ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Bekir YALÇINDAĞ

FARKLI FORM, MİKTAR VE ZAMANLARDA ÜSTTEN UYGULANAN AZOTUN MISIRIN AZOT KULLANIM ETKİNLİĞİ VE VERİMİNE ETKİSİ

TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME ANA BİLİM DALI

ADANA-2022

ÖZ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

FARKLI FORM, MİKTAR VE ZAMANLARDA ÜSTTEN UYGULANAN AZOTUN MISIRIN AZOT KULLANIM ETKİNLİĞİ VE VERİMİNE ETKİSİ

Bekir YALÇINDAĞ

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME ANABİLİM DALI

Danışman : Doç. Dr. Emin Bülent ERENOĞLU
Yıl: 2022, Sayfa: 82
Jüri : Doç. Dr. Emin Bülent ERENOĞLU
: Prof. Dr. Hayriye İBRİKÇİ
: Prof. Dr. Sait GEZGİN

Bilindiği gibi, dünya üzerinde artan nüfus artmayan hatta yer yer azalan tarımsal alanlarla bir arada ekoloji üzerinde önemli bir baskı oluşturmaktadır. Bu nedenle, en az girdiyle en yüksek bitkisel verimlere ulaşılması günümüz tarımının en önemli konularından bir tanesidir. Mevcut Yüksek Lisans Tezinde de, tarla koşullarında mısır (*Zea mays* L. çeşit DeKalb DKC6761) bitkisi kullanılarak tek yıllık bir tarla denemesi yürütülmüştür. Denemede Kontrol parsellerine tabandan sadece fosfor (P) ve potasyum (K) uygulanmış, Yeter (optimum) ve Düşük (optimumun %75'i) Azot (N) parselleri ise toplam optimum N'un %27'sine karşılık gelen 9,1 kg $N \cdot da^{-1}$ dozunda bir N ile de gübrelenmiştir. Üstten ise üre, kalsiyum amonyum nitrat (CAN) ve/veya amonyum sülfat (AS) gübreleri kullanılarak çıkıştan sonraki 25 ve/veya 50. günde optimum veya optimumun %75'ine tamamlanacak şekilde ilave N uygulamaları yapılmıştır. Hasat sonrasında, toplam dane verimi, hasat artığı kuru madde verimi ve bu materyallerde N, P ve K konsantrasyonları ve buradan hesaplanan alım değerleri verilmiştir. Sonuçlar arasında istatistiki anlamda önemli farklılıklar bulunmuş, optimum dozlarda N'un yarısı çıkıştan 25 gün sonra üre, diğer yarısı ise çıkıştan 50 gün sonra CAN ile uygulanan deneme varyantı hem verim, hem N kullanım etkinliği hem de kazanç açısından ön plana çıkmıştır. Bu uygulamayı ise Yeter N dozlarında N'un Üre/AS (yarısı çıkıştan 25 gün sonra üre, diğer yarısı ise 50 gün sonra AS formunda) ve Üre/- (tamamı çıkıştan 25 gün sonra üre formunda) şeklindeki uygulamaları takip etmiştir.

Anahtar Kelimeler: Azot, besin kullanım etkinliği, mısır, üst gübreleme

ABSTRACT

MSc THESIS

EFFECT OF VARIOUS NITROGEN FERTILIZERS RATES AND TIMING USED AS SURFACE APPLICATIONS ON FERTILIZER USE EFFICIENCY AND YIELD IN CORN

Bekir YALÇINDAĞ

ÇUKUROVA UNIVERSITY
INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES
DEPARTMENT OF SOIL SCIENCE AND PLANT NUTRITION

Supervisor : Assoc. Prof. Dr. Bülent ERENOĞLU
Year: 2022 Pages: 82
Jury : Assoc. Prof. Dr. Emin Bülent ERENOĞLU
: Prof. Dr. Hayriye İBRİKÇİ
: Prof. Dr. Sait GEZGİN

As it is known, the increasing population, together with the agricultural areas that do not increase or even decrease in places, create significant pressure on Earth's ecology. For this reason, reaching the highest plant yields with the minimum input is one of the most critical issues of today's agriculture. In the current MSc Thesis, a one-year field trial was conducted using maize (*Zea mays* L. cv. DeKalb DKC6761) under field conditions. Control plots received only phosphorus (P) and potassium (K) as base nutrients in the experiment. In contrast, the Sufficient (optimal) and Low (75% of optimum) Nitrogen (N) plots, in addition to those, were fertilized with 9,1 kg N da^{-1}, corresponding to 27% of the total optimum N. Additional N was applied using urea, calcium ammonium nitrate (CAN) and/or ammonium sulfate (AS) fertilizers to reach the optimum or 75% of the optimum on the 25th and/or 50th day after emergence as top fertilization. After harvest, total grain yield, dry matter yield, and N, P, and K nutritional status of these materials were determined. Statistically significant differences were found between treatments. In terms of grain yield, nitrogen use efficiency, and economic gain, the treatment in which half of the N was applied with urea 25 days after emergence and the other half with CAN 50 days after emergence at optimum N rate came to the fore. This treatment was followed by the applications of N at Sufficient N rates as Urea/AS (25 days after emergence half of N as urea, the other half 50 days after emergence as AS) and Urea/- (all N as urea 25 days after emergence) applications.

Anahtar Kelimeler: Corn, nitrogen, nutrient use efficiency, top fertilization

GENİŞLETİLMİŞ ÖZET

Bilindiği gibi, hızla artan dünya nüfusuna paralel olarak tarımsal üretimi de artırmamız gereken bir süreci yaşıyoruz. hızla artmakta ve bununla paralel olarak tarımsal üretimi de artırma zorunluluğuyla karşı karşıyayız. Ayrıca, bu artışı da daha fazla artırma imkânımızın olmadığı tarımsal üretim alanlarıyla başarmalıyız. Tarımsal üretim alanlarını artıramamadan başka ayrıca söz konusu alanlar, su kısıtı, yanlış yönetim faaliyetleri, tarımsal kimyasalların doğru-dengeli kullanılmaması gibi nedenlerle verimliliklerini/üretkenliklerini kaybetme riskiyle de karşı karşıyadırlar. Ayrıca, bitkisel üretim sınırlı ve üretimi için enerji gerektiren bitki besin elementlerinin taşıyıcısı gübrelere de bağlıdır. Bu ise birim alandan daha fazla verim alınması anlamına gelmektedir. Azotun taşımış olduğu çevresel riskler ve üretimi için enerji kullanılmasından ötürü bitkisel üretimde kullanımı ve yönetimi oldukça büyük önem taşımaktadır. Bu nedenle, Çukurova Bölgesi'nin önemli tarımsal ürünlerinden olan mısırın N ile gübrelenmesinde, özellikle de üst gübresi N'un uygulanmasında yapılacak bir optimizasyon hem üreticiler için ekonomik gelir anlamına gelecek hem de çevresel risklerin azaltılması için önemli olacağı düşünülmüştür. Mevcut çalışmada, bu amaçlar ile tabandan aynı miktarda N ile ekilen bitkilere farklı N'lu üst gübresi kaynaklarının (üre, kalsiyum amonyum nitrat ve amaonyum sülfat) farklı zamanlarda (çıkıştan 25 gün sonra, çıkıştan 50 gün sonra veya çıkıştan 25 ve 50 gün sonra) uygulamalarıyla elde edilen farklı N dozlarının (önerilen N dozunun %100'ü ve %75'i) mısır bitkisinin verim ve N kullanım etkinliği üzerine olan etkileri araştırılmıştır.

Şimdiye kadar yapılan çalışmalar ile uyumlu biçimde N uygulaması dane veriminde, kontrole göre Yeter N (%100) dozunda %247-296, Düşük N (%75) dozunda ise %188-233 arasında değişen artışlara neden olmuştur. Yeter düzeyde N uygulanan bitkiler arasında Üre/- uygulaması, Üre/CAN ve Üre/AS uygulamaları arasında istatistiki olarak fark görülmemiş ancak Üre/CAN uygulaması biraz daha yüksek verim artışına neden olmuştur. Dane verimlerindeki artış kadar dramatik

olmasa da, benzer bir durum Hasat Indeksi (HI) değerlerinden de görülmüş Yüksek N ve Düşük N dozlarındaki HI değerleri kontrole göre sırasıyla %31-38 ve %18-25'lik artışlara neden olmuştur.

Bitkilerin N ile beslenme durumlarının göstergesi olan dane N konsantrasyonları göz önüne alındığında ise Yeter N dozunda Üre/- ve Üre/CAN uygulamaları arasında istatistiki olarak fark görülmemiş olsa da, diğer uygulamalardan daha yüksek iken, Üre/CAN uygulamasının da bir miktar daha yüksek olduğu görülmüştür. Danedeki toplam N içeriklerine bakıldığında ise Üre/CAN uygulamasının Üre/- uygulamasından daha yüksek olduğu görülmüştür. Toprak üstü aksamdaki toplam N'un göstergesi olan Bitki N Alımlarında ise yine yeter dozda N ile beslenen bitkiler ön plana çıkarken, bunlar arasında ise Üre/- ve Üre/CAN benzer bulunmuş ancak yine Üre/CAN uygulaması bir miktar daha yüksek hesaplanmıştır.

Azot kullanım etkinliğini ortaya koymak için hesaplanan agronomik etkinlik (AE) ve geri kazanım etkinliği (GKE) değerleri de sonuçların yorumlanması amacıyla kullanılmıştır. Agronomik etkinlik açısından uygulamalar arasında önemli farklılıklar görülmemiş olsa da GKE sonuçları uygulamaların önemli düzeyde farklılaştığını göstermiştir. Şöyle ki GKE değerleri Yeter N dozunda N ile beslenen bitkilerde, Düşük N dozunda beslenen bitkilere göre daha yüksek bulunmuştur. Yeter N dozları ile beslenen bitkiler arasında GKE değerleri Üre/CAN > Üre/- > Üre/AS şeklinde sıralanmıştır.

Hiç N uygulanmamış bitkilere göre, başlangıç N dozları aynı olan ancak üst gübre uygulamalarında farklı formlarda ve zamanlarda uygulanan gübreler ile önerilen dozun tamamı (Yeter N) ve %75'ine (Düşük N) denk şekilde gübrelenen bitkilerde %69-167 arasında değişen kazanç artışı elde edilmiştir. Söz konusu artışlar, Yeter N ile beslenen bitkilerde %114-%167 arasında değişirken, Düşük N bitkilerinde ise %69-%111 arasında hesaplanmıştır. En yüksek artış %167 ile Yeter N (Üre/CAN) uygulamasında olurken, onu sırasıyla %162 ve %153 ile Yeter N (Üre/AS) ve Yeter N (Üre/-) uygulamaları takip etmiştir.Çıkıştan 25 gün

sonra tek seferde veya yine çıkıştan 25 ve 50 gün sonra N'un tamamının üre olarak verildiği bitkilerde, bölerek uygulamanın kazançta herhangi bir artışa neden olmadığı, aksine tek seferde uygulamanın bir miktar daha fazla kazanç elde edilmesine neden olduğu, bunun da daha çok verimdeki artış kaynaklı gelirdeki artıştan kaynaklandığı görülmüştür. Ancak bölerek N uygulamalarında ikinci uygulamada CAN veya AS uygulandığında ise iki defa üre uygulamasına göre kazançta artış gerçekleşmiştir.

Bitkilerin P ve K ile beslenme durumlarının göstergesi olan dane ve hasat artıklarındaki P ve K konsantrasyonları göz önünde bulundurulduğunda N uygulamalarının istatistiki anlamda önemli etkilerinin olmadığı görülmüştür. Ancak kuru maddenin konsantrasyonla çarpımı sonucu elde edilen ve toplam besin elementine karşılık gelen N içerikleri Dane, Hasat Artığı ve Toplam Alım değerleri açısından ise uygulanan N dozu ve formalarıyla farklılaşan kuru madde artışlarına paralel olarak artışlar tespit edilmiştir. Elde edilen toplam P veya K alım değerleri literatürle verilen değerler ile uyumlu bulunmuştur.

Yeter N dozundaki üst gübresi N'unu ikiye bölerek çıkıştan 25 ve 50 gün sonra sırasıyla üre ve CAN gübreleriyle uygulamanın en yüksek dane verimi dahil, dane N konsantrasyonu, dane N içeriği, bitki N alımı, N kullanım etkinliği ve kazanç gibi parametrelerde diğerlerinden daima daha iyi olduğu görülmüştür.

Sonuç olarak mevcut çalışmada, bitkisel üretimde üre kullanımının sera gazı etkileri kaynaklı küresel ısınmaya olan tarımın etkisini azaltmak amacıyla kullanımının azaltılmasının amaçlandığı da göz önünde bulundurulduğunda, mısırda üst gübresi N'unun tek seferde hele ki çıkıştan 45-50 gün sonra uygulamanın çok doğru bir uygulama olmayacağı tespit edilmiştir. Bunun yerine, yarısının üre olarak çıkıştan 25 ve diğer yarısının ise 50 gün sonra CAN gibi nitrat içeren N kaynaklarıyla gübrelenmesinin daha doğru olacağı tespit edilmiştir.

TEŞEKKÜR

Bu araştırmanın konusu, deneysel çalışmaların yönlendirilmesi, sonuçların değerlendirilmesi ve yazımı aşamasında yapmış olduğu büyük katkılarından dolayı tez danışmanım Doç. Dr. Emin Bülent Erenoğlu'na, sınav jürimde bulunan Prof.Dr. Hayriye İbrikçi ve Prof.Dr. Sait Gezgin'e, Yüksek Lisans yapmam konusunda beni motive eden Prof.Dr. Saadettin Baloğlu'na, çalışmalarım sırasında maddi ve manevi desteğini esirgemeyen Av. İbrahim Cevher Cevheri'ye, yoğun çalışmalarım sırasında bana destek veren eşim Gizem Yalçındağ, kuzenim Emine Ceylan'a, iş arkadaşlarım Mehmet Döğer, Ali Dalçek, Ali Konal, Fahri Atlıhan, İbrahim Şimşek'e, her konuda öneri ve eleştirileriyle yardımlarını gördüğüm Ç.Ü.Z.F. Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü öğretim elemanlarına ve teknik-idari personeline teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER **SAYFA**

ÖZ I
ABSTRACT II
GENİŞLETİLMİŞ ÖZET III
TEŞEKKÜR VII
İÇİNDEKİLER VIII
ÇİZELGELER DİZİNİ X
ŞEKİLLER DİZİNİ XII
SİMGELER VE KISALTMALAR XVI
1. GİRİŞ 1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR 5
2.1. Mısır Üretimi ve Verim Potansiyeli 5
2.2. Mısırın Beslenmesi 7
2.2.1. Besin Elementi Gereksinimleri 7
2.2.1.1. Azot (N) 8
2.2.1.2. Fosfor (P) 10
2.2.1.3. Potasyum (K) 12
2.2.2. Azot Kullanım Etkinliği (AKE) 13
2.2.2.1. Azot Kullanım Etkinliğini Etkileyen Faktörler 14
2.2.2.2. Azot Kullanım Etkinliği ile İlgili Çalışmalar 16
2.2.3. Mısırın Gübrelenmesi 20
2.2.3.1. Gübreleme Yaklaşımları 20
3. MATERYAL VE YÖNTEM 23
3.1. Deneme Alanı 23
3.2. Denemede Kullanılacak Gübreleme Programı 23
3.3. Tarla Denemesinin Genel İzahı 26
3.4. İstatistiki Analizler 27

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA 31
4.1. Morfolojik ve Fenolojik Gözlemler 31
4.2. Dane Verimi, Hasat Artığı Kuru Ağırlığı ve Hasat İndeksi 33
4.3. Bitki Besin Elementi Alımları 36
4.3.1. Bitkilerin Azot ile Beslenmesi, Azot Kullanım Etkinliği ve Azotlu Gübrelemenin Ekonomisi 36
4.3.1.1. Bitkilerin Azot ile Beslenmesi 36
4.3.1.2. Azot Kullanım Etkinliği 41
4.3.1.3. Azotlu Üst Gübresi Uygulamasının Ekonomisi 43
4.3.2. Bitkilerin Fosfor ve Potasyum ile Beslenmesi 45
4.3.2.1. Bitkilerin Fosfor ile Beslenmesi 45
4.3.2.2. Bitkilerin Potasyum ile Beslenmesi 48
4.4. Tartışma 53
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER 61
KAYNAKLAR 63
ÖZGEÇMİŞ 75
EKLER 76

ÇİZELGELER DİZİNİ **SAYFA**

Çizelge 2.1. Türkiye İstatistik Kurumu verilerine göre 2020 yılına ait Türkiye ve Adana, Mersin ve Osmaniye illerini kapsayan Çukurova Bölgesinde *danelik* ve *silajlık mısır* üretim alanı, miktarı ve verimleri 5

Çizelge 3.1. Tarla denemesinde test edilen uygulamalar, kullanılan gübreler, dozları ve bu gübreler ile uygulanan saf N, P_2O_5 ve K_2O dozları. Yeter N parselleri için 28,7 kg N·da^{-1} ve Düşük N parselleri için 21,5 kg N·da^{-1} dozlarında N uygulanmıştır. 28

Çizelge 3.2. Besin kullanım etkinliğinin (BKE) seçilmiş dört tanımlaması. 29

Çizelge 4.1. Vejetasyon süresince Yeter N (28,7 kg N·da^{-1}) ve Düşük N (21,5 kg N·da^{-1}) seviyelerine ulaşmak için, tabandan 9,1 kg N·ha^{-1} dozunda N uygulanmış, çıkıştan sonra 25. ve/veya 50. günlerde ise Üre, CAN ve/veya AS gübreleriyle toplamda 19,6 veya 12,4 kg N·da^{-1} dozunda üst gübrelemesi yapılmış mısır bitkilerinin verim ve N alımlarından hesaplanan *Agronomik Etkinlik (AE), Geri Kazanım Etkinliği (GKE)* değerleri. Değerler bağımsız dört tekerrürün ortalaması ± SH olup, üzerlerindeki küçük harfler Duncan'a göre $p<0,05$ seviyesinde farklılıkları ifade eder. 42

Çizelge 4.2. Vejetasyon süresince Yeter N (28,7 kg N·da^{-1}) ve Düşük N (21,5 kg N·da^{-1}) seviyelerine ulaşmak için, tabandan 9,1 kg N·ha^{-1} dozunda N uygulanmış, çıkıştan sonra 25. ve/veya 50. günlerde ise Üre, CAN ve/veya AS gübreleriyle toplamda 19,6 veya 12,4 kg N·da^{-1} dozunda üst gübrelemesi yapılmış mısır bitkilerinde uygulanan *üst gübresi maliyeti*, *verim*, *gelir* ve *kazanç* ilişkileri. 44

ŞEKİLLER DİZİNİ **SAYFA**

Şekil 2.1. Bir mısır tarlasına uygulanan 30 kg N'un davranışlarını gösteren basitleştirilmiş bir N döngüsü. Gerçek miktarlar, toprak tipi, hava durumu ve bitki ile birlikte değişir (Thelen ve ark., 2007'den uyarlanmıştır). 14

Şekil 3.1. Çalışmanın yürütüldüğü Ceyhan ilçesi, Kuzey-Kuzeydoğu kısmında yer alan deneme alanının Google Earth görüntüsü 23

Şekil 4.1. 13 Mart 2020 tarihinde mısır ekimi yapılan (A) deneme parsellerinde 25 Mart 2020 tarihinde çimlenen tohumlar (B) 31

Şekil 4.2. 25.Mart 2020 tarihindeki çıkıştan 25 (A) ve 50 (B) gün sonra üst gübresi uygulanan mısır bitkileri 32

Şekil 4.3. 25 Mart 2020 tarihindeki çıkıştan 25 gün sonra uygulanan yeter N dozunun tamamının ve yarısının bitki gelişimi ve rengi üzerine etkisi..... 32

Şekil 4.4. Vejetasyon süresince Yeter N (28,7 kg $N \cdot da^{-1}$) ve Düşük N (21,5 kg $N \cdot da^{-1}$) seviyelerine ulaşmak için, tabandan 9,1 kg $N \cdot ha^{-1}$ dozunda N uygulanmış, çıkıştan sonra 25. ve/veya 50. günlerde ise Üre, CAN ve/veya AS gübreleriyle toplamda 19,6 veya 12,4 kg $N \cdot da^{-1}$ dozunda üst gübrelemesi yapılmış mısır bitkilerinin dane (A) ve hasat artığı (B) verimleri. Kolonlar bağımsız dört tekerrürün ortalaması ± SH olup, üzerlerindeki küçük harfler Duncan'a göre $p<0,05$ seviyesinde farklılıkları ifade eder. 34

Şekil 4.5. Vejetasyon süresince Yeter N (28,7 kg $N \cdot da^{-1}$) ve Düşük N (21,5 kg $N \cdot da^{-1}$) seviyelerine ulaşmak için, tabandan 9,1 kg $N \cdot ha^{-1}$ dozunda N uygulanmış, çıkıştan sonra 25. ve/veya 50. günlerde ise Üre, CAN ve/veya AS gübreleriyle toplamda 19,6 veya 12,4 kg $N \cdot da^{-1}$ dozunda üst gübrelemesi yapılmış mısır

bitkilerinin Hasat İndeksi [dane verimi / (dane verimi + hasat artığı verimi)] değerleri. Kolonlar bağımsız dört tekerrürün ortalaması ± SH olup, üzerlerindeki küçük harfler Duncan'a göre p<0,05 seviyesinde farklılıkları ifade eder. 36

Şekil 4.6. Vejetasyon süresince Yeter N (28,7 kg N·da^{-1}) ve Düşük N (21,5 kg N·da^{-1}) seviyelerine ulaşmak için, tabandan 9,1 kg N·ha^{-1} dozunda N uygulanmış, çıkıştan sonra 25. ve/veya 50. günlerde ise Üre, CAN ve/veya AS gübreleriyle toplamda 19,6 veya 12,4 kg N·da^{-1} dozunda üst gübrelemesi yapılmış mısır bitkilerinin dane (A) ve hasat artıklarında (B) ölçülen N konsantrasyonları (%). Kolonlar bağımsız dört tekerrürün ortalaması ± SH olup, üzerlerindeki küçük harfler Duncan'a göre p<0,05 seviyesinde farklılıkları ifade eder. 38

Şekil 4.7. Vejetasyon süresince Yeter N (28,7 kg N·da^{-1}) ve Düşük N (21,5 kg N·da^{-1}) seviyelerine ulaşmak için, tabandan 9,1 kg N·ha^{-1} dozunda N uygulanmış, çıkıştan sonra 25. ve/veya 50. günlerde ise Üre, CAN ve/veya AS gübreleriyle toplamda 19,6 veya 12,4 kg N·da^{-1} dozunda üst gübrelemesi yapılmış mısır bitkilerinin dane (A) ve hasat artıklarında (B) hesaplanan N içerikleri (kg·da^{-1}). Kolonlar bağımsız dört tekerrürün ortalaması ± SH olup, üzerlerindeki küçük harfler Duncan'a göre p<0,05 seviyesinde farklılıkları ifade eder. 39

