ANKARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

KABUK OLUŞAN TOPRAKTA SIVI ANYONİK POLİAKRİLAMİDİN (PAM) ŞEKER PANCARI (*Beta Vulgaris* L.) ÇIKIŞINA VE TOPRAK PENETRASYON DİRENCİNE ETKİSİ

Mücahit İlkay MİL

TOPRAK BİLİMİ ve BİTKİ BESLEME ANABİLİM DALI

ANKARA
2024

Her hakkı saklıdır

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

KABUK OLUŞAN TOPRAKTA SIVI ANYONİK POLİAKRİLAMİDİN (PAM) ŞEKER PANCARI (*Beta vulgaris* L.) ÇIKIŞINA VE TOPRAK PENETRASYON DİRENCİNE ETKİSİ

Mücahit İlkay MİL

Ankara Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Özge ŞAHİN

Yeni nesil anyonik sıvı poliakrilamidin (PAM) şeker pancarı (*Beta vulgaris* L.) çimlenme oranı, toprak penetrasyon direnci, su tutma kapasitesi, verim ve şeker oranı üzerine etkilerini belirlemek için Karaman ilinde tarla koşullarında deneme yürütülmüştür. Anyonik sıvı poliakrilamid yağmurlama sulama ile kontrol, 1 kg da^{-1}, 1.5 kg da^{-1} ve 2 kg da^{-1} olacak sekilde uygulanmıştır. Deneme toprağı alkali reaksiyonlu olup, organik maddece fakir ve killi tın tekstüre sahip olup kabuk oluşumuna yatkın karakterdedir. Toprak nem içeriği 15 gün boyunca 0-10 cm derinlikte sensörler vasıtasıyla izlenmiştir. Toprak penetrasyon direnci 0-1 cm derinlikte sırasıyla 0.11, 0.06, 0.02 ve 0.02 MPa ve 1-2 cm derinlikte sırasıyla 0.21, 0.16, 0.14 ve 0.13 MPa olarak belirlenmiştir. İlk sulama ile toprak üst tabakasında belirgin bir fark gözlemlenirken, son sulama sonrası bu fark kaybolmuştur. Diğer derinliklerde istatistiksel olarak fark gözlemlenmemiştir. Toprak nem tutma kapasitesi açısından incelendiğinde, kontrol grubuna kıyasla PAM uygulamalarında sırasıyla %6, %10 ve %20 oranında artış gözlemlenmiştir. Çimlenme oranlarında ise erkencilik ve homojenite PAM uygulama dozlarına bağlı olarak artış göstermiştir. İlk çimlenme sayımı yapıldığında çimlenme oranları kontrol grubuna kıyasla PAM uygulamalarında sırasıyla %1,70, %2,84, %4,55 ve %6,82 olmuş, diğer sayımlarda da farklı dozlarda paralel sonuçlar elde edilmiştir. Verimde yüksek doz PAM uygulamasıyla kontrol grubuna göre yaklaşık %10'luk bir fark kaydedilmiştir. Diğer dozlar arasındaki fark ise istatistiksel açıdan anlamlı bulunmamıştır. Bu bulgular, şeker pancarı tarımında PAM kullanımının toprak kabuğuyla mücadele etmek ve verimliliği artırmak için etkili bir yöntem olduğunu göstermektedir.

Eylül, 2024, 72 sayfa

Anahtar Sözcükler: Şeker pancarı (*Beta Vulgaris* L.), kabuk tabakası, poliakrilamid, çimlenme

ABSTRACT

Master Thesis

EFFECT OF LIQUID ANIONIC POLYACRYLAMIDE (PAM) IN CRUST FORMING SOIL ON SUGAR BEET (*Beta Vulgaris* L.) EMERGENCE AND SOIL PENETRATION RESISTANCE

Mücahit İlkay MİL

Ankara University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Soil Science

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Özge ŞAHİN

An experiment was conducted under field conditions in Karaman province to determine the effects on germination rate, soil penetration resistance, water holding capacity, yield and sugar content of sugar beet (*Beta vulgaris* L.). Anionic liquid polyacrylamide was applied as control, 1 kg da^{-1}, 1.5 kg da^{-1} and 2 kg da^{-1} via sprinkler irrigation. The soil of the experiment was alkaline reaction, poor in organic matter, clay loam textured and prone to crust formation. Soil moisture content was monitored by sensors at 0-10 cm depth for 15 days. Soil penetration resistance was determined as 0.11, 0.06, 0.02 and 0.02 MPa at 0-1 cm depth and 0.21, 0.16, 0.14 and 0.13 MPa at 1-2 cm depth, respectively. While a significant difference was observed in the upper soil layer with the first irrigation, this difference disappeared after the last irrigation. No statistical difference was observed at other depths. When analyzed in terms of soil moisture retention capacity, an increase of 6%, 10% and 20% was observed in PAM treatments compared to the control group, respectively. In terms of germination rates, earliness and homogeneity increased depending on PAM application doses. When the first germination count was made, germination rates were 1.70%, 2.84%, 4.55% and 6.82% in PAM treatments compared to the control group, respectively, and parallel results were obtained in other counts at different doses. A difference of about 10% was recorded in yield with high dose PAM application compared to the control group. The difference between the other doses was statistically insignificant. These findings indicate that the use of PAM in sugar beet farming is an effective method to control soil crust and increase productivity.

September, 2024, 72 pages

Key Words: Sugar beet (*Beta Vulgaris* L.), Soil Crust, Polyacrylamide, Seed Germination

ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın amacı, PAM kullanımı ile toprak kabuklaşmasının önlenmesi ve tohum çıkışının iyileştirilmesi konularında pratik ve bilimsel veriler elde etmektir. Gerçek saha ortamında gerçekleştirilen bu araştırma, doğrudan üretim alanlarındaki sorunlara çözüm önerileri sunmayı hedeflemektedir. Elde edilen bulgular, şeker pancarı üretiminde verimliliği artıracak ve çiftçilerin karşılaştığı zorlukları hafifletecek uygulamalar geliştirilmesine katkıda bulunacaktır. Elde edilen bulguların, gelecekte yapılacak araştırmalara ve uygulamalara ışık tutmasını umut ediyorum.

Tez çalışmam boyunca bana destek olan ve yol gösteren birçok kişi ve kurum bulunmaktadır. Öncelikle, danışman hocam Doç. Dr. Özge ŞAHİN'e, araştırmamın her aşamasında sağladığı değerli yönlendirmeleri, bilimsel katkıları ve sürekli motivasyonu için en içten teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca istatistiki verilerin derlenmesi konusunda Dr. Hayri ÜSTÜN'e teşekkürlerimi borç bilirim.

Gerçek saha ortamında yapılan bu çalışmada ürün temini sağlayan ve laboratuvar çalışmalarında destek sağlayan SNF firmasına ve sahada bana destek olan çiftçilerimize de özel teşekkürlerimi sunmak isterim. Onların işbirliği ve desteği olmadan, bu çalışmanın gerçekleştirilmesi mümkün olmazdı. Bu çalışmanın, hem firma hem de çiftçiler için somut faydalar sağlamasını umuyorum.

Son olarak, bu süreçte beni her daim destekleyen ve yanımda olan başta aileme ve arkadaşlarıma en derin teşekkürlerimi sunarım. Onların anlayışı, sabrı ve sevgisi, bu tezin yazım sürecinin en büyük moral kaynağım olmuştur.

Mücahit İlkay MİL
Ankara, Eylül 2024

İÇİNDEKİLER

ÖZET ..... **ii**
ABSTRACT ..... **iii**
ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR ..... **iv**
KISALTMALAR DİZİNİ ..... **vii**
ŞEKİLLER DİZİNİ ..... **viii**
ÇİZELGELER DİZİNİ ..... **ix**
1. GİRİŞ **1**
2. KURAMSAL TEMELLER ve KAYNAK ÖZETLERİ **10**
3.MATERYAL ve YÖNTEM **20**
3.1 Materyal **20**
3.1.1 Deneme alanı **20**
3.1.2 İklim verileri **20**
3.1.3 Toprak hazırlığı **22**
3.1.4 Toprak özellikleri **22**
3.1.5 Sulama yöntemi **22**
3.1.6 Tohumluk ve kültürel işlemler **22**
3.1.7 Kullanılan PAM ve özellikleri **23**
3.1.8 Kullanılan nem sensörü ve istasyon **23**
3.2 Yöntem **24**
3.2.1 Deneme planı ve uygulamalar **24**
3.2.2 Toprak örneklemesi ve analiz yöntemleri **25**
3.2.3 Toprak nemi ölçümleri **27**
3.2.4 Penetrometre ölçümleri **27**
3.2.5 Şeker pancarı çimlenme ve çıkış dönemi fenolojik gözlemleri **28**
3.2.6 Bitki verim ve şeker oranı **29**
3.2.7 Toprak kabuk oluşumu indeksi **30**
3.2.8 İstatistiki analizler **30**
4. ARAŞTIRMA BULGULARI **31**
4.1 Deneme Toprağı **31**
4.1.1 Toprak kabuk oluşumu indeksi **34**
4.2 Farklı PAM Dozlarının Toprak Penetrasyon Direncine (SPR) Etkisi **34**
4.2.1 Farklı zamanlarda alınan penetrometre verilerinin karşılaştırılması **42**
4.3 Toprak Nem Değerleri **42**
4.4 Farklı PAM Dozlarının Çimlenme Üzerine Etkisi **46**
4.5 PAM Uygulamalarının Verim ile Şeker Oranı Üzerindeki Tesiri **52**
4.5.1 Kök verimi **52**
4.5.2 Şeker oranı **55**
5. TARTIŞMA VE SONUÇ **58**
5.1 Öneriler **62**

KAYNAKLAR **64**
ÖZGEÇMİŞ **72**

KISALTMALAR DİZİNİ

AÇ	Atık Çamuru
AS	Amonyum Sülfat
Ca	Kalsiyum
$CaCO_3$	Kireç
cm	Santimetre
da	Dekar
EC	Elektriksel İletkenlik
ESP	Değişebilir Sodyum Yüzdesi
GMS	Granüler Matris Sensörü
HA	Hümik Asit
IR	İnfiltrasyon Hızı
K	Potasyum
KDK	Katyon Değişim Kapasitesi
l	Litre
Mg	Magnezyum
ml	Mililitre
mPa	Milipaskal
N	Azot
Na	Sodyum
P	Fosfor
PAM	Poliakrilamid
PG	Fosfojips
PS	Polisakkarit
PVA	Polivinil Alkol
PVAc	Polivinilasetad
S	Kükürt
SPR	Toprak Penetrasyon Direnci
TKI	Toprak kabuk indeksi
Z	Zeolit

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1 Deneme sahasında oluşan kabuk tabakası 5
Şekil 1.2 Kabuk tabakası sebebi ile şeker pancarında sarı kıvrım oluşumu 7
Şekil 3.1 Karaman il haritası ve deneme alanı 20
Şekil 3.2 Watermark nem sensörü 23
Şekil 3.3 Nem takip istasyonu 24
Şekil 3.4 Araştırmada kullanılan penetrometre 28
Şekil 3.5 Şeker pancarı büyüme aşamaları 29
Şekil 4.1 Birinci penetrometre ortalama ölçüm değerleri 36
Şekil 4.2 İkinci penetrometre ortalama ölçüm değerleri 39
Şekil 4.3 Toprak nem değerleri 43
Şekil 4.4 Farklı PAM dozlarında % çimlenme oranı (1. Sayım) 47
Şekil 4.5 Farklı PAM dozlarında % çimlenme oranı (2. Sayım) 48
Şekil 4.6 Farklı PAM dozlarında % çimlenme oranı (3. Sayım) 48
Şekil 4.7 Farklı PAM dozlarında % çimlenme oranı (4. Sayım) 49
Şekil 4.8 Farklı PAM dozlarında % çimlenme oranı (5. Sayım) 49
Şekil 4.9 Farkli PAM uygulamalarının verime etkisi 53
Şekil 4.10 Farklı PAM uygulamalarının şeker oranına etkileri 56

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1 Şehirler bazında şeker pancarı ekim alanı ve yüzde dağılımı (2022) 2
Çizelge 3.1 Karaman ili ekim dönemine ait ortalama meteorolojik veriler 21
Çizelge 4.1 Deneme toprağına toprak analizi 31
Çizelge 4.2 Deneme toprağına ait toprak tekstür sınıfı 33
Çizelge 4.3 Birinci penetrometre ortalama ölçüm değerleri 35
Çizelge 4.4 Değişkenlik analizi (ilk uygulama) 37
Çizelge 4.5 Tukey HSD testi (ilk uygulama) 37
Çizelge 4.6 İkinci penetrometre ortalama ölçüm değerleri 39
Çizelge 4.7 Farklı PAM dozlarının SPR üzerine etkisi (1.Test) 41
Çizelge 4.8 Farklı PAM dozlarının SPR üzerine etkisi (2.Test) 41
Çizelge 4.9 Belirli dönemlere ait toprak nem değerleri (%) 44
Çizelge 4.10 Farklı PAM dozlarının çimlenme oranına etkisi (LSD) 46
Çizelge 4.11 Değişkenlik analizi (Çimlenme) 50
Çizelge 4.12 Tukey HSD testi (Çimlenme) 51
Çizelge 4.13 Farklı PAM dozlarının çimlenme oranına etkisi (LSD) 52
Çizelge 4.14 Farklı PAM uygulamalarının verime etkisi (kg da^{-1}) 53
Çizelge 4.15 Verimlere ilişkin değişkenlik analizi 54
Çizelge 4.16 Uygulamaların verime etkisine ait Tukey analizi 55
Çizelge 4.17 Farklı PAM dozlarının şeker oranına etkisi (%) 55
Çizelge 4.18 Farklı PAM dozları için değişkenlik analizi 57

1. GİRİŞ

Tarım ve sanayide hem ülkemizde hem de dünya genelinde önemli bir rol oynayan şeker pancarı, stratejik bir ürün olarak değerlendirilmektedir. Kanat (2023), dünya genelinde şekerin yaklaşık %80'inin kamıştan ve %20'sinin pancardan üretildiğini, ülkemizde ise üretilen tüm şekerin şeker pancarından elde edildiğini ifade etmektedir.

Endüstriyel bir bitki olan şeker pancarı, ılıman iklime sahip 52 ülkenin tarımında kilit bir rol oynamaktadır (Stevanato vd. 2019) . Ülke ekonomisine olan etkisi açısından, yan ürünleriyle birlikte pek çok alanda önemli katkılar sunmaktadır. Eştürk (2018), şeker pancarının başta şeker olmak üzere birçok ürünün (melas, alkol, maya, biyoetanol vb.) temel maddesini oluşturmasının yanında, zirai üretime, istihdama katkısı ve yan mamülleri sebebiyle dünya genelinde kritik bir değere sahip olduğunu ifade etmektedir. Şeker pancarı üretimi Türkiye'de, geniş bir zirai üretici kitlesinin geçimini sağlamaktadır (Demirdöğen 2022).

Kanat'ın (2023) vurguladığı gibi, bu stratejik bitki, Türkiye'de ziraatın modernleşmesinde ve gelişmiş tarım yöntemlerinin benimsenmesinde önemli bir etken olmuştur. Çağdaş tarım metodlarının uygulanması, tek tip üretim sisteminin çoklu üretim sistemine dönüştürülmesi ve çiftçilerimizin bilgi ve becerilerinin artırılmasında büyük bir katkı sağlamıştır.

Ülkemiz, iklim ve toprak nitelikleri yönünden şeker pancarı yetiştiriciliği için müsait bir coğrafyadadır. Dünya şeker pancarı üretiminde önemli bir rol oynayan Türkiye'de yaklaşık 350 bin üretici, 300.000 hektar alanda, 6.52 ton da^{-1} ortalama verim ile şeker pancarı üretimi yapmakta ve son yıllarda 3 milyon tondan fazla üretim miktarıyla dünya şeker üretiminde üst sıralarda yer almaktadır (Kanat 2023). Sonuç olarak, Şentürk'ün (2020) belirttiği gibi, şeker pancarı tarımı sosyo-ekonomik katkılarıyla Türkiye tarımında önemli bir yer teşkil etmektedir.

TÜİK verilerine göre, şeker pancarı Türkiye'nin hemen her bölgesinde yetiştirilmektedir. Ancak, ekonomik açıdan ve büyüklük bakımından iç bölgelerde bir yoğunlaşma gözlemlenmektedir. Özellikle üretim alanlarının konumu, iklim ve toprak yapısı gibi faktörler, verim ve kalite üzerinde belirleyici etkiler yapmaktadır. Ayrıca, toprak hazırlığı, gübreleme, ekim, zirai mücadele, sulama, hasat ve silolama gibi yetiştiricilik aşamaları da bu durumu etkileyen diğer unsurlar arasında yer almaktadır. Türkiye şeker pancarı üretiminde Konya, Yozgat, Eskişehir, Sivas ve Afyonkarahisar önde gelen iller olarak belirlenmiştir (Anonim 2023).

Çizelge 1.1 Şehirler bazında şeker pancarı ekim alanı ve yüzde dağılımı (2022)

Şehirler	**Alan (bin da)**	**%**
Konya	927	31,1
Yozgat	170	5,71
Eskişehir	166	5,58
Sivas	151	5,08
Afyonkarahisar	147	4,94
Kayseri	144	4,82
Aksaray	135	4,55
Ankara	120	4,02
Tokat	69	2,32
Muş	65	2,18
Karaman	62	2,10

Kaynak: TÜİK, 2023

Üretimin sürdürülebilir ve verimli bir şekilde devam edebilmesi hem ülke ekonomisine hem de kırsal kesimin kalkınmasına katkı sağlamaya devam edecektir. Şeker pancarı üretiminde karşılaşılan sorunların çözümü ve modern tarım tekniklerinin yaygınlaştırılması büyük önem taşımaktadır. Bu nedenle, tarımsal üretimi artırmada anahtar çözüm hem birim alandan elde edilen verimi arttırmak hem de yetiştiricilik

yapılan alanlarda toprak ve tarımsal girdi üzerine yaşanan verimsizlikleri mümkün olan en düşük seviyeye indirmektir.

Ülke tarımında kullanılan arazi büyüklüğünün sınırlı olması nedeniyle tarımsal girdilerin verimli bir şekilde kullanılmasıyla üretim miktarının arttırılması gerekmektedir. Demirdöğen (2022), şeker pancarı gibi bitkilerin tarım teknikleri açısından farklı ihtiyaçları olduğu için tüm kültürel işlemlerde en uygun yöntemlerin belirlenip zamanında uygulanması gerektiğini bildirmektedir.

Sefaoğlu ve Baloğlu (2022), şeker pancarı yetiştiriciliğinde verim ve kalitenin iklim, tohum çeşitleri, toprak niteliği ve işleme, gübreleme, sulama, yabani ot, hastalık ve zararlılarla mücadele, gelişim süresi, bitki yoğunluğu ve hasat tarihi gibi faktörlerle ilişkili olduğunu belirtmiş ve bu yetiştirme tekniklerinin etkin bir şekilde kullanılmasıyla verim ve kalitede artış sağlanabileceğini ifade etmişlerdir.

Villalobos vd. (2016) tohum çimlenmesi ve fide çıkışının herhangi bir tarımsal üretim faaliyetinin başarısını veya başarısızlığını etkileyen kritik evreler olduğunu belirtmiştir. Bitki gelişiminin, tohum çimlenme ve fide çıkış oranlarını azaltabilecek biyotik ve abiyotik faktörlerden etkilendiği belirtilmiştir (Lamichhane vd. 2018). Bu sebeple toprak hazırlığı ve toprak işleme ile ideal tohum yatağı hazırlığı dikkate alınması gereken ilk uygulamaların başında gelmektedir. Ergene (1982), ekim yatağı hazırlamanın esas amacının, tohumun sağlıklı bir şekilde çimlenmesini ve bitki köklerinin gelişimini destekleyecek uygun koşulları sağlamak olduğunu belirtmiştir. Bu amaçla toprağın işlenerek uygun koşulların sağlanması gerektiğini ifade ederek, toprak yapısının bitki gelişimi açısından önem kazandığını vurgulamıştır.

İç Anadolu Bölgesi şeker pancarı ve şeker üretiminin yaklaşık %70' inin yapıldığı bir bölgedir (Anonim 2023). Her ne kadar bu bölgede üretim yoğun olarak yapılsa da şeker pancarı üretimi bazı zorluklarla karşı karşıyadır. Şeker pancarı (*Beta vulgaris L.*) tohumu çimlenme kuvvetinin düşük olması sebebiyle yüzeysel ekilmekte ve ekim koşullarına son derece duyarlı olan bitkiler sınıfına girmektedir. Bu sebeple yetiştiricilikte yapılması gereken öncelikli iş tohum çimlenmesi için uygun koşulların sağlanmasıdır. Kuzey yarım

kürede üreticiler çimlenme döneminde düşük sıcaklık, yoğun yağış ve ardından gelen kuraklığa bağlı olarak toprak yüzeyinin kabuk bağlaması gibi elverişsiz yetiştirme koşulları ile karşılaşmaktadırlar (Durr ve Boiffin 1995).

Şeker pancarı yetiştiricileri başarılı bir bitki gelişimi sağlamak için İç Anadolu Bölgesi için Nisan-Mayıs ayları olan ekim tarihlerini ve tohum yatağı hazırlıklarını optimize etmek zorundadır. Ayrıca, erken ekimlerin ardından soğuk hava koşulları gerçekleşirse şeker pancarında erken çiçeklenme (boltinge) görülmekte dolayısıyla, bitkideki verim azalmaktadır (Çakmakçı ve Oral 1995, C'longden vd.1975, Milford vd. 2010).

Yumak (2016), şeker pancarının tarla filiz çıkışını etkileyen birçok faktör olduğunu belirtmiştir. Bu faktörler arasında tohumun çimlenme gücü, ekim yatağının fiziksel nitelikleri, nem seviyesi, ekim derinliği, toprak sıcaklığı, ekim makinasının etkinliği, tohumun toprak ile teması, baskı tekerinin çeşidi ve istenmeyen iklim koşulları yer almaktadır. Ayrıca, tohumun çimlenmesi ve genç bitkilerin toprak üstüne çıkmasını etkileyen faktörler arasında toprak üst tabakasında meydana gelen kabuğun etken bir rol oynadığını da vurgulamıştır.

Yönter (2006), doğada su damlalarının yağış veya sulama yoluyla toprak yüzeyine düştüğünde toprak agregatlarını parçaladığını ve bu parçalanan agregatların, su damlasının kinetik enerjisinden dolayı zamanla toprak üst katmanında su geçirmeyen bir tabaka oluşturduğunu belirtmiştir. Bu durum suyun infiltrasyonu ve kök büyümesini olumsuz yönde etkileyerek çimlenme ve bitki gelişimini etkilemektedir (Le Bissonnais 1996). Toprak kabuğu dolayısıyla çıkan filizlerin toprak yüzeyine ulaşması zorlaşır. Bu negatif etki sebebiyle üretimin ilk aşamasında kayıplar görülmekte ve işletme kârıda düşmektedir (Bal vd. 2011). Bu nedenle, toprakların verimlilik potansiyellerine en fazla etki toprağın yapısal dayanımı olarak karşımıza çıkmaktadır. Topraktaki agregatlaşma, su iletkenliği, kök gelişimi ve solunumu, toprakta hava değişimini etkileyerek bitki gelişiminde önemli bir etkendir. Ayrıca, suya dayanıklı agregat oranının yüksek olmasının, toprak bozulmasının başlıca nedenleri arasında olan toprak erozyonunu engellediğini belirtmiştir (Moore, ve Singer 1990, Tarchitzky vd. 1984).



