra saptanan dev kral otu sürgün sayıları üzerinde, BD-BA uygulamalarının oldukça önemli ($p \leq 0.01$) farklılık oluşturduğu görülmüştür (Çizelge 4.7). Bu farklılık üzerinde en etkili olan uygulamanın ise 98.039 sürgün/m² ortalama ile Hoagland besin çözeltisine ilave olarak Bachtoboost uygulanmasından kaynaklandığı görülmüştür (Çizelge 4.8). Bununla birlikte kontrol

grubu olan, saf Hoagland besin çözeltisinden elde edilen 78.431 sürgün/m² ortalamasının ise Bachtoboost uygulamasında oluşan ortalama ile istatistiki açıdan benzeştiği değerlendirilmiştir.

Çizelge 4.7. Su kültürü ortamı, birim alanda 15. gün dev kral otu sürgün sayılarına ait varyans analiz sonuçları

Kaynak	SD	Kareler Topl	Kareler Ort	F
Blok	9	6343.713	704.857	1.1702
BD-BA	3	11803.151	3934.384	6.5319
Hata	27	16262.973	602.332	
Genel	39	34409.837		

DK: %33.38

** Su kültürü ortamına eklenen BD-BA'lerinin sürgün sayısı üzerindeki etkisi $p \leq 0.01$ seviyesinde istatistiki açıdan önemlidir.

Çizelge 4.8. Birim su kültürü alanında, 15. günde oluşan ortalama sürgün sayısı

Uygulama	Ortalama sürgün sayısı (sürgün/m ²)
Kontrol	78.431 ab**
Bachtoboost	98.039 a
IBA	66.667 b
IBA+ BAP	50.980 b

LSD:30.41

** Aynı sütun içerisinde, benzer harf ile gösterilen sürgün sayıları LSD %1'e göre, istatistiksel olarak birbirinden farklıdır.

Bitki büyüme düzenleyicilerinin birim alandaki sürgün sayısına etkileri ise kontrole kıyasla oldukça düşük gerçekleşmiştir. Dolayısı ile auxin ve sitokinin grubundan fitohormonlar olan bu bileşiklerin, kültür başlangıç aşamasında sürgün oluşumu üzerine inhibitör etkilerinin olduğunu söylemek yanlış olmayacaktır.

Birim alanda 30. günde oluşan sürgün sayılarına uygulanan varyans analiz sonuçları Çizelge 4.9'da verilmiştir.

30. günde birim alanda üretilen ortalama sürgün sayıları arasındaki farklılık üzerindeki en etkili uygulama LSD testi ile değerlendirilmiştir (Çizelge 4.10). 30. gün sayımlarında, 1 m²'lik alanda en yüksek sürgün sayısı 172.549 olarak belirlenmiştir. Bu ortalamanın elde edildiği Bachtoboost uygulaması en etkili faktör olarak belirlense de, herhangi bir uygulama yapılmamış olan Hoagland besin çözeltisinde saptanan 156.863 sürgün/m² sayısı istatistiki açıdan benzer bulunmuştur.

Çizelge 4.9. Su kültürü ortamı, birim alanda 30. gün dev kral otu sürgün sayılarına ait varyans analiz sonuçları

Kaynak	SD	Kareler Topl	Kareler Ort	F
Blok	9	12149.171	1349.908	0.9673
BD-BA	3	21530.177	7176.726	5.1429
Hata	27	37677.810	1395.474	
Genel	39	71357.158		

DK: %25.75

** Su kültürü ortamına eklenen BD-BA'lerinin sürgün sayısı üzerindeki etkisi $p \leq 0.01$ seviyesinde istatistiki açıdan önemlidir.

Kültür başlangıcında sürgün oluşumunu engellediği belirlenen fitohormonların bulunduğu ortamlardan ise daha az sayıda sürgün elde edilmiştir. Ancak bu ortamlarda 15 günlük süreç sonunda da sürgün sayılarının yaklaşık ikiye katlandığı görülmüştür. m²'ye en düşük sürgün, IBA+ BAP uygulamasından 109.8 sürgün/m² ortalama ile gerçekleşmiştir.