Şekil 4.8. Vejetasyon süresince Yeter N (28,7 kg N·da^{-1}) ve Düşük N (21,5 kg N·da^{-1}) seviyelerine ulaşmak için, tabandan 9,1 kg N·ha^{-1} dozunda N uygulanmış, çıkıştan sonra 25. ve/veya 50. günlerde ise Üre, CAN ve/veya AS gübreleriyle toplamda 19,6 veya 12,4 kg N·da^{-1} dozunda üst gübrelemesi yapılmış mısır bitkilerinin N alımları (kg·da^{-1}). Kolonlar bağımsız dört

tekerrürün ortalaması ± SH olup, üzerlerindeki küçük harfler Duncan'a göre p<0,05 seviyesinde farklılıkları ifade eder..... 41
Şekil 4.9. Vejetasyon süresince Yeter N (28,7 kg N·da^{-1}) ve Düşük N (21,5 kg N·da^{-1}) seviyelerine ulaşmak için, tabandan 9,1 kg N·ha^{-1} dozunda N uygulanmış, çıkıştan sonra 25. ve/veya 50. günlerde ise Üre, CAN ve/veya AS gübreleriyle toplamda 19,6 veya 12,4 kg N·da^{-1} dozunda üst gübrelemesi yapılmış mısır bitkilerinin dane (A) ve hasat artıklarında (B) ölçülen P konsantrasyonları (%). Kolonlar bağımsız dört tekerrürün ortalaması ± SH olup, üzerlerindeki küçük harfler Duncan'a göre p<0,05 seviyesinde farklılıkları ifade eder. 46
Şekil 4.10. Vejetasyon süresince Yeter N (28,7 kg N·da^{-1}) ve Düşük N (21,5 kg N·da^{-1}) seviyelerine ulaşmak için, tabandan 9,1 kg N·ha^{-1} dozunda N uygulanmış, çıkıştan sonra 25. ve/veya 50. günlerde ise Üre, CAN ve/veya AS gübreleriyle toplamda 19,6 veya 12,4 kg N·da^{-1} dozunda üst gübrelemesi yapılmış mısır bitkilerinin dane (A) ve hasat artıklarında (B) hesaplanan P içerikleri (kg·da^{-1}). Kolonlar bağımsız dört tekerrürün ortalaması ± SH olup, üzerlerindeki küçük harfler Duncan'a göre p<0,05 seviyesinde farklılıkları ifade eder. 47
Şekil 4.11. Vejetasyon süresince Yeter N (28,7 kg N·da^{-1}) ve Düşük N (21,5 kg N·da^{-1}) seviyelerine ulaşmak için, tabandan 9,1 kg N·ha^{-1} dozunda N uygulanmış, çıkıştan sonra 25. ve/veya 50. günlerde ise Üre, CAN ve/veya AS gübreleriyle toplamda 19,6 veya 12,4 kg N·da^{-1} dozunda üst gübrelemesi yapılmış mısır bitkilerinin P alımları (kg·da^{-1}). Kolonlar bağımsız dört tekerrürün ortalaması ± SH olup, üzerlerindeki küçük harfler Duncan'a göre p<0,05 seviyesinde farklılıkları ifade eder..... 48

Şekil 4.12. Vejetasyon süresince Yeter N (28,7 kg N·da^{-1}) ve Düşük N (21,5 kg N·da^{-1}) seviyelerine ulaşmak için, tabandan 9,1 kg N·ha^{-1} dozunda N uygulanmış, çıkıştan sonra 25. ve/veya 50. günlerde ise Üre, CAN ve/veya AS gübreleriyle toplamda 19,6 veya 12,4 kg N·da^{-1} dozunda üst gübrelemesi yapılmış mısır bitkilerinin dane (A) ve hasat artıklarında (B) ölçülen K konsantrasyonları (%). Kolonlar bağımsız dört tekerrürün ortalaması ± SH olup, üzerlerindeki küçük harfler Duncan'a göre p<0,05 seviyesinde farklılıkları ifade eder. 49

Şekil 4.13. Vejetasyon süresince Yeter N (28,7 kg N·da^{-1}) ve Düşük N (21,5 kg N·da^{-1}) seviyelerine ulaşmak için, tabandan 9,1 kg N·ha^{-1} dozunda N uygulanmış, çıkıştan sonra 25. ve/veya 50. günlerde ise Üre, CAN ve/veya AS gübreleriyle toplamda 19,6 veya 12,4 kg N·da^{-1} dozunda üst gübrelemesi yapılmış mısır bitkilerinin dane (A) ve hasat artıklarında (B) hesaplanan K içerikleri (kg·da^{-1}). Kolonlar bağımsız dört tekerrürün ortalaması ± SH olup, üzerlerindeki küçük harfler Duncan'a göre p<0,05 seviyesinde farklılıkları ifade eder. 51

Şekil 4.14. Vejetasyon süresince Yeter N (28,7 kg N·da^{-1}) ve Düşük N (21,5 kg N·da^{-1}) seviyelerine ulaşmak için, tabandan 9,1 kg N·ha^{-1} dozunda N uygulanmış, çıkıştan sonra 25. ve/veya 50. günlerde ise Üre, CAN ve/veya AS gübreleriyle toplamda 19,6 veya 12,4 kg N·da^{-1} dozunda üst gübrelemesi yapılmış mısır bitkilerinin P alımları (kg·da^{-1}). Kolonlar bağımsız dört tekerrürün ortalaması ± SH olup, üzerlerindeki küçük harfler Duncan'a göre p<0,05 seviyesinde farklılıkları ifade eder..... 52

SİMGELER VE KISALTMALAR

AE : Agronomik Etkinlik

AKE : Azot Kullanım Etkinliği

AS : Amoınyum Sülfat

Ca : Kalsiyum

$CaCO_3$: Kalsiyum Karbonat

CAN : Kalsiyum Amonyum Sülfat

CaO : Kalsiyum Oksit

GKE : Geri Kazanım Etkinliği

HI : Hasat İndeksi

IPNI : International Plant Nutrition Institute (Uluslararası Bitki Besleme Enstitüsü

K : Potasyum

K_2O : Potasyum Oksit

KA : Kuru ağırlık

$kg \cdot da^{-1}$: Kilogram/dekar

Mg : Magnezyum

MgO : Magnezyum Oksit

N : Azot

OM : Organik Madde

P : Fosfor

P_2O_5 : Fosfor Penta Oksit

SPSS : Statistical Package for the Social Sciences (Sosyal Bilimler İçin İstatistik Programı)

1. GİRİŞ

Mısır, Adana ilini kapsayan Çukurova Bölgesi başta olmak üzere ülkemizde yetiştiriciliği yapılan önemli bir kültür bitkisidir. 2018-19 yıllırını kapsayan süreçte küresel olarak 2,2 milyar ton mısır üretilmiştir. Aynı dönem içerisinde, Türkiye'de ise 11,7 milyon ton mısır üretilmiştir. Aynı dönemlerde Türkiye'de birim alandan elde edilen mısır verimi 9.500 $kg \cdot ha^{-1}$ olurken, Dünya'daki ortalama verim ise 5.715 $kg \cdot ha^{-1}$ olmuştur (FAOStat, 2021). Bu rakamlar mısır üretiminde Türkiye'de elde edilen ortalama verimlerin Dünya ortalamasından yaklaşık %65 daha yüksek olduğunu göstermektedir. Türkiye içine geldiğimizde ise, 2020 yılı TÜİK rakamlarına göre Türkiye'de toplam 690 bin hektar alanda mısır yetiştirildiği ve bunun %10'una karşılık gelen 70 bin dekarının Çukurova'nın merkezini oluşturan Adana'da gerçekleştiği görülmektedir. Adana, toplam mısır üretilen alanların %10'unu kapsasa da toplam üretime bakıldığında 820 bin ton mısır ile Türkiye'nin toplam üretimi olan 6,5 milyon tonun %12,5'unu gerçekleştirmektedir. Buradan da anlaşılacağı üzere, birim alandaki ortalama verimler Adana ili genelinde Türkiye ortalamasının da üzerindedir.

Azot (N), bitki büyümesi ve üremesi için gerekli olan temel makro besin elementlerinden bir tanesidir. Mısır üretimi esnasından nispeten büyük miktarlarda N'a gereksinim duyulur ve genellikle büyüme ve yüksek verim elde edilmesi için sınırlayıcı besin elementi olarak kabul edilir. Azot eksikliği durumunda, bitkilerin gelişiminde gerileme (bodurlaşma), yaprakların klorofil içeriğinde düşme, yaşlı yapraklarda sararma ve bitkilerin ham protein içeriğinde düşme gibi sorunlar/ belirtiler ortaya çıkar. Tarım topraklarında bitkilere hızla yarayışlı azot (N) temel olarak inorganik formlar olan amonyum (NH_4^+) ve nitrat (NO_3^-) tır. Toprak organik maddesinde bulunan N ise zamanla mineralizasyon yoluyla bitkilere yarayışlı hale dönüşen bir rezervdir. Azot atmosferde N_2 gazı olarak bol miktarda bulunsa da bu form bitkiler tarafından doğrudan kullanılmaz. Söz konusu bu N_2 gazı, azotobacter, Rhizobium ve diğerleri gibi belirli bakteri ve arkeler tarafından gerçekleştirilen

biyolojik N fiksasyonu ile bitkilere yarayışlı forma dönüşebilir. Bunun bir sonucu olarak, maksimum verimlere ulaşabilmesi için çoğu ekili alan, toprakta bulunana ilave N'a ihtiyaç duyar. Bu nedenle, tarımsal sistemler genellikle gübrelerden sağlanan ilave N girdisine sahiptirler.

Azot, çağdaş yüksek verimli bitkisel üretimin olmazsa olmazıdır, çünkü güneş radyasyonunu bitki büyümesini sağlayan karbonhidratlara dönüştürmeye yardımcı olan bitki proteinlerinin yapısında önemli miktarlarda bulunur. Kültür bitkileri için N kaynakları, amonyak, üre ve nitratlar gibi inorganik N gübreleri, hayvan gübresi ve kompost gibi organik N gübreleri, N_2 bağlayıcı örtü bitkileri ve toprak rezervlerini kapsar. Her yıl 100 Tg (100 milyon ton)'dan fazla reaktif N, enerji kaynağı olarak fosil yakıtlar kullanılarak Häber-Bosch prosesi ile endüstriyel olarak üretilir (Ladha ve ark., 2016). Üretilen bu N'un %50'si, doğrudan tahıl olarak veya dolaylı olarak hayvancılık ürünleri yoluyla tüketilen insan gıda kalorilerinin ve proteinlerinin büyük kısmını sağlayan üç ana tahılın (mısır, %16; pirinç, %16 ve buğday, %18) beslenmesi için kullanılır (Ladha ve ark., 2016). Azotlu gübrelerin kullanımı, son 50 yılda kişi başına gıda üretimindeki yaklaşık % 40'lık bir artışın ana nedenidir (Brown 1999; Smil 2002). Söz konusu tahıllar ve diğer ürünler biyokütle üretmek için uygulanan N'un yaklaşık yüzde 50'sini kullanırken, geri kalan %50 kullanılmadan ya toprakta depolanır ya da çevreye dağılarak birçok çevresel ve ekolojik yan etkiye neden olur (Galloway ve ark., 2002; Lassaletta ve ark., 2014).

Bu nedenle, tek yıllık olarak yürütülen mevcut yüksek lisans tez çalışmasında, ülkemizin önemli danelik mısır üretim merkezlerinden birisi olan Çukurova Bölgesi'nde, farklı üst gübre *form, doz, zaman* ve *dozları*nın verimi etkileyen en önemli besin elementlerinin başında gelen ve yönetimi çevresel duyarlılıklar açısından da azami duyarlılık isteyen N'lu gübrelerin kullanım etkinlikleri üzerine etkilerinin tarla koşullarında araştırılması amaçlanmıştır. Böylece, ülkemizin en önemli mısır üretim alanı olan Çukurova Bölgesi'nde üst gübre olarak kullanılabilecek farklı kaynakların [üre, amonyum sülfat (AS) ve

kalsiyum amonyum nitrat (CAN)] etkinlikleri ortaya konarak, doğru ve dengeli gübreleme ile N tüketimi yüksek olan mısırda N'un daha etkin kullanılmasına katkı sağlanması amaçlanmıştır.

Çalışmada, toprak analiz sonuçlarına göre torosçiftçi Gübreleme Öneri programı aracılığı ile verilen dozlarda N, P ve K uygulamaları yapılmıştır. Fosfor ve K'un tamamı tabandan, ekimle beraber banda, N'un ise %30'u tabandan ekimle beraber uygulanmış, geri kalan kısımları ise deneme desenine bağlı olarak bir veya iki defada üstten verilmiştir. Yürütülen bu çalışmada, farklı üst gübresi uygulama form, doz ve kombinasyonlarının mısır verimi ve N'lu gübre kullanım etkinliği üzerine etkilerinin ortaya konması amaçlanmıştır. Çalışmada üre, amonyum sülfat (AS) ve kalsiyum amonyum nitrat (CAN) gübrelerinin yalnızca üre/üre, üre veya üre/AS ve üre/CAN şeklinde verilecek üst gübrelerinin etkinlikleri karşılaştırılmıştır. Ayrıca, üst gübresi olarak üre/üre veya üre uygulanacak durumlar için gerekli üst gübresinin tamamı yanında, toplam verilmesi gereken N'un %75'ine denk gelecek şekilde üst gübre dozları ayarlanarak diğerlerine göre daha yüksek N kullanım etkinliğine neden olabilecek ürenin daha az kullanımının bitkiye yetip yetmediği de test edilmiştir.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

2.1. Mısır Üretimi ve Verim Potansiyeli

Mısır bitkisi, buğday ve çeltikten sonra dünya üzerinde en fazla üretimi yapılan üçüncü tahıl bitkisidir. Mısır, öncelikli olarak danesi, ikincil olarak da hayvan yemi ve endüstri hammaddesi olarak yetiştirilir. Elde edilen daneler hem insanların hem de hayvanların tüketimi için kullanılır. Yeşil aksam ise, yeşilken kesilip ya kurutularak ya da silaj haline getirilerek hayvan beslenmesinde kullanılır.

Geleneksel olarak insan beslenmesinde kullanılan mısırın son yıllarda hayvan beslenmesinde de yaygın olarak kullanıldığı ve bir kısmının da endüstri hammaddesini oluşturduğu bilinmektedir. Örneğin, ülkemizde 2020 yılı içerisinde üretilen toplam 33,5 milyon ton mısırın %19,3'ü danelik iken, geriye kalan kısmını ise silajlık oluşturmaktadır (Çizelge 2.1). Aynı çizelgede görüleceği üzere, ülkemizin önemli mısır üretim bölgelerinden olan Çukurova'da diğer bölgelerimizin tersine daha çok danelik mısır üretimi yapılmaktadır. Söz konusu bu bölge, Adana, Mersin ve Osmaniye il sınırları içerisinde yer alan Toros Dağları ile Akdeniz arasında yer alan düzlükleri kapsamaktadır.

Çizelge 2.1. Türkiye İstatistik Kurumu verilerine göre 2020 yılına ait Türkiye ve Adana, Mersin ve Osmaniye illerini kapsayan Çukurova Bölgesinde *danelik* ve *silajlık mısır* üretim alanı, miktarı ve verimleri

	Türkiye	Adana	Mersin	Osmaniye	Çukurova*
			Üretim Alanı (ha)		
Dane	691.632	70.155	8.217	27.353	105.725
Silajlık	520.589	6.662	2.637	3.785	13.084
			Üretim Miktarı (ton)		
Dane	6.500.000	819.978	89.705	282.039	1.191.722
Silajlık	27.186.949	306.707	102.401	147.923	557.031
			Verim (ton·ha^{-1})		
Dane	9.4	11.7	10.9	10.3	11.3
Silajlık	52.2	46.0	38.8	39.1	42.6

Mısır danelerinin ortalama verimi ılıman, yarı tropik ve tropik bölgelerde belirgin şekilde farklılıklar gösterir. Örneğin 1970'lerin başında, ılıman, yarı tropik ve tropik bölgelerde ortalama mısır veriminin sırasıyla 3,5, 1,8 ve 1,0 ton·da^{-1} olduğu tahmin ediliyordu (Goldsworthy, 1974). Dekarda 1 ton dane veriminin piyasa koşullarında yaygın olduğu bir dönemde, ılıman bölgelerden ABD'deki Michigan'da 2,2 ton·da^{-1}'lık bir verim rapor edilmiştir (Fischer ve Palmer, 1983). Tollenear ve Lee (2002) ve Johnston ve arkadaşları (2006) mısır genetik potansiyelinin hektara 25 ton dolaylarında olduğunu tahmin ettiklerini ifade etmişleridir. Son yıllarda ABD Virginia'da bir üreticinin 38,8 ton·ha^{-1}'lik bir dane verimine ulaştığı rapor edilmiştir. Ülkemizde ise birim alan başına dane verimi 2000'li yılların başından itibaren artmış ve 2020 yılında TÜİK verilerine göre Türkiye genelinde 0,94 ton da^{-1}, Çukurova bölgesinde ise 1,13 ton·da^{-1} olarak belirlenmiştir (Çizelge 2.1). Bilimsel çalışmalarla ispat edilmemiş ancak çiftçi arazilerinden toplanan bilgilere göre ise Çukurova Bölgesinde bu verimin, tabi ki çeşide ve çiftçi uygulamalarına bağlı olmak koşuluyla, 1,8-2,0 ton·da^{-1}'a kadar çıkabildiği bilinmektedir.

Mısırın, bilimsel çalışmalarla belirlenen potansiyel verimleriyle, çiftçilerin elde ettikleri verimleri arasında önemli farklılıklar mevcuttur. Söz konusu fark özellikle, mısır yetiştiriciliğinin iyileştirilmiş yönetim teknikleri konusunda yeterli bilgisi olmayan çiftçilerce yapıldığı gelişmekte olan ülkelerde geniş olmaktadır (Fageria ve ark., 2011). Mısırda elde edilen düşük verimlerin, kuraklık ve besin elementi noksanlığı stresi, hastalıklarla yetersiz mücadele ve düşük potansiyele sahip çeşitlerin kullanımı gibi nedenleri mevcuttur. Gelişmekte olan ülkelerde belirgin verim artışları sağlanması muhtemelen, iyileştirilmiş yönetim faaliyetleri ve genetik çalışmaların bir arada yürütülmesine bağlıdır.

2.2. Mısırın Beslenmesi

2.2.1. Besin Elementi Gereksinimleri

Mısırda yüksek verimlere ulaşabilmenin ana şartlarından birisi, bitkinin besin elementleri ihtiyacının hem yeter düzeyde hem de diğer elementlerle dengeli bir biçimde karşılanmasıdır. Bilindiği gibi, bitki besin elementi ihtiyacını karşılamak için uygulanan gübrelerin etkin olabilmeleri için, bitkiler tarafından alınması ve verim artışı için kullanılmış olmaları gerekir (Shapiro ve Wortmann, 2006; Barbieri ve ark., 2008). Elbette ki besin uygulamaları sırasında Carl Sprengel (1828) tarafından geliştirilen ve Justus von Liebig'ce popüler hale getirilen, "*verim miktarı toplam yarayışlı kaynaklarla değil, bitkideki miktarı en az olan faktörce belirlenir*" şeklinde ifade edilebilecek *Minimum Kanunu*'nun göz önünde bulundurulması gereklidir. Bu kanun bitki besleme için "*tek taraflı olarak bir gübre ne kadar artırılırsa artırılsın, ortamda diğer elementlerden birisinin dahi yetersiz olması verimi azaltacaktır*" şeklinde daha açık şekilde ifade edilebilir.

Son yıllarda, bitkilerin doğru şekilde, çevreye duyarlı ve ekonomik olarak çiftçilerin hem girdi masraflarının azaltılması hem de ürünlerinin çoğaltılmasıyla kazançlarının artırılacağı bitki besleme uygulamaları için Uluslararası Bitki Besleme Enstitüsü tarafından, doğru kaynak, doğru zaman, doğru yer ve doğru doz kelimelerinin başına getirilen İngilizce RIGHT kelimesinden esinlenilerek 4Rs felsefesi ön plana çıkmaya başlamıştır (IPNI, 2017). Bu yaklaşım, söz konusu enstitünün çıkardığı ve Türkçe'ye de çevrilen 4R Plant Nutrition – A Manual for Improving the Management of Plant Nutrition isimli kitapta anlatılmaya çalışılmıştır.

Herhangi bir bitki tarafından ihtiyaç duyulan besin elementi miktarları toprak, iklim, kullanılan çeşit, beklenen verim ve yönetim uygulamalarına bağlıdır. Gübre ihtiyaçları, görsel noksanlık belirtilerince tespit edilebileceği gibi toprak ve bitki analizleriyle de belirlenebilir.

Besin elementi birikimleri ve bitkideki konsantrasyonları tarımsal ekosistemler arasında farklılıklar gösterir, ancak bu değerler mısır bitkisinin

beslenme ihtiyacının ve durumunun belirlenmesinde rehber görevi görebilirler (Fageria ve ark., 2011). Bu ise, gerçek besin elementi ihtiyaçlarının belirlenebilmesinin farklı ekosistemlerde farklı besin elementleri kullanılarak yapılacak bilimsel çalışmalardan elde edilecek sonuçlara bağlı olduğunu gösterir. Mısır veriminde bitki besin elementlerinin eksikliğinden kaynaklanan azalmaları bertaraf etmenin yöntemlerinden birisi de besin elementlerini iyi absorbe ederek ve kullanarak verimi artıran çeşitlerin seçimidir (Lafitte ve Edmeades, 1994). Yeni mısır hibritlerinin farklı N seviyelerindeki dane verimleri eski hibritlerden çok daha yüksektir (Echarte ve ark., 2008). Eski ve yeni hibritler arasındaki farklar genel olarak artan stres toleransı, dane dolumu sırasında kuru madde oluşumundaki iyileşmeler (Tollenear ve Wu, 1999) ve yapraklardaki gözle görülür senesensteki azalmalarla (Valentinuz ve Tollenear, 2004) ilişkilidir. Kuru madde birikiminde meydana gelen artan N yarayışlılığına bağlı olan artış, dane dolum dönemi boyunca mevcut olan yüksek C değişim oranı ve klorofil içeriklerine bağlıdır (Echarte ve ark., 2008).

2.2.1.1. Azot (N)

Azot dünyanın farklı bölgelerinde mısır verimi ve kalitesini sınırlandıran en önemli besin elementlerinden birisidir (Miao ve ark., 2007). Mısır bitkisinin biyokütlesi ve dane verimi yüksek olduğundan, çok fazla N'a ihtiyaç duyar. Mısırın dane kütlesindeki artışa paralel olarak, hasat zamanında, toprak üstü aksamdaki N'un yarısından fazlası koçan ve koçan sapında bulunur (Karlen ve ark., 1988). Mısır üretimi için doğru N gübrelemesi önerilerinin yapılması, gübrelemenin çevresel sorun oluşturma riskini minimize etmesinin yanında ürün miktarını ve kazancı artırmak için de oldukça önemlidir (Miao ve ark., 2007).