Şekil 1.1 Deneme sahasında oluşan kabuk tabakası

Agregat stabilitesi, toprak agregatlarının toprak işleme, sulama ve/veya yağmur gibi bozucu kuvvetlere maruz kaldığında bozulmaya direnme kabiliyeti olarak tanımlanır ve agregatlar içindeki bağların gücünün bütüncül bir ölçüsünü belirtir. Kumlu tınlı topraklar gibi kaba dokulu sınıfa giren ve genellikle zayıf yapılı topraklarda sulama veya yağmur suyu etkisiyle, zayıf bağlı mikro agregatların parçalanması ile istenmeyen fiziksel koşullar oluşmaktadır (Schjønning vd, 1994, Nadler ve Heuer 1996, Imbufe vd. 2005). Bu durum, yüzey kabuk tabakası oluşumuna, infiltrasyonun azalmasına ve yüzey akışının artmasına yol açmaktadır (Sadegian vd. 2006).

Tarım arazilerinde, yağmur ve/veya sulamaların ardından güneş veya rüzgâr vasıtasıyla toprak üst katmanında meydana gelen kabuk tabakası, yetiştirilen bitkilerin büyümesini engelleyerek üretime olumsuz şekilde tesir etmektedir (**Şekil 1.1**).

Eğer şeker pancarı filizinin çıkış gücü, meydana gelen sert tabakanın kırılma direncinden düşükse, tohumdan çıkan filiz toprak yüzeyine ulaşamayarak kabuk altında geriye doğru kıvrılır ve "sarı kıvrım" olarak bilinen durum ortaya çıkar **(Şekil 1.2).** Bu nedenle, toprak işleme veya sulama gibi işlemler kabuk tabakasının zayıflatılması veya ortadan

kaldırılması için ihtiyaç duyulur. Bu durum ise ek işgücü ve üretim maliyetinin artmasına neden olmaktadır (Yönter 2006). Bazı durumlarda da üreticilerin tarlalarını bozmalarına ve yeniden ekim yapmalarına sebep olmaktadır. Bu nedenle kabuk tabakasının oluşumu üzerine yapılan araştırmalar büyük önem taşımaktadır (Yönter ve Uysal 2010).



Şekil 1.2 Kabuk tabakası sebebi ile şeker pancarında sarı kıvrım oluşumu

Kabuk tabakası oluşumundan sonra yapısal açıdan bozunuma uğramış topraklarda agregat oluşumunu teşvik etmek ve agregat bütünlüğünü artırmak amacıyla organik atıklar karıştırılabildiği gibi amonyum sülfat (AS), üre, kükürt (S) ve hümik asit (HA) haricinde poliakrilamid (PAM), polivinilalkol (PVA) vb. toprak düzenleyicilerinin kullanımı da son yıllarda artış göstermektedir.

Tektip çimlenmenin ekonomik önemi nedeniyle fide çıkışı ve tohum kalitesini etkileyen faktörler araştırmaların temelini oluşturmaktadır. Agregat stabilitesi ve toprak yapısını geliştirmek amacıyla uygulanan kimyevi toprak iyileştiricileri, yüksek su geçirgenliğini sağlamak ve yüzey akışı ile toprak erozyonunu azaltmak açısından önemli bir rol

oynamaktadır. Toprak agregasyonunun bozulması kabuklaşmanın ve buna bağlı erozyonun başlıca nedeni olduğundan toprak agregatlarını stabilize edecek bileşiklerin geliştirilmesine yönelik çalışmalar devam etmektedir. Kimyasal düzenleyiciler piyasaya sürüldüğünden beri araştırmacılar toprakta uzun süreli agregat stabilitesi sağlayarak toprak koşullarını iyileştirecek ve düşük maliyetli bir ürün arayışına girmişlerdir. Bu ürünler arasında yer alan PAM gibi polimerik toprak düzenleyicilerin kullanımıyla da toprak erozyonu azaltılabilmekte hatta tamamen önlenebilmektedir. Bu etkisi sebebiyle yüksek molekül ağırlıklı anyonik PAM umut vaat eden düzenleyiciler arasında yer almaktadır (Wallace ve Wallace 1986).

Polimerik toprak düzenleyiciler 1950'lerden itibaren bilinmektedir (Hedrick ve Mowry 1952). Son yıllarda artan tarımsal üretim göz önüne alındığında daha fazla ekilebilir arazi ihtiyacı ile yeni tarımsal yöntemler ve daha düşük miktarlarda uygulanabilirliği sebebiyle toprak düzenleyicilerin geliştirilmesine olan ilgi artmaktadır.

Poliakrilamidlerin toprak düzenleyici olarak kullanımı agregat parçalanması ve kabuk tabakası oluşumunu önlemesi ile önem kazanmaktadır (Levy 2023). Poliakrilamid yüksek molekül ağırlıklı, suda çözünebilen organik bir toprak düzenleyicisi olup suya karşı agregat dayanıklılığı sebebiyle ıslah çalışmalarında kullanılabilmektedir (Miller vd. 1998, Sojka vd. 2007, Mamedov vd. 2009, Zhang vd. 2019). Toprak parçacıkları arasındaki kohezyon kuvvetini artırarak kabuk tabakası oluşumunu azaltabilmektedir (Bradford vd. 1987, Ben-Hur ve Keren 1997, Bjorneberg vd. 2003, Sojka vd. 2007). Lentz vd. (2001), poliakrilamidin toprak infiltrasyonunu artırmak, toprak kaybını sınırlamak ve topraklardaki besin maddesi kayıplarını önlemek için etkili uygulamalardan olduğunu bildirmişlerdir. Buna ek olarak PAM uygulaması toprakta suyun daha uzun süre tutulmasını sağlayarak bitkilerin su stresi ve erozyonun azalmasında etkili olabilmektedir. Poliakrilamidlerin toprak iyileştirici olarak olumlu etkileri toprak yüzeylerinde tutulması ve humus benzeri bir şekilde partiküller arasındaki bağların güçlenmesine katkı sağlaması olarak görülmektedir (Miller vd. 1998). Tarımda PAM kullanımı bu iyileştirici özellikleri nedeniyle giderek artmaktadır.

Ülkemiz topraklarının yüzeyinde oluşan kabuk tabakası özellikle şeker pancarı tarımında önemli bir sorun olarak ortaya çıkmakta ve tarımsal üretimde kayıplara yol açarak birim alandaki üretim maliyetlerini artırmaktadır. Poliakrilamid uygulamasının şeker pancarı yetiştiriciliği yapılan ve kabuk oluşumu gözlenen topraklardaki fide çıkışı ve bitki büyümesi üzerindeki etkisi hakkında yeterince bilgi bulunmamaktadır.

Bu tez çalışmasında şeker pancarı yetiştiriciliği yapılan bir alanda farklı PAM konsantrasyonlarının toprak penetrasyon direnci, toprak nem miktarı, şeker pancarı ortalama çıkış süresi, çimlenme oranı, şeker pancarı verim ve yüzde şeker oranı üzerine etkileri değerlendirilmiştir.

2. KURAMSAL TEMELLER ve KAYNAK ÖZETLERİ

Toprak düzenleyicileri, tarımda verimliliği artırmak ve sürdürülebilirliği sağlamak için kullanılan önemli araçlardır. Özellikle toprakların fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerini iyileştirmek amacıyla çeşitli maddeler kullanılmaktadır. Bu maddeler arasında en etkili olanlardan biri PAM'dır. Toprak düzenleyicisi olarak kullanılan PAM'ın toprak fiziksel özellikleri üzerindeki etkileri geniş çaplı bir literatür taraması ile ele alınan bu bölümde aynı zamanda PAM'ın toprak kabuklaşması gibi özel bir konu üzerine olan sınırlı sayıda araştırmada değerlendirmeye tabi tutulmuştur.

Vleeschauwer ve Gabriels (1976), PAM ile şerit uygulamasının, eğim yönünde veya eğim boyunca uygulanmasının sıçrama erozyonunu, su akışını ve toprak kaybını önemli ölçüde azalttığını bildirmiştir. Ağır kumlu tınlı toprakta ekilen çizgilere 20 g m^{-2} ile yapılan bu uygulama ile yüksek tohum çıkışı %86 oranında gözlenmiş ancak işlenmemiş toprakta sadece %63 ile düşük bir çimlenme yüzdesi ortaya koymuştur.

Yakar ve Özkara (1977), toprak strüktürü üzerine topraktaki hava geçişi etkisinin son derece önemli olduğunu belirtmişlerdir. Özellikle orta ve ağır bünyeli topraklarda havalanmayı sağlayan makro gözenekler sıkışma nedeniyle küçüldüğünde, toprak boşlukları arasındaki hava geçişi azalır. Bunun neticesinde zayıf bitki köklenmesine bağlı olarak verim düşmektedir.

Önal (1978), çevresel, kimyevi, biyolojik ve fiziki faktörlerin şeker pancarı çimlenmesinde büyük oranda etkili olduğunu bildirmiştir. Ekim yatağındaki nem kaybını en düşük seviyeye çekmek ve uygun tohum ekim derinliğinin ayarlanması gerektiğini, bu faktörlerin kontrol altında tutulmasının sağlıklı bir sürgün çıkışı ve bitki gelişimi için önemli olduğunu belirtmiştir.

Cook ve Nelson (1986) tarafından yürütülen çalışmada, sıvı PAM kullanımının kabuk oluşturabilen topraklarda yonca fide çıkışını olumlu yönde etkilediği ve fide çıkışı üzerine etkili bir strateji olabileceğini vurgulamaktadırlar.

Uppenkamp (1986), yaptığı çalışmada şeker pancarı tohumunun çimlenmesiyle oluşan sürgünlerin toprak yüzeyine çıkma gücünün diğer kültür bitkilerine göre oldukça zayıf olduğunu belirtmiştir. Araştırmacı, özellikle çimlenme ve sürgünlerin toprak yüzeyine çıkış aşamasında kabuk bağlamanın, birim alandaki pancar sayısını önemli ölçüde azalttığını ifade etmiş ve bu nedenle pancar üretiminde yüksek agregat stabilitesine sahip, balçıklaşma ve kabuk bağlama tehlikesi olmayan toprakların seçilmesi gerektiğini vurgulamıştır.

Smith vd. (1990) yağmur veya yağmurlama sulama sistemlerinden düşen su damlacıklarının darbe enerjisinin toprak yüzeyinde bir mühür oluşturabileceğini belirtmişlerdir. Bu şartlar, kurak ve yarı kurak alanlardaki üretim yapılan arazilerde önemli bir sorun oluşturmaktadır. Toprak yüzeyine bir toprak düzenleyici yayılması ve sürekli bir elektrolit sağlanması ile kabuk tabakası oluşumu engellenebilmektedir. Bu sebeple, damlacık darbe enerjisi ve su kalitesinin infiltrasyon ve erozyon üzerindeki etkisi PAM ve fosfojips ile muamele edilmiş kumlu tın bir toprakta ve bir tank damlama tipi yağmur simülatörü ile değerlendirmişlerdir. 3 mm çapındaki damlaların düşme yükseklikleri değiştirilerek üç farklı kinetik enerji elde edilmiştir. Bu amaçla damıtılmış su ve musluk suyu, sırasıyla yağmur ve sulama suyu simülasyonu için kullanmışlardır. Darbe enerjisinin artırılması ile tüm muamelelerde infiltrasyon hızını, kümülatif infiltrasyonu (yağmur alımı) ve toprak erozyonunu azaltmıştır. Elektrolitlerin (PG veya TW) varlığında PAM ilavesi, kontrol grubuna kıyasla hem nihai IR'yi hem de kümülatif infiltrasyonu 7 ile 8 kat artırmış ve tek başına PAM, PG veya TW'den çok daha etkili olmuştur. PAM + elektrolit uygulamaları, kontrol grubuna kıyasla toprak erozyonunu azalttığı bildirmişlerdir.

Demiralay (1992), 21. yüzyılın ortasından itibaren organik polimerlerin yapısal düzenleyici olarak tavsiye edildiğini ve kullanıldığını belirtmiştir. Bu polimerler çoğunlukla kararlı agregatların oluşumunu, toprak havalanmasını ve suyun infiltrasyonunu artırmakla birlikte, toprakta kabuk oluşumunu önlemekte, buharlaşma yoluyla su kaybını azaltmakta ve tuzlu-alkali toprakların ıslahında etkili olduğunu ancak, bu organik polimerlerin kısa sürede mikrobiyal parçalanmaya uğramaları nedeniyle etkinliklerinin sınırlı olduğunu ve çoğu zaman ekonomik olmadığını da vurgulamıştır.

Shainberg vd. (1992) orta ila yüksek moleküler ağırlıklı ($2.10^5 – 2.10^6$ Da) polimerlerin özellikle negatif yüklü PAM ve pozitif yüklü polisakkaritin, küçük miktarlarda (10 kg/ ha) uygulanarak, kurak ve yarı kurak bölgelerden alınan topraklarda agregat parçalanmasını ve kabuk oluşumunu olumlu yönde etkilediğini bildirmiştir.

Letey (1994) polimerlerin tutunumuna esas olarak toprak parçacıkları içindeki iç yüzeylerden ziyade agregatların dış yüzeylerinde gerçekleştiğini ve tutunan miktarın agregat stabilitesindeki değişimlerle ilişkili olduğunu belirtmiştir.

Barvenik (1994) suda çözünür PAM'ın salma sulama suyuna eklenerek tarımsal alanlarda verimli üst toprak kaybını önlemek amacıyla kullanılabileceğini bildirmiştir. Çalışma, özellikle yüksek moleküler ağırlıklı ve düşük ile orta yüklü anyonik PAM'ların, düşük toksisite ile etkili bir toprak düzenleyici olarak kullanılabileceğini ortaya koymuştur.

Reichert vd. (1994), 3 çeşit toprakta yeni işlenmiş, kurumuş kabuk tabakalı ve ıslak kabuk tabakalı bloklar üzerine sırasıyla 74, 39 ve 107 mm $saat^{-1}$ yoğunlukta yağışları 90, 60 ve 30 dk. süreyle uygulamışlardır. Kurumuş kabuk tabakalı toprakların aşınmaya çok yatkın olduğunu ve kil tiplerinin toprak kaybına etkilerinin farklılık gösterdiğini belirtmişlerdir. Özellikle kaolinitik toprakların smektitik ve illitik kil tipi topraklardan daha düzenli olduğunu ifade etmişlerdir.

Şeker (1995), Konya Ovası'ndaki kabuk oluşum eğilimi en yüksek olan toprakların iyileşme özelliklerini değerlendirmek için farklı maddeler (Kalsiyum hipolorit, çimento, kum, ponza, ahır gübresi, çöp kompostu, buğday samanı, fosforik, sülfürik ve hidroklorik asit) denemiş ve bunlarla yüz günlük olgunlaştırma çalışması yürütülmüş ve kırılma değerini en aza indiren ve agregat yapısal bütünlüğünü en çok yükselten maddelerin çimento ve buğday samanı olduğu bildirmiştir. Buğday samanına kıyasla çimentonun daha tesirli olduğu ve etkisinin 30°C sıcaklıkta maksimum seviyede olduğu ifade edilmiştir.

Miller vd. (1998) kaolinitik topraklarda agregat stabilizasyonunu iyileştirmek için düşük oranlarda anyonik PAM kullanımını araştırmışlardır. Çalışmada, Cecil kumlu tın, Cecil tınlı kum ve Davidson killi topraklarından elde edilen agregatlar PAM ile işlenmiştir. Poliakrilamid, agregat stabilizasyonunu önemli ölçüde artırmış ve özellikle hafif ve orta sınıf Cecil topraklarında daha etkili olmuştur. İşlenmiş agregatların iç yüzeylerinin açığa çıkarılması, PAM'ın sadece dış yüzeylerde değil agregat içlerine de nüfuz ederek stabilizasyon sağladığını göstermiştir. Bu bulgular, PAM kullanımının geleneksel toprak ve su koruma yöntemlerine etkili bir alternatif olabileceğini ortaya koymaktadır.

Levy ve Rapp (1999), siltli tın topraklara PAM ve PS püskürtüldükten sonra 40 mm saat^{-1} yoğunlukta yapay yağış uygulaması gerçekleştirilmiş ve ardından 40°C'de kurutma dolabında bekletilerek toprak yüzeyinde oluşan penetrasyon dirençleri el tipi penetrometre ile tespit edilmiştir. Her iki uygulamada da kabuk dirençlerinin kontrol grubuna kıyasla daha düşük olduğu belirlenmiştir.

Şeker ve Karakaplan (1999), Konya'nın Çumra ve Karapınar bölgesinde kabuk probleminin yaşandığı arazilerden, 0-15 cm derinlikten, 16 toprak örneği almış ve kırılma değerleri arasındaki ilişkileri incelemişlerdir. Elde edilen veriler, toprak numunelerinin silt oranı, dispersiyon miktarı, elektriksel iletkenlik, organik madde, kireç miktarı, suda çözünebilir Ca, Mg, Na ve Cl miktarları ile kırılma parametresi arasında istatistiksel olarak pozitif bir korelasyon olduğunu göstermiştir. Yukarıda belirtilen kriterler yükseldikçe toprak kırılma parametresinin de yükseldiğini, diğer taraftan % kum, agregat stabilitesi, değişebilir Ca, K ve suda çözünebilir bikarbonat muhteviyatı ile kırılma parametreleri arasında kayda değer bir negatif ilişki bulunduğunu tespit etmişlerdir. Diğer taraftan, özgül ağırlık, tarla kapasitesi, solma noktası, % kil, pH, katyon değişim kapasitesi, değişebilir Mg ve Na içerikleri, değişebilir % Na ve suda çözünebilir K içeriği ile kırılma değerleri arasında istatistiki olarak pozitif bir korelasyon bulunmamıştır.

Green ve Stott (1999) tarafından yapılan bir laboratuvar çalışmasında farklı molekül ağırlık ve yük yoğunluğuna sahip PAM'ların, üç farklı toprağın infiltrasyon özellikleri üzerine etkisi simüle edilmiş yağış kullanılarak incelenmiştir. Üç toprak da PAM

uygulamalarına olumlu yanıt vermiş ve kontrol grubuna göre daha yüksek infiltrasyon hızları göstermiştir.

El-Hady ve Wahba (2003) tarafından yüksek oranda (>%50) kireç ihtiva eden kumlu tın bünyeye sahip toprak üst tabakalarına %0.2 w/w hidrofilik PAM jel püskürtülmüş ve toprak üst tabakası kuruduktan sonra %0.5 ve %1.0 w/w düzeylerinde polivinilasetad (PVAc) püskürtülmüştür. Bitkilerin gelişimi ile su ve gübre kullanım verimliliğinin, PVAc+PAMG ile düzenlenmesinin kabuk oluşturan yüksek kireçli topraklarda tarım için yeterli koşulları sağlayabileceğini göstermiştir.

Bjorneberg vd. (2003) yaptıkları araştırmada sulama sistemleriyle uygulanan yüksek moleküler ağırlıklı suda çözünebilir anyonik PAM'ın toprak infiltrasyonu ve erozyonu üzerine etkisini değerlendirmişlerdir. Poliakrilamid uygulamasının yağmurlama sulama sistemleri ile birlikte kullanıldığında toprağın infiltrasyonunu artırarak su yönetimini üzerine olumlu etki yaptığı ve toprak erozyonunu azaltarak çevresel sürdürülebilirliği desteklediğini saptamışlardır.

Baumhardt vd. (2004) tarafından yapılan bir çalışmada toprak yüzey kaymak tabakası oluşumuna ve fide çıkışına olan etkisi incelenmiştir. Yağmurdan 1 gün ve 10 gün sonra yapılan penetrometre ölçümlerinde toprak penetrasyon direncinin düz arazilerde yağmurdan 1 gün sonra 0.20 MPa iken 10 gün sonra 0.60 MPa'a yükseldiği, sırt yapan arazilerde 0.37 MPa'dan 0.52 MPa'a yükseldiği bildirilmiştir.

Özdemir vd. (2004) tarafından yürütülen çalışmada asit karakterli bir toprağa (düşük pH ve orta seviye OM içerikli killi toprak) uygulanan kireç, atık çamuru, zeolit ve PAM gibi organik ve inorganik toprak düzenleyicilerinin toprak fiziki ve kimyevi karakterleri ile erozyona olan etkilerini incelemişlerdir. On hafta süren inkübasyon süresinin ardından mısır bitkisi yetiştirilmiştir. Sonuç bütün düzenleyicilerin toprak agregasyon oranını artırarak dispersiyon miktarını ve aşınım faktörünü düşürdüğü dolayısıyla erozyona karşı direncin arttığı bu etkinin ise en fazla kireç uygulamasında olduğu saptanmıştır. Dispersiyon oranında göre zeolit > atık çamuru > PAM olmak üzere düşüş belirlenmiştir.

Abu-Zreig (2006) tarafından yapılan bir çalışmada 9 farklı PAM türünün yağışa bağlı toprak erozyonu (su infiltrasyonu ve simüle edilmiş yağış) üzerine etkisi siltli tınlı bir toprakta araştırılmıştır. Çalışmada PAM'ların araziye uygulanmasının yüzey akışından önce infiltrasyonu önemli ölçüde artırdığı ancak toplam infiltrasyon hacmi ve nihai infiltrasyon hızı üzerinde önemli bir etkisi olmadığı bildirilmiştir.

Martinez-Rodriguez vd. (2007) laboratuvar koşullarında %20 eğim oluşturulan killi bir toprağa farklı dozlarda; 0 (kontrol), 20, 80 ve 120 kg ha^{-1} PAM püskürtülerek uygulanmış ve ardından 1, 2, 8, 30 ve 60. günlerden sonra 70 mm $saat^{-1}$ yapay yağış uygulanmıştır. Araştırma sonucunda 80 ve 120 kg ha^{-1} PAM uygulamasına bağlı olarak üst katman akışı ile çökelti miktarlarının büyük oranda azaldığı bildirilmiştir.

Phillips ve Cutting (2008) tarafından yürütülen çalışmada soğan yetiştiriciliği üzerine PAM'ın etkisi değerlendirilmiş ve PAM uygulaması ile soğan yetiştiriciliği yapılan alanda perkolasyon kayıplarının önemli miktarda azaldığı ve hasat sırasında soğan çapı boyutlarında artış ile bitki su miktarının arttığı belirtilmiştir. PAM kullanımının soğan yetiştiriciliğinde perkolasyon kayıplarını azaltma yönünde önemli bir uygulama olduğu belirtilmiştir.

Asghari vd. (2009) tarafından yürütülen sera koşullunda yürütülen araştırmada kaba bünyeli topraklarda makro por sayısının bitki gelişimini sınırladığı ve bu sebeple su ve besin maddesi tutma kapasitesinin azaldığı belirtilmiştir. Bu sınırlayıcı etkiyi azaltmak amacıyla anyonik PAM, sığır gübresi, solucan gübresi ve biyolojik çamur uygulamaları gibi toprak agregat stabilitesi, por dağılımı ve solunum aktivitesi üzerindeki etkileri değerlendirilmiştir. Sonuç olarak agregat stabilitesiyle birlikte mikro por sayısının arttığı ve makro por sayısının azaldığı ortaya konulmuştur.