Çizelge 4.10. Birim su kültürü alanında, 30. günde oluşan ortalama sürgün sayısı

Uygulama	Ortalama sürgün sayısı (sürgün/m ²)
Kontrol	156.863 a
Bachtoboost	172.549 a
IBA	141.176 ab
IBA+ BAP	109.804 b

LSD:0.2958

** Aynı sütun içerisinde, benzer harf ile gösterilen sürgün sayıları LSD %1'e göre, istatistiksel olarak birbirinden farklıdır.

Su kültürü ortamında son sayımlar 28.01.2019 tarihinde yapılmıştır (Şekil 4.4).



Şekil 4.4. Denemenin sonlandırıldığı dönemde dev kral otu sürgünleri

Bu dönemde yapılan sayımlarda birim alandaki bitki sayılarında önemli artışlar belirlenmiştir. 45. gün sürgün sayılarına uygulanan varyans analiz sonuçları, BD-BA uygulamalarının sürgün sayısı üzerinde oldukça önemli ($p \leq 0.01$) farklılık oluşturduğunu ortaya koymuştur (Çizelge 4.7).

Birim alanda 45. gün sürgün sayısı ortalamalarına uygulanan LSD testi, bu açıdan en etkili uygulamanın 250.980 sürgün/m² ortalama ile Bachtoboost uygulaması olduğunu ortaya koymuştur (Çizelge 4.8).

Çizelge 4.11. Su kültürü ortamı, birim alanda 45. gün dev kral otu sürgün sayılarına ait varyans analiz sonuçları

Kaynak	SD	Kareler Topl	Kareler Ort	F
Blok	9	34179.158	3797.684	0.6897
BD-BA	3	135447.889	45149.296	8.1994
Hata	27	148673.572	5506.429	
Genel	39	318300.619		

DK: %39.63

** Su kültürü ortamına eklenen BD-BA'lerinin sürgün sayısı üzerindeki etkisi $p \leq 0.01$ seviyesinde istatistiki açıdan önemlidir.

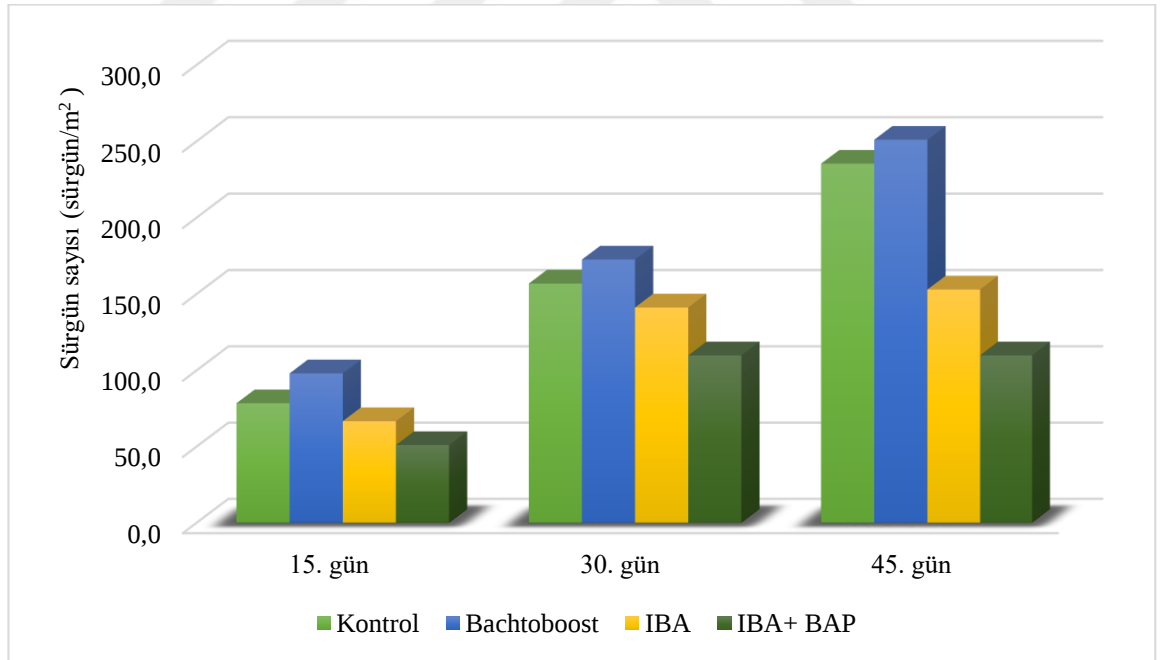
Çizelge 4.12. Su kültüründe 45. günde oluşan çelik başına ortalama sürgün sayısı