Özellikle kireçli topraklarda üre ve NH_4^+ formlarında uygulanan N'lu gübreler çok kısa bir sürede NO_3^- formuna dönüşür (Kacar ve Katkat, 2009). Nitrat-N'u suyla beraber çok kolay hareket eder ve aşırı sulama veya yağmurlamayla rahatlıkla toprak profilinden uzaklaşarak hem gübre kullanım

etkinliğinin azalmasına hem de çevre kirliliği riskinin artmasına neden olabilir (Kacar ve Katkat, 2009). Çukurova koşullarında tabandan ve üstten olmak üzere iki defa uygulanan N'lu gübreler kullanılarak yapılan mısır yetiştiriciliğinde yoğun sulamadan dolayı yıkanma ve/veya toprak yüzeyinden denitrifikasyon yoluyla kayıplar hem uygulamanın ekonomikliği hem de çevresel konularda önemli sorunlara yol açabilir. O nedenle, bölgede özellikle yoğun sulama yapılan ve fazla derin olmayan kök yapısına sahip olan mısır yetiştiriciliğinde iki defadan (taban-üst) daha fazla N'lu gübre kullanımını mümkün kılacak tarımsal yöntemler geliştirilmelidir. Buna benzer olarak, Uluslararası Bitki Besleme Enstitüsü'nün yukarıda sözü edilen 4R Plant Nutrition isimli kitabında yer alan ve aşağıda verilen düşünceler bu konunun ne kadar önemli olduğunu vurgulamaktadır:

> "*Sulanan bazı mısır sistemleri, çiftçilere sezon içerisinde N'lu gübrelerin bölünerek uygulanmasına imkân tanımaktadır, bu durum da, uygulama zamanlarını bitkilerin ihtiyacına daha uygun hale getirerek, uygun zamanlamayla hem besin kullanım etkinliği iyileştirilebilir ve hem de kayıp potansiyelleri azaltılabilir*".

Azotlu gübre gereksinimi, beklenen verim, topraktaki inorganik N miktarı, potansiyel N mineralizasyonu, toprak tipi ve çok çeşitli çevresel koşulları içine alan birçok faktöre bağlıdır (Schlegel ve Havlin, 1995). Bitki tarafından N alımının azami düzeylere çıkarılması veya hasat sonrası toprakta az miktarda artık N kalması, olası taban suyu kirliliğini minimum seviyelere indirmeye yardımcı olur (Keeney, 1987). Uygulanan gübre N'nun geri kazanım oranı, bölge veya toprak tipi, inorganik toprak N içeriği, ve diğer N ya da su yönetim faktörlerini içine alan birçok faktörce etkilenir (Walters ve Malzer, 1990) ve genellikle %30-70 arasında değişir (Legg ve Meisinger, 1982). Genellikle, kullanılan N dozu arttıkça gübre N'nun geri kazanım oranı düşer (Oberle ve Keeney, 1990). Gübre N'nun geri kazanım oranı, ince bünyeli topraklardaki yüksek N mineralizasyonundan dolayı, kaba bünyeli topraklarda, ince bünyeli topraklara göre daha yüksektir (Fageria ve

ark., 2011). Yeter düzeyde N kullanımı, N kazanım etkinliğini artırırken maksimum verimi elde etmenin yollarından birisidir.

En yüksek veya optiumum verim için gerekli olan N'lu gübre dozları bölgeler (veya topraklar) ve yıllar arasında değişkenlik gösterir (Onken ve ark., 1985). Mısır için gübre önerilerinde genel olarak 1000 kg dane için 20-21 kg N dozuna dikkat edilir (IPNI, 2017). Ülkemizde de gübre tavsiyelerinde bu noktaya dikkat edilmektedir. Ancak son yıllarda piyasaya sürülen yüksek verimli yeni hibritlerin kullanımı için de bu dozun doğruluğu henüz bilimsel olarak test edilmemiştir. Geleneksel uygulamalarda, uygulanacak toplam N'un %30-50'si ekim sırasında, geriye kalan kısmı da bitkiler 8-9 yapraklıyken uygulanır.

Azot etkinliği yüksek genotiplerin kullanılması mısır verimini artırma ve üretim maliyetlerini düşürme bakımından önemli yaklaşımlardan bir tanesidir. Yapılan birçok araştırmada hem az hem de yüksek N dozlarında N kullanım etkinliği bakımından önemli genetik varyasyonlar olduğu gösterilmiştir (Work *ve ark*., 2007; Fageria, 2009).

2.2.1.2. Fosfor (P)

Fosfor, N'un sınırlayıcı olmadığı karasal ve suyla ilişkili sistemlerde, biyokütle gelişimini sınırlandırıcı en önemli besin elementidir çünkü kayaların ayrışması sonucu açığa çıkan toprak ve sudaki P zamanla bağlanarak stabil formlara dönüşür (Wardle *ve ark*., 2004; Turner *ve ark*., 2007; Lagerström *ve ark*., 2009; Vitousek *ve ark*., 2010). Bir kimyasal formdan (labil) diğerine (stabil) olan bu dönüşüm, toprakların toplam P içeriklerinin, bitki alımlarıyla karşılaştırıldığında çok yüksek olması gerçeğine karşın, düşük yarayışlılığının bitki gelişimini sınırlandırdığı gerçeğini açıklamamıza yardımcı olur (Yang ve Finnegan, 2010). Toprak ve suyla ilişkili sistemlerdeki inorganik P reaksiyonları çoğunlukla bir sorbent üzerine adsorpsiyon (özellikle oksitler; Parfitt, 1978; Stumm ve ark., 1980; Sposito, 1989) ve çökelme süreçleri (toprak koşuluna bağlı olarak Ca-fosfatlar veya Fe/Al-fosfatlar; Lindsay, 1979; Lindsay ve ark., 1989) ile ilişkilidir. Bu da

gübre olarak uygulanan P'un çok az bir kısmının bitkiler için yarayışlı formda kaldığını gösterir. Uygulama açısından bakılacak olursa, uygulanan P'dan ne kadarının bitkiler için yarayışlı kaldığının kesin olarak bilinmesi zordur ve "artır ve koru" anlamına gelen, yeterli P'u garanti etmek için yarayışlı P deposunu kritik düzeyin biraz üzerinde tutma klasik bir yöntem olarak kullanılmaktadır (Sims, 2000).

Fosfor da aynen N'da olduğu gibi mısır üretimini sınırlandıran en önemli besin elementlerinden birisidir. Çukurova bölgesinde özel bir toprak analiz laboratuvarı tarafından alınan 773 toprak örneğinde yapılan analizler, bölge topraklarının %73'ünde az veya çok az düzeylerinde bitkiye yarayışlı P olduğunu göstermektedir (yayınlanmamış veri). Bu nedenden, bölgede bitkilerin ihtiyaç duyduğu miktarda P'u, ihtiyaç duyduğu anda ulaştırmak önemli bir pratik uygulama zorunluluğu olarak karşımıza çıkmaktadır. Bölge topraklarının yüksek kireç içerikleri, P'un hızlı biçimde yarayışsız (Ca-fosfatlar şeklinde çökelme) formlara dönüşmesine neden olur. Bu çökelmenin, granül halde uygulanan P'lu gübrelerin granülün hemen dışında oluşan yüksek P konsantrasyonlarında daha belirgin olacağı belirtilmektedir (Alloway ve ark., 2001). O nedenden, P'lu gübrelerin sıvı formlarda ve daha az miktarlarda (düşük konsantrasyonlarda) uygulanmasının Ca-fosfat şeklinde çökelmenin önüne geçerek, bitkilerce daha kolay kullanılabilen formlarda adsorbe olarak P'lu gübrelerin etkinliğinin artırılabileceği düşünülmektedir (Alloway ve ark., 2001).

İnorganik P'lu gübreler üretilmeden önce, bitkisel üretim doğal toprak P'una veya hayvan dışkıları başta olmak üzere bölgesel olarak uygun organik maddelerin ilavesine bağlı olmuştur (Cordell ve ark., 2009). Hayvan atıklarının olmadığı yerlerde ise, toprakların bitkiye yarayışlı P üretimini sağlayamayacak düzeydeki yavaş ayrışmaları bitki gelişimi ve verimliliği için bir sınırlama getirilmiştir (Ryan ve ark., 2012).

Genel olarak, mısır bitkisince bir sezon boyunca gerçekleştirilen toplam P alımı, doğrusal bir artış eğilimi gösterir. Dekara yaklaşık 1000 kg dane veriminin

alındığı bir sistemde, dane ve bitki artıklarıyla beraber ortamdan 4,0-4,5 kg P (9,2-10,3 kg P_2O_5) uzaklaştırılır (IPNI, 2017). O nedenden, toprak analizleri yapıldıktan sonra beklenen verime göre gübre dozunun belirlenmesi gerekir.

2.2.1.3. Potasyum (K)

Dünyanın mısır üretim alanlarındaki K noksanlığı, N ve P'un yarattığı kadar yaygın bir sorun değildir. Ancak zaman içerisinde, ilave K uygulaması yapılmaksızın, K'un dane ve bitkilerin toprak üstü aksamıyla tarladan uzaklaştırılması K'un azalmasına yol açabileceği ve bunun doğal bir sonucu olarak zamanla bitkisel verimde azalmalara neden olacağı düşünülebilir (Fageria, 2011). Genel olarak bakıldığında, 1000 kg dane verimi için bitkiler topraktan, gövde ve koçanda olmak koşuluyla 21-23 kg K (25-28 kg K_2O) alırlar (IPNI, 2017).

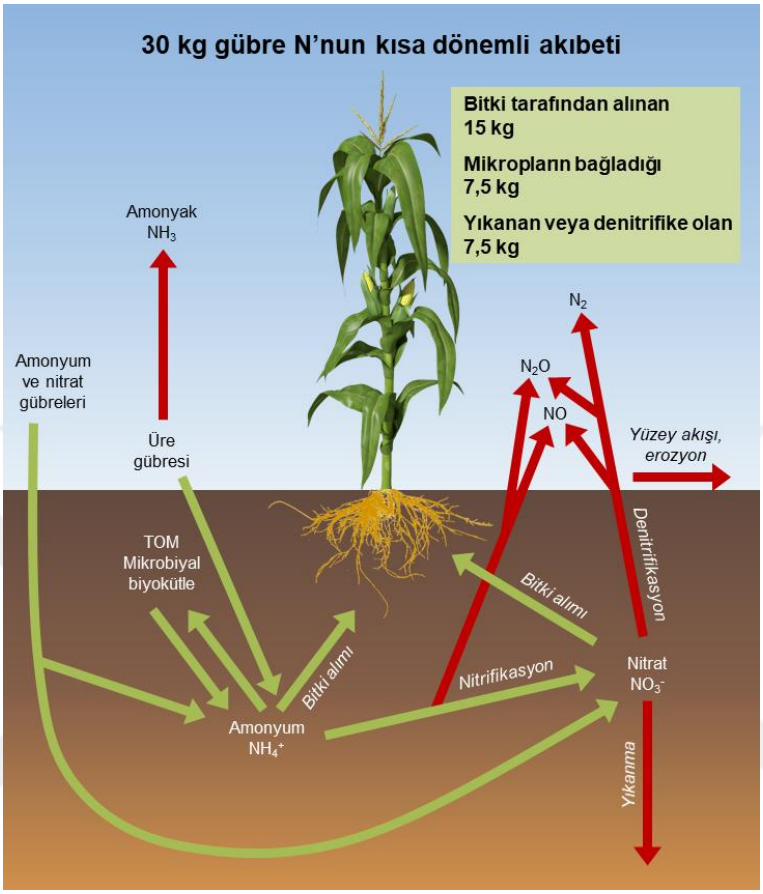
Ayrıca, topraklardaki K yarayışlılık düzeyini test etmek için yapılan testlerin, özellikle kil içeriği yüksek olan topraklarda K'un bitkilerin beslenmesine gerçek katkı durumlarını yansıttığı konusunda şüpheler de (Römheld ve Kirkby, 2010) destekleyici K uygulamasını zorunlu kılmaktadır. Potasyumun özellikle vermikulit ve mika minerallerinde çok yüksek oranlarda bulunması (Mengel ve Kirkby, 2001), marn ve kireçtaşı ana materyalinin oluşturduğu aluviyal bir ova olan Çukurova'da (Dinç ve Ark., 1995) toprakların eksilen K'u tamamlama kapasiteleri yönünden sorunların yaşanabileceğinin de bir göstergesidir (bilimsel çalışmalara ihtiyaç vardır).

Bitkilere yarayışlı Ca, Mg ve K iyonları arasındaki dengesizlik, özellikle Ca içeriği yüksek topraklarda yetiştirilen bitkilerde, bu elementlerin aralarındaki antagonistik ilişkilerden ötürü K ve/veya Mg noksanlıklarına yol açabilir (Mengel ve Kirkby, 2001). Topraklardaki yüksek Ca içerikleri, muhtemelen Ca, Mg ve K iyonları arasındaki rekabetten dolayı Mg ve K'un bitkiler tarafından alımını kısmen de olsa geriletir (Marschner, 1995).

2.2.2. Azot Kullanım Etkinliği (AKE)

Azot kullanım etkinliği, yetiştiriciliği yapılan ürün tarafından tarladan uzaklaştırılan gübre N miktarı ile uygulanan gübre N miktarı arasındaki ilişkiyi ifade eder. Yapılan hesaplamalara göre küresel insan nüfusunun 2050 yılına kadar 9,6 milyara ulaşması beklenmekte, bu nüfusu besleyebilmek için yeni tarım arazileri açılamayacağından, yetiştiriciliği yapılan başlıca tahılların birim alandan alınan verimini artırmak gerekir (Gerland ve ark., 2014). Tahıllar genellikle toprağa uygulanan gübre N'nun sadece %20-50'sini alır. Azot kullanım etkinliği, pirinç üretimi durumunda %30 veya daha düşükken, intensif mısır üretiminde ise %70'e kadar çıkabilir (Cassman ve ark., 2002). 2002 yılında dünya çapında yaklaşık 85 milyon ton N tarımsal üretim için kullanılmışken, bu rakam 2019 yılında 108 milyon ton olmuştur (FAOSTAT, 2021), nüfus artışı ile beraber bu rakamaın daha da artması beklenebilir. İlave N uygulayarak veya bitkilerin N kullanım etkinliklerini iyileştirerek dünyadaki birçok bölgede verimleri artırabilmek olasıdır. Bitkilerin sahip oldukları fizyolojik mekanizmalar hakkındaki bilginin artması, verimleri kabul edilebilir seviyede korurken aşırı gübre kullanımını azaltmak için hayati önem taşır.

Mısır yetiştiriciliği yapılan bir tarlaya amonyum veya üre formunda uygulanan 30 kg N'un kısa süreli akıbetini gösteren basit anlatımlı bir N döngüsü Şekil 2.1'de gösterilmiştir. Üre toprağa girdiğinde hızlıca hidrolize olarak üreaz enzimi yardımıyla da hızlıca NH_4^+'a dönüşür. Amonyum formundaki N'un ise bir kısmı bitkiler tarafından alınırken bir kısmı da toprağın organik maddesine yine heterotrofik mikroorganizmalarca asimile edilir. Amonyum ayrıca nitrifikasyon süreciyle NO_3^-'a da dönüşebilir. Bu işlemle üretilen nitrat, bitkiler için yarayışlı olsa da yıkanma ve denitrifikasyon süreçleriyle kaybolmaya da hassas haldedir. Tipik olarak, uygulanan gübre N'nun yaklaşık %50'si bitkiler tarafından alınırken, %25'i TOM'ne (çoğunlukla mikrobiyal biyokütle yoluyla) eklenir ve kalan %25'i yıkanma ve denitrifikasyon yoluyla kaybolur.



Şekil 2.1. Bir mısır tarlasına uygulanan 30 kg N'un davranışlarını gösteren basitleştirilmiş bir N döngüsü. Gerçek miktarlar, toprak tipi, hava durumu ve bitki ile birlikte değişir (Thelen ve ark., 2007'den uyarlanmıştır).

2.2.2.1. Azot Kullanım Etkinliğini Etkileyen Faktörler

Azotun yetiştirilen bitkilerce asimilasyonunu ve topraklardan N kayıplarını etkileyen faktörlerin tamamı aynı zamanda AKE üzerinde de rol oynar. Sıcaklık, yağış, toprak tekstürü vb. çevresel faktörler bitki büyümesini ve gelişmesini, topraktaki N yarayışlılığını ve yıkanma ve denitrifikasyon gibi topraktan olan N kayıplarını etkiler. Ekim sıklığı ve mekânsal düzenleme (Shapiro ve Wortmann, 2006), N gübrelemesinin yerleştirilmesi ve zamanlaması ve uygulama yöntemleri

(Ma ve Kalb, 2006; Osborne, 2006) ve su yönetimi (Singandhupe ve ark., 2003) gibi bitki yönetim uygulamaları N kayıplarının belirlenmesinde önemli bir role sahiptir (Neeteson ve ark., 1998).

Azot kullanım etkinliği, N alımı veya absorpsiyon etkinliği gibi bitkisel faktörlerden etkilenir. Birincisi, bitkilerin topraktan N alım yeteneğini yansıtırken (Burns, 2006), ikincisi, büyüme ve verim sağlama için absorbe edilen N'un bitkilerce kullanımının verimliliğinin bir ifadesidir (Schenk, 2006). Bu etkinlikler, çeşitli organ ve süreçlere ve çevresel faktörlere bağlı olduklarından aynı bitki içinde de farklılık gösterebilir. Ayrıca, farklı türlerin ve çeşitlerin önemli bir rol oynadığına inanılmaktadır. Azot alımı ve N'un içsel kullanım etkinliği genotipik özelliklerden etkilenir çünkü her bir genotipin kök, yaprak vb. için kendi morfolojik ve fonksiyonel özellikleri vardır (Schenk, 2006; Thorup-Kristensen ve Sørensen, 1999; Thorup-Kristensen ve Van der Boogard, 1999). Düşük gübre N uygulamalarında bitkiler tarafından tipik olarak daha fazla N geri kazanılırken; AKE'leri, aynı genotip içinde dahi farklı yarayışlı N seviyelerinde değişiklik gösterebilir (Burns, 2006).

Yıkanma, amonyak buharlaşması veya denitrifikasyon yoluyla topraktan olan yüksek N kayıpları düşük AKE'lerine neden olur (Raun ve Johnson 1999). Topraklarda N kayıpları esas olarak aşağıdaki süreçler sonunda meydana gelir: (1) amonyak volatilizasyonu (yüksek pH'lı topraklarda daha yaygın olan atmosfere amonyak gazı salınımı), (2) nitrat yıkanması (nitratın kök bölgesinin dışına olan kütle akışı) ve (3) denitrifikasyon (nitratın atmosfere karışan N gazlarına dönüştürüldüğü topraktaki doğal mikrobiyal süreç). Temel azotlu gübre olarak üre veya amonyak kökenli gübrelerin kullanılması, amonyak volatilizasyonu yoluyla N kayıplarına neden olurken, nitrat formlarının baskın olduğu topraklarda yıkanma ve denitrifikasyon yoluyla kayıplar meydana gelir (Hubbell 1995). Yüksek dozlarda inorganik N'lu gübrelerin kullanılması, toprakta inorganik N birikmesine neden olacağından N kaybını teşvik edebilir. Toprak sistemlerinden kaynaklanan bu N

kayıpları, toprak verimliliğini, yetiştirilen bitkinin verimini azaltır ve çevreyi olumsuz etkiler.

Şimdiye kadar yürütülen çalışmalarda gübre dozlarının optimizasyonu ve N kayıplarının nasıl azaltılacağına dair çeşitli araştırmalar yapılmıştır (Kakkar, 2017). Rahn (2002), N kayıplarını azaltma ve konuma özgü önerilerde bulunmak için anlaşılması gereken bitki-toprak etkileşimleri, bitki N ihtiyacı ve bitkilerin kök yapısı gibi faktörleri incelemiştir. Kimyasal veya hayvansal gübrelerden olan amonyak buharlaşmasından kaynaklanan kayıplar, toprak işleme ile toprağa karıştırma veya yüzey altına enjeksiyon ile kontrol edilebilir. Bu sayede yüzey uygulamalarına kıyasla kayıplar %50-90 arasında azaltılabilir (Thompson ve Meisinger, 2002; Powell ve ark., 2011). Azot kayıpları ve kullanışlılığı, gübre uygulamalarının zamanlamasından da etkilenir. Laboski ve arkadaşları (2013) tarafından süt sığırı gübresi uygulama yöntemlerinin mısır verimi, gübre N kredisi ve N kayıpları üzerindeki etkisini değerlendirmek için dört yıllık bir çalışma yürütülmüştür. Elde ettikleri sonuçlara göre, gübrenin hemen toprağa karıştırılması veya yüzey altına enjeksiyonu amonyak kayıplarını azaltmış ancak N_2O emisyonlarından kaynaklanan kayıplar meydana gelmiştir. Enjeksiyon yöntemleri kullanıldığında ise, daha az gübre uygulanmasında dahi mısır için daha fazla yarayışlı N bulunduğundan, ekonomik ve çevresel faydalara neden olmuştur.

2.2.2.2. Azot Kullanım Etkinliği ile İlgili Çalışmalar

Azot uygulama dozu ve zamanı mısır (Zea mays L.) üretimi için önemli birer yönetim kararıdır. Yukarıda da ifade edildiği gibi N yönetiminin amacı, N kaybını en aza indirip, verimi en üst düzeye çıkarmaktır. Bierman ve arkdaşları (2012) tarafından Minnesota'da yaklaşık 1.500 mısır üreticisiyle yapılan bir anket, yetiştiricilerin %33'ünün N'lu gübrelerin sonbaharda, %59'unun ilkbaharda ekim sırasında ve yalnızca %9'unun N'lu gübrelerin çoğunu sıranın yanına (side-dress) uyguladığını göstermiştir (Bierman ve ark., 2012). Ancak, ülkemizde ve Çukurova Bölgesinde sonbahar uygulaması hiç yokken, N'lu gübrelerin %25-30'u ekimle

birlikte geri kalanı ise ya çıkıştan 25 gün sonra tek seferde ya da ikiye bölünerek çıkıştan 25 ve 50 gün sonra iki seferde verilmektedir. Sonbaharda N uygulama lojistik avantajlar ve maliyet tasarrufu sağlasa da, ilkbaharda ekim öncesinde/sırasında uygulanması genellikle daha az N kaybına, artan verimle beraber daha fazla ekonomik getiriye neden olmaktadır (Vetsch ve Randall, 2004; Randall ve Vetsch, 2005). Çıkış sonrası N uygulamasının, kaba bünyeli topraklarda sonbahar veya ilkbahar uygulaması ile karşılaştırıldığında aşırı nemli koşullarda ağır bünyeli topraklarda mısır dane verimini arttırdığı gösterilmiştir (Jaynes, 2013; Rubin ve ark., 2015). Bununla birlikte, diğer çalışmalarda, mısır dane verimi açısından karşılaştırıldığında ekime yakın uygulanan bölünmüş N uygulamasının farklılık göstermediği gözlenmiştir (Jaynes, 2013; Fernandez ve ark., 2016; Venterea ve ark., 2016). Erken vejetatif dönemlerde mısırın N ihtiyacı düşüktür, bundan sonra hızla artar ve birkaç hafta boyunca yüksek seyreder (Abendroth ve ark., 2011). Mısır N alımı ve büyüme arasındaki ilişki, N uygulamasını mısır N alımı ile eşleştirmek ve N kaybı riskini azaltmak için mısır için toplam N gübre girdisini çoklu uygulamalara bölme fırsatı tanır (Carpenter ve ark., 1998). Burada uygulanacak stratejilerin başında sonbaharda uygulanan N miktarında bir azalma ve büyüme mevsimi boyunca uygulanan N dozlarında ise artma yer alır (Bundy ve ark., 1999; Cassman ve ark., 2002).