Mamedov vd. (2010) yapmış oldukları bir çalışmada çoğunlukla smektitik, illitik veya kaolinitik kil minerolojisine sahip olan on altı toprak örneği (tın veya kil) incelemişlerdir. Aniyonik yüksek moleküler ağırlıklı PAM ile muamele edilen veya edilmemiş topraklarda, yüksek enerjili nem karakteristiği (HEMC) yöntemi ve deiyonize su

kullanılarak agregatların çökme hassasiyeti ölçülmüştür. Çökme hassasiyeti indeksi (stabilite oranı, SR), incelenen işlemler için 0 ila -5.0 J kg^{-1} matris potansiyel aralığındaki su tutma eğrilerindeki farkların ölçülmesiyle elde edilmiştir. İşlem görmemiş topraklar için SR geniş bir aralıkta (0.24 ile 0.80 arasında) değişmiş ve genellikle kaolinitik > illitik > smektitik topraklar sıralamasını göstermiştir. PAM ile muamele edilen agregatların SR değeri dar bir aralıkta (0.70 ile 0.94 arasında) değişmiştir. PAM'ın işlem görmemiş topraklara göre agregat ve yapısal stabiliteyi artırma etkinliği 1.01 ile 3.90 arasında değişmiş ve göreceli SR kaolinitik < illitik < smektitik örneklerde olmuştur. Bu sonuçlar, agregatlar ne kadar az stabilleşmişse, PAM'ın agregaların stabilitesini artırmada o kadar etkili olduğunu (örneğin, smektitik vs. kaolinitik örnekler) göstermektedir. PAM'ın yapı ve agregat stabilitesini artırmadaki etkinliği, kil aktivitesi ile doğrudan ve PAM'ın toprak parçacıklarına adsorpsiyonunu etkileyen toprak koşulları (örneğin, elektrolit kaynakları, pH ve değiştirilebilir katyonlar) ile ters orantılı olarak ilişkilidir.

Yönter ve Uysal (2010) tarafından yürütülen bir çalışmada yapay yağış uygulanmış erozyon parsellerine killi tın ve kumlu tın tekstürlerde farklı topraklara PAM ve PVA uygulanmış, uygulamaların üst tabaka akışı, toprak kaybı ve penetrasyon direnci üzerine etkileri değerlendirilmiştir. Deneme sonucunda topraklara uygulanan PAM ve PVA ile üst tabaka akışı ve penetrasyon direncinin azaldığı, özellikle kumlu tın toprakta PAM ve PVA uygulamalarının üst tabaka akışı ve penetrasyon direncini önemli oranda düşürdüğü ortaya konulmuştur.

Bal vd. (2011) tarafından Konya-Sarıcalar'da kabuk tabakası ve buna yönelik tavsiyeler üzerine yapılan bir araştırmada, farklı toprak profillerinden alınan 15 toprak örneğinin fiziksel ve kimyasal özellikleri incelenmiştir. Sonuçlara göre, agregat stabilitesini artırmaya yönelik önlemlerin alınmasının, kabuk tabakası oluşumunu engellemek için önemli olduğu belirtilmiştir. Bu önlemler arasında organik madde ilavesi öne çıkmaktadır. Organik maddenin, toprak yapısını iyileştirerek agregat stabilitesini artırdığı ifade edilmiştir. Ayrıca, toprak hazırlığı ve tarla trafiğinin kısıtlanması mekanik bozulmayı azaltmada ehemmiyeti vurgulanmıştır. Yoğun araç hareketinin, toprak karakterini olumsuz etkileyerek kabuk problemine yol açtığını bildirmişlerdir. Buna ek olarak, toprağın bozulmasını önlemek açısından sulama yöntemlerinin de önemli olduğu

ve başta bitki örtüsü bulunmayan dönemlerde yağmurlama sulamadan kaçınılarak toprağı etkilemeyen sulama sistemlerinin seçilmesinin önemini belirtilmiştir. Kabuk tabakası ile mücadelede agregat stabilitesini artırmak, organik madde ilavesi ve toprak bakım çalışmaları yöntemlerine üzerine yoğunlaşmak gerektiği vurgulanmıştır.

Nciizah ve Wakindiki (2014) yağmur intensitesinin yüzey kabuk tabakası oluşumu ve bununda mısır bitkisi çıkışı üzerine etkisi değerlendirilmiştir. Deneme kontrollü koşullarda yürütülmüştür. Mısır tohumlarının ekilmesinin ardından 5 dakika süreyle 30, 45 ve 60 mm sa^{-1}' de simüle yağış uygulaması yapılmıştır. Yağış intensitesinin penetrasyon direnci ve tohumların çimlenme süresini ciddi seviyede etki ettiğini lakin çimlenme yüzdesi ve sürgün boyuna etkili olmadığı bildirilmiştir. 60 mm sa^{-1} yağış yoğunluğunda en fazla penetrasyon direnci ve bitkide çıkışının en uzun süre olduğu belirtilmiştir. Deneme neticesinde yağış intensitesindeki artışın topraklardaki kabuk tabakasının kalınlığını artıracağı bununla birlikte aşırı çatlamaya müsait toprakların kabuk oluşumunun fazla olmasına rağmen bitki çıkış oranının etkilenmediği bildirilmiştir.

Yakupoğlu vd. (2015) laboratuvar ortamında sıralı simüle yağmurlar altında farklı boyutlardaki toprak agregatlarına tatbik edilen PVA ve PAM'ın yüzey akışı ve toprak kaybına olan etkisi değerlendirilmiştir. Tanecik boyutu analiz sonuçlarına göre PAM'ın ilk yağış olayında parçacıkları bir arada tutmada başarılı olduğu bulunmuştur.

Dalla Rosa vd. (2017) tarafından yapılan çalışmada, toprakta kabuk tabakası oluşumu üzerinde yağış, toprak özellikleri ve toprak işleme yöntemlerinin etkili olduğu belirtilmiştir. Standart toprak işleme ile hazırlanan ekim yatağında, 27 mm^{-1} yağışın kabuk oluşumu için yeterli olduğu ve daha fazla yağış oranlarının (80 mm) yüzey yapısında bozulmaya ve kabuk tabakası kalınlığında artışa neden olduğu tespit edilmiştir. Yağışın sebebiyet verdiği en çok gözenek değişiklikleri, standart toprak işleme yönteminde gözlemlenmiştir. Öte yandan, toprak işlemesiz tarımda yüzeydeki gözenek yapısının bozulmadığı ve mevcut yapısını koruduğu saptanmıştır.

Anzooman vd. (2017) tarafından Avustralya'nın yarı kurak alanlarında yürüttükleri çalışmada 38 farklı buğday çeşidinin filizlenme oranı suni olarak hazırlanmış iki kabuk tabakası ortamında (1-zayıf kabuk tabakası, 2- sert kabuk tabakası) incelenmiştir. Toprak penetrasyon direnci, fidelerin çimlenme yüzdesi ve çıkış hızının yüksek derecede etkilendiği bildirilmiştir. Ortalama çimlenme süresi zayıf kaymak tabakasında sert kaymak tabakasında olduğundan daha düşük olmuştur. Yağışlara bağlı olarak toprak yüzeyindeki yüksek ESP (değişebilir sodyum yüzdesi) konsantrasyonu yüzeyde kabuk tabakası oluşumuna neden olmuştur. Ayrıca yüksek pH da kabuk oluşumunu etkilemiştir. Sonuç olarak farklı buğday çeşidi tohum çıkışının toprak kabuk tabakasından önemli şekilde etkilendiğini ve bunun da bitki veriminde azalmaya neden olduğunu belirlemişlerdir.

Mamedov vd. (2017) yapmış oldukları bir çalışmada, iki anyonik polimerin (yüksek MW: 12.10^6 Da ve orta MW: 2.10^5 Da) deiyonize su (elektrik iletkenliği 0.004 dS m^{-1}) veya 15 mmol L^{-1} alçı çözeltisi kullanılarak dört farklı kil içeriğine sahip smektitik toprak agregatlarının stabilitesi üzerindeki etkileri incelenmiştir. Yüksek ve orta moleküler ağırlıklı PAM'ların farklı kil içeriğine sahip smektitik toprak agregatları üzerindeki etkileri analiz edilmiştir. PAM'ın agregat stabilitesi üzerindeki etkilerinin, toprak kil içeriği ve çözeltinin iyonik gücü ile önemli bir etkileşim gösterdiği bulunmuştur. Ancak, hangi PAM polimerinin daha tercih edilebilir olduğu net bir şekilde belirlenememiştir. Bu bulgular, PAM uygulamasının agregat stabilitesini artırabileceğini, ancak uygulanacak PAM türünün tarla koşullarına bağlı olarak dikkatle seçilmesi gerektiğini göstermektedir.

Mamedov vd. (2017) yaptıkları çalışmada, toprak içsel özellikleri ve dışsal koşullarının agregat stabilitesi üzerindeki etkilerini anlamak için önemli bulgular sunmaktadır. PAM uygulaması ile kil içeriği ve agregat boyutunun, bileşik yapı indeksi (SI) üzerindeki olumlu etkileri belirlenmiştir. Ancak, N ve S indeksi gibi diğer parametrelerin PAM uygulamasıyla tutarsız sonuçlar vermesi, bu indekslerin SI'nın yerine geçemeyeceğini göstermektedir. Dolayısıyla, toprak koruma uygulamalarında PAM'ın etkili bir araç olarak kullanımı, tarla koşullarının dikkate alınması ile daha verimli olacağı açıklanmıştır

Yönter ve Houndonougbo (2020) tarafından yapılan bir çalışmada sıvı hümik madde, PAM ve PVA kullanılarak infiltrasyon ve erozyon oranlarını incelenmiştir. Sonuç olarak PAM uygulamasının yüzey akış ve toprak kayıplarının diğer uygulamalara göre önemli ölçüde azalttığını göstermiştir (H:%29, PVA:%24, PAM:%44). Bu nedenle, bu çözeltilerin erozyon kontrolü için etkili bir yöntem olduğu sonucuna varılmıştır.

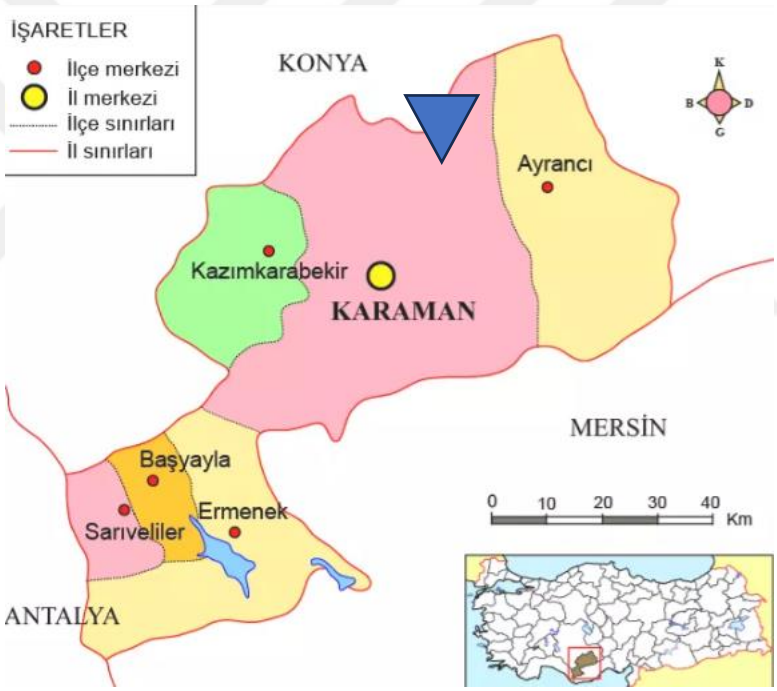
Aprano vd. (2020), kabuk oluşumuna yatkın topraklarda toprak kabuklanmasını azaltmak ve fide çıkışını artırmak amacıyla 13-20 kg ha^{-1} dozlarda PAM sprey uygulaması yapmışlardır. Çalışma sonucunda çift sıvı nozulların PAM uygulaması için etkili bir yöntem olduğunu ve bu yöntemin toprak kabuk oluşumunu azaltmada başarılı olduğu bildirilmiştir. Bu durum toprak yapısının korunması ve ürün verimliliğinin artırılması açısından önemli bir bulgu olarak değerlendirilmiştir.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1 Materyal

3.1.1 Deneme alanı

Deneme, Karaman merkeze 34 km uzaklıkta Çoğlu Köy'ünde yürütülmüştür **(Şekil 3.1).** 37° 25′ 49.1982" kuzey ve 33° 18′ 7.689" doğu koordinatlarında bulunan köyün ortalama rakımı 1032 m'dir (Anonim 2024).



Şekil 3.1 Karaman il haritası ve deneme alanı

3.1.2 İklim verileri

Denemenin yürütüldüğü Karaman Ovası'nda kurak iklim şartları hakimdir. Karaman Meteoroloji İl Müdürlüğü'nden alınan uzun yıllık ortalama verilere göre; yıllık ortalama sıcaklık 12.1 °C'dir. Aylık sıcaklık ortalamaları değerlendirildiğinde en soğuk ay -0.3°C

ile Ocak ayı, en sıcak ay ise 23.5 °C ile Temmuz ayıdır. Yağışların %24.3'ü sonbahar, %31.0'ı kış, %33.8'i ilkbahar ve %10.9'u yaz mevsiminde düşmektedir. Yıllık ortalama toplam buharlaşma miktarı 1324 mm, ortalama toplam yağış ise 323.6 mm olup yağışların büyük bir miktarı Mayıs ve Aralık aylarında düşmektedir. Ortalama bağıl nem %58 olup, bağıl nem miktarları %42 ile %77 arasında farklılık göstermektedir. En düşük bağıl nem Temmuz, en yüksek bağıl nem ise Aralık ayında belirlenmiştir (Anonim 2024). Araştırmanın yapıldığı alanın ekim ve çimlenme/çıkış dönemi (2023; Mart–Ekim) ve uzun yıllara ait minimum, maksimum ve ortalama sıcaklık, toplam yağış ve ortalama nispi nem oranlarına ait iklim değerleri **çizelge 3.1**'de verilmiştir.

Deneme süresince Karaman ilinde elde edilen iklim verileri, şeker pancarı ekimi için uygun koşullar olduğunu göstermektedir **(Çizelge 3.1).**

Çizelge 3.1 Karaman ili ekim dönemine ait ortalama meteorolojik veriler

KARAMAN	**Mart**	**Nisan**	**Mayıs**	**Haziran**	**Yıllık**
Ortalama Sıcaklık (°C)	6.3	11.6	16.1	20.2	12.1
Ortalama En Yüksek Sıcaklık (°C)	12.5	18.2	23.3	27.7	18.9
Ortalama En Düşük Sıcaklık (°C)	0.6	5.1	8.9	12.6	5.6
Ortalama Güneşlenme Süresi (s)	6.2	7.8	9.7	11.5	7.9
Ortalama Yağışlı Gün Sayısı	9.39	8.00	8.58	5.37	77.5
Aylık Toplam Yağış Ort. (mm)	37.3	35.6	34.1	24.7	336.7
En Yüksek Sıcaklık (°C)	28.7	32.3	34.4	37.5	41.4
En Düşük Sıcaklık (°C)	20.2	-8.3	-3.1	3.10	-28.0

Şeker pancarı için ideal toprak sıcaklığı 20°C ile 25°C arasındadır. Karaman'da kaydedilen ortalama sıcaklık olan 23°C, şeker pancarı tohumlarının çimlenmesi ve erken dönem büyümesi için ideal bir sıcaklıktır. 10°C ile 20°C arasındaki günlük sıcaklık değişimi, şeker pancarı bitkilerinin fotosentez etkinliğini artırmak ve solunum hızını düzenlemek için uygun bir termal çevre sağlar. Bu durum, bitkilerin daha sağlıklı ve hızlı büyümesine katkıda bulunur. Uygulama döneminde yağış olmadığından deneme

tarlasında yağış kaynaklı olumsuz bir durum gözlemlenmedi. Ayrıca deneme süresince rüzgâr hızı, bitkilerde mekanik hasar riski taşımayacak kadar düşüktü. Ortalama sıcaklık, günlük sıcaklık değişimi, yağış miktarı ve rüzgâr hızı gibi parametrelerin hepsi, şeker pancarı bitkilerinin çimlenmesi ve gelişimini destekleyici nitelikte olmuştur.

3.1.3 Toprak hazırlığı

Deneme alanı pulluk, diskaro, kültüvatör ve rotovatör kullanılarak 2023 Mayıs ayının ikinci yarısında tohum ekimine hazır hale getirilmiştir.

3.1.4 Toprak özellikleri

Deneme alanından toprak özelliklerini tayin amacıyla toprak örneği alınmıştır. Araziden uygulama öncesinde deneme deseninde gösterilen her parselde toprak üst tabakasından (10 cm) alınan numuneler karıştırılarak toprak analizi yapılmıştır.

3.1.5 Sulama yöntemi

Bu tez çalışmasında yağmurlama sulama yöntemi kullanılmıştır. Ana boru çapı 100 mm, lateral (yan) boru çapı 75 mm olarak kullanılmıştır. Sulama sisteminde 2 m^3 h^{-1} debili darbeli çalışma sistemine uygun yağmurlama sulama tabancası kullanılmıştır. Sürgün çıkışına kadar sulama programına devam edilmiştir.

3.1.6 Tohumluk ve kültürel işlemler

Taban gübresi olarak dekar başına 50 kg DAP (%18 N- 46 P_2O_5) kullanılmıştır. KWS Orthega şeker pancarı tohumu (*Beta vulgaris* spp.) 20 Mayıs 2023 tarihinde 18 x45 cm mesafe ile 2 cm derinliğe ekilmiştir. Sulama, gübreleme ve bitki koruma uygulamaları dahil olmak üzere şeker pancarı yetiştiriciliği için standart agronomik uygulamalar sezon boyunca çiftçi ile beraber takip edilmiştir.

3.1.7 Kullanılan PAM ve özellikleri

Bu çalışmada özgül ağırlığı 1.25 kg lt^{-1}, molekül ağırlığı $6x7.10^6$ g mol^{-1}, yük yoğunluğu yaklaşık %30 ve hacimsel viskozitesi 45 cP olan poliakrilamid (PAM) kullanılmıştır. Kullanılan PAM lineer bağlı, suda çözünebilir bir kopolimer olup sıvı formda ve beyaz renklidir. SNF firması tarafından üretilen bu PAM ülkemizde ilk defa tarımsal çalışmalarda kullanılmıştır.

3.1.8 Kullanılan nem sensörü ve istasyon

Denemede kullanılan nem sensörü toprak su gerilimini ölçmek için aktif kök bölgesine gömülen elektriksel bir ölçüm cihazıdır. **Şekil 3.2**'de gösterilen direnç blokları, alçı veya gözenekli plastik bloklar içindeki metal iletiçiler arasındaki elektrik direncini ölçme ve bu direnci toprak nemi ile ilişkilendirme ilkesine dayanır. Cihazın göstergesinde, basınç veya direnç değerleri ölçülecek toprak neminin daldırma derinliğine yerleştirilerek belirlenir. Kalibrasyon sürecinde, mevcut fonksiyon kullanılarak toprak nemi hesaplanır. Toprak nem içeriği ile blok dirençleri arasında negatif bir ilişki bulunduğu belirtilmiştir (Uytun vd. 2013).



Şekil 3.2 Watermark nem sensörü

Deneme alanında Metos ECO 3D temel toprak özelliklerini ve su basıncını izlemek için tasarlanmış bir istasyon kullanılmıştır (**Şekil 3.3**).



Şekil 3.3 Nem takip istasyonu

3.2 Yöntem

Bu çalışma, deneme öncesinde kabuk oluşumlarının gözlemlendiği bir sahada PAM'ın kabuk oluşumuna ve yetiştirilen şeker pancarının fide çıkışı üzerindeki etkisi değerlendirmek amacıyla yürütülmüştür. Şeker pancarı yetiştiriciliği yapılan deneme alanında 4 farklı dozda (Doz 1: Kontrol, Doz 2: 1 kg da^{-1}, Doz 3: 1.5 kg da^{-1}, Doz 4: 2 kg da^{-1}) PAM uygulaması yağmurlama sulama yoluyla yapılmış ve her doz için belirlenen parsellerde çimlenme durumu, fide çıkış oranı, toprak su tutma kapasitesi, toprak kabuk oluşumu ile şeker pancarında bazı verim ve kalite özellikleri üzerindeki etkilerini belirlemek için ölçümler gerçekleştirilmiştir.

3.2.1 Deneme planı ve uygulamalar

Deneme alanı homojen toprak yapısına sahip olup toplam 80 dekardır ve deneme bu arazide 4 farklı PAM dozu için eşit olarak ayrılan 4 blok üzerinde yürütülmüştür **(Çizelge 3.2).** Araştırmada şeritvari parsel deneme deseni tercih edilmiştir.

Çizelge 3.2 Deneme deseni

Doz 4	Doz 3	Doz 2	Doz 1	1. BLOK
Doz 4	Doz 3	Doz 2	Doz 1	2. BLOK
Doz 4	Doz 3	Doz 2	Doz 1	3. BLOK
Doz 4	Doz 3	Doz 2	Doz 1	4. BLOK

PAM uygulama dozları aşağıda verilmiştir.

Doz 1: Kontrol (PAM kullanılmamış).

Doz 2: Düşük doz PAM uygulaması, 1 kg da^{-1}.

Doz 3: Orta doz PAM uygulaması, 1.5 kg da^{-1}.

Doz 4: Yüksek doz PAM uygulaması, 2 kg da^{-1}.

Her parselin ortasında bitki sayımlarının yapıldığı 5×5 m boyutlarındaki 25 m^2'lik alanlar parsel kazıkları çakılarak belirlenmiştir. Her bir parselin 4 tarafından 5 m'lik kısım kenar etkisi göz önünde bulundurulmak üzere değerlendirme dışı bırakılmıştır. Belirtilen PAM dozları yağmurlama sulama sistemi kullanılarak toprak yüzeyine ekimden sonraki ilk gün yapılan ilk çıkış sulaması ile beraber uygulanmıştır.

3.2.2 Toprak örneklemesi ve analiz yöntemleri

Deneme alanı toprağının bazı fiziki ve kimyevi niteliklerini tayini için deneme öncesi tarlanın homojen bir şekilde temsil edilmesi amacıyla deneme deseninde belirtilen parsellerden ve kabuk tabakasının etkili olduğu ilk 10 cm'lik yüzeyden alınmış ve homojen olarak karıştırılarak aşağıdaki analizler yapılmıştır.

Deneme alanı toprak örneklerinin fiziki ve kimyevi özelliklerini incelemek için aşağıdaki yöntemler kullanılmıştır;

Toprak bünyesi : Hidrometre yöntemi ile toprağın teksürünü oluşturan kum, silt ve kil miktarlarının yüzde oranları belirlenmiştir (Richards 1954).

Toplam $CaCO_3$: Kalsimetrik yöntem ile hacimsel olarak tayin edilmiştir (Tüzüner 1990).