Uygulama	Ortalama sürgün sayısı (sürgün/m ²)
Kontrol	235.294 a
Bachtoboost	250.980 a
IBA	152.941 bc
IBA+ BAP	109.804 c

LSD:0.2958

** Aynı sütun içerisinde, benzer harf ile gösterilen sürgün sayıları LSD %1'e göre, istatistiksel olarak birbirinden farklıdır.

Bununla birlikte kontrol grubunda saptanan 235.294 sürgün/m² ortalamasının ise Bachtoboost uygulamasından farklı olmayan bir sonuç olduğu görülmektedir. IBA uygulaması 45. günde, 30. Güne kıyasla bir miktar artış meydana getirmiştir. Ancak bu artışın diğer uygulamalardaki gibi belirgin olmadığı görülmektedir. Öte taraftan IBA+ BAP uygulamasında, bir önceki sayım dönemine göre hiçbir değişim meydana gelmemiş, yeni sürgün oluşumu 30. günde durmuştur (Şekil 4.5).



Şekil 4.5. Kültür süreci ve BD-BA uygulamalarına bağlı birim su kültürü alanındaki dev kral otu sürgün sayıları

4.1.3. Birim alanda yetiştirilen kök tacı tomurcuk sayısı

Mevcut araştırmanın amaçlarından birisi de suni tohum oluşturmak üzere kullanılabilecek kök tacı sürgünlerinin, sürdürülebilir bir şekilde su kültürü ortamından elde edilmesi olarak planlanmıştır. Ancak sap çeliklerinin kültür edildikleri ilk andan itibaren, sap boğumlarında yer alan meristematik yapılar (yaprak kını bağlantı bölgesi) hemen sürgüne dönüştükleri gözlenmiştir. Su kültürü çalışmalarının devam ettiği süreç boyunca sap çeliklerinde, topraktan sökülen bitki kök bölgesinde gözlemlediğimiz tomurcuk halindeki sürgünler (Şekil 4.6) oluşmamıştır.



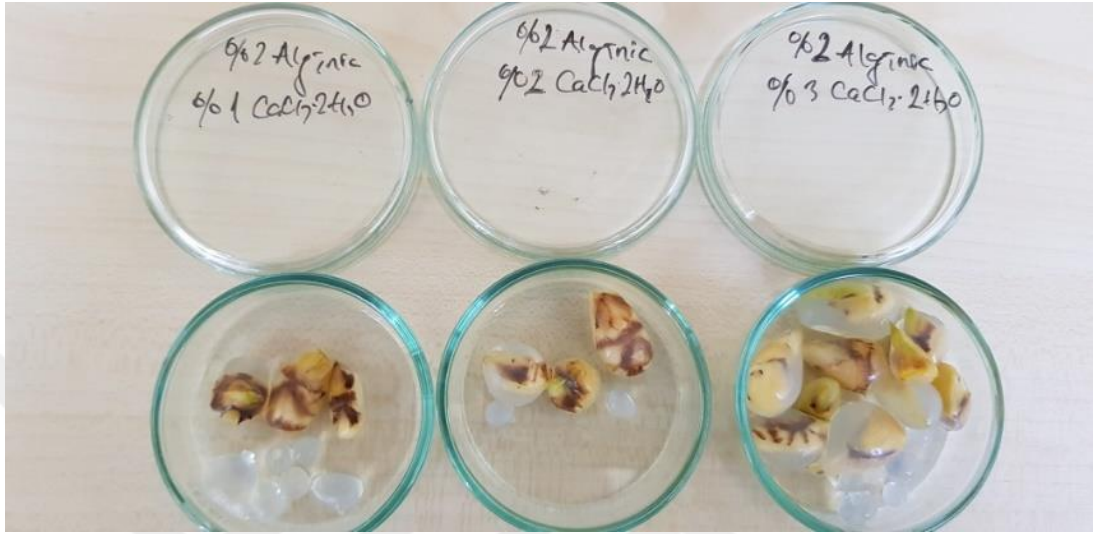
Şekil 4.6. Toprakta gelişmiş kök tacı sürgünleri

Dolayısı ile su kültürü ortamında oluşmasını hedeflediğimiz bu yapılar araştırma süresince elde edilememiştir.