Azotlu gübrelerin uygulanma zamanının mısır dane verimi üzerindeki etkisine ait bilimsel çalışmalardan genellikle konuma özgü olarak değişen farklı sonuçlar elde edilmiştir. Iowa'da, mısırın iki yaprak yakacığı aşamasında veya iki ile altı veya on iki yaprak yakacığı aşaması arasında eşit olarak bölünerek N uygulanmasının dane veriminde önemli farklılıklara neden olmamıştır (Jaynes, 2013). Bu sonuçlar iki ve on altı yaprak-yakacığı aşamasına yakın dönemlerde mısıra uygulanan bölünmüş bir N uygulamasının, iki yaprak-yakacığı aşamasının yakınında tek bir uygulamaya kıyasla daha düşük dane verimi ile sonuçlandığı daha önceki bir çalışma ile çelişmektedir (Jaynes ve Colvin, 2006). Benzer şekilde, Venterea ve Coulter (2015) da, siltli tınlı bir toprakta ekimde veya ekim, altı

yaprak-yakacığı ve on dördüncü yaprak-yakacığı aşamalarında eşit dozlarda üç defa N uygulanmasının mısır dane verimini önemli ölçüde etkilemediğini bulmuşlardır. Killi-tınlı bir toprakta yürütülen farklı bir çalışmada ise, N'un bölünmüş uygulamasının, tek seferde olmak üzere ekim öncesi uygulamasına kıyasla mısır dane verimini %4,5 oranında artırdığı gösterilmiştir (Randall ve ark., 2003). Benzer bulgular, ekimde uygulanan N'un, sırasıyla iki ve altı yaprak-yakacığı aşamasında iki defada uygulanan 22 ve 130 kg $N \cdot ha^{-1}$ şeklindeki bölünmüş uygulamasına kıyasla %11 daha fazla mısır dane verimi ürettiği güneybatı Ontario'da da elde edilmiştir (Drury ve ark., 2011).

Etkin N kullanımı genellikle, denitrifikasyon, yıkanma ve volatilizasyon nedeniyle oluşan N kaybının azaltılması nedeniyle iyileştirilmiş N geri kazanımından kaynaklanır (Wortmann ve ark., 2011). Mısırın küresel ölçekteki AKE'nin, kısmen kök bölgesinin altına yıkanma, denitrifikasyon ve toprak ve bitki üzerinden olan volatilizasyondan kaynaklanan gübre N'u kaybı nedeniyle %33 olduğu tahmin edilmektedir (Raun ve Johnson, 1999; Sindelar ve ark., 2015). Büyük alanlara yayılmış mısır üretim sistemlerindeki düşük AKE, Mississippi havzasındaki yüzey suyu kirliliği ve Meksika Körfezi'ndeki hipoksiye bulunduğu katkı gibi olumsuz çevresel etkilere de neden olabilir (Porter ve ark., 2015). Azot kullanım etkinliği üzerine N'lu gübre uygulama zamanlamasının etkisini değerlendiren çalışmalardan elde edilen sonuçlar, N'lu gübrenin bölünmüş veya ekim sırasında uygulanmasının genellikle sonbahar uygulamasına kıyasla AKE'ni iyileştirdiğini göstermektedir (Wortmann ve ark., 2011; Cassman ve ark., 2002). Azot kullanım etkinliğini değerlendirmeye yönelik endekslerin en yaygın olarak kullanılan iki tanesi (i) Agronomik Etkinlik (AE), uygulanan birim N başına dane verimindeki artış ve (ii) Geri Kazanım Etkinliği (GKE), uygulanan birim N başına yer üstü N biyokütlesindeki artışı içerir (Wortmann ve ark., 2011). Agronomik Etkinlik, uygulanan bir gübrenin üretim etkisini yakından yansıtır ve doğrudan ekonomik getiri ile ilişkilidir ve bu da onu kısa vadeli iyi bir gösterge haline getirir. Tahıllarda N için geçerli olan tipik AE seviyeleri, 15-30 kg $dane \cdot kg^{-1}$ N arasında

değişmektedir ve daha düşük seviyelerde, yönetimde yapılacak değişikliklerin bitkisel yanıtları artırabileceği veya girdi maliyetlerini azaltabileceğini düşündürmektedir (Fixen ve ark., 2014). Geri Kazanım Etkinliği, uygulanan N'lu gübre miktarına göre, bir ürünün toprak üstü kısımlarında, gübrelenmiş ve gübrelenmemiş uygulamalar arasındaki N birikimindeki farkı temsil eder. Geri kazanım verimliliği tipik olarak tahıl ürünleri için %40-65 arasında değişirken, mısır için ortalama %37 civarındadır (Cassman ve ark., 2002; Fixen ve ark., 2014). Daha düşük GKE değerleri, yönetimdeki değişikliklerin etkinliği artırabileceğini veya uygulanan besin elementlerinin toprakta biriktiğini gösterir (Fixen ve ark., 2015). Azot kullanım etkinliklerine ait değerlerdeki değişiklikler genellikle N'lu gübrenin uygulama dozlarından etkilenir. Birçok durumda, AKE endeksleri genellikle N gübresindeki her birim artışla birlikte düştüğünden, düşük N dozlu uygulamalar, yüksek N dozlu uygulamalardan daha fazla AKE'ne sahip olurlar. Wortmann ve arkadaşlarına (2011) göre ortalama GKE'nin en düşük N dozunda %70, en yüksek N dozunda ise %40 olduğunu ifade etmişlerdir. Arjantin'de, ekimde ve mısır fenolojik gelişiminin (V6) altı yaprak-yakacığı aşamasında yapılan iki N'lu gübre uygulamasının, yürütülen dört yıllık bir çalışmanın üçünde, özellikle daha düşük N'lu gübre dozlarında, tek bir uygulamaya göre mısırın AKE'ni artırmıştır (Sainz Rozas ve ark., 2004). Benzer şekilde, Pakistan'da yürütülen bir çalışmada N'un bölünmüş uygulamasının, ekimde tek bir uygulamaya kıyasla AKE'ni %15-18 oranında artırdığı belirlenmiştir (Abbasi ve ark., 2013). Yürütülen bir çalışmada, sonbaharda nitrifikasyon inhibitörü nitrapirin(2-kloro-6-(triklorometil)piridin)siz, sonbaharda nitrapirinli, ilkbaharda nitrapirinsiz, ilkbaharda nitrapirinli susuz amonyak için mısırdan N geri kazanımının sırasıyla ortalama %47, 56, 56 ve 61 olarak bulunmuştur (Randall ve Vetsch, 2005).

Mısır gelişiminde maksimum N birikiminin süresi, mısırın hızlı vejetatif büyüme döneminin başlangıcında toprakta bulunan yarayışlı N seviyesine bağlıdır. Mısırın toplam N alımının yaklaşık yarısı, mısır biyokütlesinin maksimumun yaklaşık dörtte biri olduğu zamana kadar gerçekleşir (Abendroth ve ark., 2011).

Azotlu gübre uygulaması ve mısır N alımı arasındaki uyum, mısır verimini korur veya arttırırken toplam N'lu gübre girdisinde bir azalmaya katkı sağlayabilir, bu da AKE'de iyileşmesine yol açabilir (Venterea ve ark., 2012). Toprak tipi de mısırın N alımı üzerinde etkilidir. Sera koşullarında yürütülen bir çalışmada silttli-tın bir toprakta yetiştirilen mısır yapraklarındaki N konsantrasyonu, ince kumlu bir toprakta yetiştirilenden daha yüksek bulunmuştur (Kaiser ve Rubin, 2013).

Azot bitkisel üretim sistemlerinden farklı yollarla kaybolabileceğinden N'un en iyi şekildeki yönetimi için geçerli tek bir çözüm mümkün değildir (Binder ve ark., 2000). Bölünmüş olarak uygulanan N gübresinin etkisi üzerindeki çeşitli sonuçlarla birlikte, N yönetim stratejilerinin daha iyi anlaşılmasına hâlâ ihtiyaç vardır. Hatta üst gübresi olarak uygulanabilecek üre, amonyum sülfat (AS) ve kalsiyum amonyum nitrat (CAN) farklı N'lu gübre kaynaklarının da test edilmesi önemli bir gereksinim olarak durmaktadır.

2.2.3. Mısırın Gübrelenmesi

2.2.3.1. Gübreleme Yaklaşımları

Gübreleme programları hazırlarken asıl hedef, farklı fizyolojik gelişim dönemlerinde ihtiyaç duyduğu besin elementlerini en uygun anda bitkinin alımına hazır halde bulundurarak hem bitkinin iyi beslenmesini sağlamak, hem olası gübre kayıplarını bertaraf ederek ekonomik kazanç sağlamak hem de olası fazla gübrelemenin çevreye zararını asgari düzeylere düşürmektir. Yukarıda da değinildiği gibi, bitki besin elementi ihtiyacını karşılamak için uygulanan gübrelerin etkin bir biçimde kullanılmaları, bitkiler tarafından alınarak, verim artışı için değerlendirilmelerini gerekli kılar (Shapiro ve Wortmann, 2006; Barbieri ve ark., 2008). Yaygın olarak bilindiği üzere, dekardan 1.000 kg mısır dane verimi alınması için mısır bitkilerinin yaklaşık olarak 24 kg N, 3 kg P (6,9 kg P_2O_5) ve 23 kg K (27 kg K_2O), 5 kg Ca (6,95 CaO) ve 4 kg Mg (6,64 MgO) kaldırması gerekir (Fageria ve ark., 2011). Bundan daha fazla verim hedeflendiğinde ise söz konusu besin elementlerin, minimum kanunu da dikkate alınıp, artırılarak uygulanması

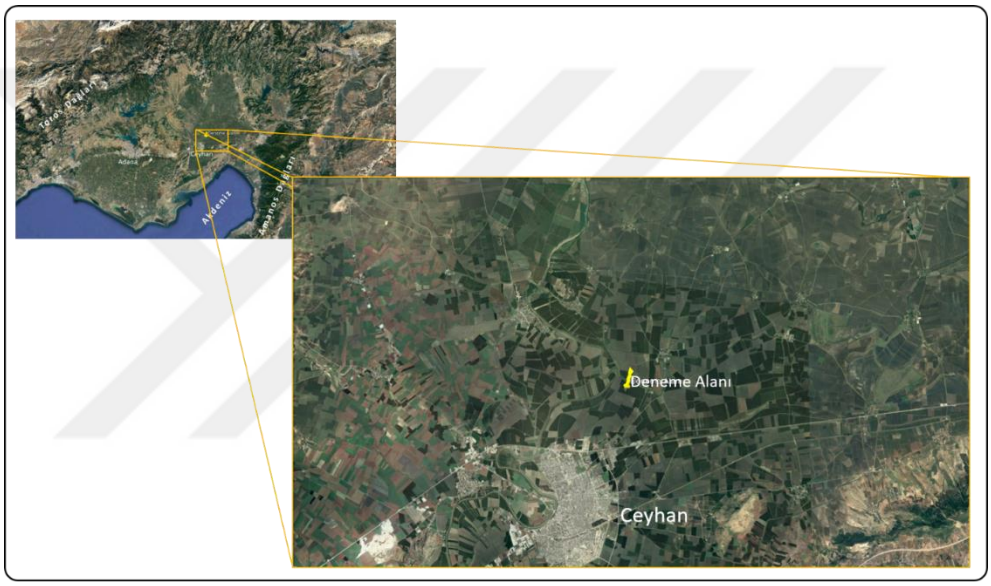
gerekir.

Çukurova bölgesinde mısır yetiştiriciliğindeki geleneksel gübre uygulamaları, uygulanacak toplam N'un %30-50'sini ekimle birlikte, P'un tamamının ve eğer uygulanacaksa K'un da tamamın ekimle birlikte, tohum derinliğine banda ve N'un geri kalanının da birinci sulamadan önce, bitkiye yakın kısımlara denk gelecek şekilde yapılır (Güçdemir, 2006). Bölgede yürütülen çiftçi uygulamalarında K gübrelemesinin verimi artırıcı yönde etkisinin olduğu da gözlenmekte, bu nedenle, çiftçi önerilerine 7,0-8,0 kg $K_2O \cdot da^{-1}$ düzeyinde K uygulaması da dahil edilmektedir. Önerilen 7,0-8,0 kg $K_2O \cdot da^{-1}$'lık K dozu ise 1.000 kg dane ile tarladan uzaklaştırılan miktara karşılık gelmektedir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Deneme Alanı

Çalışma Şekil 3.1'de verilen Google Earth görüntüsünde işaretlenmiş çiftçi tarlasında yürütülmüştür. Denemeden hemen önce alandan alınan toprak örneği analiz edilmiş ve P ve K'lu gübre dozları hesaplanmıştır.



Şekil 3.1. Çalışmanın yürütüldüğü Ceyhan ilçesi, Kuzey-Kuzeydoğu kısmında yer alan deneme alanının Google Earth görüntüsü

3.2. Denemede Kullanılan Gübreleme Programı

Deneme alanından alınan toprak örnekleri analiz edildikten sonra, Toros Çiftçi Gübreleme Öneri programı aracılığı dekarda 1.500 kg dane verimi dikkate alınarak uygulanacak besin elementi (N, P_2O_5 ve K_2O) dozları belirlenmiştir. Azot için ayrı hesaplama yapılmış olsa da, P ve K dozları *torosçiftçi* yazılımına başvurulmuştur. Deneme alanından alınan toprağın verimlilik ile ilişkili parametrelerinin analiz sonuçları Çizelge 3.1'de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Tarla denemesinin kurulduğu alana ait toprağın verimlilik durumunu yansıtan bazı parametreler, seviyeleri ve belirlemede kullanılan yöntemler

Parametre	Seviye	Metod
Organik Madde, %	1,1 - düşük	Schlicting ve Blume (1966)
Kireç, %	16 - çok kireçli	Hızalan ve Ünal (1966)
pH (1:2,5 toprak:su)	7,53 - hafif alkalin	Jackson (1972)
Ekstrakte Edilebilir P, kg $P_2O_5 \cdot da^{-1}$	6,7 - orta	Olsen ve arkadaşları (1954)
Ekstrakte Edilebilir K, kg $K_2O \cdot da^{-1}$	119 - yüksek	Carson (1980)
Kum-Silt-Kil İçeriği, %	19-42-39	Bouyoucos (1951)
Tekstür Sınıfı	Sitli-killi-tın	-

Çizelge 3.1'de yer alan sonuçlara göre, 1.500 kg·ha^{-1} verim için 1 dekara uygulanması gereken N, P_2O_5 ve K_2O miktarları dozları, sırasıyla 28,7, 16,8 ve 8,4 kg olarak hesaplanmıştır. Literatür verilerine göre her 100 kg dane verimi için mısır 2 kg N kaldırmaktadır. Bu çalışmada, 1.500 kg dane verimi hedeflenmiş ve bunun sonucu olarak 30 kg saf N kaldırılacağı hesaplanmıştır. Bununla beraber, toprak organik maddesini dikkate alarak buradan mineralize olabilecek N'u uygulanacak saf N miktarlarından düşürerek N dozu belirleyen yaklaşım yaygın biçimde kullanılmaktadır. Bir dekarlık alanda uygulanması gereken saf N'tan 1,1-4,5 kg N düşülmesini öneren çok farklı uygulamalar vardır. Bu yaklaşımlar arasında yer alan, KDK'ya göre %1 OM başına kumlu tında 4,5 kg ve killi tında 1,1 kg N'u düşen öneri (Brown ve ark., 2004) dikkate alınarak, denemenin yürütüldüğü alandaki siltli killi tın tekstürüne göre, hesaplanan 30 kg saf N'tan %1,1 OM'den mineralize olabilecek yaklaşık 1,3 kg N düşürülmüştür. Böylece, Yeter N dozu olarak 28,7 kg N·da^{-1} uygulanmıştır. Fosfor ise *torosciftçi* (https://torosciftci.toros.com.tr) yazılımı ile 16,4 kg $P_2O_5 \cdot da^{-1}$ hesaplanan miktarı karşılayacak kadar 13.24.12 gübresi ile sağlanmıştır. Aynı gübrenin içeriğinde

bulunan K ile de, K_2O olarak dekara ilave 8,4 kg da K uygulanmıştır. Fosfor gübrelemesinde topraktaki alınabilir fosforun düzeyine bağlı olarak AB ülkelerinde bitki tarafından ortamdan uzaklaştırılan P'u belirli bir katsayı ile çarparak bitkilere o kadar P verme eğilmi mevcuttur (Jordan-Maille ve ark., 2012). Şöyleki, bazı ülkelerde yüksek veya aşırı olduğunda uzaklaştırılan 0-1,5 arasında değişen katsayı ile çarpılırken, düşük veya çok düşük olduğunda 1-3,7 arasında değişen kasayılar ile çarpılmaktadır. Mevcut çalışmada da, 1.500 kg dane·da^{-1} verim hesabına göre ve tüm toprak üstü aksamın uzaklaştırılacağı dikkate alınarak yaklaşık 10,4 kg P_2O_5·da^{-1} fosforun uzaklaşacağı hesaplanmıştır. Topraktaki alınabilir Olsen P'unun da 6,7 kg P_2O_5·da^{-1} ile orta düzeyde olduğu düşünüldüğünde yaklaşık 1,5 gibi bir katsayıya gereksinim duyulmaktadır (15,6 kg P_2O_5·da^{-1}). Her ne kadar N dozları için *torosçiftçi* yazılımı dikkate alınmamış olsa da, hem N hem de P için söz konusu yazılımın önerileri de incelendiğinde literatürde sözü edilen gereksinimleri karşıladığı görülmektedir. Türkiye Gübreleme Rehberi'nde Çukurova bölgesinde yer alan Adana için verilen öneriler ise, pratikte kullanılandan ve uluslararası standartlardan düşük olduğu için tercih edilmemiştir.

Çalışmada tabandan uygulanacak olan N, P_2O_5 ve K_2O dozları (sırasıyla, 9,1, 16,8 ve 8,4) aynı olurken, sadece üst gübresi uygulama aşamasında uygulanacak N dozları değiştirilmiştir. Normal şartlarda, 28,7 kg N·da^{-1} olan toplam N dozunun %30'una karşılık gelen 8,6 kg N·da^{-1} dozunda bir N'un tabandan uygulanması gerekirken, bu doz 9,1 kg N·da^{-1} olmuştur. Şöyle ki tabandan uygulanan 70 kg 13.24.12 gübresi ile 16,8 kg P_2O_5·da^{-1} dozu karşılanabildiğinden, tabandan N'un %31'ine karşılık gelen 9,1 kg N·da^{-1} dozunda bir kısmı uygulanmıştır. Uygulanacak N dozuna göre değişmekle beraber, N'un geri kalan kısmı ise üstten bir veya iki defa uygulanmıştır. Tabi ki hiç N uygulanmayan kontrol parsellerine tabandan da herhangi bir N uygulaması

yapılmamıştır (Çizelge 3.2). Burada, gerekli üst gübresi N'unun dozu ayarlanarak bazı uygulamalarda uygulanması gerekenin %75'i düzeyinde tutulmuştur.

3.3. Tarla Denemesi

Denemenin Tasarımı: Tarla denemeleri, yukarıda da izah edildiği gibi ekim sırasındaki tüm işlemleri aynı olan negatif kontrol dahil 11 farklı uygulama ve her bir uygulama da kendi içerisinde 4 tekerrür içerdiğinden toplamda 44 parselden oluşmuştur. Çizelge 3.1'de sözü edilen uygulamalar ile beraber faktöriyel düzende 4 tekerrürlü biçimde *tesadüf bloklarında bölünmüş parseller deneme deseni*'ne göre planlanmıştır. Denemelerde parseller, 3,5 m x 5 m (sıra arası 70 cm, sıra üzeri 18-19 cm) olacak şekilde ve 5 sıralı olarak hazırlanmıştır. Taban gübresi ve uygulama dozu kontrol parselleri hariç bütün deneme parsellerinde aynıdır. Çizelge 3.1'de belirtilen üst gübresi uygulamaları ise iki defa uygulanacak üst gübresi parsellerinde çıkıştan 25. ve 50. günlerde, bir defa üst gübresi uygulanacak parsellerde ise uygulama konusuna göre 25. veya 50. günlerde yapılmıştır. Hasatta birer sıra ve ortadaki 3 sıranın da başlarından 1'er metresi kenar tesiri olarak atıldıktan sonra 2,1 x 3=6,3 m^2 alanda hasat yapılmış ve tüm hesaplamalar buradaki veriler yardımıyla dekara dönüştürülmüştür.

Mineral element analizleri ve N kullanım etkinliği: Deneme sonunda danelerde ve hasat artıklarında (anız+koçan kılıfı+sömek) mineral besin elementi analizleri yapılarak projede test edilen uygulamaların verim, N ile beslenme ve N kullanım etkinliği üzerine etkileri belirlenmiştir.

Bu amaçla, çok büyük olduğu için öncesinde parçalanarak paçal haline getirilen hasat artığı ve dane örnekleri homojenize edilmek amacıyla öğütülmüş ve makro elementlerden N, P, K aşağıda izah edildiği şekilde belirlenmiştir.

Azot tayini için 1 gr bitki örneği tüplere tartılmış, tartılan örneklerin üzerine 1 katalizör tableti ve 12 ml sülfirik asit eklenmiş ve hazırlanan numuneler yakma setinde 2 saat yakılmıştır. Yakılan numunelerin destilasyonu ve titrasyon aletinde okumaları yapılmıştır.

Fosfor ve K ise kuru yakma sonucu elde edilen süzüklerde ölçülmüştür. Bu amaçla,öğütülen dane ve hasat artığı örneklerinden 0,2 gram porselen kruvazelere tartılarak fırında yakma işlemine tabi tutulmuştur. Daha sonra kül haline gelen örneklerin üzerine 18 ml saf su ve 2 ml 1/3'lük HCI eklenip filtre kağıdından süzülerek süzük alınmıştır. Alınan süzüklerde, K konsantrasyonları atomik absorpsiyon aleti ile yapılmıştır. Süzüklerdeki P için ise 0,2 ml süzük cam tüplere aktarılarak üzerlerine 9,8 ml saf su ve 2 ml boya çözeltisi eklenmiş (50 ml boya çözeltisi için; 15 ml saf su, 0,264 gr Askorbik asit, 25 ml 5 N sülfirik asit (H_2SO^4), 7,5 ml Amonyum molibdat, 2,5 ml PAT gereklidir) ve elde edilen renkler 882 nm dalga boyunda spektrofotometrede okunmuştur. Azot içerikleri belirlendikten sonra, Çizelge 3.3'de verilen besin elementi kullanım etkinliği hesaplama yaklaşımları arasında yer alan Agronomik Etkinlik (AE) ve Geri Kazanım Etkinliği (GKE) değerleri hesaplanmıştır.