Katyon değişim kapasitesi (KDK): Toprakların katyon değişim kapa siteleri sodyum asetat yöntemiyle belirlenmiştir (Tüzüner 1990).

Saturasyon (SAT): Toprakların su ile tamamen doygun halde içerdikleri su miktarına göre saptanmıştır (Demiralay, 1993).

Toprak reaksiyonu (pH): Su ile tam doygun çamurda cam elektrotlu pH-metre ile ölçüm yapılmıştır (Bayraklı, 1987).

Organik Madde: Organik madde tayini, Walkley-Black ıslak yakma yöntemine göre yapılmıştır (Walkey ve Black 1934).

Elektriksel iletkenlik (EC): Doygunluk ekstraktının elektriksel iletkenlik aletiyle elektriksel iletkenliğinin ölçülmesi suretiyle (Tüzüner 1990).

Değişebilir sodyum yüzdesi (ESP): Ekstrakte edilebilen katyon derişiminden suda çözünen katyon derişimi çıkartılarak değişebilir sodyum derişimi elde edilmiştir (Tüzüner 1990).

Toplam azot (N): Bremner (1965) tarafından bildirildiği şekilde Kjeldahl yöntemine göre belirlenmiştir.

Yarayışlı fosfor (P): Toprak örneklerinde P, Olsen vd. (1954) tarafından bildirildiği şekilde, 0.5 M NaHCO3 (pH: 8.5) ile ekstrakte edilmiş, çözeltiye geçen P, molibdofosforik mavi renk yöntemine göre Shimadzu model UV 1210 spektrofotometresinde belirlenmiştir.

3.2.3 Toprak nemi ölçümleri

Farklı PAM dozlarının toprak su tutma kapasitesi üzerine etkisini takip etmek amacıyla her deneme alanı için Irrometer Watermark Nem Sensorü 10 cm derinliğe yerleştirilmiştir. Farklı PAM dozlarının uygulandığı deneme alanlarındaki toprak nem değerleri, ekimden itibaren 15 gün süreyle düzenli aralıklarla kayıt altına alınmıştır.

Nem sensörlerinin kurulumdan önce kalibrasyonu yapılmış ve bunun için her biri su içeren 5 litrelik kaplarda 10 dakika bekletilmiştir.

3.2.4 Penetrometre ölçümleri

Penetrasyon direnç ölçümleri Penetrologger adlı Eijkelkamp firmasınca üretilen elektronik cihaz ile belirlenmiştir **(Şekil 3.4).** Bu cihaz toprakların penetrasyon dirençlerini tahlil etmek ve bu verileri dijital ortama iletmek için geliştirilmiştir.

Araştırmada kullanılan penetrometre koni tipi 5 cm^2, açısı 30° ve ölçüm aralığı 0-250 N cm^{-2} olarak kullanılmıştır. Penetrasyon hızı 1 cm s^{-1} olup koniye gelen toprak direnci her cm'de belirlenip mPa cinsinden kaydedilmiştir.



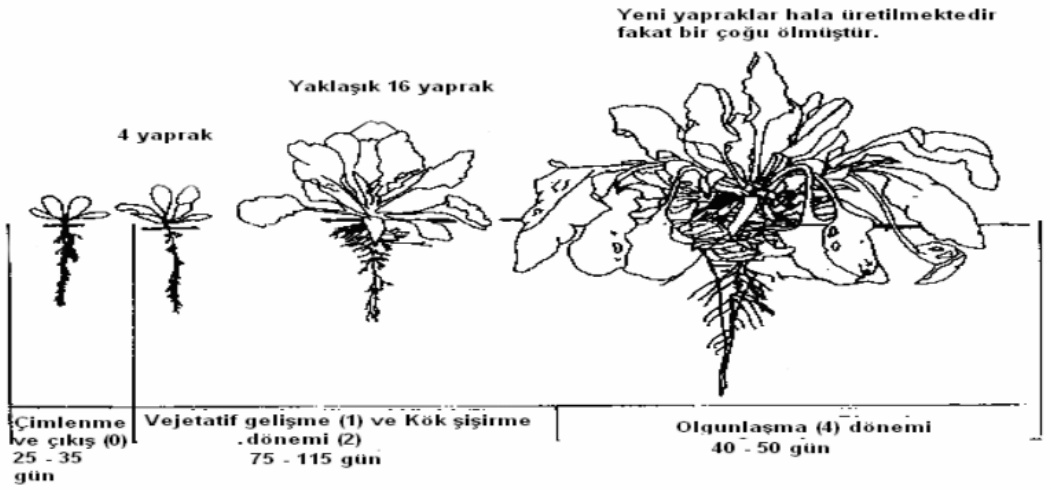
Şekil 3.4 Araştırmada kullanılan penetrometre

Denemede, farklı PAM dozlarının toprak penetrasyon direncine etkisini incelemek amacıyla iki farklı ölçüm yapılmıştır. İlk ölçüm, ilk çıkış suyundan sonra ve ikinci sulamadan önce gerçekleştirilmiştir. İkinci ölçüm ise 3. çıkış suyundan sonra yapılmıştır.

3.2.5 Şeker pancarı çimlenme ve çıkış dönemi fenolojik gözlemleri

`

Denemede şeker pancarının fenolojik gelişim aşamalarının tanımlanmasında Doorenbos ve Kassam'ın (1979) kurallarından faydalanılmıştır **(Şekil 3.5).** Birinci aşama çimlenme ve çıkış aşamasıdır. Bu aşama yaklaşık 20-35 gün kadar sürmektedir ve en kısa süren aşamadır. Aşamanın nihayetinde bitkide 4 yaprak oluşmaktadır. Daha sonraki dönem ise vejetatif ve kök şişirme dönemi olup 75-115 gün arasında sürmektedir. Son olarak ise olgunlaşma dönemi 40-45 gün kadar devam etmektedir.



Şekil 3.5 Şeker pancarı büyüme aşamaları

Kabuk tabakası oluşumunda PAM etkisinin tohum çimlenmesine etkisini incelemek amacıyla araştırmada kullanılan şeker pancarı bitkisinin çimlenme oranı, ortalama çıkış süresi ve filiz gelişim farklılıkları değerlendirilmiştir.

Ortalama çimlenme süresi, tarla filiz çıkış değerlerini ve gelişim farklılıklarını saptamak amacıyla, deneme alanında 4 farklı bloktan seçilen 5x5 m büyüklüğündeki toplam 16 adet parsel çimlenme periyodu süresince gözlemlenerek 3'er gün aralıklarla toprak yüzeyine çıkan bitkiler sayılmış ve gelişimleri düzenli olarak kayıt altına alınmıştır. Bitki sayımı bittikten sonraki toplam bitki sayısı üzerinden tarla filiz çıkış oranı hesaplanmıştır.

3.2.6 Bitki verim ve şeker oranı

Kök verimi: Pancarların başları kesilmek suretiyle yapraklarından ayıklanmış ve sonrasında ağırlığı ölçülmüştür. Paketlenerek Türk Şeker A.Ş. Ereğli Fabrikasına nakli yapıldıktan sonra yeniden tartılmak üzere fabrika laboratuvarında fireleri temizlenmiştir.

Şeker oranı (%): Deneme alanında her bloktan alınan 10'ar adet şeker pancarı yumrusunda refraktometre ile kuru madde tayinini yapılmış ve bulunan değer şeker oranı belirlenmek üzere 0.80 katsayısı ile çarpılmıştır (Kısaoğlu, 1987).

3.2.7 Toprak kabuk oluşumu indeksi

Toprak kabuk oluşumu Pieri'e (1989) göre aşağıdaki formül yoluyla hesaplanmış ve sınıf aralıkları **çizelge 3.3**'de belirtilmiştir.

TKI= OM(%) *100/ C (%) + Si (%)
TKI: Toprak Kabuk İndeksi
OM: Organik madde
C: Kil
Si: Silt

Çizelge 3.3 Toprak kabuk indeks (TKI) kategorileri

Tanım	Sınıf Değerleri	Sınıf Aralığı
Çok Şiddetli Fiziksel Bozunum	1	TKI < 5
Şiddetli Fiziksel Bozunum	2	5< TKI <7
Düşük Fiziksel Bozunum	3	7< TKI <9
Fiziksel Bozunum Yok	4	TKI > 9

3.2.8 İstatistiki analizler

Deneme şeritvari parsel deneme desenine göre yürütülmüştür. Penetrometre ölçümleri her doz için 10'ar tekerrür olacak şekilde yapılmıştır. Normallik varsayımı, standart sapma ve Shapiro Wilk Testi ile kontrol edilmiştir. Uygulama x derinlik ve uygulama x zaman interaksiyonlarının parametreler üzerindeki etkisi genel lineer model kullanılarak değerlendirilmiştir. Verim ve şeker oranı için tek yönlü varyans analizi yapılmıştır. Toprak direnci ve çıkış oranı için çift yönlü varyans analizi yapılmıştır. İstatistiki olarak önemli olan parametrelerde çoklu karşılaştırmalar 'Tukey (HSD) Testi' ile yapılmıştır. Bütün analizler XLSTAT programı (P<0,05) yapılmıştır.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI

4.1 Deneme Toprağı

Hadas ve Stibbe (1977), toprakta kabuk formasyonu ve sertliğinin, iklim karakterlerinin yanında toprağın kil, silt, ince kum, organik madde, $CaCO_3$, değişebilir Na, Mg, Ca içeriği ve EC gibi faktörlere bağlı olduğunu bildirmişlerdir. Miller ve Gifford (1974) ise, toprağın düşük organik madde içeriği, yüksek silt ve değişebilir Na içeriğinin, toprak partiküllerinin yağmur damlalarının çarpma ve gevşetme etkileriyle kolayca parçalanmasına ve üst tabaka toprağın kabuk bağlamaya hassas hale gelmesine neden olduğunu belirtmişlerdir. Öztürk (2006) ise, toprağın organik madde içeriği arttıkça agregatlaşma ve agregat stabilitesinin yükseldiğini belirtmiştir. Kumlu topraklarda primer taneciklerin boyutları büyüdüğünde, yağmur damlalarının çarpmasıyla toprağın çözülme ve yayılma eğiliminin yükseldiğini ve buna karşın, toprak partikül boyutu küçüldüğünde toprağın parçalanması zorlaşmakta, fakat killi topraklarda bu süreç daha kolay gerçekleştiğini ifade etmiştir.

Çizelge 4.1 Deneme toprağının bazı fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları

Analiz Parametreleri	**Sonuç**
Azot (%)	0.05
Fosfor (kg da^{-1})	7.21
Potasyum (kg da^{-1})	162.81
KDK (%)	35.7
Saturasyon (%)	52.4
pH	7.72
Toplam Kireç (%)	47.13
EC (dS m^{-1})	0.32
Toplam tuz (%)	0.01
Değişebilir Na Yüzdesi (ESP)	1.06
Organik madde (%)	0.97

Tarla denememiz için toprağın bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri analiz sonuçları **çizelge 4.1 ve çizelge 4.2'**de belirtilmiştir. Buna göre deneme toprağı killi tın tekstüre sahip, OM içeriği düşük, yüksek derecede kireçli, tuzsuz ve alkali reaksiyonludur.

Deneme toprağının azot konsantrasyonu %0.05, fosfor konsantrasyonu 7.21 kg da^{-1} ve potasyum konsantrasyonu 162.81 kg da^{-1} olarak belirlenmiştir. Katyon değişim kapasitesi (KDK) %35.7 olup besin maddelerini iyi derecede tutma kapasitesine sahip olduğunu göstermektedir.

Toprağın saturasyon değeri %52.4'tür. Toprak saturasyonu, toprağın suyu tutma kapasitesinin bir ölçüsüdür ve bulunan değerin toprağın suyu çok fazla tutmamasına karşın potansiyel olarak su drenajı sorunları yaşayabileceğini gösterir. Bu durum köklerin oksijen eksikliği yaşamasına neden olabilir ve bitki gelişimini olumsuz etkileyebilir (Çetin 2003).

Kabuk tabakasının oluşmasında Ca ve Mg'un belirgin bir etkisi vardır. Toprak veya sulama suyundaki kalsiyum miktarı yükseldiğinde, sodyumun dispersiyon tesiri azalır. Toprakta bulunan kireç miktarı ise %47.1 olup çok fazla kireçlidir. Değişebilir sodyum yüzdesi (ESP) ise 1.06 değerine sahiptir.

Elektriksel iletkenlikte (EC) kabuk formasyonunun tespit edilmesinde önemli bir etkendir. Su ve toprak karışımının EC değerinin düşmesi killerin su almasına ve gözeneklerin küçülmesine sebep olmaktadır. Toprak su çözeltisindeki sodyum iyon yoğunluğu yükseldiğinde toprağın agregat yapısal bütünlüğü zayıflamaktadır (Özdemir, 1998). Deneme toprağının EC değeri 0.32 dS m^{-1}'dir. EC, toprakta çözünmüş tuzların konsantrasyonunu göstermektedir. Bu değer, toprağın tuzsuz kategoriye girdiğini göstermektedir. Bu seviyedeki tuz konsantrasyonu genellikle bitkiler için ihmal edilebilir. Ayrıca yüksek tuz konsantrasyonları, toprak agregatlarının dağılmasına ve toprak yapısının bozulmasına neden olabilir. Tuzlar, kil partikülleri arasındaki bağları zayıflatarak agregatların parçalanmasına yol açar. Tuzlu topraklar suyu daha zor emer ve suyun toprağa infiltrasyonunu azaltır. Bu durum, yüzeyde suyun birikmesine ve buharlaşmasına neden olur.

Karasal iklimin hakim olduğu ülkemizin iç bölgelerinde bulunan toprakların OM içeriği çoğunlukla düşük seviyededir. Bunun sebebi, organik madde birikimini teşvik edecek yeter miktarda yağışın bulunmaması ve kurak koşullarda OM'nin hızlı bir şekilde ayrışmasıdır (Munzur ve Sakin 2018). Deneme toprağının OM miktarı ise % 0.97 'dir. Düşük organik madde içeriği ve toprak kabuk oluşumu arasında güçlü bir ilişki vardır. Toprağın organik madde içeriği, toprağın yapısını, su tutma kapasitesini ve agregat stabilitesini etkileyen önemli faktörlerdir. Organik madde eksikliği toprak kabuklarının oluşumuna katkıda bulunabilir. Kemper ve Koch (1966), topraklarda OM miktarı yükseldikçe agregat bütünlüğü değerlerinin de yükseldiğini bildirmiştir. Elde edilen veriler toprak örneklerinin su kaynaklı toprak kayıplarına hassas olduğunu belirtmektedir. Ek olarak agregat stabilitesini azaltır ve toprak partiküllerinin kolayca dağılmasına neden olur. Dağılan partiküller, yağmur veya sulama suyu etkisiyle yüzeyde birikerek kabuk oluşturma potansiyeline sahiptir.

Kabuk tabakası formasyonuna etkin olan bir diğer önemli faktör ise tekstürdür. Kabuk tabakası formasyonu özellikle yarı kurak alanların kumlu ve tınlı topraklarında sıklıkla meydana gelmektedir. Valentin (1991), kurak bölgelerdeki tınlı toprakları etkileyen en önemli faktörlerin başında toprak üst tabakasında meydana gelen su birikmesi ve yüzey akışının olduğunu bildirmektedir.

Çizelge 4.2'de tekstür analizi sonuçlarına göre toprak killi tın tekstüre sahiptir.

Çizelge 4.2 Deneme toprağına ait toprak tekstür sınıfı

Tekstür	**%**
Kum 50 μm – 2 mm	37.01
Silt 2- 50 μm	25.93
Kil < 2 μm	37.06

4.1.1 Toprak kabuk oluşumu indeksi

Toprak kabuk oluşumu, Pieri (1989) tarafından geliştirilen bir formül yardımıyla hesaplanmıştır. Bu hesaplama, toprak yüzeyinde oluşan kabuklanma derecesini ve bunun bitki büyümesi üzerindeki etkilerini değerlendirmek için kullanılır. Toprak kabuklanması, suyun toprak yüzeyine nüfuz etmesini engelleyerek su tutma kapasitesini azaltır ve toprak yüzeyinin sertleşmesine yol açar. Bu durum, bitki köklerinin su ve besin maddelerine erişimini zorlaştırır ve genel olarak bitki sağlığını olumsuz yönde etkiler.

Deneme alanının toprak kabuk indeksi değeri 2.1 olarak hesaplanmış ve çok şiddetli fiziksel bozunuma sahip toprak sınıfına girmektedir. Şiddetli fiziksel bozunuma sahip topraklar, bitki köklerinin gelişimini sınırlayan ve toprak verimliliğini düşüren sert kabuklar oluşturur. Bu tür topraklarda bitki çıkışı ve büyümesi genellikle olumsuz etkilenir. Dolayısıyla, bu tür topraklarda ekim yaparken, kabuk oluşumunu engelleyici veya azaltıcı önlemlerin alınması gereklidir.

4.2 Farklı PAM Dozlarının Toprak Penetrasyon Direncine (SPR) Etkisi

Deneme toprağında, şeker pancarı ilk çıkış suyu uygulaması sonrası 0-10 cm derinlikte ölçülen birinci penetrasyon ölçüm değerleri **çizelge 4.3** ve istatistiki değerlendirmeleri **çizelge 4.5**'te verilmiştir.

Doz 1 alanında, penetrasyon direnci, uygulama yapılan diğer alanlara göre daha fazla direnç göstermiştir. Kontrol grubunda ilk toprakların ilk 3 cm derinliklerdeki ortalama penetrometre verileri kontrol alanında 0.11 mPa ve 0.32 mPa arasında değişirken, bu değerler Doz 3alanında 0.06 mPa ile 0.29, Doz 3 kullanılan alanda 0.02 mPa ile 0.27, Doz 4 kullanılan alanda ise 0.02 MPa ile 0.26 mPa arasında değişmiştir. Diğer derinliklerdeki toprak penetrasyon direnci ölçümleri benzerlik göstermiştir (**Çizelge 4.3)**.

Çizelge 4.3 Birinci penetrometre ortalama ölçüm değerleri

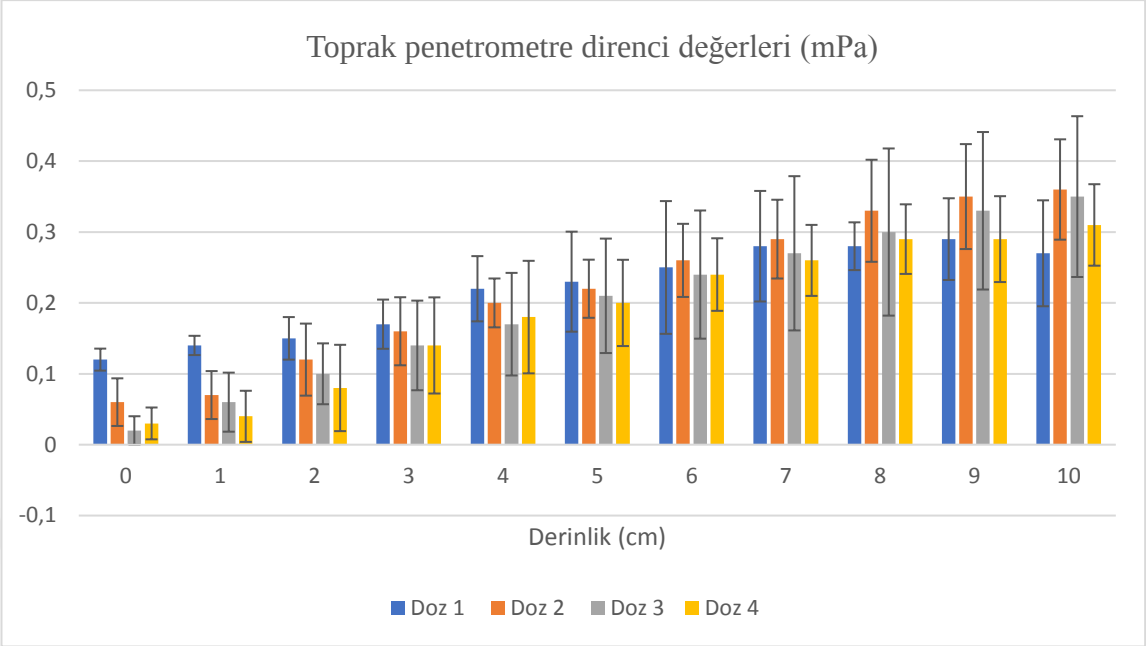
Derinlik (cm)	1.Doz	2.Doz	3.Doz	4.Doz
0	0.12*	0.06	0.02	0.03
1	0.14	0.07	0.06	0.04
2	0.15	0.12	0.10	0.08
3	0.17	0.16	0.14	0.14
4	0.22	0.20	0.17	0.18
5	0.23	0.22	0.21	0.20
6	0.25	0.26	0.24	0.24
7	0.28	0.29	0.27	0.26
8	0.28	0.33	0.30	0.29
9	0.29	0.35	0.33	0.29
10	0.27	0.36	0.35	0.31

* mPa

Toprak üst tabakasında (0-1 cm) kontrol (Doz 1) grubunda ortalama penetrasyon direnci 0.11 mPa olarak ölçülmüştür. Düşük doz PAM (Doz 2) uygulamasında bu değer 0.06 mPa'ya düşmüştür. Orta doz PAM (Doz 3) ve yüksek doz PAM (Doz 4) uygulamalarında ise penetrasyon direnci 0.02 mPa olarak ölçülmüştür. Bu sonuçlar, PAM uygulamalarının yüzeyde toprak sıkışmasını belirgin bir şekilde azalttığını göstermektedir. Özellikle orta ve yüksek doz PAM, kontrol grubuna göre çok daha düşük penetrasyon dirençleri sağlamıştır **(Çizelge 4.3).**

Toprağın 1-2 cm derinlik aralığında kontrol grubunda ortalama penetrasyon direnci 0.21 mPa, düşük doz PAM'da 0.16 mPa, orta doz PAM'da 0.14 mPa, yüksek doz PAM'da ise 0.13 mPa olarak ölçülmüştür. Bu derinlikte de PAM uygulamaları penetrasyon direncini azaltma konusunda etkili olmuştur. Yüksek doz PAM uygulaması en düşük penetrasyon direncini sağlamıştır **(Çizelge 4.3).**

En düşük ortalama penetrasyon direnci orta ve yüksek doz uygulanan topraklarda ölçülürken, en yüksek ortalama penetrasyon direnci uygulama yapılmayan alanda ölçülmüştür. Bütün alanlarda derinlik arttıkça ölçülen penetrometre değerleri yükselmiştir.



Şekil 4.1 Birinci penetrometre ortalama ölçüm değerleri

Şekil 4.1 incelendiğinde yüksek ve orta doz PAM uygulaması, toprak penetrasyon direncini kontrol grubuna göre genel olarak azaltmış olduğu görülmektedir. Özellikle yüzeyde, penetrasyon direnci belirgin bir şekilde düşmüştür. Bu durum yüksek doz PAM'ın toprak yapısını gevşettiğini ve yüzeyde suyun daha iyi hareket ettiğini gösterir. Ancak, derinlik arttıkça etkiler azalmakta ve penetrasyon direnci, kontrol grubuna yakın seviyelere yaklaşmaktadır. Düşük doz PAM uygulaması, yüzeyde diğer dozlara nazaran daha az etkili olmuş ve toprak penetrasyon direncini yine de kontrol grubuna göre belirgin şekilde azaltmıştır. Toprağın üst tabakasında PAM'ın etkisi, suyun daha iyi dağıldığını ve toprak yapısının daha stabil olduğunu göstermektedir.