4.2. Suni tohum çalışmalarına ait bulgular

Organik materyallerin biyo-materyallerle kaplanması teknolojisi, son yıllarda çok farklı bilim disiplininin ilgi alanı olmuştur. Zira kaplanacak herhangi bir bitki dokusu, sentetik tohum niteliğinde yeni bir birey meydana getirebilme potansiyeline sahiptir.

Mevcut araştırma kapsamında bu amaçla kullanılan kaplama ajanlarının dev kral otu vejetatif dokularından suni tohum oluşturmak amacıyla rahatlıkla kullanılabileceği görülmüştür (Şekil 4.7).



Şekil 4.7. Biyopolimerik makro kapsül oluşturma çalışmaları

Yapılan değerlendirmelerde oluşturulan makro kapsüllerde %1'lik alginik asit içeren ortamların suni tohum oluşturma kabiliyetinde olmadığı gözlenmiştir. Bununla birlikte $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 'nun %1'lik konsantrasyonu da yeterli çapraz bağ oluşturmamış ve kapsüller çok yumuşak kalmıştır. Farklı ortam kombinasyonlarında oluşan makro kapsüllerin yapısal durumu Çizelge 4.9'da irdelenmiştir.

Çizelge 4.13. Farklı polimer ve çapraz bağ ajanı konsantrasyonlarında oluşan makro kapsüllerin, yapısal durumu

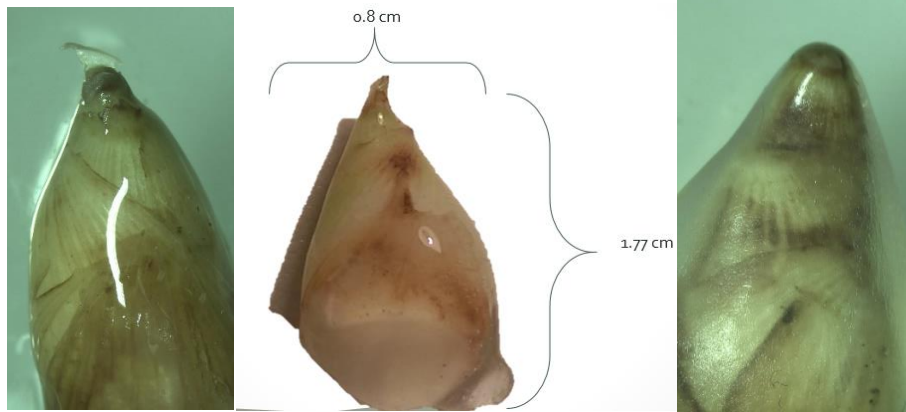
Alginik asit	Çapraz bağ ajanı ($\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)		
	%1	%2	%3
%1	Kapsül oluşmadı, viskoz akıcı yapıda	Kapsül oluştu, viskoz değil ancak yapışkan dokulu	Kapsül oluştu, yumuşak dokulu, çapraz bağ çok zayıf
%2	Kapsül oluştu, viskoz değil ancak yapışkan	Kapsül oluştu, yumuşak dokulu	Kapsül oluştu, ideal elastikiyette

En ideal kapsül elastikiyeti %2 alginik asit+%3 $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ uygulamasından elde edilmiştir (Şekil 4.8).



Şekil 4.8. Ca-Alginat ile oluşturulan Dev kral otu suni tohumları

Suni tohum oluşturmak amacı ile kullanılan eksplantatların ortalama 1.77 cm uzunluk ve 0.8 cm eninde oldukları belirlenmiştir. Kaplama ajanlarının bitki dokusu çevresinde çok ince bir tabaka oluşturduğu ve oluşan makro kapsüllerin de ortalama benzer boyutlarda olduğu gözlenmiştir (Şekil 4.9.).