3.4. İstatistiki Analizler

Çalışmanın sonunda, elde edilen bütün değerler 'SPSS STATISTICS 20' istatistik paket programı yardımıyla, tek yönlü varyans analizine tabi tutularak uygulamaların önem düzeyleri tespit edilmiştir. Ölçülen parametrelerdeki farklı uygulamalara ait ortalamalar $P \leq 0,05$ olasılık düzeyinde, Duncan Testi ile karşılaştırılmış ve birbirlerinden farklılaşan ortalamalar, farklı harflerle gösterilmiştir.

Çizelge 3.2. Tarla denemesinde test edilen uygulamalar, kullanılan gübreler, dozları ve bu gübreler ile uygulanan saf N, P_2O_5 ve K_2O dozları. Yeter N parselleri için 28,7 kg N·da^{-1} ve Düşük N parselleri için 21,5 kg N·da^{-1} dozlarında N uygulanmıştır.

Uygulama	TABAN GÜBRELEME				ÜST GÜBRELEME				
	Gübre Çeşidi	Gübre Dozu, kg·da^{-1}	Besin Elementi Dozu, kg·da^{-1}		Gübre Çeşidi	Gübre Dozu, kg·da^{-1}		N Dozu, kg·da^{-1}	
						I*	II**	I*	II**
Kontrol	-	-	N	0	-	-	-	-	-
	TSP	39	P_2O_5	16,8					
	K_2SO_4	17	K_2O	8,4					
Üre/Üre - Yeter N	13.24.12	70	N P_2O_5 K_2O	9,1 16,8 8,4	Üre/Üre	21,3	21,3	9,8	9,8
-/Üre - Yeter N					-/Üre	-	42,6	-	19,6
Üre/- - Yeter N					Üre/-	42,6	-	19,6	-
Üre/CAN - Yeter N					Üre/CAN	21,3	37,7	9,8	9,8
Üre/AS - Yeter N					Üre/AS	21,3	46,6	9,8	9,8
Üre/Üre - Düşük N					Üre/Üre	13,5	13,5	6,2	6,2
-/Üre - Düşük					-/Üre	-	27,0	-	12,4
Üre/- - Düşük					Üre/-	27,0	-	12,4	-
Üre/CAN - Düşük					Üre/CAN	13,5	23,9	6,2	6,2
Üre/AS - Düşük					Üre/AS	13,5	29,6	6,2	6,2

* Çıkıştan 25 gün sonra
** Çıkıştan 50 gün sonra

Çizelge 3.3. Besin kullanım etkinliğinin (BKE) seçilmiş dört tanımlaması.

BKE İfadesi	**Hesaplama**	**Rapor edilmiş örnekler**
KFV - uygulanan besinin kısmi faktör verimliliği	V/G	• Uygulanan her birim N için 40-80 birim tahıl danesi
AE - uygulanan besinin agronomik etkinliği	$(V-V_0)/G$	• Uygulanan her birim N için 10-30 birim tahıl danesi
KBD - kısmi besin dengesi (kullanılmak için uzaklaştırılan oran)	A_H/G	• 0 ile >1,0 arası – toprağın doğal verimlilik durumuna ve verimlilik koruma durumlarına bağlı • Besin noksan sistemlerde <1 (verimlilik iyileştirilmesi) • Besin fazlalığı olan sistemlerde >1 (uygulanan her birim gübre için daha az besin artışı) • 1'in az altından 1'e (verimliliğin sürdürülmesi)
GKE - uygulanan besinin mevcut geri kazanım etkinliği	$(A-A_0)/G$	• 0,1-0,3 - uygulanan P'un ilk yıl geri kazanılan kısmı • 0,5-0,9 - uygulanan P'un uzun-dönemde bitkisel üretim sisteminde geri kazanılan miktarı • 0,3-0,5 - tahıllardaki N geri kazanımı (tipik) • 0,5-0,8 - tahıllarda N geri kazanımı (iyi tarım uygulaması)

G - uygulanan gübre besini miktarı
V - uygulanan besin ile elde edilen verim
V_o - besin uygulamasız kontrol koşullarında elde edilen verim
A_H - bitikinin hasat edilen kısmındaki besin içeriği
A - gübre uygulamasıyla bitki toprak üstü aksamındaki toplam besin alımı
A0 - besin uygulamasız bitki toprak üstü aksamındaki toplam besin alımı

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

4.1. Morfolojik ve Fenolojik Gözlemler

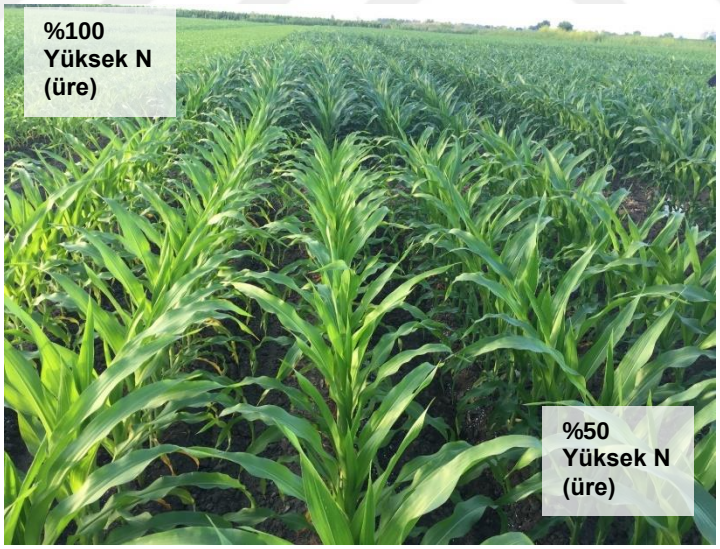
13 Mart 2020 tarihinde ekimi yapılan (Şekil 4.1A), 25 Mart 2020 tarihinde çimlenen (Şekil 4.1B) mısır bitkisi parsellerine konuya göre çıkıştan 25 gün sonra bazı parsellere üst gübresi uygulaması yapılmış (Şekil 4.2A), çıkıştan sadece 50 gün sonra uygulama yapılacak parsellere ise herhangi bir üst gübresi verilmemiş; çıkıştan 50 gün sonra üst gübresi uygulaması olan konulara gübre uygulanırken (Şekil 4.2B), sadece 25. günde üst gübresi uygulanacak parsellere herhangi bir gübre ilave edilmemiştir. Çıkıştan sonraki 50. gün yapılan gübreleme esnasında, 25. günde uygulanması gereken yeter üst gübresi N'unun tamamının üre olarak tek seferde uygulandığı parsellerde bitkilerin diğer parsellere göre daha iyi geliştiği ve renklerinin daha koyu yeşil olduğu görülmüştür (Şekil 4.3). Bu sonuçlar, mısırda kuru madde üretimini, yaprak alanı gelişimini, yaprak alanını korumayı, fotosentetik kapasiteyi (ve buna bağlı olarak verim ve dane kalitesini) etkilediği bilinen N'lu gübrelerin etkileriyle de uyumludur (Muchow 1998).



Şekil 4.1. 13 Mart 2020 tarihinde mısır ekimi yapılan (A) deneme parsellerinde 25 Mart 2020 tarihinde çimlenen tohumlar (B)



Şekil 4.2. 25.Mart 2020 tarihindeki çıkıştan 25 (A) ve 50 (B) gün sonra üst gübresi uygulanan mısır bitkileri

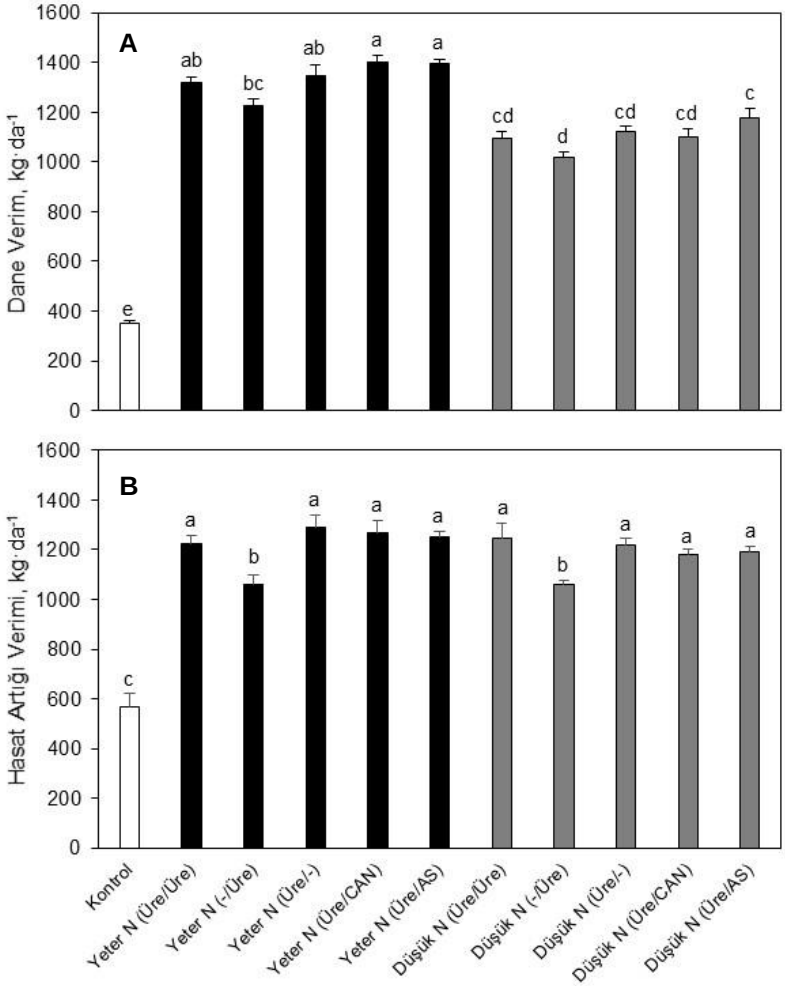


Şekil 4.3. 25 Mart 2020 tarihindeki çıkıştan 25 gün sonra uygulanan yeter N dozunun tamamının ve yarısının bitki gelişimi ve rengi üzerine etkisi

Mısır bitkilerinde tepe püskülleri tüm parsellerde, kontrol parselleri hariç, çıkıştan 71.-74. günler arasında görünmüştür. Kontrol bitkilerinin püskül oluşumları ise çıkıştan sonraki 77. gün gerçekleşmiştir. Üst gübresi N'u uygulanan parsellerde ise en geç tepe püskülü oluşumu, yani, çıkıştan sonraki 74. günde üst gübresi çıkıştan sadece 50 gün sonra uygulanan hem yeter hem de düşük dozlarda üre uygulanan parsellerde görülmüştür.

4.2. Dane Verimi, Hasat Artığı Kuru Ağırlığı ve Hasat İndeksi

Tarla koşullarında hiç N uygulaması yapılmamış kontrol konusu hariç, üre, CAN ve AS gübrelerinin farklı doz ve zamanlarda uygulandığı 10 farklı konu ile yürütülen tarla denemesinden elde edilen dane ve hasat artığı verimi sonuçları, sırasıyla Şekil 4.4A ve B'de verilmiştir. Burada da görüleceği gibi genel olarak uygulanması gereken toplam N'un %75'ine denk gelen bir N uygulaması (Düşük N) birim alandan dane verimlerinde düşüşlere neden olmuştur. Yeter düzeyde N uygulanan bitkiler arasında Üre/- uygulaması, Üre/CAN ve Üre/AS uygulamaları arasında istatistiki olarak fark bulunmamış, ancak Üre/CAN uygulaması bir miktar daha yüksek verime neden olmuştur. Bunları sırasıyla ürenin iki defada uygulandığı Üre/Üre ve ürenin tamamının çıkıştan 50 gün sonra uygulandığı -/Üre uygulaması takip etmiştir. Kontrol parsellerinin verimleri ise 400 $kg \cdot da^{-1}$'ın altında bulunmuştur. Uygulanması gereken N'un %75'i dozunda N ile gübrelenen parsellerdeki bitkilerin verimleri ise Yeter N ile gübrelenen uygulamaların tamamından daha düşük dane verimlerine neden olmuştur. Ancak, Yeter N ve Düşük N hasat artığı verimleri arasında önemli farklılıklar gözlenmemiştir (Şekil 4.4B).



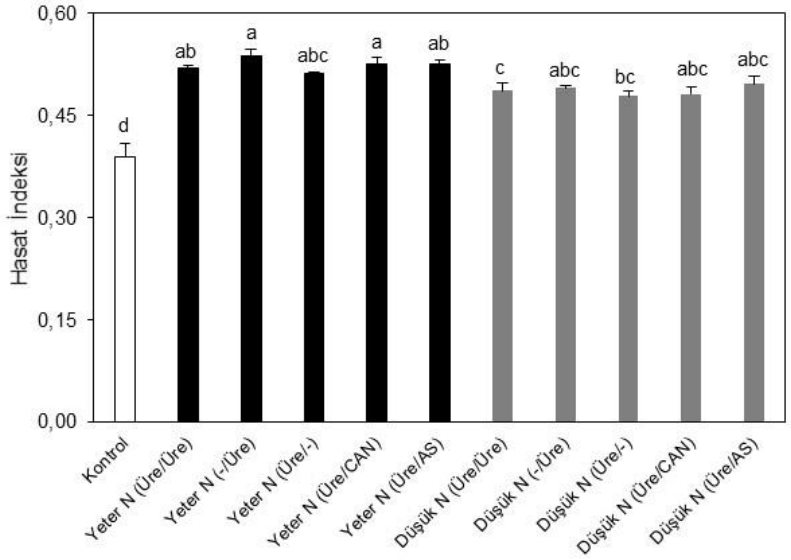
Şekil 4.4. Vejetasyon süresince Yeter N (28,7 kg N·da^{-1}) ve Düşük N (21,5 kg N·da^{-1}) seviyelerine ulaşmak için, tabandan 9,1 kg N·ha^{-1} dozunda N uygulanmış, çıkıştan sonra 25. ve/veya 50. günlerde ise Üre, CAN ve/veya AS gübreleriyle toplamda 19,6 veya 12,4 kg N·da^{-1} dozunda üst gübrelemesi yapılmış mısır bitkilerinin dane (A) ve hasat artığı (B) verimleri. Kolonlar bağımsız dört tekerrürün ortalaması ± SH olup, üzerlerindeki küçük harfler Duncan'a göre $p<0,05$ seviyesinde farklılıkları ifade eder.

Toplam uygulanması gereken N'un %75'inin uygulandığı parsellerin özellikle dane verimleri de yeter doz uygulananlara göre aynı uygulama zamanı ve formunda azalmıştır (Şekil 4.4A). Yeter doz uygulamalarında en yüksek dane verimleri sırasıyla Üre/CAN, Üre/AS, Üre/- ve Üre/Üre parsellerinde elde edilmiştir. Çıkıştan 25 gün sonra hiç N'lu üst gübresi uygulanmamış, çıkıştan 50 gün sonra ise yeter veya düşük N dozlarının tamamının uygulandığı uygulamalarda ise hem dane (Şekil 4.4A) hem de hasat artığı (Şekil 4.4B) verimleri diğerlerine göre önemli düzeyde düşmüştür.

Yeter N dozundaki üst gübresi N'unu ikiye bölerek çıkıştan 25 ve 50 gün sonra sırasıyla üre ve CAN gübreleriyle uygulamanın en yüksek dane verimine neden olduğu görülmüştür (Şekil 4.4A). Bu uygulama ile dane N konsantrasyonu (Şekil 4.6A), dane N içeriği (Şekil 4.7A), bitki N alımı (Şekil 4.8), N kullanım etkinliği ve kazanç (Çizelge 4.2) gibi parametrelerde hep en iyi sonucu verdiği görülmüştür.

Kontrol parsellerinin düşük değerleri hariç, Yeter veya Düşük N uygulama dozlarının hasat artığı verimleri üzerinde belirgin farklılıklar görülmemiştir (Şekil 4.4B). Yeter N veya Düşük N dozundan bağımsız olarak, çıkıştan sonraki 50. gün üre formunda tek seferde uygulanan N, hasat artığı verimlerini önemli düzeyde düşürmüştür. Bu üç uygulama dışındaki parsellerin verimlerinde ise istatistiki olarak anlamlı bir farklılık bulunmamıştır.

Şekil 4.5'de, hasat indeksi [HI = dane verimi / (dane verimi + hasat artığı kuru ağırlığı) x 100] değerleri yer almaktadır. Görüleceği gibi % HI değerleri Yeter N dozlarında 0,50-0,53, Düşük N dozlarında 0,45-0,48 arasında değişen ve kontrol parsellerinde 0,38'lik hasat indeksi değerleri elde edilmiştir de N'lu gübrelemenin verim üzerindeki olumlu etkisini göstermektedir.



Şekil 4.5. Vejetasyon süresince Yeter N (28,7 kg N·da^{-1}) ve Düşük N (21,5 kg N·da^{-1}) seviyelerine ulaşmak için, tabandan 9,1 kg N·ha^{-1} dozunda N uygulanmış, çıkıştan sonra 25. ve/veya 50. günlerde ise Üre, CAN ve/veya AS gübreleriyle toplamda 19,6 veya 12,4 kg N·da^{-1} dozunda üst gübrelemesi yapılmış mısır bitkilerinin Hasat İndeksi [dane verimi / (dane verimi + hasat artığı verimi)] değerleri. Kolonlar bağımsız dört tekerrürün ortalaması ± SH olup, üzerlerindeki küçük harfler Duncan'a göre $p<0,05$ seviyesinde farklılıkları ifade eder.

4.3. Bitki Besin Elementi Alımları

4.3.1. Bitkilerin Azot ile Beslenmesi, Azot Kullanım Etkinliği ve Azotlu Gübrelemenin Ekonomisi

4.3.1.1. Bitkilerin Azot ile Beslenmesi

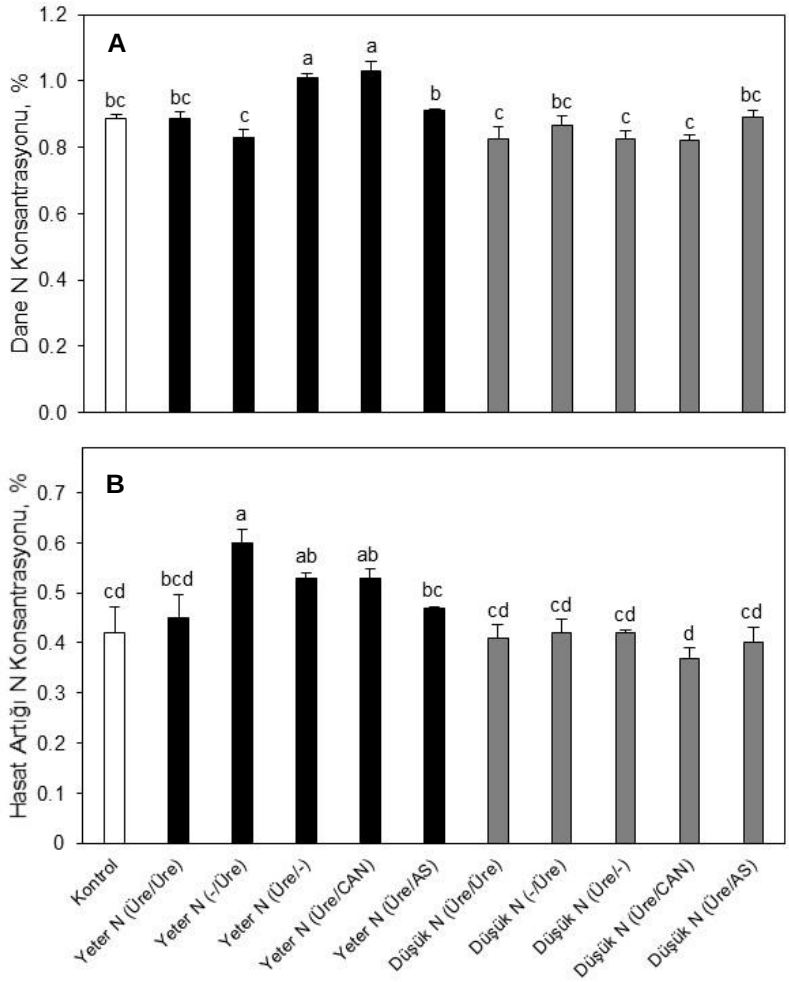
Azot Konsantrasyonu

Tarla denemesinden elde edilen dane ve hasat artıklarındaki %N konsantrasyonları sırasıyla Şekil 4.6 A ve B'de verilmiştir. Dane N konsantrasyonları göz önünde bulundurulduğunda, en yüksek N konsantrasyonu yeter N dozunun ilk seferinde üre, ikinci seferinde CAN olmak üzere ikiye bölünerek uygulandığı bitkilerde ölçülmüştür. Bunu yeter N dozunun tamamının çıkıştan sonraki 25. gün üre olarak uygulandığı bitkiler takip etmiştir. Ancak

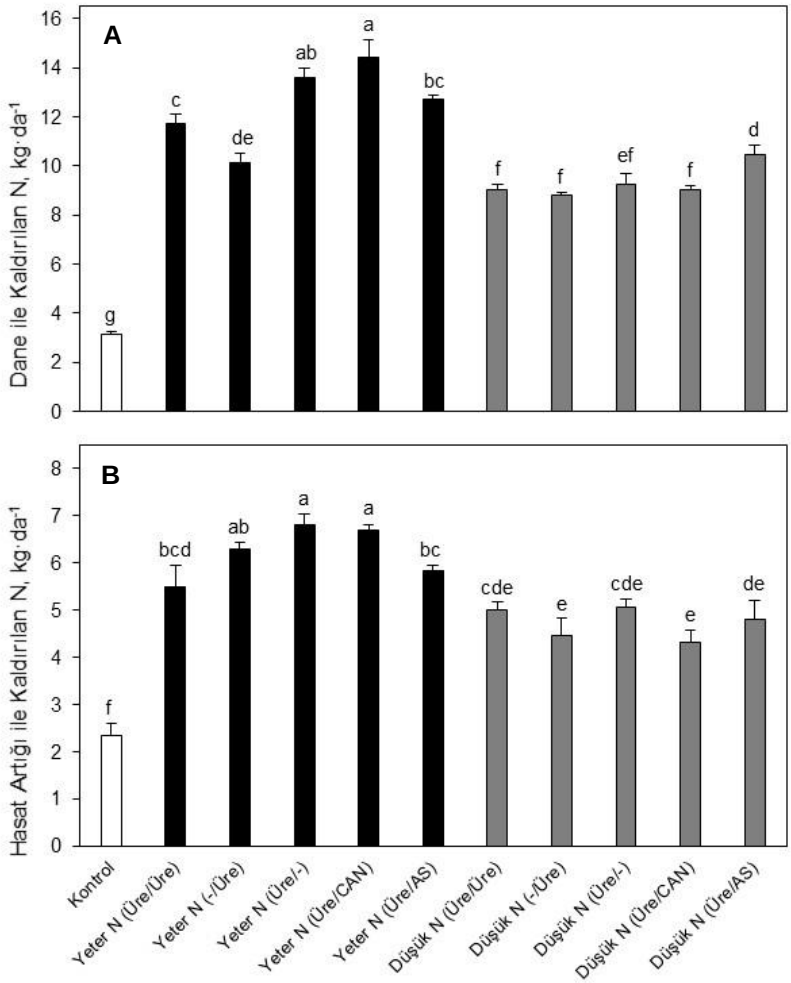
aralarındaki fark istatistiki açıdan önemli bulunmamıştır. Kontrol bitkisi dahil diğer bütün uygulamalarda ölçülen N konsantrasyonu birbirlerine benzer bulunmuştur.