Yüksek doz PAM uygulaması, tüm derinliklerde en düşük penetrasyon direnci değerlerini göstermiştir. Bu durum PAM'ın toprakta suyun hareketini en iyi şekilde düzenlediğini ve kabuk oluşumunu en etkili şekilde engellediğini gösterir. Yüksek dozun toprak üzerinde sağladığı bu etkiler, suyun daha iyi emilmesi ve toprak yapısının daha stabil kalmasıyla ilişkilidir. Yüzeydeki (0-3) düşük penetrasyon direnci, toprak kabuklarının oluşumunu önemli ölçüde azaltmış, 3-10 cm derinlikteki değerlerde ise önemli derecede etkili bir

gevşeme sağlamamıştır. Derinlik arttıkça tüm dozlarda penetrasyon direnci ölçümlerinde benzer değerler elde edilmiştir.

Araştırmada uygulanan farklı PAM dozlarının toprak penetrasyon direnci üzerindeki etkilerini değerlendirmek için varyans analizi yapılmıştır. Bu analizde model, hata ve toplam varyans kaynakları incelenmiştir **(Çizelge 4.4).**

Çizelge 4.4 Değişkenlik analizi (ilk uygulama)

Kaynak	**Serbestlik Derecesi**	**Kareler Toplamı**	**Ortalama Kareler**	**F Değeri (F)**	**Pr > F**
Model	43	1.183	0.028	34.534	< 0.0001
Hata	88	0.070	0.001		
Toplam	131	1.253			

Çizelge 4.4 incelendiğinde F Değeri, modelin açıklanan varyansının hata varyansına oranını gösterir. Bu durumda, F değeri 34.534'tür, bu da modelin oldukça güçlü olduğunu göstermektedir. Pr > F değeri, F testinin anlamlılık düzeyini göstermektedir. Bu değerin < 0,0001 olması, modelin istatistiki olarak önemli olduğunu ve bağımsız değişkenlerin bağımlı değişken üzerinde önemli bir etkisi olduğunu göstermektedir.

Gruplar arasındaki ortalama farkların anlamlılık derecesini belirlemek için aşağıdaki tabloda dört farklı uygulamanın (Doz 1, 2, 3 ve 4) karşılaştırılması ve bu karşılaştırmaların anlamlılık düzeyleri verilmiştir **(Çizelge 4.5).**

Çizelge 4.5 Tukey HSD testi (ilk uygulama)

Karşılaştırma	**Fark**	**Stnd. Fark**	**Kritik D.**	**Pr > Diff**	**Anlamlı**
2 ile 4	0.033	4.746	2.619	< 0.0001	Evet
2 ile 3	0.024	3.391	2.619	0.006	Evet
2 ile 1	0.002	0.356	2.619	0.984	Hayır
1 ile 4	0.031	4.390	2.619	0.000	Evet
1 ile 3	0.021	3.035	2.619	0.016	Evet
3 ile 4	0.009	1.356	2.619	0.530	Hayır

Çizelge 4.5 incelendiğinde ilk uygulama sonucu 4 farklı PAM dozunun toprak penetrasyon direnci (SDR) üzerine uygulama interaksiyonu istatistiksel olarak önemli bulunmuştur.

Poliakrilamid uygulamasının 2. ve 4. doz uygulamaları arasında anlamlı bir istatistiksel fark söz konusudur. PAM'ın 2. uygulaması 4. uygulamaya göre daha yüksek bir etki göstermektedir. 2 ve 3. uygulamalar arasında istatistiksel olarak belirgin bir farklılık mevcuttur. 2 ve 3. uygulamaya göre daha yüksek bir etki göstermektedir. 2 ve 1. uygulamalar arasında istatistiksel olarak belirgin bir farklılık yoktur. 1 ve 4. uygulamalar arasında istatistiksel olarak önemli bir ayrım bulunmaktadır. 1. uygulama 4. uygulamaya göre daha yüksek bir etki göstermektedir. 1 ve 3. uygulamalar arasında istatistiksel olarak önemli bir ayrım bulunmaktadır. 1. uygulama 3. uygulamaya göre daha yüksek bir etki göstermektedir. 3 ve 4. uygulamalar arasında istatistiksel olarak önemli bir farklılık mevcut değildir.

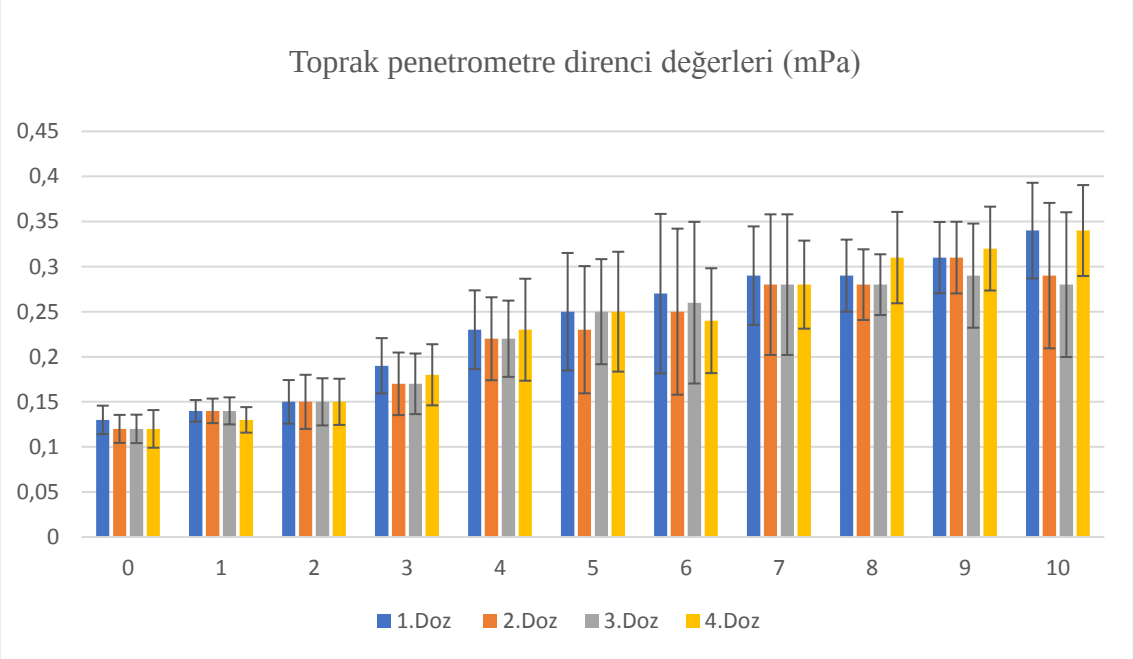
Belirlenen sonuçlar, farklı uygulamaların toprak penetrasyon direnci üzerinde farklı etkiler yarattığını göstermektedir. Özellikle, 2. uygulama 4. uygulamaya göre daha yüksek bir etki gösterirken, 2. ve 3. uygulamalar arasında da anlamlı farklar gözlemlenmiştir. 1. ve 4. uygulamalar arasındaki fark da anlamlı bulunmuştur. Bu bulgular, PAM dozlarının toprak penetrasyon direncini farklı derecelerde etkilediğini ve belirli dozların daha etkili olduğunu göstermektedir.

Kontrol grubunda PAM uygulanmamış olan toprak örneklerinde ve PAM uygulaması yapılan diğer bütün gruplarda bir fark belirlenmemiştir. Bütün derinliklerdeki toprak penetrasyon direnci ölçümleri benzerlik göstermiştir. Bütün gruplarda 0-10 cm derinliklerindeki ortalama penetrometre verileri 0.12 mPa ve 0.34 mPa aralığında değişmiştir (**Çizelge 4.6)**.

Çizelge 4.6 İkinci penetrometre ortalama ölçüm değerleri

Derinlik (cm)	1.Doz (Kontrol)	2.Doz (Düşük)	3.Doz (Orta)	4.Doz (Yüksek)
0	0.13*	0.12	0.12	0.12
1	0.14	0.14	0.14	0.13
2	0.15	0.15	0.15	0.15
3	0.19	0.17	0.17	0.18
4	0.23	0.22	0.22	0.23
5	0.25	0.23	0.25	0.25
6	0.27	0.25	0.26	0.24
7	0.29	0.28	0.28	0.28
8	0.29	0.28	0.28	0.31
9	0.31	0.31	0.29	0.32
10	0.34	0.29	0.28	0.34

*mPa



Şekil 4.2 İkinci penetrometre ortalama ölçüm değerleri

Şekil 4.2 incelendiğinde ise uygulama grubuna kıyasla PAM'ın toprak penetrasyon direnci üzerindeki etkisinin ortadan kaltığı görülmektedir.

Çizelge 4.7 incelendiğinde istatistiksel olarak Doz 3-4 ve Doz 1-2 farklı kategorilerde yer almaktadır. **Çizelge 4.8** incelendiğinde tüm kategoriler aynı kategoride yer almaktadır. Bu, ortalama penetrasyon direnci değerleri arasında ilk ölçümden sonra ikinci ölçümde istatistiksel olarak farklılığın kaybolduğunu gösterir. Başka bir deyişle, PAM dozlarının (veya diğer uygulama değişkenlerinin) toprak penetrasyon direnci üzerinde önemli bir etkisi olmadığı sonucudur.

Tukey (HSD) testi sonuçlarına göre, PAM'ın dört dozu penetrasyon direnci açısından anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır. Bu, her bir uygulamanın 3 sulama sonrası benzer etkiler yarattığını veya ilk sulama sonrasında gösterdiği etkiyi kaybettiğini göstermektedir **(Çizelge 4.8)**.

Çizelge 4.7 Farklı PAM dozlarının SPR üzerine etkisi (1.Test)

Derinlik	0 cm	1 cm	2 cm	3 cm	4 cm	5 cm	6 cm	7 cm	8 cm	9 cm	10 cm	Ortalama
Doz 1	0.12 lq	0.14 kq	0.15 jp	0.17 io	0.22 ek	0.24 dj	0.26 ji	0.29 ag	0.28 ag	0.28 ag	0.27 bh	0.22 A[z]
Doz 2	0.06 pr	0.08 pr	0.1 mr	0.15 jp	0.2 gm	0.2 ek	0.26 ji	0.29 ag	0.34 ac	0.36 ab	0.37 a[y]	0.22 A
Doz 3	0.03 r	0.06 pr	0.1 nr	0.14 kq	0.17 io	0.21 el	0.24 dj	0.27 bh	0.3 af	0.32 ad	0.35 ac	0.20 B
Doz 4	0.03 r	0.05 qr	0.08 or	0.14 kp	0.18 hn	0.21 fm	0.24 dj	0.26 ji	0.29 af	0.29 ag	0.31 ae	0.19 B

[y] : LSD testi bazında farklı harflerle gösterilen interaksiyonlar istatistiksel olarak önemli bir farklılık mevcuttur. ($P \leq 0.05$).

[z] : LSD testi bazında farklı harflerle gösterilen ortalamalar istatistiksel olarak önemli bir farklılık mevcuttur. ($P \leq 0.05$).

Çizelge 4.8 Farklı PAM dozlarının SPR üzerine etkisi (2.Test)

Derinlik	0 cm	1 cm	2 cm	3 cm	4 cm	5 cm	6 cm	7 cm	8 cm	9 cm	10 cm	Ortalama
Doz 1	0.13 n	0.14 n	0.15 jn	0.19 gn	0.23 el	0.25 ji	0.28 af	0.3 af	0.3 af	0.31 ad	0.34 a[y]	0.24 A[z]
Doz 2	0.12 n	0.14 n	0.16 jn	0.18 hn	0.22 fm	0.23 dj	0.26 bh	0.29 af	0.28 af	0.31 ae	0.29 af	0.23 A
Doz 3	0.12 n	0.14 mn	0.15 ln	0.17 in	0.22 el	0.25 ci	0.26 ag	0.29 af	0.28 af	0.29 af	0.28 af	0.22 A
Doz 4	0.12 n	0.13 n	0.15 kn	0.18 hn	0.23 dk	0.25 ci	0.24 ci	0.28 af	0.31 ad	0.33 ac	0.34 ab	0.22 A

[y] : LSD testine bazında farklı harflerle gösterilen interaksiyonlar istatistiksel olarak önemli bir farklılık mevcuttur. ($P \leq 0.05$).

[z] : LSD testine bazında farklı harflerle gösterilen ortalamalar istatistiksel olarak önemli bir farklılık mevcuttur. ($P \leq 0.05$)

4.2.1 Farklı zamanlarda alınan penetrometre verilerinin karşılaştırılması

İlk penetrometre ölçümlerinde elde edilen bulgular ile son penetrometre ölçümlerinden elde edilen bulgular karşılaştırıldığında, yüksek doz PAM uygulanan alanın 0-1 cm derinliklerinde ilk uygulamada toprak direnci 0.02 mPa iken son uygulamada ölçümler 0.12 mPa değerine kadar yükselmiştir. Orta doz ve düşük doz PAM uygulamalarında sırasıyla 0.02 mPa ve 0.06 mPa iken, son uygulamalarda ölçümler 0.12 mPa çıkmış ve kontrol grubu ile paralellik göstermektedir. Diğer derinliklerde istatistiki olarak bir farklılık gözlemlenmemiştir (**Çizelge 4.3 ve çizelge 4.6**).

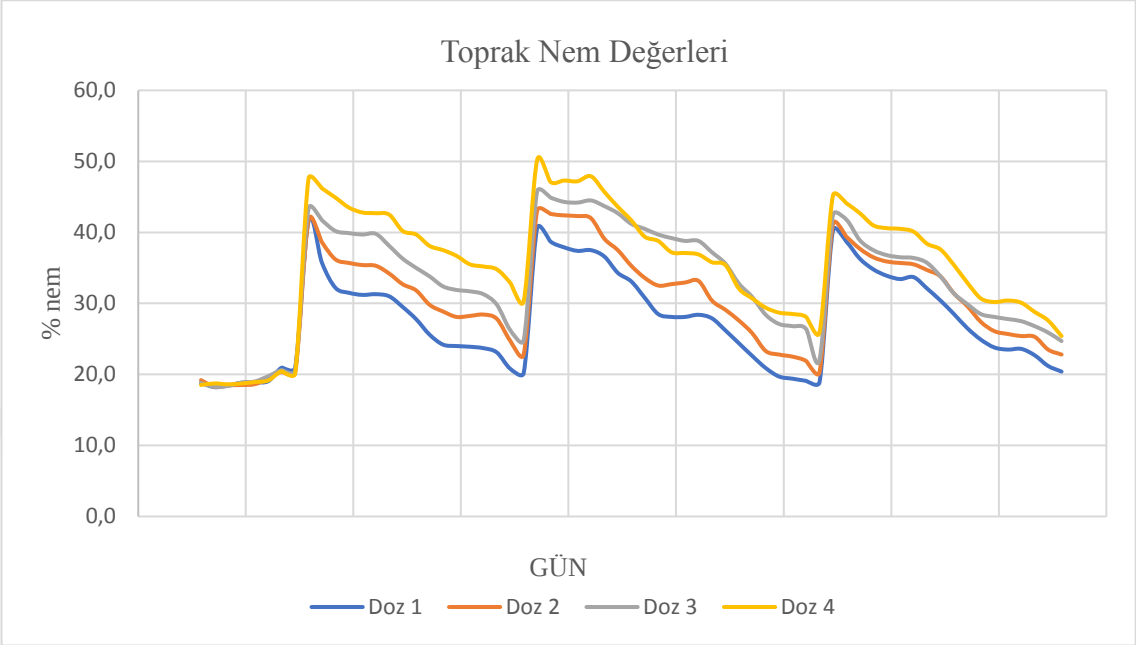
İlk sulama sonrası verilere göre, 3. sulama sonrası verilerde PAM uygulamalarının etkisinin kaybedildiği görülmektedir **(Çizelge 4.6)**. İlk verilerde PAM uygulamaları belirgin şekilde daha düşük penetrasyon dirençleri sağlarken, sulamalar sonrası bu etki kaybolmuştur. Özellikle yüksek doz PAM, penetrasyon direncinde diğer dozlar ile benzer veriler elde edilmiştir. İlk sulama sonrası değerlerde PAM etkisi daha belirgindir ve daha düşük penetrasyon dirençleri gözlemlenmiştir **(Çizelge 4.3).**

Genel olarak incelendiğinde PAM uygulamaları, ilk uygulama sonrası toprak yüzeyindeki etkilerini sürdürememiştir ve ilk uygulama sonrası gösterdiği penetrasyon direncini düşürme performansı daha sonrasında görülmemiştir. İlk ve son ölçümler arasındaki farklar, PAM'in özellikle yüzeydeki iyileştirme etkisini ve sulama sonrası bu etkinin ne kadar sürdüğünü göstermektedir. İlk ölçümlerde elde edilen veriler, PAM'in sulama öncesi toprak koşullarında nasıl bir iyileşme sağladığını ve sulama sonrasında etkisinin ne kadar sürdüğünü değerlendirmek açısından önemlidir.

4.3 Toprak Nem Değerleri

Toprak nemi, ekimden itibaren 15 gün süresince dört farklı uygulama alanında sensörler kullanılarak takip edilmiştir. Toplamda tohum çimlenmesi için 3 defa sulama yapılmıştır. **Şekil 4.3**'te toprak nem grafiği uygulanan PAM dozu ile doğru orantılı olarak toprak neminde artış ile sonuçlanmıştır. Bu, PAM'ın toprak su tutma kapasitesini artırdığını göstermektedir. Veriler neticesinde Nadler ve Steinberger (1993)'in de belirttiği gibi,

PAM'lar yeterli toprak nemini korumak için toprakta bitki tarafından kullanılabilir su miktarını artırabilir bulgusu ile paralellik göstermektedir.



Şekil 4.3 Toprak nem değerleri

Şekil 4.3 incelendiğinde, PAM'in toprak su tutma kapasitesine etkisi sulama sayısı arttıkça azalmaktadır. Bu netice de toprak penetrasyon direnci sonuçları ile paralellik göstermektedir. İlk sulama ile beraber uygulanan PAM dozunda, toprak %50 oranına ulaşmışken 3. sulama sonrası bu oran %45'e kadar düşmüştür. Bu oran kontrol grubunda maksimum %40 olarak karşımıza çıkmaktadır.

Çizelge 4.9 incelendiğinde, ilk sulama öncesinde tüm dozların birbirine yakın nem değerlerine sahip olduğu görülmektedir. Sulama sonrası nem oranlarında artış gözlenmiş, özellikle Doz 4 en yüksek artış belirlenmiştir (%47.6). İlk sulama sonrası nem oranları düşmüş, ancak ikinci sulama ile tekrar artmıştır. Doz 4 burada da en yüksek artışı göstermiştir (%50.2). İkinci sulama sonrası nem oranları tekrar düşmüş, fakat üçüncü sulama ile yine bir artış gözlemlenmiştir. Doz 4, bu durumda da en yüksek artışı göstermiştir (%45.2). Sulama sonrası tüm dozlar benzer nem oranlarına geri dönmüş, ancak Doz 4 diğer dozlardan biraz daha yüksek bir nem oranına sahip olmuştur.

Çizelge 4.9 Belirli dönemlere ait toprak nem değerleri (%)

Tarih / Saat	Doz 1	Doz 2	Doz 3	Doz 4	Açıklama
10/05/2023 14:00	18.8	19.2	18.8	18.5	Sensör Kurulum
11/05/2023 11:00	20.9	20.2	20.5	20.1	1.Sulama
11/05/2023 14:00	41.6	41.8	43.4	47.6	
11/05/2023 17:00	35.7	38.6	41.7	46.2	
13/05/2023 11:00	20.8	24.7	26.2	32.9	
13/05/2023 14:00	20.2	22.8	24.8	30.3	2.Sulama
13/05/2023 17:00	40.6	43.1	45.8	50.2	
13/05/2023 20:00	38.7	42.6	44.9	47.1	
16/05/2023 05:00	19.1	21.9	26.4	28.1	
16/05/2023 08:00	18.9	20.3	22.1	25.9	3.Sulama
16/05/2023 11:00	40.3	41.2	42.5	45.2	
16/05/2023 14:00	38.7	39.4	41.8	44.1	
25/05/2023 05:00	16.9	17.1	17.1	17.1	
25/05/2023 08:00	16.5	16.7	16.9	17.2	Nem Takibi Sonu

İlk sulama sonrası nem artışı incelendiğinde, kontrol parsellerinde toprak nemi %20.9'dan %41.6'ya (yaklaşık %98.9 artış), Doz 2 uygulanan parsellerde toprak nemi %20.2'den %41.8'e (yaklaşık %106.9 artış), Doz 3 uygulanan parsellerde toprak nemi %20.5'ten %43.4'e (yaklaşık %111.7 artış) ve Doz 4 uygulanan parsellerde toprak nemi ise en yüksek oran olan %20.1'den %47.6'ya (yaklaşık %136.8 artış) yükselmiştir **(Çizelge 4.9).**

İkinci sulama sonrası nem artışı incelendiğinde kontrol parselleri toprak nemi %20.2'dan %40.6'ya (%101 artış), Doz 2 uygulanan toprak nemi %22.8'dan %43.1'ya (≈ %88.6 artış), doz 3 uygulanan toprak nemi %24.8'dan %45.8'ya (%84.7 artış) ve Doz 4 uygulanan toprak nemi ise en yüksek oran olan %30.3'dan %50.2'ya (%65.7 artış) yükselmiştir (**Çizelge 4.9).**

Üçüncü sulama sonrası nem artışı incelendiğinde ise kontrol parselleri toprak nemi %18.9'dan %40.3'ya (%113 artış), Doz 2 uygulanan parsellerde toprak nemi %20.3'dan %41.2'ya (%103 artış), Doz 3 uygulanan parsellerde toprak nemi %22.1'dan %42.5'ya (%92.3 artış) ve Doz 4 uygulanan parsellerde toprak nemi ise en yüksek oran olan %25.9'dan %45.2'ya (%74.5 artış) yükselmiştir **(Çizelge 4.9).**

Doz 4 sulama sonrası en yüksek nem oranlarının belirlendiği dozdur. Nem oranlarındaki artış, Doz 4'te diğer dozlara göre sürekli olarak daha yüksektir. Bu, yüksek dozda PAM kullanımının toprak nem kapasitesini artırdığını gösterir. Doz 2 ve Doz 3, Doz 1'e göre daha yüksek nem oranları belirlenmiştir. Doz 1 uygulamasında genellikle en düşük nem artışı belirlenmiştir.

Genel olarak sulama sonrası toprak nem oranları, uygulama dozu arttıkça artmaktadır. Nem oranlarındaki artış, dozun toprak nem tutma kapasitesini önemli ölçüde artırdığını göstermektedir. Bu analiz, PAM dozlarının sulamalar sonrası toprak nem kapasitesini olumlu yönde etkilediğini ve yüksek dozlarda daha etkili olduğunu göstermektedir. Toprak nemini koruma açısından en etkili dozun Doz 4 olduğu belirlenmiştir.