Şekil 4.9. Dev kral otu kök tacı sürgünü ve Ca-Alginat suni tohumları

Dev kral otu Ca-Alginat suni tohumları yöntem kısmında belirtilen farklı sıcaklıklarda depolama süresi sonunda torf+perlite karışımına doğrudan ekilmişlerdir (Şekil 4.10).



Şekil 4.10. Doğrudan toprağa ekilen dev kral otu suni tohumları

Ca-Alginat makro kapsüllerinin çapraz bağlarının kopmasını sağlamak amacıyla metal şelatör olan EDTA püskürtme şeklinde uygulanmış ve tohumların üzeri toprak ile kapatılmıştır. Periyodik olarak yapılan gözlemlerde kaplama materyalinin peyderpey çözünmeye başladığı görülmüştür. Toprağa aktarımın ilk haftasından sonra bitki dokularında kararmalar gözlenmiştir. İlk hafta sonunda polimer tamamen ortadan kaybolmuş ancak herhangi bir çimlenme belirlenmemiştir. Buna rağmen suni tohumlar ikinci hafta içinde toprakta muhafaza edilmişlerdir. Bu süreç sonunda suni tohumların

imlenmeden b z   p karardıkları görülmüş ve çalışmanın bu aşaması böylece sonlandırılmıştır. Toprakta nem olmasına rağmen suni tohumların b z  mesinin EDTA'dan kaynaklanabileceği d   n lm  t r. Zira EDTA bir metal  elat r d r ve kaplama materyalindeki Ca iyonlarını alıyorken, bitki dokularındaki diğer elementleri de almış olabileceği ve doku deformasyonuna neden olduğu değerlendirilmiştir.



5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Tamamlanan mevcut araştırma kapsamında, çoğaltımı sadece vejetatif yolla (çelik) mümkün olan Dev Kral otu türünün, üretim materyali için alternatif bir çoğaltım yöntemi ile toprağa, zamana ve iklime bağımlılığı ortadan kaldırarak başlangıç materyali belli, hastalıklardan ari ve sürdürülebilir bir tohumluk üretim döngüsü oluşturulmuştur. Bu amaçla kullanılan hidroponik sistemde bitki aktivatörleri de test edilmiş, hidroponik ortamın etkinliği artırılmıştır. Böylece birim eksplant başına maksimum tohumluk üretiminin protokolleri ortaya konulmuştur.

Su kültürü çalışmalarına 03.12.2018 tarihinde başlanmış ve 28.01.2019 tarihinde sonlandırılmıştır.

Su kültürü çalışmalarının başlangıcından itibaren 15, 30 ve 45. günlerde yapılan sayımlardan şu sonuçlar elde edilmiştir.

- Bitki aktivatörü olan ticari Bachtoboost formülasyonunun, su kültürü besin çözeltisine ilave edilmesi ile dev kral otu sürgün sayısında artış gözlenmiştir. Ancak tüm sayım dönemlerinde bu uygulamadan elde edilen sonuçların, Hoagland besin çözeltisinin saf olarak kullanıldığı uygulamadan farklı olmadığı belirlenmiştir.
- Su kültürü çalışmalarının sonlandırıldığı 45. gün sayımlarında, kültüre alınan çeliklerden ortalama 1.6 sürgün elde edilmiştir.
- Aynı süreçte birim alana en yüksek sürgün sayısı, aynı şekilde Bachtoboost uygulamasından 250.980 sürgün/m² ortalama ile gerçekleşmiştir. Hoagland besin çözeltisinin saf olarak kullanıldığı kontrol grubunda saptanan 235.294 sürgün/m² ortalama ise Bachtoboost uygulamasından farklı olmayan bir sonuç olarak kaydedilmiştir.
- Su kültürü çalışmalarının devam ettiği süreç boyunca sap çeliklerinde kök tacı sürgünü oluşmamıştır.
- Suni tohum geliştirme çalışmalarında en ideal kaplamanın %2 alginik asit+%3 CaCl₂.2H₂O uygulamasından elde edildiği görülmüştür.
- Oluşturulan kapsüllerin ortalama 1.77 cm uzunluk ve 0.8 cm eninde oldukları saptanmıştır.
- Doğrudan toprağa ekimi yapılan dev kral otu suni tohumlarında çimlenme gözlenmemiştir.