Azot İçeriği/Alımı

Tarla denemesinden elde edilen dane ve hasat artıklarındaki % N konsantrasyonlarının birim alandaki toplam kütleleriyle çarpımıyla elde edilen birim alandan dane ve hasat artığı ile kaldırılan N miktarları, sırasıyla Şekil 4.7 A ve B'de görülmektedir. Artan N uygulamalarıyla hem dane hem de hasat artığı ile kaldırılan N miktarları artış göstermiştir. Düşük N dozlarında ise dane ve hasat artığınca kaldırılan N'un gübre form ve uygulama zamanından istatistiki olarak önemli düzeyde etkilenmediği görülmektedir. Ancak Yeter N dozlarında danetarafından kaldırılan N miktarı başta olmak üzere, N'lu gübre form ve uygulama zamanlarından etkilenmiştir. Dane tarafından kaldırılan N söz konusu olduğunda birim alandan kaldırılan en yüksek N'un Yeter N (Üre/CAN) uygulamasından elde edildiği görülmektedir (Şekil 4.7A). Bunu sırasıyla Yeter N (Üre/-), Yeter N (Üre/AS), Yeter N (Üre/Üre) ve Yeter N (-/Üre) uygulamaları takip etmiştir. Dane tarafından kaldırılan N için Yeter N (Üre/CAN) uygulaması en yüksek değerleri vermişken, hasat artıkları ile kaldırılan N söz konusu olduğunda Yeter N (Üre/-) uygulaması ile yetiştirilen bitkiler en yüksek değere sahip olmuştur.

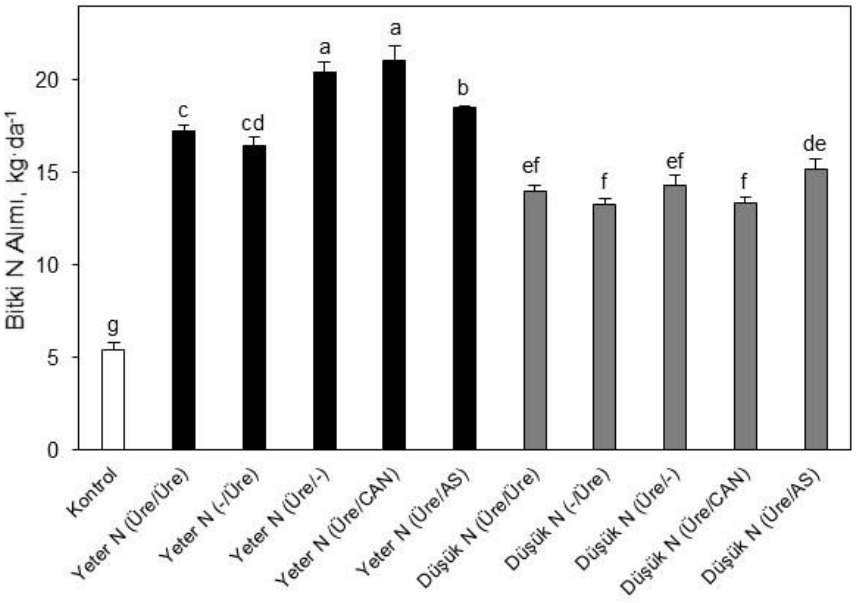


Şekil 4.6. Vejetasyon süresince Yeter N (28,7 kg N·da^{-1}) ve Düşük N (21,5 kg N·da^{-1}) seviyelerine ulaşmak için, tabandan 9,1 kg N·ha^{-1} dozunda N uygulanmış, çıkıştan sonra 25. ve/veya 50. günlerde ise Üre, CAN ve/veya AS gübreleriyle toplamda 19,6 veya 12,4 kg N·da^{-1} dozunda üst gübrelemesi yapılmış mısır bitkilerinin dane (A) ve hasat artıklarında (B) ölçülen N konsantrasyonları (%). Kolonlar bağımsız dört tekerrürün ortalaması ± SH olup, üzerlerindeki küçük harfler Duncan'a göre $p<0,05$ seviyesinde farklılıkları ifade eder.



Şekil 4.7. Vejetasyon süresince Yeter N (28,7 kg N·da^{-1}) ve Düşük N (21,5 kg N·da^{-1}) seviyelerine ulaşmak için, tabandan 9,1 kg N·ha^{-1} dozunda N uygulanmış, çıkıştan sonra 25. ve/veya 50. günlerde ise Üre, CAN ve/veya AS gübreleriyle toplamda 19,6 veya 12,4 kg N·da^{-1} dozunda üst gübrelemesi yapılmış mısır bitkilerinin dane (A) ve hasat artıkları (B) ile kaldırılan N miktarları (kg·da^{-1}). Kolonlar bağımsız dört tekerrürün ortalaması ± SH olup, üzerlerindeki küçük harfler Duncan'a göre $p<0,05$ seviyesinde farklılıkları ifade eder.

Şekil 4.7 A ve B'de verilmiş olan dane ve hasat artığı ile kaldırılan N miktarlarının toplanmasıyla elde edilen bitki N alımı (kaldırılan N) değerleri Şekil 4.8'de görülmektedir. Azot alım değerleri dane ile kaldırılan N değerlerine benzer bir eğilim oluşturmuştur. Şöyle ki N uygulama dozu arttıkça bitkilerin N alım değerleri de artmıştır (Yeter N > Düşük N > Kontrol). Aynı zamanda, bitki N alım değerleri açısından da Yeter N (Üre/CAN) uygulaması en yüksek değere neden olmuştur. Onu, aynen dane N içeriği değerlerinde olduğu gibi sırasıyla Yeter N (Üre/-), Yeter N (Üre/AS), Yeter N (Üre/Üre) ve Yeter N (-/Üre) uygulamaları izlemiştir. Ancak Yeter N (Üre/CAN) uygulaması ile onu takip eden Yeter N (Üre/-) uygulaması arasındaki fark istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur. Düşük N uygulamaları altında bitkilerin N alımları daha önce de değinildiği gibi Yeter N uygulanan bitkilere göre istatistiki olarak önemli düzeyde farklılaşmıştır. Ancak kendi içlerinde herhangi bir farklılık göstermemişlerdir. Toplam N alımının en yüksek olduğu Yeter N (Üre/CAN) uygulmasında toplam alım değeri 21,1 kg $N \cdot da^{-1}$ olmuştur.



Şekil 4.8. Vejetasyon süresince Yeter N (28,7 kg N·da^{-1}) ve Düşük N (21,5 kg N·da^{-1}) seviyelerine ulaşmak için, tabandan 9,1 kg N·ha^{-1} dozunda N uygulanmış, çıkıştan sonra 25. ve/veya 50. günlerde ise Üre, CAN ve/veya AS gübreleriyle toplamda 19,6 veya 12,4 kg N·da^{-1} dozunda üst gübrelemesi yapılmış mısır bitkilerinin N alımları (kg·da^{-1}). Kolonlar bağımsız dört tekerrürün ortalaması ± SH olup, üzerlerindeki küçük harfler Duncan'a göre $p<0,05$ seviyesinde farklılıkları ifade eder.

4.3.1.2. Azot Kullanım Etkinliği

Uygulanan saf N dozları ve elde edilen verimler kullanılarak Çizelge 3.2'de verilen formüller ile hesaplanan *Agronomik Etkinlik (AE), Geri Kazanım Etkinliği (GKE)* değerleri Çizelge 4.1'de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Vejetasyon süresince Yeter N (28,7 kg N·da^{-1}) ve Düşük N (21,5 kg N·da^{-1}) seviyelerine ulaşmak için, tabandan 9,1 kg N·ha^{-1} dozunda N uygulanmış, çıkıştan sonra 25. ve/veya 50. günlerde ise Üre, CAN ve/veya AS gübreleriyle toplamda 19,6 veya 12,4 kg N·da^{-1} dozunda üst gübrelemesi yapılmış mısır bitkilerinin verim ve N alımlarından hesaplanan *Agronomik Etkinlik (AE), Geri Kazanım Etkinliği (GKE)* değerleri. Değerler bağımsız dört tekerrürün ortalaması ± SH olup, üzerlerindeki küçük harfler Duncan'a göre $p<0,05$ seviyesinde farklılıkları ifade eder.

Uygulamalar	AE			GKE		
	kg dane·kg^{-1} N			kg·kg^{-1}		
Yeter N (Üre/Üre)	34	± 1	*bc*	0,41	± 0,02	*cd*
Yeter N (-/Üre)	33	± 1	*bc*	0,38	± 0,03	*cd*
Yeter N (Üre/-)	35	± 1	*abc*	0,52	± 0,03	*ab*
Yeter N (Üre/CAN)	36	± 1	*ab*	0,54	± 0,03	*a*
Yeter N (Üre/AS)	36	± 1	*ab*	0,46	± 0,01	*bc*
Ortalama	***34,8***			***0,46***		
Düşük N (Üre/Üre)	34	± 2	*abc*	0,39	± 0,02	*cd*
Düşük N (-/Üre)	31	± 1	*c*	0,36	± 0,03	*d*
Düşük N (Üre/-)	36	± 1	*ab*	0,40	± 0,04	*cd*
Düşük N (Üre/CAN)	35	± 2	*abc*	0,36	± 0,01	*d*
Düşük N (Üre/AS)	38	± 2	*a*	0,44	± 0,04	*bc*
Ortalama	***34,8***			***0,39***		

Çizelgede görüleceği üzere hesaplanan AE değerleri en düşük Yeter N (-/Üre) ve Düşük N (-/Üre) uygulamalarında bulunmuştur. Yeter N uygulanan parsellerde en yüksek AE değerleri Üre/CAN ve Üre/AS konularında bulunurken, Düşük N uygulamalarında ise en yüksek Üre/AS uygulamasında hesaplanmıştır.

Yine Çizelge 4.1'de görüleceği gibi GKE 0,36 [Düşük N (-/Üre) ve Düşük N (Üre/CAN)] - 0,54 [Yeter N (Üre/CAN)] kg·kg^{-1} arasında değişmiştir. En yüksek GKE değerleri sırasıyla Yeter N (Üre/CAN) ve Yeter N (Üre/-) uygulamamalarında elde edilmiştir. Hem Yeter N'un hem de Düşük N'un

uygulandığı durumlarda en düşük GKE değerleri, üst gübresi N'unun çıkıştan 50 gün sonra tek seferde uygulandığı -/Üre uygulamaları altında bulunmuştur.

4.3.1.3. Azotlu Üst Gübresi Uygulamasının Ekonomisi

Çalışmada kullanılan gübre dozlarının, gübrelerin ve bir ve/veya iki defa gübreleme için harcanan mazot maliyetlerinin 06/07/2021 tarihi için dikkate alındığı ve yine aynı tarih için verim üzerinden gelirin hesaplanarak, Üst Gübrelemesi Maliyeti'nden çıkarılarak hesaplanan Kazanç'a ait rakamlar Çizelge 4.2'de verilmiştir. Çizelgede görüleceği üzere Yeter N dozları içerisinde en yüksek Üst Gübresi Maliyeti Yeter N (Üre/AS) uygulaması için hesaplanırken, en düşük maliyet Yeter N (Üre/CAN) için bulunmuştur. Bir veya iki defa üst gübrelemesi uygulaması için hektar başına sırasıyla 3,7 ve 7,4 TL akaryakıt masrafının ilave edilmesiyle hesaplanan Üst Gübrelemesi Maliyetlerinin Yeter N dozları içerisinde en yükseği Yeter N (Üre/AS) olurken, yine Yeter N (Üre/CAN) aynen Üst Gübresi Maliyetlerinde olduğu gibi en düşük olmuştur. Verim ile 06/07/2021 tarihindeki mısır resmi alış fiyatı olan 2,3 $TL \cdot kg^{-1}$'in çarpılması ile hesaplanan gelirden Üst Gübrelemesi Maliyeti'nin çıkarılması ile hesaplanan Kazanç göz önünde bulundurulduğunda Yeter N uygulanan parsellerde en düşük kazanç Yeter N (-/Üre) uygulamasında, en yüksek kazanç ise Yeter N (Üre/CAN) uygulamasında elde edilmiştir. Genel olarak Düşük N uygulamalarında birim alandan elde edilen kazançlar, Yeter N uygulamalarına göre daha düşük olmuştur.

Çizelge 4.2. Vejetasyon süresince Yeter N (28,7 kg N·da^{-1}) ve Düşük N (21,5 kg N·da^{-1}) seviyelerine ulaşmak için, tabandan 9,1 kg N·ha^{-1} dozunda N uygulanmış, çıkıştan sonra 25. ve/veya 50. günlerde ise Üre, CAN ve/veya AS gübreleriyle toplamda 19,6 veya 12,4 kg N·da^{-1} dozunda üst gübrelemesi yapılmış mısır bitkilerinde uygulanan *üst gübresi maliyeti*, *verim*, *gelir* ve *kazanç* ilişkileri.

	Üst Gübresi Dozu kg·da^{-1}			**Üst Gübresi Maliyeti* kg·da^{-1}**				**Üst Gübrelemesi Maliyeti**, kg·da^{-1}**	**Verim kg·da^{-1}**	**Gelir*** TL·da^{-1}**	**Kazanç**** TL·da^{-1}**
	Üre	**CAN**	**AS**	**Üre**	**CAN**	**AS**	**Toplam**				
Kontrol	-	-	-	-	-	-	-	0	353	812	812
Yeter N (Üre/Üre)	42,6	-	-	186	-	-	186	194	1321	3038	2845
Yeter N (-/Üre)	42,6	-	-	186	-	-	186	190	1211	2785	2595
Yeter N (Üre/-)	42,6	-	-	186	-	-	186	190	1349	3103	2913
Yeter N (Üre/CAN)	21,3	37,7	-	93	89	-	182	189	1399	3218	**3029**
Yeter N (Üre/AS)	21,3	-	46,6	93	-	113	206	214	1395	3209	2995
Düşük N (Üre/Üre)	27,0	-	-	118	-	-	118	126	1093	2514	2388
Düşük N (-/Üre)	27,0	-	-	118	-	-	118	122	1019	2344	2222
Düşük N (Üre/-)	27,0	-	-	118	-	-	118	122	1120	2576	2454
Düşük N (Üre/CAN)	13,5	23,9	-	59	56	-	115	123	1139	2620	2497
Düşük N (Üre/AS)	13,5	-	29,6	59	-	72	131	138	1176	2705	2566

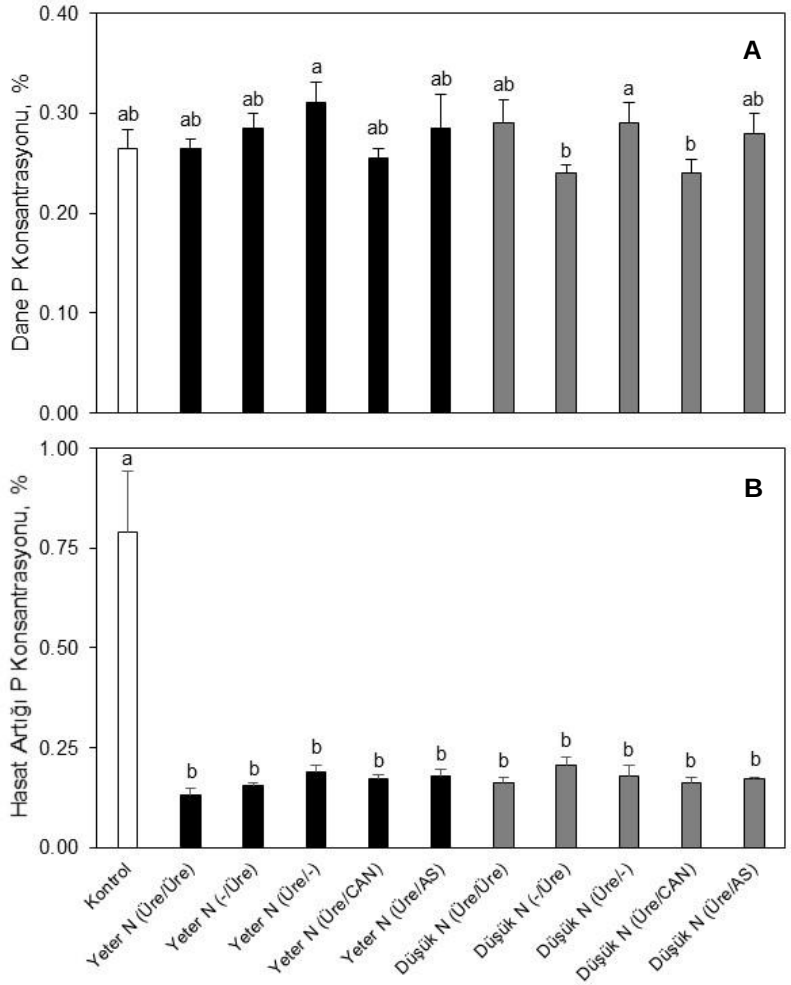
*: Gübre fiyatları 06/07/2021 tarihi rakamlarına göre; üre 4.375 TL·kg^{-1}, CAN 2,35 TL·kg^{-1}, AS 2,43 TL·kg^{-1} olarak alınmıştır.
**: Toplam üst gübresi maliyetine 06/07/2021 fiyatlarına göre tek üst gübresi uygulananlarda 0,5 L·da^{-1} mazot tütetimi için 3,7 TL, iki üst gübresi uygulananlarda ise 1,0 L·da^{-1} mazot tüketimi için 7,4 TL akaryakıt masrafı ilave edilmiştir.
***: Mısırın 06/07/2021 tarihindeki resmi alış fiyatı 2.300 TL·ton^{-1} olarak alınmıştır.
****: Gelir-Üst Gübrelemesi Maliyeti formülüyle hesaplanmıştır.

4.3.2. Bitkilerin Fosfor ve Potasyum ile Beslenmesi

4.3.2.1. Bitkilerin Fosfor ile Beslenmesi

Fosfor Konsantrasyonu: Tarla denemesinden elde edilen dane ve hasat artıklarındaki % P konsantrasyonları sırasıyla Şekil 4.9A ve B'de verilmiştir. Dane P konsantrasyonları dikkate alındığında, kontrol parselleri dahil tüm uygulamalarda % 0,12-0,16 arasında değişen değerler arasında istatistiki açıdan herhangi bir fark olmadığı görülmektedir. Benzer durum kontrol bitkisi hariç diğer bitkilerin % 0,07-0,10 arasında değişen hasat artığı P konsantrasyonlarında da görülmektedir. Ancak hasat artığı P konsatrasyon değerleri açısından Kontrol parsellerindeki bitkilerden alınan örneklerin diğer uygulamalara göre çok daha yüksek olmuş ve yaklaşık % 0,40'a ulaşmıştır.

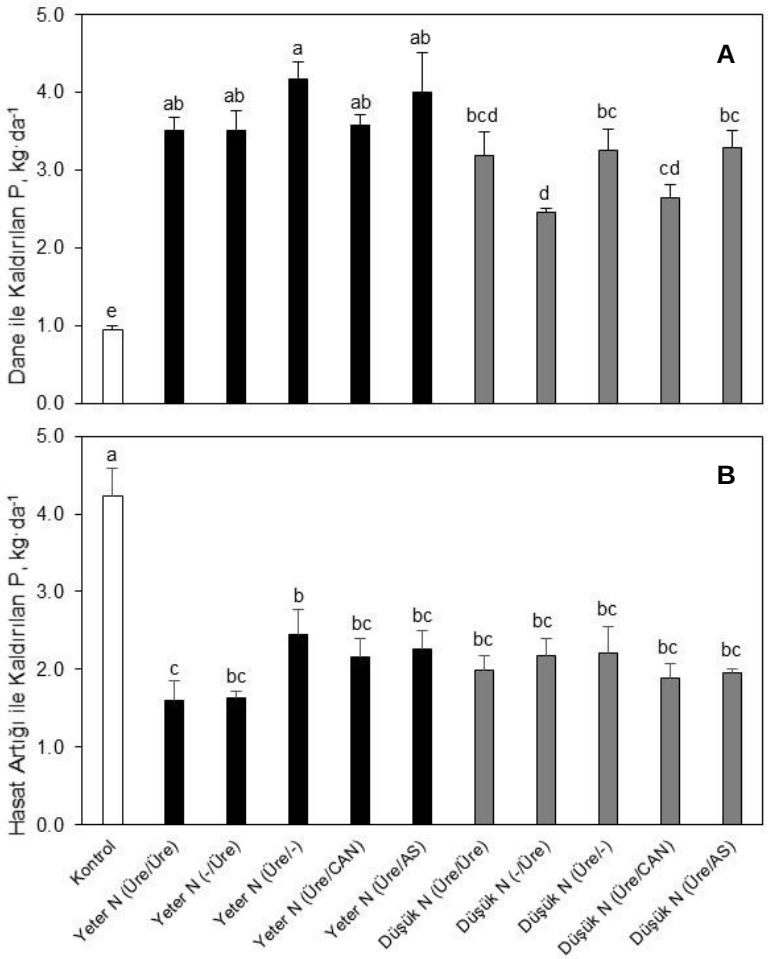
Fosfor İçeriği/Alımı: Deneme sonunda örneklenen dane ve hasat artıklarındaki % P konsantrasyonlarının birim alandaki toplam kütleleri ile çarpımıyla elde edilen dane ve hasat artığı ile kaldırılan P miktarları, sırasıyla Şekil 4.10A ve B'de yer almaktadır. Danedeki P konsantrasyonlarının tersine uygulamalar arasında bazı farklıların olduğu görülmüştür. Artan N uygulamalarıyla beraber dane tarafından kaldırılan P miktarı da artmıştır. Şöyle ki birim alandan dane ile kaldırılan P miktarı 0,93 $kg \cdot da^{-1}$ ile Kontrol parsellerinde en düşük bulunurken, Düşük N dozlarında bu değer 2,44-3,28 $kg \cdot da^{-1}$'a yükselmiş, Yüksek N dozlarında ise biraz daha yükselerek 3,18-4,16 $kg \cdot da^{-1}$ arasında değişmiştir. Hasat artığı ile kaldırılan P miktarları Yeter N ve Düşük N uygulamalarında 1,64-2,44 $kg \cdot da^{-1}$ arasında değişmiş ancak önemli düzeyde farklılaşmamışlardır. Bu değer, kontrol parsellerinde ise 4,23 $kg \cdot da^{-1}$'a yükselmiştir.