Veriler, farklı PAM dozlarının toprak nem seviyelerinde belirgin değişiklikler sağladığını ve toprak neminin daha uzun süre yüksek tutulduğunu göstermektedir. Özellikle yüksek dozlar, toprakta nemin daha uzun süre ve oranda korunmasını sağlayarak, sulama ihtiyaçlarını azaltma potansiyelini artırmaktadır. Bu sonuçlar, PAM uygulamalarının toprak nem yönetimi üzerindeki olumlu etkilerini ve uygulama dozlarına bağlı olarak nem seviyelerindeki iyileşmeyi yansıtmaktadır.

4.4 Farklı PAM Dozlarının Çimlenme Üzerine Etkisi

Bu çalışma kapsamında, PAM dozlarının şeker pancarlarının çimlenme performansı ve fenolojik gelişimine etkileri incelenmiştir. Ortalama çimlenme süresi, çimlenme oranı ve gelişim farklılıkları değerlendirilmiştir. Şeker pancarı ekimi yapıldıktan sonra 8., 11., 14., 17. ve 20. günlerinde yapılan çıkış sayımlarından elde edilen bulgular **çizelge 4.10**'da verilmiştir.

Şeker pancarı çimlenme süresi, farklı PAM dozlarına göre değişiklik göstermiştir. İlk uygulama dozunda, ortalama çimlenme süresi 8.3 gün olarak belirlenmiştir. İkinci dozda bu süre 7.6 gün olarak kısalmıştır. Üçüncü dozda, ortalama çimlenme süresi 7.3 gün olarak belirlenmiştir. Son dozda ise çimlenme süresi 7.0 gün olarak tespit edilmiştir. PAM uygulamalarının çimlenme süresini kısaltıcı etkisi, toprak nemini iyileştirici özelliğinden kaynaklanmaktadır.

Çizelge 4.10 Farklı PAM dozlarının çimlenme oranına etkisi (LSD)

Çimlenme	1.Sayım	2.Sayım	3.Sayım	4.Sayım	5.Sayım	Ortalama
Doz 1	2.27 j	42.61 h	80.97 e	93.04 bc	96.31 ab [z]	63.04 D [y]
Doz 2	3.27 j	46.16 g	87.36 d	96.16 ab	97.44 a	66.08 C
Doz 3	5.11 ij	47.44 g	90.20 cd	96.02 ab	98.30 a	67.42 B
Doz 4	6.68 i	58.81 f	89.35 d	97.44 a	99.15 a	70.23 A
Ortalama	4.33 E	48.76 D	86.97 C	95.68 B	97.80 A	

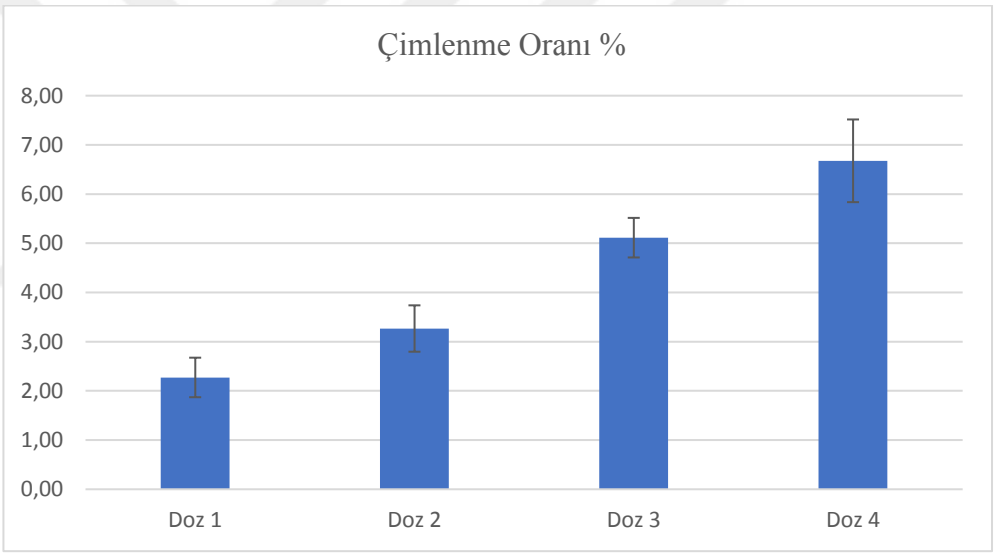
[y] : LSD testi bazında farklı harflerle gösterilen ortalamalar istatistiksel olarak önemli bir farklılık mevcuttur. (($P \leq 0.05$).

[z] : LSD testi bazında farklı harflerle gösterilen ortalamalar istatistiksel olarak önemli bir farklılık mevcuttur. (($P \leq 0.05$).

Şeker pancarlarının gelişimindeki farklılıklar da uygulama dozlarına göre değişim göstermiştir. İlk dozda bitkilerin gelişiminde gözle görülür bir iyileşme sağlanmıştır. Ancak en belirgin gelişim farklılıkları üçüncü ve son dozlarda görülmüştür. Üçüncü dozda, bitkiler daha hızlı ve sağlıklı bir gelişim göstermiştir. Son dozda ise, bitkilerin gelişimi en yüksek seviyeye ulaşmıştır. Bu sonuçlar, PAM uygulamalarının şeker pancarlarının fenolojik gelişimini olumlu yönde etkilediğini ortaya koymaktadır.

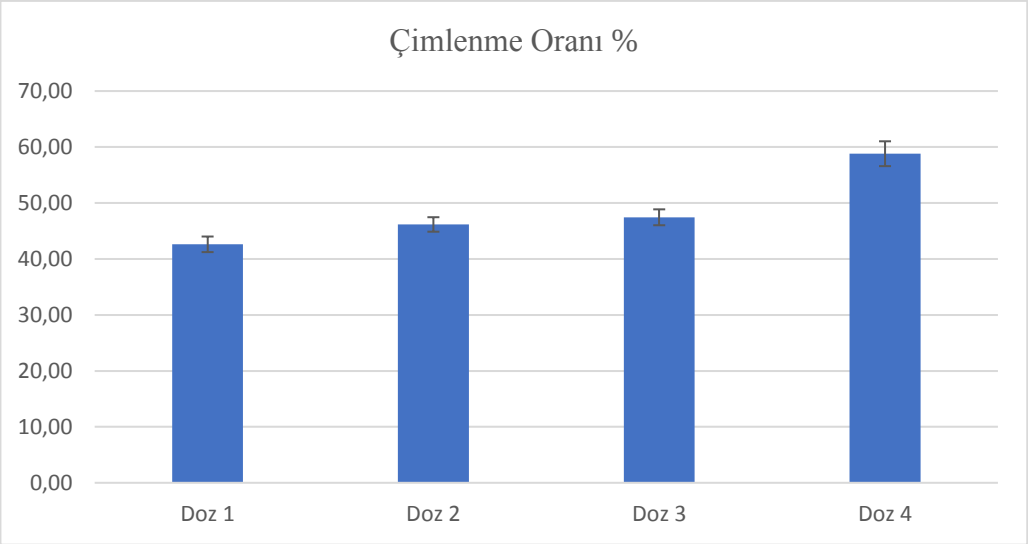
Farklı PAM dozlarının şeker pancarı gelişim kriterlerine göre sayımında fark oluşturduğu **Çizelge 4.10** incelendiğinde görülebilir. İlk sayım gerçekleştirildiğinde, kontrol ve uygulama gruplarında sırasıyla %1.70, %2.84, %4.55 ve %6.82 çimlenme oranları elde edilmiştir. PAM dozlarının artışı ile birlikte ilk çimlenme oranlarında bir artış gözlenmektedir. Bu, gerek toprak nem seviyesindeki etkisi gerekse toprak penetrasyon direncine etkisi dolayısıyla PAM'ın çimlenmeyi teşvik edici etkisinin olduğunu göstermektedir.

Bu verilere uygulanan varyans analizi neticesinde, istatistiksel olarak önemli bir farklılığın olduğu bulunmuştur (**Çizelge 4.10**).



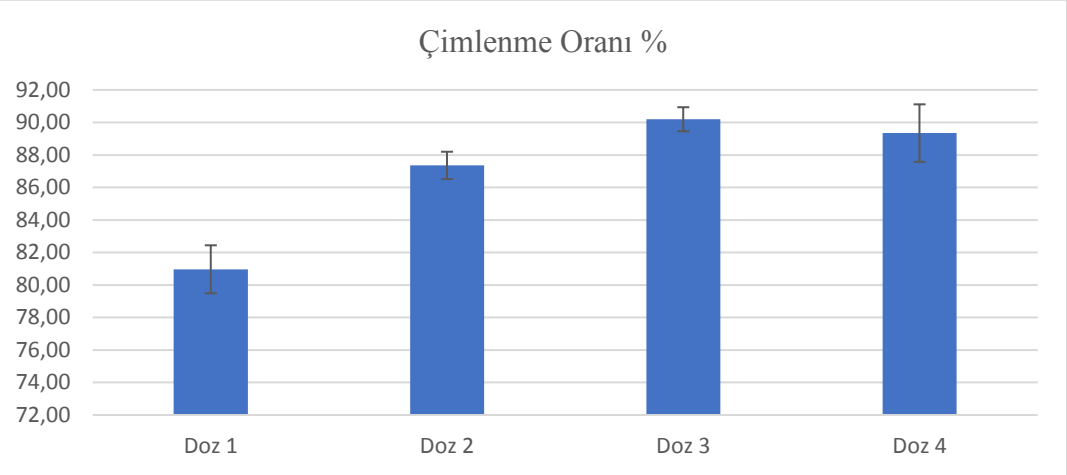
Şekil 4.4 Farklı PAM dozlarında % çimlenme oranı (1. Sayım)

Çimlenme oranlarında 8. Gün gerçekleştirilen ilk sayımda uygulama dozlarına bağlı olarak değişiklik gözlemlenmiştir (**Şekil 4.4**).



Şekil 4.5 Farklı PAM dozlarında % çimlenme oranı (2. Sayım)

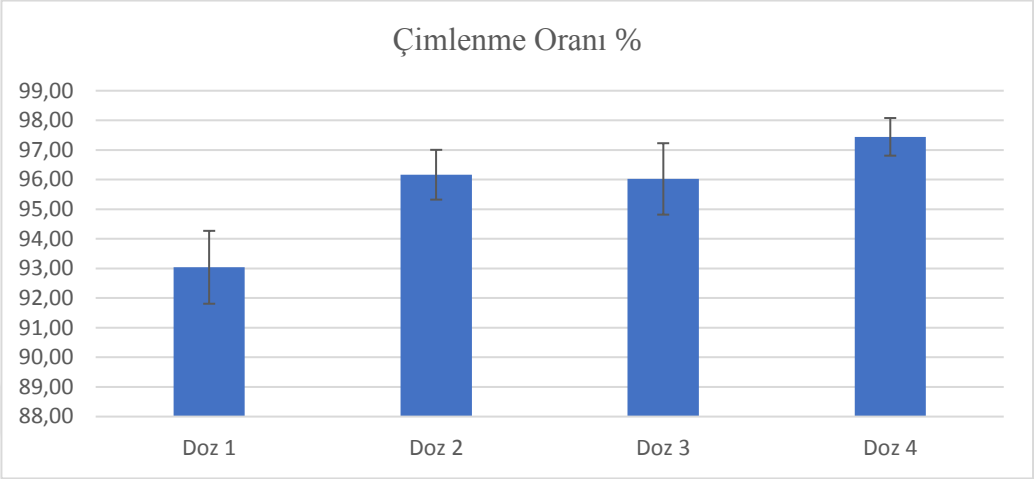
İkinci sayım gerçekleştirildiğinde, kontrol ve uygulama gruplarında gözlemlenen çimlenme oranları sırasıyla %42.61, %44.89, %47.73 ve %58.52 olarak belirlenmiştir. İkinci sayımda da tüm doz gruplarında kontrol grubuna göre daha yüksek çimlenme oranları gözlenmiştir. Doz 4 en yüksek çimlenme oranına sahiptir, bu da PAM uygulamasının etkili olduğunu teyit etmektedir (**Şekil 4.5**).



Şekil 4.6 Farklı PAM dozlarında % çimlenme oranı (3. Sayım)

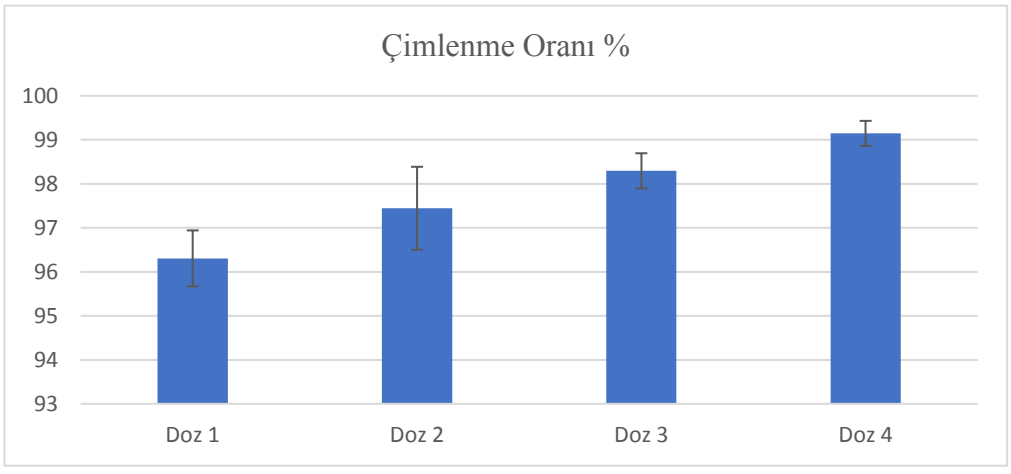
Üçüncü sayımda ise kontrol ve uygulama gruplarında gözlemlenen çimlenme oranları sırasıyla; %82.39, %86.36, %90.91 ve %92.05 olarak kaydedilmiştir. Üçüncü sayımda,

çimlenme oranları tüm uygulama gruplarında kontrol grubuna göre yüksektir olmuştur. Bu da PAM'ın bitki gelişimini olumlu yönde etkilediğini göstermektedir (**Şekil 4.6**).



Şekil 4.7 Farklı PAM dozlarında % çimlenme oranı (4. Sayım)

Dördüncü sayımda ise kontrol ve uygulama gruplarında gözlemlenen çimlenme oranları sırasıyla %91.48, %97.16, %94.89 ve %98.30 olarak kaydedilmiştir. Dördüncü sayımda çimlenme oranları yüksek seviyelere ulaşmıştır. Uygulama dozları en yüksek çimlenme oranına sahiptir ve dozlar arasında fark belirlenmemiştir. Bu da PAM'ın optimal seviyede kullanımının etkili olduğunu göstermektedir (**Şekil 4.7**).



Şekil 4.8 Farklı PAM dozlarında % çimlenme oranı (5. Sayım)

Beşinci ve son sayımda ise kontrol ve uygulama gruplarında belirlenen çimlenme oranları sırasıyla; %96.02, %98.30, %98.86 ve %99.43 olarak kaydedilmiştir. Bu da PAM'ın bitki gelişiminde ve çimlenmede oldukça etkili olduğunu doğrulamaktadır (**Şekil 4.8**).

Genel olarak değerlendirildiğinde, PAM dozları arttıkça tohumların çimlenme oranlarının arttığı ve bitki gelişiminin hızlandığı gözlemlenmektedir. PAM dozu arttıkça, tohum çimlenmesi için optimum koşulları sağladığı sonucuna varılmaktadır.

Çizelge 4.11'e göre model (farklı PAM dozları) bağımlı değişken (Çıkış Oranı) üzerinde istatistiki olarak önemli bir etkiye sahiptir. F değeri çok yüksek ve p-değeri (Pr > F) 0.0001'den çok daha küçüktür. Hata terimi, modelin açıklayamadığı varyansı temsil eder ve oldukça düşüktür. Toplam varyansın büyük bir kısmı model tarafından açıklanabilmektedir. Bu sonuçlar, farklı PAM dozlarının çıkış oranı üzerinde kayda değer bir etkisi olduğunu göstermektedir.

Çizelge 4.11 Değişkenlik analizi (Çimlenme)

Kaynak	**Serbestlik Derecesi**	**Kareler Toplamı**	**Ortalama Kareler**	**F Değeri**	**Pr > F**
Model	19	103761.686	5461.141	3417.461	< 0.0001
Hata	60	95.881	1.598		
Düzeltme Toplamı	79	103857.567			

Gruplar arasındaki ortalama farkların önemini belirlemek için **çizelge 4.12**'de Tukey HSD (Honestly Significant Difference) testi yapılmıştır. Test sonuçlarına göre; Doz 4 ile Doz 1 arasındaki fark 7.244, standartlaştırılmış fark 18.122, kritik değer 2.643 ve p-değeri < 0.0001. Bu fark istatistiksel olarak anlamlıdır. Doz 4 ile Doz 2 arasındaki fark 4.205, standartlaştırılmış fark 10.518, kritik değer 2.643 ve p-değeri < 0.0001. Bu fark istatistiksel olarak anlamlıdır. Doz 4 ile Doz 3 arasındaki fark 2.869, standartlaştırılmış fark 7.178, kritik değer 2.643 ve p-değeri < 0.0001. Bu fark istatistiksel olarak anlamlıdır. Doz 3 ile Doz 1 arasındaki fark 4.375, standartlaştırılmış fark 10.944, kritik değer 2.643

ve p-değeri < 0.0001. Bu fark istatistiksel olarak anlamlıdır. Doz 3 ile Doz 2 arasındaki fark 1.335, standartlaştırılmış fark 3.340, kritik değer 2.643 ve p-değeri 0.008. Bu fark istatistiksel olarak anlamlıdır. Doz 2 ile Doz 1 arasındaki fark 3.040, standartlaştırılmış fark 7.604, kritik değer 2.643 ve p-değeri < 0.0001. Bu fark istatistiksel olarak anlamlıdır.

Çizelge 4.12 Tukey HSD testi (Çimlenme)

Karşılaştırma	**Fark**	**Stnd. Fark**	**Kritik D.**	**Pr > Diff**	**Anlamlı**
4 ile 1	7.244	18.122	2.643	< 0.0001	Evet
4 ile 2	4.205	10.518	2.643	< 0.0001	Evet
4 ile 3	2.869	7.178	2.643	< 0.0001	Evet
3 ile 1	4.375	10.944	2.643	< 0.0001	Evet
3 ile 2	1.335	3.340	2.643	0.008	Evet
2 ile 1	3.040	7.604	2.643	< 0.0001	Evet
Tukey's d kritik değeri			3.737		

Çizelge 4.12'e göre tüm karşılaştırmaların istatistiksel olarak önemli olduğunu göstermektedir. Bu, kategoriler arasındaki farkların tesadüfi olmadığını ve gerçekten farklı olduklarını gösterir. Özellikle, Doz 4'ün diğer tüm dozlardan önemli derecede farklı olduğu görülmektedir. Aynı şekilde, Doz 3 ve 2 arasındaki fark da anlamlıdır. Bu sonuçlar, kategoriler arasındaki ortalama farkların önemli olduğunu ve dikkate alınması gerektiğini gösterir.

Gruplar arasındaki ortalamaların önemliliğini belirlemek için LSD (Least Significant Difference) testi yapılmıştır (Çizelge 4.12). **Çizelge 4.13**'de dört farklı PAM dozunun beş farklı zaman dilimindeki çimlenme oranlarına etkisini göstermektedir. Ayrıca, her doz için genel ortalama çimlenme oranları verilmiştir.

Çizelge 4.13 Farklı PAM dozlarının çimlenme oranına etkisi (LSD)

Çimlenme	1.Sayım	2.Sayım	3.Sayım	4.Sayım	5.Sayım	Ortalama
Doz 1	2.27 j	42.61 h	80.97 e	93.04 bc	96.31 ab [z]	63.04 D [y]
Doz 2	3.27 j	46.16 g	87.36 d	96.16 ab	97.44 a	66.08 C
Doz 3	5.11 ij	47.44 g	90.20 cd	96.02 ab	98.30 a	67.42 B
Doz 4	6.68 i	58.81 f	89.35 d	97.44 a	99.15 a	70.23 A
Ortalama	4.33 E	48.76 D	86.97 C	95.68 B	97.80 A	

[y] : LSD testi bazında farklı harflerle gösterilen ortalamalar istatistiksel olarak önemli bir farklılık mevcuttur. (($P \leq 0.05$).

[z] : LSD testi bazında farklı harflerle gösterilen ortalamalar istatistiksel olarak önemli bir farklılık mevcuttur. (($P \leq 0.05$).

LSD testi sonuçları, farklı PAM dozlarının çimlenme oranları üzerindeki etkilerini açıkça ortaya koymaktadır. Doz 4 genellikle en yüksek çimlenme oranlarına sahip olup, özellikle ilk ve ikinci sayımlarda belirgin olarak diğer dozlardan ayrılmaktadır. Doz 3 ve Doz 2 de yüksek çimlenme oranları göstermektedir, ancak Doz 4 kadar yüksek değildir. Doz 1, en düşük çimlenme oranlarına sahip olup, özellikle ilk sayımda diğer dozlara kıyasla anlamlı derecede daha düşük bir etki göstermiştir. Bu sonuçlar, PAM dozlarının arttırılmasının çimlenme oranlarını önemli ölçüde iyileştirdiğini göstermektedir. Doz 4, en etkili doz olarak öne çıkmaktadır ve bu dozdaki PAM uygulaması, toprak yapısını ve nem tutma kapasitesini artırarak çimlenme oranlarını iyileştirmektedir.

4.5 PAM Uygulamalarının Verim ile Şeker Oranı Üzerindeki Tesiri

4.5.1 Kök verimi

Denemede farklı PAM dozlarının şeker pancarı verimine etkisi hasat sonrası ölçümler ile gerçekleştirilmiştir. Denemede kullanılan şeker pancarında tespit edilen kök verimi ortalama verileri **Çizelge 4.14**'te, bu bulgulara ilişkin ANOVA değişkenlik analizi verileri ise **Çizelge 4.15**'te, verilmiştir.

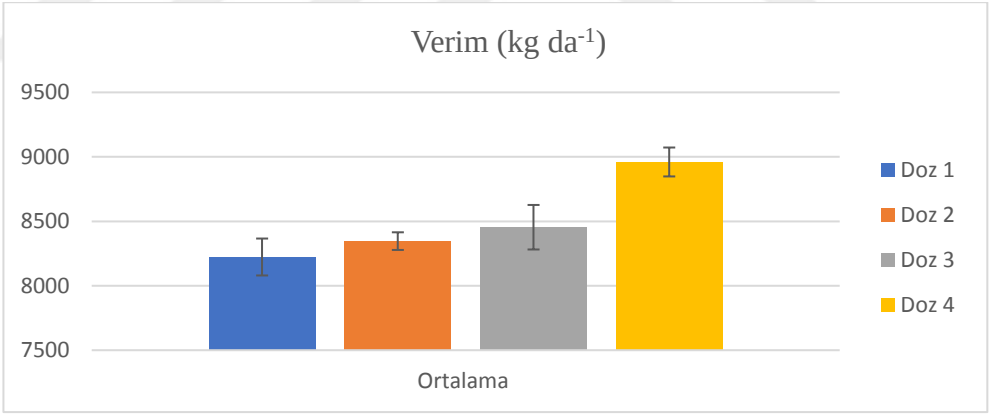
Çizelge 4.14 incelendiğinde, ortalama şeker pancarı verimi en yüksek olan Doz 4 uygulaması olmuştur (8960 kg da^{-1}) ve tek başına A grubundadır. Kök verimi üzerine Doz

4’ün etkisi diğer dozlardan istatistiki olarak daha önemli bulunmuştur. Doz 1, 2 ve 3 ise ortalama verimleri sırasıyla 8223 kg da^{-1}, 8346 kg da^{-1} ve 8454 kg da^{-1} olan dozlar B grubundadır. Bu gruptaki tüm kategoriler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamaktadır.