Tamamlanan bu araştırma sonucunda, piyasada mevcut olan farklı bitki aktivatörlerinin de hidroponik ortamda denenmesi gerektiği değerlendirilmiştir.

Öte taraftan suni tohum çalışmalarında, kaplama kalitesi açısından görsel ve elle yapılan değerlendirmeler yerine stabilite (denge, kararlılık), reoloji (akışkanlık) testi, elektroforetik hareketlilik, film kalınlığı, mekanik ve in vitro bozulum testlerinin kullanılmasının daha doğru ve bilimsel bir yaklaşım olacağı ve bu değerlendirmeler neticesi kapsülasyon önerisinin sunulması gerektiği düşünülmüştür.

Planlanacak sonraki çalışmalarda kaplama ajanı olarak daha basit, toprakta daha uzun kalabilen örneğin wax gibi ürünler ile tohum kaplama materyallerinin de denenmesi gerektiği değerlendirilmiştir.



KAYNAKLAR

- Álvarez, S., Méndez, P., Martínez-Fernández, A., 2021. silage fermentation and chemical composition of *Chamaecitysus proliferus* var *palmensis* (tagasaste) and *Pennisetum* sp (maralfalfa) using different additives. **Journal of Animal & Plant Sciences**, 10187081, 31, 4, 929-936.
- Bogdan, A.V., 1977. **Tropical Pasture and Fodder Plants**. (Longman: London and New York).
- Campos, F.P., Lanna, D.P.D. Bose, M.L.V. Boin, C. and Sarmiento, P., 2002. Elephantgrass (*Pennisetum purpureum*) degradability at different maturity stages evaluated by the in vitro/gas technique, **Scientia Agricola**, 59(2):217-225.
- Cardona E. M., Rios J. A., Peña J. D., Rios L. A. 2013. Alkaline pretreatment of elephant grass (*Pennisetum* Sp) and king grass (*Pennisetum hybridum*) cultured in colombia for ethanol production. **Inf. tecnol.** vol.24 no.5 La Serena, <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642013000500009>
- Çeliktaş N., Ünal M.Ü., Can E., Atış İ., Şener A., Yavuz T., Eren Ö., 2017. Dünya Biyoenerji Model Türü Dalli Darı (*Panicum virgatum* L.) Genotiplerinin Ülkemiz Akdeniz ve Karasal İklim Kuşaklarında Biyoetanol Üretim Kapasitelerinin Belirlenmesi, Seleksiyonu ve Tohumluk Üretimi. TÜBİTAK, 113O009 no’lu Prj. Sonuç Raporu, Hatay.
- Ferreira J., E., Paulino, V. T., Possenti, R. A., and Lucenas, T. L. 2009. Aditivos em silagem de capim elefante paraíso (*Pennisetum hybridum* cv. paraíso). **Archivos de Zootecnia**, 58(222), 185-194.
- Geren, H., 2014. Farklı Oranlarda Baklagil Yembitkileri ile Silolanan Dev Kralotu (*Pennisetum hybridum*)’nun Bazı Kalite Özellikleri Üzerine Bir Araştırma, **Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi**, 51(2):209-217.
- Geren H., Kavut Y.T., 2015. Effect Of Different Plant Densities on The Yield And Some Silage Quality Characteristics Of Giant King Grass (*Pennisetum hybridum*) Under Mediterranean Climatic Conditions. **Turk J Field Crops**, 20(1), 85-91.
- Geren H., Kavut Y., Ünlü H. 2020. Effect of different cutting intervals on the forage yield and some silage quality characteristics of giant king grass (*Pennisetum hybridum*) under mediterranean climatic conditions. **Turkish Journal of Field Crops** 25, 1, 1-8, <https://doi.org/10.17557/tjfc.737467>
- Haegerle T., Arjhan W., 2017. The effects of cultivation methods and planting season on biomass yield of Napier grass (*Pennisetum purpureum* Schumach.) under rainfed conditions in the northeast region of Thailand. **Field Crops Research**, 214, 359-364.
- He L., Zhu Q.i, Wang Y., Chen C., He M., Tan F. 2021. Irrigating digestate to improve cadmium phytoremediation potential of *Pennisetum hybridum*. **Chemosphere**, 279, 130592, ISSN 0045-6535, <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.130592>.
- IEA. 2011. “International Energy Agency Statistics”. <http://www.iea.org/topics/biofuels/>
- Jiang Y., Wu Q., Wei Z., Wang J., Fan Z., Pang Z., Zhu Z., Zheng S., Lin X., Chen Y. 2019. Papermaking potential of *Pennisetum hybridum* fiber after fertilizing treatment with municipal sewage sludge, **Journal of Cleaner Production**, Volume 208, 889-896, ISSN 0959-6526, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.10.148>.