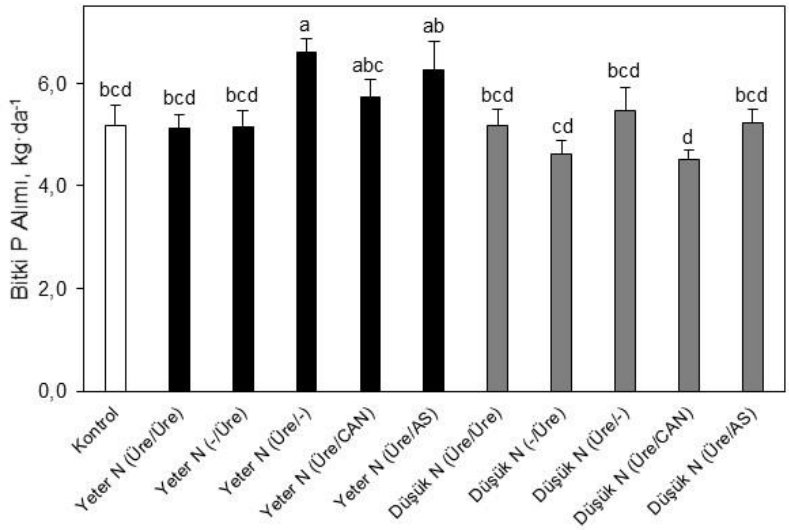
Şekil 4.9. Vejetasyon süresince Yeter N (28,7 kg N·da^{-1}) ve Düşük N (21,5 kg N·da^{-1}) seviyelerine ulaşmak için, tabandan 9,1 kg N·ha^{-1} dozunda N uygulanmış, çıkıştan sonra 25. ve/veya 50. günlerde ise Üre, CAN ve/veya AS gübreleriyle toplamda 19,6 veya 12,4 kg N·da^{-1} dozunda üst gübrelemesi yapılmış mısır bitkilerinin dane (A) ve hasat artıklarında (B) ölçülen P konsantrasyonları (%). Kolonlar bağımsız dört tekerrürün ortalaması ± SH olup, üzerlerindeki küçük harfler Duncan'a göre $p<0,05$ seviyesinde farklılıkları ifade eder.

Azota benzer biçimde dane ve hasat artığı ile kaldırılan P miktarlarının toplanmasıyla elde edilen bitki P alımı (kaldırılan P) değerleri Şekil 4.11'de yer

almaktadır. Fosfor alım değerleri 4,53-6,61 kg·da^{-1} arasında değişmiş, uygulamalar arasında çok büyük farklar gözlenmemiş olsa da Yeter N dozunda Üre/-, Üre/CAN ve Üre/AS değerleri diğerlerinden biraz daha yüksek P alım değerlerine sahip olmuştur.



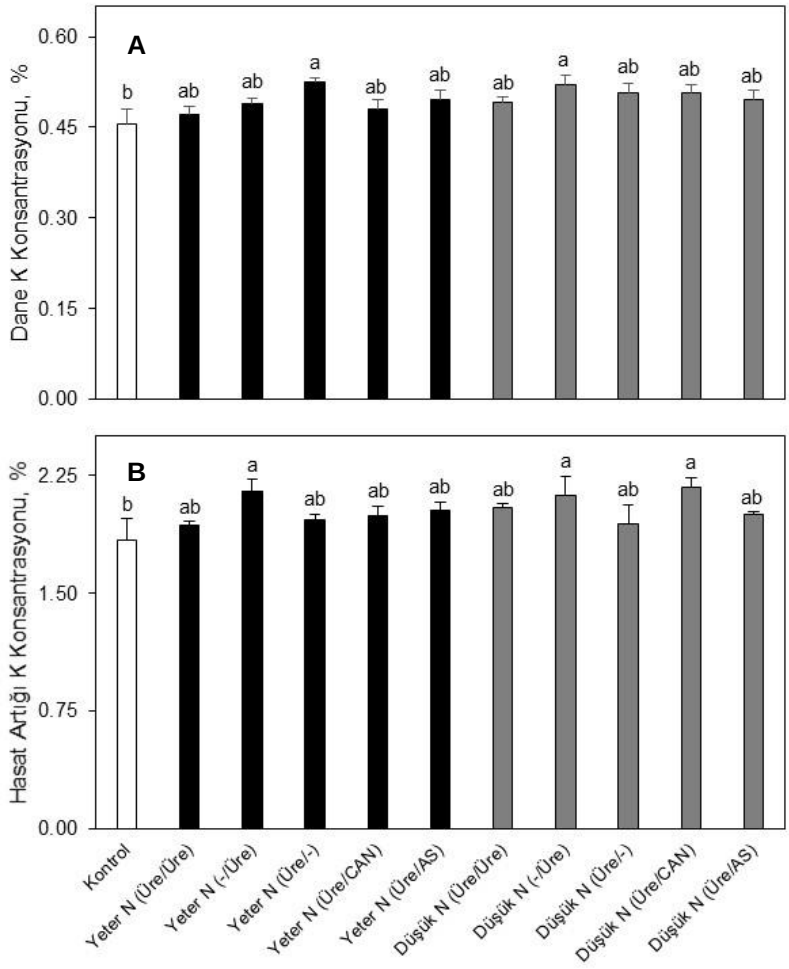
Şekil 4.10. Vejetasyon süresince Yeter N (28,7 kg N·da^{-1}) ve Düşük N (21,5 kg N·da^{-1}) seviyelerine ulaşmak için, tabandan 9,1 kg N·ha^{-1} dozunda N uygulanmış, çıkıştan sonra 25. ve/veya 50. günlerde ise Üre, CAN ve/veya AS gübreleriyle toplamda 19,6 veya 12,4 kg N·da^{-1} dozunda üst gübrelemesi yapılmış mısır bitkilerinin birim alandan dane (A) ve hasat artığı (B) ile kaldırdıkları P miktarları (kg·da^{-1}). Kolonlar bağımsız dört tekerrürün ortalaması ± SH olup, üzerlerindeki küçük harfler Duncan'a göre $p<0,05$ seviyesinde farklılıkları ifade eder.



Şekil 4.11. Vejetasyon süresince Yeter N (28,7 kg N·da^{-1}) ve Düşük N (21,5 kg N·da^{-1}) seviyelerine ulaşmak için, tabandan 9,1 kg N·ha^{-1} dozunda N uygulanmış, çıkıştan sonra 25. ve/veya 50. günlerde ise Üre, CAN ve/veya AS gübreleriyle toplamda 19,6 veya 12,4 kg N·da^{-1} dozunda üst gübrelemesi yapılmış mısır bitkilerinin P alımları (kg·da^{-1}). Kolonlar bağımsız dört tekerrürün ortalaması ± SH olup, üzerlerindeki küçük harfler Duncan'a göre $p<0,05$ seviyesinde farklılıkları ifade eder.

4.3.2.2. Bitkilerin Potasyum ile Beslenmesi

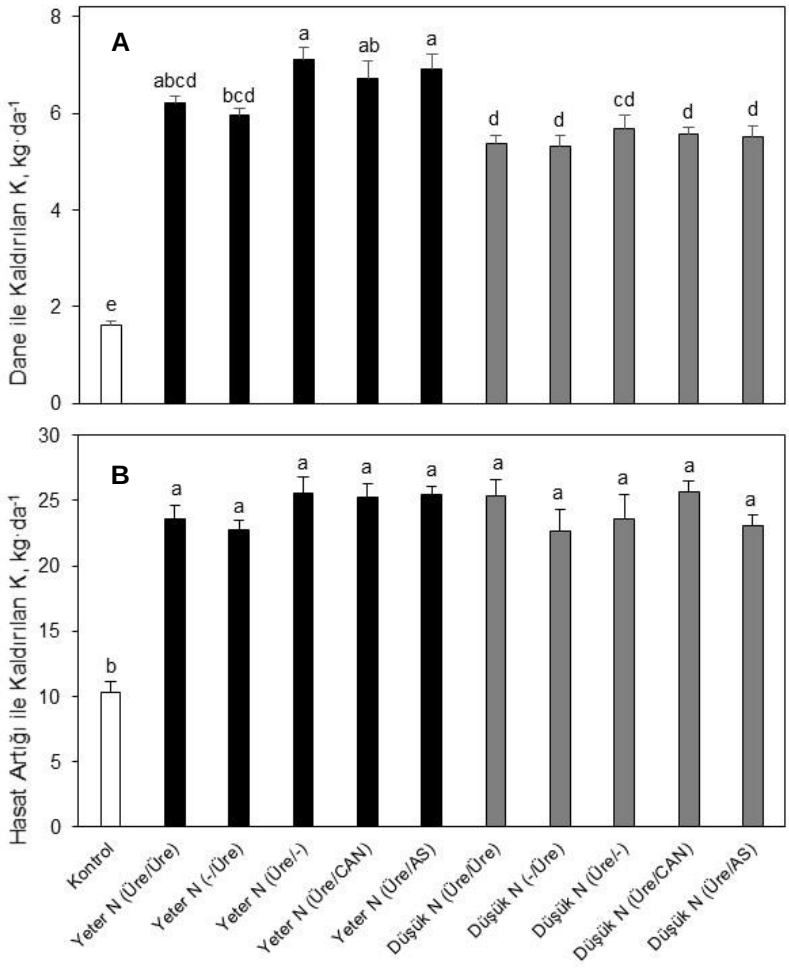
Potasyum Konsantrasyonu: Tarla denemesinden elde edilen dane ve hasat artığı örneklerinin % K konsantrasyonları sırasıyla Şekil 4.12A ve B'de yer almaktadır. Şekil 4.12A'da görüleceği gibi dane K konsantrasyonları % 0,46-0,53 değerleri arasında değişirken, Kontrol bitkileri en düşük, Yeter N (Üre/-) bitkileri ise en yüksek değerlere sahip olmuştur. Azot uygulama doz ve zamanları arasında ise istatistiki açıdan önemli ilişkiler bulunmamıştır.



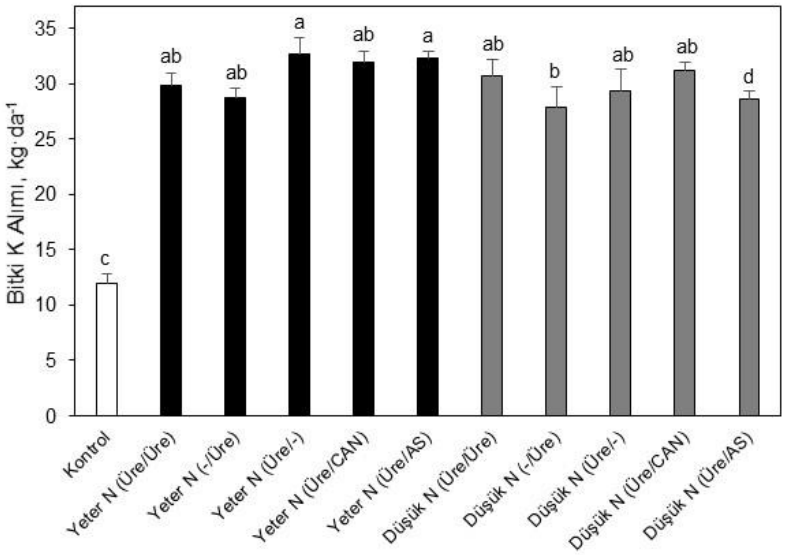
Şekil 4.12. Vejetasyon süresince Yeter N (28,7 kg N·da^{-1}) ve Düşük N (21,5 kg N·da^{-1}) seviyelerine ulaşmak için, tabandan 9,1 kg N·ha^{-1} dozunda N uygulanmış, çıkıştan sonra 25. ve/veya 50. günlerde ise Üre, CAN ve/veya AS gübreleriyle toplamda 19,6 veya 12,4 kg N·da^{-1} dozunda üst gübrelemesi yapılmış mısır bitkilerinin dane (A) ve hasat artıklarında (B) ölçülen K konsantrasyonları (%). Kolonlar bağımsız dört tekerrürün ortalaması ± SH olup, üzerlerindeki küçük harfler Duncan'a göre $p<0,05$ seviyesinde farklılıkları ifade eder.

Potasyum İçeriği/Alımı: Aynen N ve P'da olduğu gibi, denemeden elde edilen dane ve hasat artığı örneklerindeki % K konsantrasyonlarının birim alandaki toplam kütleleri ile çarpımıyla elde edilen dane ve hasat artığı ile kaldırılan K içerikleri, sırasıyla Şekil 4.13A ve B'de yer almaktadır. Birim dane ağırlıklarındaki K içeriklerinin tersine uygulamalar arasında özellikle N dozlarıyla ilişkili olarak bazı farklılıklar görülmüştür. Artan N uygulamalarıyla beraber dane tarafından kaldırılan K içeriği de artmıştır. Şöyle ki dane tarafından kaldırılan en düşük K içeriği 1,61 $kg \cdot da^{-1}$ ile Kontrol parsellerinde bulunmuş, Düşük N dozlarında bu değer 5,31-5,69 $kg \cdot da^{-1}$'a yükselmiş, Yüksek N dozlarında ise en yüksek seviyesine ulaşarak 5,97-7,10 $kg \cdot da^{-1}$ arasında değişmiştir. Hasat artığı tarafından kaldırılan K içerikleri Yeter N ve Düşük N uygulamalarında 23-26 $kg \cdot da^{-1}$ arasında değişmiş ancak aralarında istatistik açından herhangi bir fark gözlenmemiştir. Bu değer, kontrol parsellerinde ise 10 $kg \cdot da^{-1}$'da kalmıştır.

Azot ve fosfora benzer biçimde dane ve hasat artığı ile kaldırılan K miktarlarının toplanmasıyla elde edilen bitki K alımı (kaldırılan K) değerleri Şekil 4.14'de görülmektedir. Potasyum alım değerleri 12-33 $kg \cdot da^{-1}$ arasında değişmiş, Kontrol parselleri hariç uygulamalar arasında istatistiki açıdan önemli herhangi bir fark görülmemiştir.



Şekil 4.13. Vejetasyon süresince Yeter N (28,7 kg N·da^{-1}) ve Düşük N (21,5 kg N·da^{-1}) seviyelerine ulaşmak için, tabandan 9,1 kg N·ha^{-1} dozunda N uygulanmış, çıkıştan sonra 25. ve/veya 50. günlerde ise Üre, CAN ve/veya AS gübreleriyle toplamda 19,6 veya 12,4 kg N·da^{-1} dozunda üst gübrelemesi yapılmış mısır bitkilerinin birim alandan dane (A) ve hasat artığı (B) ile kaldırdıkları K miktarları (kg·da^{-1}). Kolonlar bağımsız dört tekerrürün ortalaması ± SH olup, üzerlerindeki küçük harfler Duncan'a göre $p<0,05$ seviyesinde farklılıkları ifade eder.



Şekil 4.14. Vejetasyon süresince Yeter N (28,7 kg N·da^{-1}) ve Düşük N (21,5 kg N·da^{-1}) seviyelerine ulaşmak için, tabandan 9,1 kg N·ha^{-1} dozunda N uygulanmış, çıkıştan sonra 25. ve/veya 50. günlerde ise Üre, CAN ve/veya AS gübreleriyle toplamda 19,6 veya 12,4 kg N·da^{-1} dozunda üst gübrelemesi yapılmış mısır bitkilerinin K alımları (kg·da^{-1}). Kolonlar bağımsız dört tekerrürün ortalaması ± SH olup, üzerlerindeki küçük harfler Duncan'a göre $p<0,05$ seviyesinde farklılıkları ifade eder.

4.4. Tartışma

Bitki Gelişimi ve Verim: Azot, mısır üretiminde optimum verimi teşvik etmek ve beslenme kalitesini iyileştirmek için en kritik besin elementidir (Miao ve ark. 2006). Bilindiği gibi, N'lu gübreler mısırda kuru madde üretimini, yaprak alanı gelişimini, yaprak alanı (maintenance) bakımını, fotosentetik kapasiteyi (ve buna bağlı olarak verim ve dane kalitesini) etkilemektedir (Muchow 1998). Bunun bir göstergesi olarak, çıkıştan sonraki 50. gün yapılan gübreleme esnasında, 25. günde uygulanması gereken yeter üst gübresi N'unun tamamının üre olarak tek seferde uygulandığı parsellerde bitkilerin diğer parsellere göre daha iyi geliştiği ve renklerinin daha koyu yeşil olduğu da görülmüştür (Şekil 4.3). Bununla uyumlu biçimde N'lu gübreleme hem yeşil aksam gelişimini (Şekil 4.4B) hem de verimi (Şekil 4.4A) pozitif olarak etkilemiştir. Mevcut çalışmadan elde edilen sonuçlara (Şekil 4.4A) paralel olarak, çok sayıda çalışma, N gübre uygulamasının ardından mısır dane veriminin arttığını göstermiştir (Chen ve ark., 2015; Qiu ve ark., 2015; Zhu ve ark., 2015). Mısırın N'a yanıtının boyutu ürün rotasyonu, ekim sırasında toprakta bulunan mineral N içeriği, toprak organik maddesi içeriği, topografya, kil içeriği ve çeşidi, toprak drenajı ve yarayışlı su miktarından etkilenir (Franzluebbers ve ark., 1995; Jarvis ve ark., 1996; Sogbedji ve ark., 2001; Tremblay ve ark., 2012; Ziadi ve ark., 2013; Zhu ve ark. 2015). Bu nedenle, bu önemli faktörleri dikkate almayan N'lu gübre önerileri, çevresel ve ekonomik sonuçlarla birlikte aşırı veya eksik gübrelemeye yol açabilir (Ladha ve ark., 2005). Dane verimleri incelendiğinde, Yeter N (Üre/CAN), Yeter N (Üre/-) ve Yeter N (Üre/AS) uygulamalarından Kontrol ve Düşük N uygulamalarının tamamından daha en yüksek verimler elde edildiği görülmektedir (Şekil 4.4A)

Farklı N'lu gübre kaynaklarının mısır bitkisinde test edildiği bir çalışmada, ekim sırasında N'un tamamının üre, AS ve CAN olarak uygulandığı parsellerde, en yüksek verimin AS uygulamasıyla elde edildiği, onu sırasıyla CAN ve üre uygulamalarının takip ettiği bulunmuştur (Biswas ve Ma, 2016). Üre, AS ve CAN gibi gübrelerin topraktaki dönüşümleri de göz önüne alındığında, Biswas ve Ma

(2016) tarafından ekim sırasında uygulanan farklı formdaki N'lu gübrelerin etkinliklerine dair yaptıkları karşılaştırmaların pratikte pek öneminin olmadığı söylenebilir. Mevcut çalışmada, N'un sadece belirli bir miktarı ekimle beraber verilmiş, geri kalanı ise farklı kaynaklarla bir veya iki defada uygulanmıştır. İstatistiki olarak önemli olmasa da, Yeter N dozundaki üst gübresi N'unu ikiye bölerek çıkıştan 25 ve 50 gün sonra sırasıyla üre ve CAN gübreleriyle uygulamanın, en yüksek dane verimi (Şekil 4.4A) dahil, dane N konsantrasyonu (Şekil 4.6A), dane N içeriği (Şekil 4.7A), bitki N alımı (Şekil 4.8), N kullanım etkinliği (Çizelge 4.1) ve kazanç (Çizelge 4.2) gibi parametrelerde hep en iyi sonucu verdiği görülmüştür. Bilindiği gibi, uygulanan N gübresinin biçiminden bağımsız olarak, nitrat (NO_3^-), tarım topraklarında N için başat kaynaktır ve dolayısıyla tahıl bitkileri tarafından N alımının da ana bileşenidir (Wolt, 1994; Miller ve ark., 2007). Bu nedenle, mısırda N ihtiyacının artış gösterdiği boy atma periyodunun hemen öncesine denk gelen ikinci üst gübrelemesi döneminde ortama içeriğinde NO_3^- yani, bitkiler tarafından kolay alınabilir bir N formunun uygulanması Üre/CAN uygulamalarında görülen iyi parametrelerin nedeni olabilir.

Stanford'a (1973) göre, hasat indeksi, tahıl veriminden toplam kuru kütle üretimini güvenli bir şekilde tahmin etmek için gerekli bir araçtır; aynı yazar ayrıca maksimum ekonomik üretkenlik için hasat endeksinin %4'lük bir standart hatayla %50 (0,50) olduğunu bildirmektedir. Mevcut çalışmada da, Kontrol bitkileri hariç, Yeter N parselleri başta olmak üzere, daha düşük olsalar da Düşük N parsellerinde de hesaplanan hasat indeksleri bu değere yakın olup, Biswas ve Ma (2016) ve Du ve arkadaşları (2021) tarafından hesaplanan değerlerle de benzerdir (Şekil 4.5). Mevcut çalışmada, uygulanan N miktarı arttıkça artan HI değerleri N'lu gübrelemenin verim üzerindeki olumlu etkisini göstermektedir.

Azot Alımı ve N Kullanım Etkinliği: Mısır yetiştiriciliğinde 1.000 kg dane verimi için yaklaşık 25-26 kg N dozunun dikkate alınması yanında (Fageria ve ark., 2011), Uluslararası Bitki Besleme Enstitüsü tarafından 1.000 kg dane için dane ve hasat artığındaki N toplamının 20 kg olması gerektiği ifade edilmiştir (IPNI, 2017).

Mevcut çalışmada 1.500 kg·da^{-1} dane verimi için kullanılan 28,7 kg·da^{-1} N dozu, önerilen bu doza yakındır. Bu dozda N ile gübrelenen ve üst gübresi olarak sırarıyla üre ve CAN gübrelerinin uygulandığı parsellerde ortalama 1.399 kg·da^{-1} dane verimine ulaşılmıştır (Şekil 4.4A). Olası çevresel etkiler de dikkate alındığında, çalışmada 1.500 kg·da^{-1} dane verimi için önerilen Yeter N dozu olan 28,7 kg N·da^{-1}'un granül gübre uygulamaları için yeterli olduğu söylenebilir.

Dane örneklerinde elde edilen %0,82-1,03 (Şekil 4.6A) arasında değişen N konsantrasyonları, daha önce, Tenorio ve arkadaşlarınca (2018) yürütülen survey çalışmasında elde edilen %0,76-1,66 arasında değişen ve ortalama %1,15 değerine benzerlik göstermektedir. Söz konusu bu değerler arasında en yüksekleri sırasıyla Yüksek N (Üre/CAN) ve Yüksek N (Üre/-) uygulamalarında elde edilmiş olup, diğer uygulamalar arasında ise önemli farklılıklar gözlenmemiştir. Konsatrasyon değerleriyle birim aldan alınan verimlerin çarpımı sonucu elde edilen birim alandaki dane N içerikleri ise verimler ile daha uyumlu ilişkiler gösterirken (EK 1B), dane verimleri ve dane N konsatrasyonları arasında çok düşük bir ilişki gözlenmiştir (EK 1B). Dane N içerikleri ve verimler arasındaki doğrusal ilişki benzeri bir benzerlik ve Bitki N alımları arasında da görülmüştür (EK 1B).