Çizelge 4.14 Farklı PAM uygulamalarının verime etkisi (kg da^{-1})

Uygulama	1.Doz	2.Doz	3.Doz	4.Doz
1.BLOK	8328	8270	8641	9130
2.BLOK	8209	8454	8590	8875
3.BLOK	7995	8310	8375	8990
4.BLOK	8360	8350	8210	8845
Ortalama	8223 B	8346 B	8454 B	8960 A^{z}

^{z} : LSD testi bazında farklı harflerle gösterilen ortalamalar istatistiksel olarak önemli bir farklılık mevcuttur. (($P \leq 0.05$).



Şekil 4.9 Farkli PAM uygulamalarının verime etkisi

Şekil 4.9 incelendiğinde kontrol parsellerinde ortalama kök veriminin uygulama parsellerine göre daha düşük olduğu belirlenmiştir. Bunun sebebinin uygulama yapılan PAM’in toprak nem kapasitesini artırması ve toprak yapısında yaptığı değişimler olarak değerlendirilebilir.

Çizelge 4.15 deneme kapsamında kök verimlerine ilişkin olarak elde edilen değişkenlik analiz sonuçlarını göstermektedir. Kök verim üzerine yapılan bu analiz farklı

uygulamaların etkilerini göstermektedir. Bu verilere göre F-istatistiği (19.698) ve p-değeri (0.001) uygulama türlerinin kök verim üzerinde istatistiki olarak anlamlı bir etkisi olduğunu belirtir. P-değeri 0.05'ten düşük olduğundan, uygulama türleri arasında verim açısından anlamlı farklılıklar vardır. F-istatistiği (1.237) ve p-değeri (0.352), tekrarların verime anlamlı bir etkisi olmadığını belirtir. P-değeri 0.05'ten büyük olduğundan, tekrarlar arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli olmamıştır.

Çizelge 4.15 Verimlere ilişkin değişkenlik analizi

Kaynak	**Serbestlik Derecesi**	**Toplam Kareler**	**Ortalama Kareler**	**F Değeri**	**P-değeri (Pr > F)**
Uygulama	3	1,256,355.000	418,785.000	19.698	0.000
Tekerrür	3	78,878.500	26,292.833	1.237	0.352

($p < 0.05$).

Bu sonuçlar, uygulamaların verim üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğunu, ancak tekrarların verim üzerinde anlamlı bir etkisi olmadığını göstermektedir. Uygulamaların verim üzerinde belirgin bir farklılık yarattığı ve bu farklılıkların tesadüfi olmadığı anlaşılmaktadır. Tekrarların etkisi ise anlamlı bulunmamıştır, bu nedenle tekrarların kök verimi üzerindeki etkileri ihmal edilebilir.

Çizelge 4.16'ya göre Tukey HSD (Honestly Significant Difference) testi sonuçlarını göstermektedir ve uygulamalar arasındaki ortalama farkların anlamlılığını değerlendirilmiştir.

Çizelge 4.16'ya göre doz 4 ile diğer dozlar (1, 2 ve 3) arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli olmuştur. Özellikle Doz 4, diğer dozlara göre istatsitiki olarak önemli bir fark göstermektedir. Doz 3, Doz 2 ve Doz 1 arasındaki farklar istatistiki olarak anlamlı bulunmamaktadır. Doz 4 ile Doz 1 arasındaki fark en fazla (737.000) olmuştur. Doz 4 ile Doz 3 arasındaki fark önemli olmasına rağmen diğer karşılaştırmalardan daha küçüktür (506.000). Doz 4'ün diğer tüm dozlara göre kök verimi açısından anlamlı bir fark yarattığı görülmektedir. Diğer karşılaştırmalarda ise anlamlı bir fark bulunmamaktadır. Bu, Doz 4'ün verim üzerinde önemli bir etkisi olduğunu ve diğer dozlarla karşılaştırıldığında belirgin bir üstünlüğü olduğunu göstermektedir.

Çizelge 4.16 Uygulamaların verime etkisine ait Tukey analizi

Karşılaştırma	Fark	Stnd. Fark	Kritik D.	P-değeri	Anlamlı
4 ile 1	737.0	7.148	3.122	0.000	Evet
4 ile 2	614.0	5.955	3.122	0.001	Evet
4 ile 3	506.0	4.908	3.122	0.004	Evet
3 ile 1	231.0	2.241	3.122	0.184	Hayır
3 ile 2	108.0	1.048	3.122	0.728	Hayır
2 ile 1	123.0	1.193	3.122	0.646	Hayır
Tukey'in d kritik değeri:	4.4				

4.5.2 Şeker oranı

Farklı PAM uygulamalarının şeker oranına etkisi ile ilgili sonuçlar **çizelge 4.17**'de sunulmuştur. Bu verilerden, en yüksek ortalama şeker oranı %16.34 ile en yüksek PAM dozu uygulanan parsellerden elde edilmiştir. En az şeker oranı ise kontrol parsellerinden elde edilmiştir.

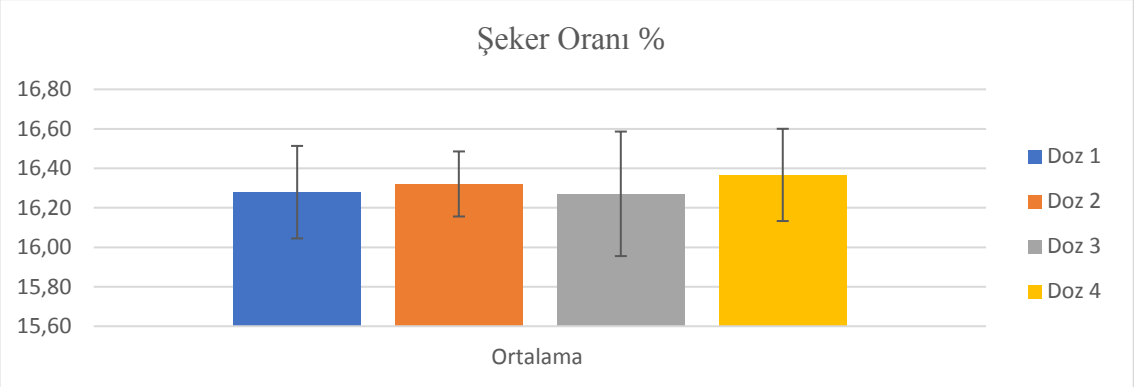
Çizelge 4.17 Farklı PAM dozlarının şeker oranına etkisi (%)

	1.DOZ	2.DOZ	3.DOZ	4.DOZ
1. BLOK	15.93	16.13	16.37	16.50
2. BLOK	16.45	16.2	15.75	16.55
3. BLOK	16.53	16.4	16.37	15.97
4. BLOK	16.2	16.55	16.6	16.45
Ortalama	16.27 A	16.31 A	16.29 A	16.34 A[z]

[z] : LSD testi bazında farklı harflerle gösterilen ortalamalar istatistiksel olarak önemli bir farklılık mevcuttur. (($P \leq 0.05$).

Denemede elde edilen şeker oranlarının ortalama değerleri **çizelge 4.17**'de, değişkenlik analizi sonuçları ise **çizelge 4.18'**de gösterilmiştir. **Çizelge 4.17** incelendiğinde denemde şeker oranı açısından gözlemlenen farklılıklar arasında istatistiksel olarak önemli bir

farklılık mevcut değildir. Ortalama şeker oranları % 16.30 olup, 1.Doz grubunda % 16.27, 2.Doz, 3.Doz ve 4.Doz gruplarında sırasıyla % 16.31, % 16.29 ve % 16.34 çıkmıştır. Dozlar 1, 2, 3 ve ortalama şeker oranları istatistiki olarak aynı öneme sahip olmuştur. Bu gruptaki tüm kategoriler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamaktadır.



Şekil 4.10 Farklı PAM uygulamalarının şeker oranına etkileri

Şekil 4.10 incelendiğinde uygulama dozlarına bağlı olarak elde edilen şeker oranları benzerlik göstermektedir.

Deneme konularına ait şeker oranlarındaki farklılıkları ortaya koymak için değişkenlik analizi gerçekleştirilmiş ve sonuçlar **çizelge 4.18**'de yer almaktadır. **Çizelge 4.18**'de belirtildiği gibi bloklar arasında istatistiki olarak bir ilişki bulunmamıştır. Bloklar arasındaki farkın tesadüften ileri geldiği düşünülebilir.

Çizelge 4.18 incelendiginde F-istatistiği (0.847) ve p-değeri (0.502), uygulamanın şeker oranı üzerinde istatistiki olarak önemli bir etkisi olmadığını belirtir. P-değeri 0.05'ten büyük olduğundan, uygulamalar arasında anlamlı bir fark bulunmamaktadır. F-istatistiği (0.224) ve p-değeri (0.877), tekrarların (tekerrürlerin) şeker oranı üzerinde anlamlı bir etkisi olmadığını gösterir. Bu p-değeri de 0.05'ten büyük olduğu için, tekrarlar arasındaki farklar da istatistiksel olarak önemli olmadığı belirlenmiştir. Bu sonuçlar, uygulamaların şeker pancarı şeker oranı üzerinde istatistiki olarak önemli bir etkisi olmadığını

göstermektedir. Bu sonuçlar, uygulamaların şeker pancarı şeker oranı üzerinde farklı bir bir etki oluşturmadığı göstermiştir.

Çizelge 4.18 Farklı PAM dozları için değişkenlik analizi

Kaynak	DF	Toplam Kareler	Ortalama Kareler	F	Pr > F
Uygulama	3	1.094	0.365	0.847	0.504
Tekerrür	3	0.289	0.096	0.224	0.877

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Toprakta kabuk bağlama problemi şeker pancarı gibi çimlenme gücü zayıf olan bitkilerde üretimi olumsuz etkileyen önemli bir unsurdur. Bu unsur, ülkemizin birçok bölgesinde, bilhassa kurak ve yarı kurak bölgelerde ciddi bir sorun teşkil etmektedir. Bu araştırmada, anyonik sıvı poliakrilamidin (PAM) farklı uygulama oranlarının şeker pancarı çimlenmesine, toprak penetrasyon direncine, su tutma kapasitelerine ve verim ile şeker oranı gibi kalite parametreleri üzerine etkileri ortaya koymak için Karaman Merkez'de yürütülen tarla denemesinde dört farklı PAM dozu (0, 1, 1.5 ve 2 kg da^{-1}) yağmurlama sulama yoluyla şeker pancarı bitkisine uygulanmıştır. Araştırmadan elde edilen bulgulara göre, şeker pancarı çimlenme oranları, verim, toprak nem içeriği ve toprak penetrasyon direnci özelliklerinde PAM uygulama dozuna bağlı olarak olumlu etki sağladığı belirlenmiştir.

Bu çalışmada, iki farklı zamanda farklı PAM dozlarının toprak penetrasyon direncine (SPR) etkisi değerlendirilmiştir. Penetrometre testlerinde dört farklı PAM dozunun toprağın 0-10 cm derinliğinde toprak penetrasyon direnci üzerinde farklı etkiler oluşturduğu belirlenmiştir. Birinci penetrometre verileri incelendiğinde, toprak üst tabakasında (0-1 cm) kontrol (Doz 1) grubunda ortalama penetrasyon direncinin 0.11 mPa, düşük doz PAM (Doz 2) uygulamasında bu değerinin 0.06 mPa'a düştüğü, orta doz PAM (Doz 3) ve yüksek doz PAM (Doz 4) uygulamalarında ise penetrasyon direncinin biraz daha azalarak 0.02 mPa kadar azaldığı bulunmuştur. Bu sonuçlar, PAM uygulamalarının yüzeyde toprak sıkışmasını belirgin bir şekilde azalttığını göstermektedir. Bu netice, polimer uygulamasının büyük çaplı agregatların miktarını ve agregat stabilitesini artırmasından kaynaklanabilir (Yılmaz ve Uysal 2010).

Özellikle orta ve yüksek doz PAM, kontrol grubuna göre çok daha düşük penetrasyon dirençleri sağlamıştır. 1-2 cm derinlik aralığında ise kontrol grubunda ortalama penetrasyon direnci 0.21 mPa, düşük doz PAM'da 0.16 mPa, orta doz PAM'da 0.14 mPa, yüksek doz PAM'da ise 0.13 mPa olarak ölçülmüştür. Bu derinlikte de PAM uygulamaları penetrasyon direncini azaltma konusunda etkili olmuştur. Yüksek doz PAM, en düşük penetrasyon direncini sağlamıştır. Bu sonuçlar Yönter ve Uysal'in (2010) çalışmalasında

olduğu gibi uygulanan polimer dozu arttıkça uygulamaların yüzey akışı, toprak kaybı ve penetrasyon dirençlerinin sınırlandırılmasında önemli bir rol oynadığı görülmektedir. Bu sonuçlar çalışmamız ile uyum göstermektedir. Yürütülen benzer araştırmalarda da yapmış olduğumuz çalışma ile uyumlu olarak çeşitli polimer düzenleyicilerin toprak üst tabakasında oluşan penetrasyon dirençlerini önemli seviyede düşürdükleri bildirilmiştir (Page ve Quick 1979, Levy ve Rapp 1999, El Hady ve Wahba 2003, Martinez vd. 2007).

Çalışmada agregat dayanıklılığının fazla çıkması, topraklardaki fiziki ve kimyasal bozunumun daha düşük oranda olacağı anlamına gelmektedir. Fiziksel ve kimyasal bozuluma maruz kalan topraklarda infiltrasyon miktarları önemli derecede azalma göstermektedir. Kabuk bağlama problemide bu guruba dahildir (Hillel ve Gardener 1970, Agassi vd. 1981). Araştırıcılardan birçoğu agregat dayanıklılığındaki artış ile kabuk tabakası formasyonunun gerilediğini ifade etmişlerdir (Lemos ve Lutz 1957, Arshad ve Mermut 1988, Canpolat 1990, Şeker ve Karakaplan 1999). Toprağa uygulanan inorganik polimerlerin agregat dayanıklılığın ve bütünsel yapıyı iyileştirme bakımından önemli derecede olumlu neticeler oluşturabileceği genel bir değerlendirme olarak bildirilmektedir (Bryan 1992, Imbufe vd. 2005). Çalışmamızda elde edilen neticede yukarıdaki araştırmalar uyumlu olup toprak nem içeriği arttıkça toprak penetrasyon değerleri azalmıştır. Elde edilen bu sonuçlar Demiralay (1993) ile de uyumludur.

İkinci penetrometre ölçümünde, kontrol grubunda PAM uygulanmamış toprak örneklerinde ve PAM uygulaması yapılan diğer bütün gruplarda bir fark belirlenmemiştir. Bütün derinliklerdeki toprak penetrasyon direnci ölçümleri benzerlik göstermiştir. Tüm gruplarda 0-10 cm derinliklerdeki ortalama penetrasyon değerleri 0.12 mPa ile 0.34 mPa arasında değişmiştir. İlk sulama sonrası verilere göre, 3. sulama sonrası PAM uygulamalarının etkisinin kaybedildiği görülmektedir. İlk verilerde PAM uygulamaları belirgin şekilde daha düşük penetrasyon dirençleri sağlarken, sulamalar sonrası bu etki kaybolmuştur. Özellikle yüksek doz PAM, penetrasyon direncinde diğer dozlarla benzer veriler elde edilmiştir. Bu durum, Lehrsch ve Brown'un (1995) yapmış oldukları çalışmada, kontrol ve uygulama yapılan parseller arasındaki stabilite farklılıklarının zamanla azalmasını, muhtemelen PAM'in ultraviyole bozunması nedeniyle daha az stabil hale gelmiş ve işlenmemiş agregatların daha stabil hale gelmesiyle açıklamaktadırlar.

Genel olarak incelendiğinde PAM uygulamaları, ilk uygulama sonrası toprak yüzeyindeki etkilerini sürdürememiştir ve ilk uygulama sonrası gösterdiği penetrasyon direncini düşürme performansı daha sonrasında görülmemiştir. İlk ve son ölçümler arasındaki farklar, PAM'in özellikle yüzeydeki iyileştirme etkisini ve sulama sonrası bu etkinin ne kadar sürdüğünü göstermektedir. İlk ölçümlerde elde edilen veriler, PAM'in sulama öncesi toprak koşullarında nasıl bir iyileşme sağladığını ve sulama sonrasında etkisinin ne kadar sürdüğünü değerlendirmek açısından önemlidir.

Toprak nemi, ekimden itibaren 15 gün süresince dört farklı uygulama alanında sensörler kullanılarak belirlenmiştir. Toplamda tohum çimlenmesi için 3 defa sulama yapılmıştır. Çalışmamızda toprak nem miktarları, uygulanan PAM dozu ile doğru orantılı olarak artış göstermiştir. Bu, PAM'in toprak su tutma kapasitesini artırdığını ortaya koymaktadır ve Nadler ve Steinberger (1993) tarafından yürütülen çalışma ile uyumludur. Genel olarak toprak nemi değerlendirildiğinde, Doz 4 uygulaması kontrol grubuna göre %20 daha fazla nem içeriğine sahiptir ve hem toprak nem kayıp hızı hem de kapasitesinin artırılması açısından PAM uygulamasının bu kriterler üzerindeki önemini göstermektedir. PAM dozları arasında en yüksek nem artışını Doz 4 (en yüksek doz) sağlamıştır. Bu dozda nem oranlarındaki artış, diğer dozlara göre daha yüksek olmuştur, bu da yüksek dozda PAM kullanımının toprak nem kapasitesini artırdığını göstermektedir. Doz 2 ve Doz 3, Doz 1'e kıyasla daha yüksek nem oranları sağlarken, Doz 1 genellikle en düşük nem artışını göstermiştir. Su tutma özelliği bulunan polimerler hakkında yürütülen birçok araştırmada, kurak ve yarı kurak alanlarda toprağın su tutma kapasiteleri üzerinde pozitif etkiler sağladığı belirlenmiştir (Sheehan vd. 2006, Ekebafe vd. 2011). Ayrıca, Karimi vd. (2009) yaptıkları çalışmada toprağa uyguladıkları su tutucu polimer sayesinde toprakların su tutma kapasitelerinin iki katına kadar arttığını ifade etmektedir. Er vd. (2020) yaptıkları çalışmada da benzer sonuçlara ulaşılmıştır.

Sulama sonrası toprak nem oranları, uygulanan doz arttıkça artmaktadır. Nem oranlarındaki artış, uygulanan dozun toprak nem tutma kapasitesini önemli ölçüde artırdığını göstermektedir. Bu analiz, PAM dozlarının sulamalar sonrası toprak nem kapasitesini olumlu yönde etkilediğini ve yüksek dozlarda daha etkili olduğunu

göstermektedir. Toprak nemini koruma açısından en etkili dozun Doz 4 olduğu belirlenmiştir. Veriler, farklı PAM dozlarının toprak nem seviyelerinde belirgin değişiklikler sağladığını ve toprak neminin daha uzun süre yüksek tutulduğunu göstermektedir. Özellikle yüksek dozlar, toprakta nemin daha uzun süre ve oranda korunmasını sağlayarak, sulama ihtiyaçlarını azaltma potansiyelini artırmaktadır. Bu sonuçlar, PAM uygulamalarının toprak nem yönetimi üzerindeki olumlu etkilerini ve uygulama dozlarına bağlı olarak nem seviyelerindeki iyileşmeyi yansıtmaktadır.

Çimlenme oranları incelendiğinde uygulamalara bağlı olarak arttığı ve bitki gelişiminin hızlandığı gözlemlenmiştir. PAM dozu arttıkça, tohum çimlenmesi için optimum koşulları sağladığı sonucuna varılmaktadır. Bu bulgular Cook ve Nelson (1986) ile de uyum içerisindedir. Şeker pancarlarının gelişimindeki farklılıklar, uygulama dozlarına göre değişim göstermiştir. İlk dozda bitkilerin gelişiminde gözle görülür bir iyileşme sağlanmış, ancak en belirgin gelişim farklılıkları üçüncü ve son dozlarda görülmüştür. Üçüncü dozda, bitkiler daha homojen ve hızlı bir gelişim göstermiştir. Dördüncü dozda ise bitkilerin gelişimi en yüksek seviyeye ulaşmıştır. Bu sonuçlar, PAM uygulamalarının şeker pancarlarının fenolojik gelişimini olumlu yönde etkilediğini ortaya koymaktadır.

İlk sayım gerçekleştirildiğinde, kontrol ve uygulama gruplarında sırasıyla %1.70, %2.84, %4.55 ve %6.82 çimlenme oranları elde edilmiştir. PAM dozlarının artışı ile birlikte ilk çimlenme oranlarında gözle görülür bir artış yaşanmıştır. Lehrsch vd. (1996), damlacık enerjisi azaldıkça şeker pancarı fidesinin çıkışının arttığını belirtmişlerdir. Bu bağlamda, PAM'in damlacık enerjisini azalttığına dair bir çıkarım yapılabilir. PAM'in toprak nem seviyesindeki etkisi ve toprak penetrasyon direncine olan etkisi dolayısıyla çimlenmeyi teşvik edici bir rol oynadığı sonucuna varılabilir. Bu sonuç Aubertot vd. (2002)'nin de belirttiği gibi toprak kabuğu yeteri kadar ıslak olduğunda çıkışın daha kolay olacağı ile paraleldir. PAM uygulanan alanlarda çimlenme oranlarının daha yüksek olması, toprak nem seviyesinin artmasına bağlanabilir. Hebblethwaite ve McGowaii (1980) tarafından yapılan başka bir çalışma ile de uyumlu olan olarak toprak sıkışmasının ortalama çıkış süresini artırdığını ve ortalama çıkış yüzdesini azalttığını göstermektedir. Bu bulgular, PAM'in çimlenme üzerindeki olumlu etkilerini destekler niteliktedir.

Cook ve Nelson (1986)'da çalışmalarıyla paralellik gösteren araştırmamız kapsamında PAM uygulamaları yapılan toprakların fiziksel özelliklerinin iyileştirilmesi sayesinde, agregat parçalanması azaltılıp, infiltrasyon ve havalanmaya yardımcı olduğundan çimlenme oranlarını artırmada etkili olmuştur.

Verim incelendiğinde, yüksek doz PAM uygulamasının kontrol grubuna göre yaklaşık %10 verim artışı sağladığı görülmüştür. Verim artışının sebeplerinden biri Lentz vd. (2001) tarafından yapılan araştırma ile uyumlu olup PAM uygulaması yapılan tarlalarda çözünebilir besin maddelerinin sızıntı kayıplarını azaltarak bitkilerin topraktan besin maddelerinden daha etkili bir şekilde faydalandığı çıkarımında bulunulabilir. Çalışmamızda uygulamalara bağlı olarak homojen çimlenme oranı artmıştır ve verime önemli derecede katkı sağlamıştır. Bu sonuçlar Märländer vd. (2003) tarafından yürütülen çalışma ile uyumludur.