- Kukkonen, C. 2009. **An Energy Crop for Cellulosic Biofuels & Electric Power Plants**, VIASPACE Inc. Irvine, California USA
- Kun Z., Yuan Li, YanQun Zu, JianJun C., Jing Y. 2011. Effects of atrazine stress on the growth of *Pennisetum hybridum*. **Agricultural Science & Technology - Hunan**, Vol.12 No.11 pp.1653-1656 ref.17
- Lin, X., Chen, X., Li, S. *et al.* 2021. Sewage sludge ditch for recovering heavy metals can improve crop yield and soil environmental quality. *Front. Environ. Sci. Eng.* 15, 22 <https://doi.org/10.1007/s11783-020-1314-1>
- Magalhães, J.A., Lopes, E.A., Rodrigues, B.H.N., Costa, N.d.L., Barros N.N. and Mattei, D.A. 2006. Influence of the nitrogen fertilization and of the cut age on the forage yield of the elephant grass, **Revista Ciência Agronômica**, 37(1):91-96
- Ma, C., Naidu, R., Liu, F. *et al.* 2012. Influence of hybrid giant Napier grass on salt and nutrient distributions with depth in a saline soil. **Biodegradation** 23, 907–916 <https://doi.org/10.1007/s10532-012-9583-4>
- Pritchard, A.J. 1971. The hybrid between *Pennisetum typhoides* and *P. purpureum* as a potential forage crop in South-eastern Queensland, **Tropical Grasslands**, 5(1):35-39
- 'tMannetje, L. 1992. ***Pennisetum purpureum* Schumacher**. In: 'tMannetje, L. and Jones, R.M. (eds) *Plant Resources of South-East Asia No:4. Forages*. Pp:191-192. (Pudoc Scientific Publishers, Wageningen, the Netherlands).
- Tegami Neto, Â. and Mello S. 2007. Avaliação da produtividade e qualidade do capim paraíso (*Pennisetum hybridum*), em função de diferentes doses de nitrogênio em cobertura e frequência de corte, **Nucleus**, 4(1-2):9-12.
- TÜBİTAK, 2004. Ulusal Bilim ve Teknoloji Politikaları 2003-2023 Strateji Belgesi. Ankara, Türkiye.
- Sarkar, N., Ghosh, S. K., Bannerjee, S., Aikat, K. 2012. “Bioethanol Production From Agricultural Wastes”. An Overview. **Renewable Energy**, 37:19-27. TÜBİTAK (2003)
- Velásquez DMP, Vásquez YNH, Ameri NHC, Bautista FEA, Maza RMM, 2020. Forage production and quality of three species of the genus *Pennisetum* in the high Andean zone of Ancash. Producción y calidad forrajera de tres especies del género *Pennisetum* en el Valle Altoandino de Ancash *Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales*, 7, 1, 21-29
- Viaspace, http://www.viaspace.com/giant_king_grass_info.php. Alıntı tarihi Mayıs, 2018.
- Vilela, H., Barbosa F.A., Rodriguez N. and Benedetti E. 2001. **Efeito da idade planta sobre a produção e valor nutritivo do capim elefante Paraíso (*Pennisetum hybridum*)**. Anais: 38. Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia. Julho de 2001. Piracicaba/SP:320- 321.
- Wadi, A., Ishii Y. and Idota S. 2004. Effects of cutting interval and cutting height on dry matter yield and overwintering ability at the established year in *Pennisetum* species, **Plant Prod. Sci.** 7(1):88-96.
- Waramit, N. and J. Chaugool, 2014. Napier grass: A novel energy crop development and the current status in Thailand. **J. Int. Soc. Southeast Asian Agric. Sci.**, 20: 139-150.