5.1 Öneriler

Bu çalışma sonucunda, PAM uygulamasının toprağın fiziksel yapısını iyileştirdiği, dolayısıyla kabuk oluşumunu engellediği ve toprak nem tutma kapasitelerinde artış gözlemlendiği, bunun neticesinde şeker pancarı tohum çimlenme oranlarında iyileşme sağladığı ve nihayetinde verime önemli katkı sağladığı belirlenmiştir.

PAM uygulamaları, başlangıçta toprak yapısını iyileştirerek penetrasyon direncini düşürmekte etkili olsada bu etkinin kalıcı olması için uygulamaların düzenli olarak tekrarlanması gerektiği çıkarılabilir. Toprak penetrasyon direncindeki artışlar, PAM'ın etkisinin zamanla kaybolduğunu göstermektedir. Bu bulgular, toprak iyileştirme çalışmalarında PAM ve benzeri polimerlerin uzun vadeli etkilerinin değerlendirilmesi ve uygulama stratejilerinin buna göre planlanması gerektiğini ortaya koymaktadır. Şeker pancarı ve diğer küçük tohumlu veya bahçe bitkilerinin fide çıkışı, belirli toprak fiziksel sorunlarını hafifletmek için polimerler veya diğer malzemeler dikkatlice seçildiğinde ve optimum koşullar altında uygulandığında uygun maliyetli bir şekilde artırılabilir. Konu ile alakalı daha fazla araştırmaya ihtiyaç vardır.

Şeker pancarı tarımında toprak kabuğu sorunuyla mücadelede ve verimliliğin artırılmasında etkili olduğu belirlenen PAM'ın, tarım sektöründe daha yaygın bir şekilde kullanılması önerilmektedir.

Bu çalışmanın sonuçları, killi-tın toprak tipinde elde edilmiştir. Farklı toprak tekstürlerinde benzer araştırmalar yapılarak, PAM'ın etkinliği ve uygulanabilir olup olmadığı hakkında daha geniş bilgi edinilmelidir.

Anyonik sıvı poliakrilamid uygulamalarının uzun vadeli etkilerini incelemek amacıyla, birkaç yıl süren denemeler yapılmalı ve bu denemeler sonucunda elde edilen veriler değerlendirilmelidir.

Anyonik sıvı poliakrilamid kullanımının ekonomik getirileri ve maliyetleri detaylı bir şekilde analiz edilerek, çiftçilere uygulama maliyetleri ve olası kazançlar hakkında bilgilendirme yapılmalıdır.

Çiftçilere PAM'ın kullanımı, faydaları ve uygulama yöntemleri hakkında eğitimler düzenlenmeli ve bilgilendirme yapılmalıdır. Bu sayede, PAM'ın tarımda doğru ve etkili bir şekilde kullanılması sağlanabilir.

Bu araştırma, PAM'ın şeker pancarı tarımında toprak kabuğu ile mücadelede ve verimliliği artırmada önemli bir araç olduğunu göstermektedir. Gelecekte yapılacak araştırmalar ve uygulamalar ile PAM'ın tarımdaki rolü daha da pekiştirilebilir. Araştırma neticesinde sıvı PAM kullanımının kabuk oluşan topraklarda zayıf gelişen ve katma değeri yüksek bitkiler için çimlenme oranlarını iyileştirmek için etkili bir strateji olabileceği ve tarımsal verimliliğe pratik faydalar sağlayabileceği gösterilmiştir.

KAYNAKLAR

Abu-Zreig, M. 2006. Control of rainfall-induced soil erosion with various types of polyacrylamide. Journal of Soils and Sediments, 6 (3); 137-144.

Agassi, M., Shainberg, I., & Morin, J. 1981. Effect of electrolyte concentration and soil sodicity on infiltration rate and crust formation. Soil Science Society of America Journal, 45(5); 848-851.

Anonim. 2023. Bitkisel Üretim İstatistikleri. Türkiye İstatistik Kurumu.

Anzooman, M., Christopher, J., Dang, Y., Kopittke, P., and Menzies, N. 2017. Seedling emergence of wheat varieties under different surface crust condition in sodic soils,Proceedings of the 18th Australian Society of Agronomy Conference, , Ballarat, Australia

Arshad, M. A., & Mermut, A. R. 1988. Micromorphological and physico- chemical characteristics of soil crust types in northwestern Alberta, Canada. Soil Science Society of America Journal, 52(3); 724-729.

Asghari, S., Neyshabouri, M. R., Abbasi, F., Aliasgharzad, N., ve Oustan, S. 2009. The effects of four organic soil conditioners on aggregate stability, pore size distribution, and respiration activity in a sandy loam soil. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 33 (1); 47-55.

Aubertot, J.N., Dürr, C., Richard, G., Souty, N. and Duval, Y., 2002. Are penetrometer measurements useful in predicting emergence of sugar beet (Beta vulgaris L.) seedlings through a crust?. Plant and soil, 241(2); 177-186.

Bal, L., Şeker, C., ve Gümüş, İ. E. 2011. Kaymak tabakası oluşumuna fiziko-kimyasal faktörlerin etkileri. Selcuk Journal of Agriculture and Food Sciences, 25 (3); 96-103.

Barvenik, F. W. 1994. Polyacrylamide characteristics related to soil applications. Soil Science, 158 (4); 235-243.

Baumhardt, R. L., Unger, P. W., and Dao, T. H. 2004. Seedbed surface geometry effects on soil crusting and seedling emergence. Agronomy Journal, 96 (4); 1112-1117.

Bayraklı, F. 1987. Toprak ve bitki analizleri. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Yayınları, 17.

Ben- Hur, M., and Keren, R. 1997. Polymer effects on water infiltration and soil aggregation. Soil Science Society of America Journal, 61(2); 565-570.

Bjorneberg, D. L., Santos, F. L., Castanheira, N. S., Martins, O. C., Reis, J. L., Aase, J. K., and Sojka, R. E. 2003. Using polyacrylamide with sprinkler irrigation to improve infiltration. Journal of soil and water conservation, 58 (5); 283-289.

Bouyoucos, G. J. 1936. Directions for making mechanical analyses of soils by the hydrometer method. Soil science, 42(3); 225-230.

Bower, C. A., R. F. Reitemeier, M. Fireman, 1952. Exchangeable cation analssis of saline and alkali soils. Soil Scl. 73; 251-261.

Bradford, J. M., Ferris, J. E., and Remley, P. A. 1987. Interrill soil erosion processes: I. Effect of surface sealing on infiltration, runoff, and soil splash detachment. Soil science society of America journal, 51(6); 1566-1571.

Bremner, J.M. 1965. Total Nitrogen Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties. Ed. C.A. Black. Amer. Soc. of Agron. Inc. Pub. Agron. Series. No: 9, 1149-1178. Madison, Wisconsin, U.S.A.

Bryan, R. B. 1992. The influence of some soil conditioners on soil properties: laboratory tests on Kenyan soil samples. Soil technology, 5(3); 225-247.

Canpolat, M. Y. 1990. Iğdır yöresi topraklarında kaymak sertliği (kırılma değeri) ile ilgili araştırmalar. Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 95-100.

Cook, D. F., and Nelson, S. D. 1986. Effect of polyacrylamide on seedling emergence in crust-forming soils. Soil Science, 141 (5); 328-333.

C'longden, P., Scott, R. K., and Tyldesley, J. B. 1975. Bolting of sugar beet grown in England. Outlook on Agriculture, 8(4); 188-193.

Çetin Ö. 2003. Toprak-Su İlişkileri ve Toprak Suyu Ölçüm Yöntemleri. Dicle University, Agricultural Faculty Book January 2003

Dalla Rosa, J., Cooper, M., Darboux, F., Medeiros, J. C., Campanaro, C., and Martins Pinto, L. R. 2017. Influence of crust formation on soil porosity under tillage systems and simulated rainfall. Hydrology, 4 (1); 3.

De Boodt, M.F., 1990. Application of polymeric as physical soil conditioner. W: Soil colloids and their associations in aggregates (re. MF De Boodt, M. Hayes, A. Herbillon), NATO ASI Series, Ser. B: Physics, 215. Plenum Press, New York, 517, p.556.

Demiralay, İ. 1992. Muş alpaslan tarım işletmesi killi topraklarının strüktürel stabilitesi ile ilgili araştırmaları. from Atatürk Üniversitesi

Demiralay, İ. 1993. Toprak fiziksel analizleri. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, 143; 13-19.

Demirdöğen, A. 2022. Türkiye'de şeker: üretim, tüketim, ticaret ve politikaların kısa bir tartışması. Tarım Ekonomisi Araştırmaları Dergisi, 8(1); 85-95.

Doorenbos, J., and Kassam, A. H. 1979. Yield response to water. Irrigation and drainage paper, 33, 257.

Durr, C., and Boiffin, J. 1995. Sugarbeet seedling growth from germination to first leaf stage. The Journal of Agricultural Science, 124 (3); 427-435.

Ekebafe, L. O., Ogbeifun, D. E., and Okieimen, F. E. 2011. Polymer applications in agriculture. Biokemistri, 23(2).

El-Hady, O. A., and Wahba, S. A. 2003. Hydrophobic (polyvinyl acetate)-hydrophilic (poly-acrylamide gel) combination for calcareous soil conditioning and plantation.

Er, H., Demir, Y., ve Meral, R. (2020). Farklı özellikteki toprak iyileştiricilerinin kumlu toprakların su tutma kapasitesi üzerine etkisi. Uluslararası Biyosistem Mühendisliği Dergisi, 1(2); 55-65.

Ergene, A. 1982. Toprak Biliminin Esaslan. Atatürk Üniversitesi Yayınlan, (586),

Ertaş¸ 1984 Konya ovasi kosullarinda sulama suyu miktarinda yapilan kisintinin seker pancari verimine etkileri (in Turkish with English absract). Konya Bolge Topraksu Arastirma Enstitusu Mudurlugu, genel yayin No. 100, Konya, s 34

Eştürk, Ö. 2018. Türkiye'de Şeker Sektörünün Önemi ve Geleceği Üzerine Bir Değerlendirme. Anadolu İktisat ve İşletme Dergisi, 2 (1); 67-81.

Green, V. S., and Stott, D. E. 1999. Polyacrylamide: A review of the use, effectiveness, and cost of a soil erosion control amendment,Sustaining the Global Farm: the 10th International Soil Conservation Organization 384-389, Purdue

Gardener, W. R., Hillel, D., & Benzamin, Y. 1970. Post irrigation movement of soil water: II. Simultaneous redistribution and evaporation. Water Resour. Res, 6(4); 1148-1153.

Hadas, A., Stibbe , E., 1977. Soil crusting and emergence of wheat seedlings. Argon. J. 69; 547–550.

Hebblethwaite, P.D. and McGowan, M., 1980. The effects of soil compaction on the emergence, growth and yield of sugar beet and peas. Journal of the Science of Food and Agriculture, 31(11); 1131-1142.

Hedrick, R., and Mowry, D. 1952. Effect of synthetic polyelectrolytes on aggregation, aeration, and water relationships of soil. Soil Science, 73 (6); 427-442.

Hocaoglu, O. L. 1966. Toprakta organik madde, nitrojen ve nitrat tayini.

Imbufe, A. U., Patti, A. F., Burrow, D., Surapaneni, A., Jackson, W. R., and Milner, A. D. 2005. Effects of potassium humate on aggregate stability of two soils from Victoria, Australia. Geoderma, 125 (3-4); 321-330.

Kanat, Z. 2023. Şeker Pancari Ve Şeker Ürün Raporu. In. Ankara: Tarimsal Ekonomi Ve Politika Geliştirme Enstitüsü.

Karimi, A., Noshadi, M., & Ahmadzadeh, M. 2009. Effects of super absorbent polymer (igeta) on crop, soil water and irrigation interval. JWSS-Isfahan University of Technology, 12(46); 403-414.

Kemper, W. D., ve Koch, E. J. 1966. Aggregate stability of soils from Western United States and Canada: Measurement procedure, correlations with soil constituents (No. 1355). Agricultural Research Service, US Department of Agriculture.

Lamichhane, J. R., Debaeke, P., Steinberg, C., You, M. P., Barbetti, M. J., and Aubertot, J.-N. 2018. Abiotic and biotic factors affecting crop seed germination and seedling emergence: a conceptual framework. Plant and Soil, 432; 1-28.

Le Bissonnais, Y. l. 1996. Aggregate stability and assessment of soil crustability and erodibility: I. Theory and methodology. European Journal of soil science, 47 (4); 425-437.

Lemos, P., & Lutz, J. F. 1957. Soil crusting and some factors affecting it. Soil Science Society of America Journal, 21(5); 485-491.

Lentz, R. D., Sojka, R. E., Robbins, C. W., Kincaid, D. C., and Westermann, D. T. 2001. Polyacrylamide for Surface Irrigation to Increase Nutrient-Use Efficiency and Protectwater Quality. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 32 (7-8); 1203-1220.

Lehrsch, G. A., & Brown, M. J. 1995. Furrow erosion and aggregate stability variation in a Portneuf silt loam. Soil technology, 7(4); 327-341.

Lehrsch, G.A., Kincaid, D.C. and Lentz, R.D., 1996. Polyacrylamide sprayed on soil surfaces can stabilize soil aggregates.

Lehrsch, G.A., Bjorneberg, D.L. and Sojka, R.E., 2005. Erosion: irrigation-induced.

Letey, J. 1994. Adsorption and desorption of polymers on soil. Soil Science, 158 (4); 244-248.

Levy, G., and Rapp, I. 1999. Polymer effects on surface mechanical strength of a crusting loessial soil. Soil Research, 37 (1); 91-102.

Levy, G. J. 2023. Soil stabilizers. In Soil Erosion, Conservation, and Rehabilitation (pp. 267-300). CRC Press.

Mamedov, A. I., Beckmann, S., Huang, C., and Levy, G. J. 2007. Aggregate stability as affected by polyacrylamide molecular weight, soil texture, and water quality. Soil Science Society of America Journal, 71(6); 1909-1918.

Mamedov, A. I., Shainberg, I., Wagner, L. E., Warrington, D. N., and Levy, G. J. 2009. Infiltration and erosion in soils treated with dry PAM, of two molecular weights, and phosphogypsum. Soil Research, 47(8); 788-795.

Mamedov, A. I., Huang, C. H., Aliev, F. A., and Levy, G. J. 2017. Aggregate stability and water retention near saturation characteristics as affected by soil texture, aggregate size and polyacrylamide application. Land degradation & development, 28(2); 543-552.

Martinez-Rodriguez, G., Vazquez, M. A., Guzman, J. L., Ramos-Santana, R., and Santana, O. 2007. Use of polyacrylamide as an erosion control strategy in a highly eroded soil of Puerto Rico.

Märländer, B., Hoffmann, C., Koch, H. J., Ladewig, E., Merkes, R., Petersen, J., & Stockfisch, N. 2003. Environmental situation and yield performance of the sugar beet crop in Germany: heading for sustainable development. Journal of agronomy and crop science, 189(4); 201-226.

Milford, G. F. J., Jarvis, P. J., and Walters, C. 2010. A vernalization-intensity model to predict bolting in sugar beet. The Journal of Agricultural Science, 148(2); 127-137.

Miller, D.E., Gifford, R.O., 1974. Modification of soil crusts for plant growth. In J.W. Carry and D.D. Evans (ed.) Soil crusts. A western regional research publication. Technical Bulletin 214. Agricultural Experiment Station, Univ. of Arizona, Tucson, 85721; 7–16

Miller, W. P., Willis, R. L., and Levy, G. J. 1998. Aggregate stabilization in kaolinitic soils by low rates of anionic polyacrylamide. Soil use and management, 14 (2); 101-105.

Moore, D. C., & Singer, M. J. (1990). Crust formation effects on soil erosion processes. Soil Science Society of America Journal, 54(4), 1117-1123.

Munzur, A. B. A. K., ve Sakin, E. 2018. Toprakların C: N oranı ve bazı toprak özellikleri ile ilişkisi: Mardin Mazıdağı örneği. Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi, 22(2); 255-262.

Nadler, A., and Heuer, B. 1997. Soil moisture levels and their relation to water potentials of cotton leaves. Australian journal of agricultural research, 48(7); 923-932.

Nadler A, and Steinberger Y 1993 Trends in structure, plantgrowth, and microorganism interrelations in the soil. Soil Sci (155); 114–122

Nciizah, A. and Wakindiki, I. I. 2014. Rainfall intensity effects on crusting and mode of seedling emergence in some quartz-dominated South African soils. Water SA, 40 (4), 587-594.

Olsen, S.R., Cole, C.V., Watanabe, F.S. and Dean, N.C. 1954. Estimation of available phosphous in soil by extraction with sodium bicorbonate. U. S. Dept.of Agr.Cir. 939, Washington. D. C.

Önal, İ. 1978. Ekim Mekaniği. Ege Ün.Zir.Fak. Dergisi, 1 (5); 283- 300.

Özdemir, N., 1998. Toprak Fiziği. Ondokuzmayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ders Kitabı, No: 30, Samsun.

Özdemir, N., Horuz, A., ve Özkaptan, S. 2004. Düzenleyici uygulamalarının bazı toprak özellikleri ve mısırda N kapsamına etkileri.

Öztürk, E. ve Özdemir, N. 2006. Topraklarda Kabuk Tabakasi Oluşumu, Çeşitleri ve Önlenmesi. Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi, 21(2); 275-282.

Pieri, C. 1989. Fertility of savannah lands. Review of thirty years of agricultural research and development south of the Sahara . CIRAD-IRAT.

Phillips, S. and Cutting, M. 2008. The Role of Polyacrylamides (PAM) in Onion Production. In.

Reichert, J. M., Norton, L. D., and Huang, C. h. 1994. Sealing, amendment, and rain intensity effects on erosion of high- clay soils. Soil Science Society of America Journal, 58 (4); 1199-1205.

Ronald Page, E., & Quick, M. J. 1979. A comparison of the effectiveness of organic polymers as soil anti- crusting agents. Journal of the Science of Food and Agriculture, 30(2); 112-118.

Sadegian, N., Neyshabouri, M., Jafarzadeh, A., and Tourchi, M. 2006. Effects of three soil conditioners on the physical properties of soil surface layer. Iranian Journal of Agricultural Sciences, 37; 341-351.

Schjønning, P., Christensen, B. T., and Carstensen, B. 1994. Physical and chemical properties of a sandy loam receiving animal manure, mineral fertilizer or no fertilizer for 90 years. European Journal of soil science, 45 (3); 257-268.

Sefaoğlu F. ve Baloğlu C., Şeker Pancarı Yetiştirme Teknikleri, 2022

Şentürk, Ö. 2020. Şeker Pancarı Ürün Raporu. In: Tarımsal Ekonomi ve Politika Geliştirme Enstitüsü.

Shainberg, I., Levy, G., Rengasamy, P., and Frenkel, H. 1992. Aggregate stability and seal formation as affected by drops'impact energy and soil amendments. Soil Science, 154 (2); 113-119.

Sheehan, J. D., Ebikade, E., Vlachos, D. G., & Lobo, R. F. 2022. Lignin-based water-soluble polymers exhibiting biodegradability and activity as Flocculating agents. ACS Sustainable Chemistry & Engineering, 10(34); 11117-11129.

Smith, H., Levy, G., and Shainberg, I. 1990. Water- droplet energy and soil amendments: Effect on infiltration and erosion. Soil Science Society of America Journal, 54 (4); 1084-1087.

Sojka, R. E., Bjorneberg, D. L., Entry, J. A., Lentz, R. D., and Orts, W. J. 2007. Polyacrylamide in agriculture and environmental land management. Advances in agronomy, 92; 75-162.

Stevanato, P., Chiodi, C., Broccanello, C., Concheri, G., Biancardi, E., Pavli, O., and Skaracis, G. 2019. Sustainability of the sugar beet crop. Sugar Tech, 21 (5); 703-716.

Şeker, C. 1995. Konya ovası topraklarında kaymak tabakası oluşumunun önlenmesi üzerine bir araştırma. Selcuk Universitesi, Toprak Anabilim Dali, 88, Konya.

Şeker, C., ve Karakaplan, S. 1999. Konya ovasında toprak özellikleri ile kırılma değerleri arasındaki ilişkiler. Tr. J. of Agriculture and Forestry, 29; 183-190.

Tarchitzky, J., Banin, A., Morin, J., ve Chen, Y. (1984). Nature, formation and effects of soil crusts formed by water drop impact. Geoderma, 33(2), 135-155.

Uppenkamp, N. 1986. Mechanische Massnahmen zur Sicherung des Feldaufganges von Zuckerrueben bei verkrusteter Bodenoberflaeche. Max-Eyth-Gesellschaft fuer Agrartechnik/Arbeitskreis Forschung und Lehre,

Uytun, A., Pekey, B., ve Kalemci, M. 2013. Toprak nemi ölçümleri. VIII. Ulusal Ölçüm bilim Kongresi, 26-28.

Villalobos, F. J., Orgaz, F., and Fereres, E. 2016. Sowing and planting. Principles of agronomy for sustainable agriculture, 217-227.

Vleeschauwer, D. d., and Gabriels, D. 1976. The effect of a polyacryl amide treatment on the germination of sugar beets in a heavy sandy loam soil.

Wagner, S., Cattle, S. R., Scholten, T., and Felix-Henningsen, P. 2002. Observing the evolution of soil aggregates from mixtures of sand, clay and organic matter.

Walkley, A., Black, I. A. 1934. An examination of the degtjareff method for determining soil organic matter, and a proposed modification of the chromic acid titration method. Soil Science, 37(1); 29-38.

Yakar, M., ve Özkara, M. 1977. Yukarı Gediz Ovasında Topraktaki Sert Tabakanın Kırılmasının Bitki Verimine Etkisinin Saptanması. Toprak İlmi Derneği, 7; 291-306.

Yılmaz, G., ve Uysal, H. 2010. Pva ve Pam uygulamalarının yüzey akış ve toprak kaybı üzerine etkileri. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 47(2); 191-199.

Yönter, G., ve Houndonougbo, M. 2020. Comparing of the Effects of Liquated Humic Substance (LHS), Polyacrylamide (PAM) and Polyvinylalcohol (PVA) on Runoff and Soil Losses. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 57 (3); 351-358.

Yönter, G., ve Uysal, H. 2010. Bazı polimerlerin laboratuvar koşullarında yüzey akış, toprak kaybı ve kaymak tabakası direnci üzerine etkileri. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 47 (1); 21-30.

Yumak, H. 2016. Şeker pancarı tarımında toprak kaymak tabakası ile mekanik mücadele üzerine bir araştırma. Yuzuncu Yıl University Journal of Agricultural Sciences, 4 (1); 23-30.

Zhang, M., Riaz, M., Zhang, L., El-Desouki, Z., and Jiang, C. 2019. Biochar induces changes to basic soil properties and bacterial communities of different soils to varying degrees at 25 mm rainfall: more effective on acidic soils. Frontiers in Microbiology, 10, 1321.