Daha önce de ifade edildiği gibi, bitkilerin topraktan alım etkinliğini yansıtan N alımı (Burns, 2006) veya bitkilerce absorbe edilen N'un bitkilerce kullanımının etkinliğini yansıtan absorpsiyon etkinliği (Schenk, 2006) gibi bitkisel faktörler N kullanım etkinliğinin düzeyini belirler. Azot alımı ve N'un içsel kullanım etkinliği genotipik özelliklerden etkilenir çünkü her bir genotipin kök, yaprak vb. için kendi morfolojik ve fonksiyonel özellikleri vardır (Thorup-Kristensen ve Sørensen, 1999; Thorup-Kristensen ve Van der Boogard, 1999; Schenk, 2006). Düşük gübre N uygulamalarında bitkiler tarafından tipik olarak daha fazla N geri kazanılırken; AKE'leri, aynı genotip içinde dahi farklı yarayışlı N seviyelerinde değişiklik gösterebilir (Burns, 2006). Mevcut tez çalışması tek genotip ile yürütüldüğünden genotipsel farklılık kaynaklı bir varyasyon gözlemlenmemiş olup, olası farklılıklar N dozu, N'lu gübre formları ve uygulama

zamanları arasındaki farktan ortaya çıkmıştır. Literatürde çoğunlukla uygulanan birim N başına dane verimindeki artışı ifade eden Agronomik Etkinlik (AE) ve uygulanan birim N başına yer üstü biyokütlesindeki N artışını temsil eden Geri Kazanım Etkinliği (GKE) yer aldığından, mevcut tez çalışmasında da bu NKE değerleri değerlendirilmiştir.

Uygulanan bir besin elementinin üretim etkisini yakından yansıtan AE doğrudan ekonomik getiri ile ilişkili olduğundani onu kısa vadeli iyi bir gösterge haline getirir. Fixen ve arkadaşlarına (2014) göre tahıllarda N için hesaplanan tipik AE değerleri 15-30 kg dane·kg^{-1} N değişmekte ise de, mısır ile üç yıl boyunca üç farklı lokasyonda yürütülen bir başka çalışmada ise önerilen N dozunun %75'i üç defada uygulandığında AE'nin 33-53 kg dane·kg^{-1} N arasında değiştiği hesaplanmıştır (Davies ve ark., 2020). Aynı çalışmada N'un %100'ü uygulandığında ise 28-41 kg dane·kg^{-1} N arasında değişen değerler bulunmuştur. Mevcut çalışmada da, N'un Üre/Üre olarak Düşük N dozlarında uygulamaları aynı gübrenin Yüksek N dozuna göre daha yüksek AE değerleri vermiştir (Çizelge 4.1). Tam tersi biçimde Yüksek N (Üre/CAN) uygulaması ise Düşük N (Üre/CAN) uygulamasına göre daha yüksek AE değerine neden olmuştur ki bu durum AE'nin uygulanan gübrelerin formlarının da ne kadar önemli olduğunun bir göstergesidir. Mevcut çalışmada AE değerleri 31-38 kg dane·kg^{-1} N arasında hesaplanmıştır (Çizelge 4.1). Yüksek N dozlarınında hesaplanan ortalama AE değeri (34,8 kg dane·kg^{-1} N) ile Düşük N dozlarının ortalama AE değeri (34,8 kg dane·kg^{-1} N) arasında belirgin farklar gözlenmemiştir. Tabandan uygulanan N dışında kalan N'un tamamının çıkıştan 50 gün sonra üre olarak uygulandığı Yüksek N ve Düşük N uygulamalarındaki en düşük AE değerleri (Çizelge 4.1) 25.-50. günler arasında bitkilerin kök bölgesinde bitkilerce kullanılabilir N bulunmasının ne kadar önemli olduğunun bir göstergesidir.

Geri Kazanım Etkinliği (GKE), uygulanan N'lu gübre miktarına göre, bir ürünün toprak üstü kısımlarında, gübrelenmiş ve gübrelenmemiş bitkilerde olan N birikimindeki farkın bir göstergesidir. Tahıl ürünleri için 0,40-0,65 kg·kg^{-1} arasında

değişen GKE, mısır için ortalama 0,37 $kg \cdot kg^{-1}$ civarında olup (Cassman ve ark., 2002; Fixen ve ark., 2014), mevcut çalışmada 0,36-0,54 $kg \cdot kg^{-1}$ arasında değişen GKE değerleri hesaplanmıştır (Çizelge 4.1). Daha önce kullanılan N dozu yükseldikçe GKE değerinin düşeceğini söyleyen çalışmaların (Cassman ve ark., 2002; Wortmann ve ark., 2011) tam tersi biçimde ve Davies ve arkadaşlarının (2020) bulgularıyla uyumlu biçimde mevcut çalışmada yüksek N dozlarında elde edilen ortalama GKE (0,46 $kg \cdot kg^{-1}$), düşük N dozları ortalamasından (0,39 $kg \cdot kg^{-1}$) daha yüksek olmuştur (Çizelge 4.1). Mevcut çalışma özelinde ise en yüksek (0,54 $kg \cdot kg^{-1}$) GKE Yüksek N (Üre/CAN) uygulamasıyla elde edilirken, Düşük N (Üre/CAN) ve Düşük N (-/Üre) uygulamaları ise en düşük (0,36 $kg \cdot kg^{-1}$) GKE değerine sahip olmuştur. Üre, dünya çapında en popüler N'lu gübrelerden biridir. Biyolojik yarayışlılığı çok yüksek olan yüksek N içeriğine (%46) sahiptir. Bununla birlikte, diğer gübrelerle karşılaştırıldığında, toprakla temasta yüksek derecede kayıplarla karşılaşabilir. Kilogram üre başına N'a dönüştürülen NH_3 emisyonu, toprak pH'na ve iklim koşullarına bağlı olarak 159 ila 168 g arasında değişmektedir (EMEP/EEA, 2019). O nedenle, mevcut tez çalışmasında CAN ve AS gübreleriyle azaltılmış üre uygulamalarıyla, CAN başta olmak üzere, ortaya konan N kullanım etkinliği ürenin söz konusu bu olumsuz etkisini de azaltmaya yarayacaktır.

Azotlu Gübrelemenin Ekonomisi: Hiç N uygulanmamış bitkilere göre, başlangıç N dozları aynı olan ancak üst gübre uygulamalarında farklı formlarda ve zamanlarda uygulanan gübreler ile önerilen dozun tamamı (Yeter N) ve %75'ine (Düşük N) denk şekilde gübrelenen parsellerin tamamında %69-167 arasında değişen kazanç artışı olmuştur (Çizelge 4.2). Söz konusu artışlar, Yeter N parsellerinde %114-%167 arasında değişirken, Düşük N bitkilerinde ise bu artış %69-%111 arasında gerçekleşmiştir. En yüksek artış ise %167 ile Yeter N (Üre/CAN) uygulamasında olurken, onu sırasıyla %162 ve %153 ile Yeter N (Üre/AS) ve Yeter N (Üre/-) takip etmiştir. Oldukça yeni bir çalışmaya göre, baharda erken dönemde tek seferde veya erken ve geç dönemde olmak üzere iki seferde verilen aynı miktardaki UAN ile uygulanan aynı miktardaki N'un

ABD'deki mısır yetiştiriciliğinin yaygın olduğu Corn Belt bölgesinde ilave maliyetlere neden olduğu halde, ya hiç ya da çok düşük bir kazanç getirdiği ifade edilmiştir (Rafziger ve Rapp, 2021). Mevcut çalışmada da, ürenin çıkıştan 25 gün sonra tek seferde veya yine çıkıştan 25 ve 50 gün sonra N'un tamamının verildiği bitkilerde bölerek uygulamanın kazançta herhangi bir artışa neden olmadığı, aksine tek seferde uygulamanın bir miktar daha fazla kazanç elde edilmesine neden olduğu, bunun da daha çok verimdeki artış kaynaklı gelirdeki artıştan kaynaklandığı görülmüştür. Ancak bölerek N uygulamalarında ikinci uygulamada CAN veya AS uygulandığında ise iki defa üre uygulamasına göre kazançta artış gerçekleşmiştir.

Bitkilerin P ve K ile Beslenmesi: Uluslararası Bitki Besleme Enstitüsü'nün yayını olan 4D Bitki Besleme – Bitki Besleme Yönetimini İyileştirme Kılavuzu'nda ifade edildiği gibi tarladan uzaklaştırılan her bir ton mısır danesi için dane ve hasat artığıyla beraber 4,0-4,5 kg P da birlikte uzaklaştırılır. Mevcut çalışmada, bitkilerin P alımları dekarda 4,53 (1,10 ton dane veriminde - [Düşük N Üre/CAN]) - 6,61 (1,35 ton dane veriminde - [Yeter N Üre/-]) kg arasında değişen miktarlarda hesaplanmış olup (Şekil 4.11), IPNI (2017) tarafından verilen rakama çok yakındır. Benzer bir durum dane P içerikleri için de geçerli olup, aynı çalışmada 1000 kg dane tarafından 2,5-3,0 kg P'un uzaklaştırılacağı ifade edilmiş olup, mevcut çalışmada kontrol hariç dekardan 2,44 (1,02 ton dane veriminde - [Düşük N -/Üre]) - 4,16 (1,35 ton dane veriminde - [Yeter N Üre/-]) kg arasında P uzaklaştırıldığı görülmüştür (Şekil 4.10A). Denemeden elde edilen %0,25-0,31 arasında değişen dane P konsatrasyonları, Guo ve arkadaşlarınca (2019) verilen P konsatrasyonları ile de benzerdir.

Potasyum söz konusu olduğunda ise 4D Bitki Besleme Kılavuzu bir ton mısır dane veriminde dane ve hasat artıklarıyla ortamdan 20-21 kg K uzaklaştırılacağı, bunun 3,5-4 kg'ının dane ile geri kalanının ise hasat artıklarıyla beraber tarla dışına taşınacağını ifade etmiştir. Mevcut tez çalışmasında, kontrol hariç dekardan dane ile beraber 5,31 (1,02 ton dane veriminde - [Düşük N -/Üre]) -

7,10 (1,35 ton dane veriminde - [Yeter N Üre/-]) kg arasında değişen mikarlarda K uzaklaştırılmıştır (Şekil 4.13A). Toplam bitki K alımları ise dekarda 27,8 (1,02 ton dane veriminde - [Düşük N -/Üre]) - 32,7 (1,35 ton dane veriminde - [Yeter N Üre/-]) kg arasında değişmiştir (Şekil 14). Çalışmada elde edilen P alım değerleri IPNI tarafından verilen rakamlar ile oldukça uyumlu olsa da, K değerleri söz konusu kılavızda verilen değerlerden yüksektir. Bunun nedeni ise, halihazırda yüksek yarayışlı K seviyesine sahip olan araziye Gübreleme Öneri Destek Programı aracılığıyla önerilen ve ekim sırasında 8,4 kg $K_2O \cdot da^{-1}$ dozunda ilave edilen hızlı yarayışlı K veya çeşit farklılığı da olabilir. Bununla beraber, aynen dane P konsatrasyonlarında olduğu gibi, danede %0,46-0,52 arasında değişen K konsatrasyonları da daha önce elde edilen rakamlar (Guo ve ar.k, 2019) ile benzerdir.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Mevcut yüksek lisans tez çalışmasının ana amacı, farklı doz ve zamanlarda uygulanan ÜRE, CAN ve AS üst gübrelerinin mısır bitkisinin dane verimi, N kullanım etkinliği üzerine olan etkilerini ortaya koyarken, aynı zamanda bu uygulamalar kaynaklı ekonomik kazançları karşılaştırmaktır.

Bilindiği gibi, bitkisel üretimde kullanılan gübrelerdeki N'un kullanım etkinlikleri düşük olup, bu durum hem üreticilerin ekonomisi hem de çevresel acıdan olumsuz sonuçlara da neden olabilmektedir. Mineral N (özellikle üre) ile gübreleme, tarımdan yayılan toplam NH_3 emisyonlarının %19,0-20,3'ünden sorumludur. O nedenle, NH_3 emisyonunu azaltacak her bir tarımsal uygulama söz konusu olumsuzlukların ortadan kaldırılmasına yardımcı olacaktır. Bu nedenle, farklı üst gübresi form (Üre, CAN ve AS) ve dozlarının bu gübrelerin fazla kullanıldığı mısır yetiştiriciliğinde N kullanım etkinliğinin artırılması amacıyla böylesi bir çalışma yürütülmüş oldukça önemlidir.

Bu düşüncelerle yürütülen mevcut yüksek lisans tezinden elde edilen sonuçlar ve bunlara bağlı öneriler aşağıda maddeler halinde sunulmuştur:

- Yeter dozda N uygulaması mısırın verimini N uygulanmamışlara göre %114-167 arasında artırmıştır. Söz konusu artışlardan en yükseği olan %167 üst gübresi N'u dozunun ikiye bölünerek çıkıştan 25 gün sonra üre ve 50 gün sonra CAN uygulandığı bitkilerde elde edilmiştir.
- Hesaplanan yeter dozun %75'inin uygulandığı bitkilerde verimler de N dozundaki düşüşe paralel olarak düşmüştür.
- Uygulamalar arasında AE açısından anlamlı farklar görülmemiş ancak GKE etkinliği açısından %100 N ile beslenen bitkilerin hesaplanan GKE değerleri %75 N ile beslenenlere göre daha yüksek bulunmuştur.
- Agronomik etkinlik açısından ne %100 N ne de %75 N dozlarının kendi içlerinde de herhangi bir fark görülmemiş olsa da, %100 N uygulanan

bitkiler arasında Üre/CAN > Üre/- > Üre/AS > Üre/Üre >-Üre şeklinde bir sıralama elde edilmiştir.

- Ürenin çıkıştan 25 gün sonra tek seferde veya yine çıkıştan 25 ve 50 gün sonra N'un tamamının verildiği %100 N ile beslenen bitkilerde bölerek uygulamanın kazançta herhangi bir artışa neden olmadığı, aksine tek seferde uygulamanın kazançta bir miktar artışa neden olduğu, bunun da daha çok verimdeki artış kaynaklı gelirdeki artıştan kaynaklandığı görülmüştür. Bununla beraber, yine %100 N ile beslenen bitkilerin bölerek N uygulamalarında ikinci uygulamada CAN veya AS uygulandığında ise iki defa üre uygulamasına göre bir miktar daha yüksek kazanç hesaplanmıştır.
- Yeter dozda N ile beslense de, üst gübresi N'unun tamamının tek seferde ve çıkıştan 50 gün sonra gibi çok geç dönemde uygulanmasının bitkilerde hem verimleri hem N'un kullanım etkinliğini hem de çiftçinin elde edeceği kazançları düşürdüğü görülmüştür.
- Her ne kadar N'un tamamının tek seferde ve erken dönemde uygulanması ikiye bölünerek ve ikincisinde CAN ve AS uygulanmasına göre verimleri çok düşürmese de, GKE, N alımı ve üst gübreleme kaynaklı kazanç artışları bir arada değerlendirildiğinde, üst gübresi N'unu iki defa da Üre/CAN olarak uygulama önerilebilir. Bu yaklaşım aynı zamanda, Dünyada yaygınlaşan tarımda üre kullanımının azaltılması düşüncesiyle de paralellik taşımaktadır.

KAYNAKLAR

Abbasi, M.K., Tahir, M.M., and Rahim, N., 2013. Effect of N fertilizer source and timing on yield and N use efficiency of rainfed maize (Zea mays L.) in Kashmir-Pakistan. Geoderma, 195-196: 87-93.

Abendroth, L.J., Elmore, R.W., Boyer, M.J., and Marlay, S.K., 2011. Corn growth and development. PMR 1009. Iowa State Univ. Ext., Ames.

Barbieri, P.A., Echeverria, H.E., Rozas, H.R.S., and Andrade, F.H., 2008. Nitrogen use efficiency in maize as affected by nitrogen availability and row spacing, Agron. J., 84: 219-223.

Battilani, A., Bussieres, P., and Dumas, Y., 2003. Fertirrigere: a simple tool-model for managing water and nutrient supply in drip-irrigated processing tomatoes. In ISHS, (ed.) Processing tomato. Acta Hortic. Wageningen, Netherlands pp. 155-158.

Bierman, P., Rosen, C.J., Venterea, R.T., and Lamb, J., 2012. Survey of nitrogen fertilizer use on corn in Minnesota. Agric. Syst., 109: 43-52.

Binder, D.L., Sander, D.H., and Walters, D.T., 2000. Maize response to time of nitrogen application as affected by level of nitrogen deficiency. Agron. J., 92: 1228-1236.

Biswas D.K., and Ma, B.-L., 2016. Effect of nitrogen rate and fertilizer nitrogen source on physiology, yield, grain quality, and nitrogen use efficiency in corn. Canadian Journal of Plant Science, 96(3): 392-403.

Bouyoucos, G.J., 1951. A recalibration of the hydrometer method for making mechanical analysis of soils 1. Agron. J., 43: 434-438.

Brown, L.R., 1999. Feeding nine billion. In LR Brown, C Flavin, and H French, (ed.) State of the World. A World Watch Institute Report on Progress Toward a Sustainable Society. Norton and Company, NY, pp. 115-132.

Bundy, L.G., Walters, D.T., and Olness, A.E., 1999. Evaluation of soil nitrate tests for predicting corn nitrogen response in the North Central region. NC Reg. Res. Publ. No. 342 Wisc. Agric. Exp. Sta., Madison, WI., pp. 31.

Burns, I., 2006. Assessing N fertiliser requirements and the reliability of different recommendation systems. Acta Hortic., 700: 35-48.

Carpenter, S.R., Caraco, N.F., Correll, D.L., Howarth, R.W., Sharpley, A.N., and Smith, V.H., 1998. Nonpoint pollution of surface waters with phosphorus and nitrogen. Ecol. Applic., 8: 559-568.

Carson, P.L., 1980. Recommended potassium test. In: Recommended Chemical Soil Test Procedures for the North Central Region. Rev. Ed. North Central Regional Publication no. 221. Pp. 20-21. North Dakota Agric. Exp. Stn. North Dakota State University, Fargo, USA.

Cassman, K.G., Dobermann, A., and Walters, D.T., 2002. Agroecosystems, nitrogen-use efficiency, and nitrogen management. AMBIO:J. of the Hum. Env. 31: 132-140.

Chen, Y., Xiao, C., Wu, D., Xia, T., Chen, Q., Chen, F., Yuan, L., and Mi, G., 2015. Effects of nitrogen application rate on grain yield and grain nitrogen concentration in two maize hybrids with contrasting nitrogen remobilization efficiency. Eur. J. Agron., 62: 79-89.

Davies, B., Coulter, J.A., and Pagliari, P.H., 2020. Timing and rate of nitrogen fertilization influence maize yield and nitroegen use. PLoS ONE, 15(5): e0233674.

Dinç, U., Sarı, M., Şenol, S., Kapur, S., Sayın, M., Derici, R., Çavuşgil, V., Gök, M., Aydın, M., Ekinci, H., Ağca, N., ve Schlichting, E., 1995. Çukurova Bölgesi Toprakları, Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi.

Drury, C.F., Reynolds, W.D., Yang, X.M., McLaughlin, N.B., Welacky, T.W., Calder, W., and Grant, C.A., 2011. Nitrogen source, application time, and tillage effects on soil nitrous oxide emissions and corn grain yields. Soil Sci. Soc. Am. J., 76: 1268-1279.

Du, X., Wang, Z., Lei, W. *et al*. Increased planting density combined with reduced nitrogen rate to achieve high yield in maize. *Scientific Report* **11,** 358 (2021). https://doi.org/10.1038/s41598-020-79633-z

Echarte, L., Andrade, F.H., Vega, C.R.C., and Tollenaar, M., 2008. Kernel number determination in Argentinian maize hybrids released between 1965 and 1993, Crops Sci. 44: 1654-1661.

EMEP/EEA. Air Pollutant Emission Inventory Guidebook. Technical Guidance to Prepare National Emission Inventories - Updated 2019. EEA Report No 13/2019, ISSN 1977-8449. Available online: https://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-guidebook-2019/part-b-sectoral-guidance-chapters/4-agriculture/3-d-crop-production-and/view (accessed on 21 January 2021).

Fageria, N.K., 2009. The Use of Nutrients in Crop Plants. CRC Press.

Fageria, N.K., Baligar ,V.C., and Jones C.A., 2011. Growth and Mineral Nutrition of Field Crops. CRC Press, Boca Raton, FL.

FAO, 2004. The State of Food and Agriculture 2004 monitoring progress towards the World Food Summit and Millennium Development Goals. FAO, Rome, Italy.

Fernández, F.G., Venterea, R.T., and Fabrizzi, K.P., 2016. Corn nitrogen management influences nitrous oxide emissions in drained and undrained soils. J. Environ. Qual., 45: 1847-1855.

Fischer, K.S., Palmer, A.E.E., 1983. Maize, IRRI, Potential Productivity of Field Crops under Different Environments. IRRI, Los Banõs, Philippines, pp. 155-180.

Fixen, P., Brentrup, F., Bruulsema, T., Garcia, F., Norton, R., and Zingore, S., 2014. Nutrient/fertilizer use efficiency: measurement, current situation and trends. In book: Managing Water and Fertilizer for Sustainable Agricultural Intensification, Chapter: Chapter 2, Publisher: International Fertilizer Industry Association (IFA), International Water Management

Institute (IWMI), International Plant Nutrition Institute (IPNI), and International Potash Institute (IPI)., Editors: Pay Drechsel, Patrick Heffer, Hillel Magen, Robert Mikkelsen, Dennis Wichelns, pp. 8-38.

Franzluebbers, A.J., Hons, F.M., and Zuberer, D.A., 1995. Tillage and crop effects on seasonal soil carbon and nitrogen dynamics. Soil Sci. Soc. Am. J., 59: 1618-1624.

Galloway, J.N., Cowling, E.B., Seitzinger, S.P., and Socolow, R.H., 2002. Reactive nitrogen: too much of a good thing? Ambio: J. Human Environ. 31: 60-63.

Gerland, P., Raftery, A.E., Ševčíková, H., Li, N., Gu, D., Spoorenberg, T., et al., 2014. World population stabilization unlikely this century. Science 346: 234-237.

Goldsworthy, P.R., 1974. Maize physiology. Proceedings on Worldwide MAIZE Improvement in the 70's and the Role of CIMMYT. CIMMYT, Mexico.

Greenwood, D.J., Kubo, K.I., Burns, I.G., and Draycott, A., 1989. Apparent recovery of fertilizer N by vegetable crops. Soil Sci. Plant Nutr., 35: 367-381.

Guo, S., Chen, Y., Chen, X., Chen, Y., Yang, L., Wang, L., Qin, Y., Li, M., Chen, F., Mi, G., Gu, R., & Yuan, L. (2020). Grain Mineral Accumulation Changes in Chinese Maize Cultivars Released in Different Decades and the Responses to Nitrogen Fertilizer. *Frontiers in plant science*, *10*, 1662. https://doi.org/10.3389/fpls.2019.01662

Güçdemir, İ., 2006. Türkiye Gübre ve Gübreleme Rehberi, 5. Baskı, Özkan Matbaacılık, Ankara.

Hızalan, Ü. Ve Ünal, H., 1966. Topraklarda Önemli Kimyasal Analizler. AÜ Zira Fakültesi Yayınları, 278, 5-7.

Hubbell, D., 1995. Extension of symbiotic biological nitrogen fixation technology in developing countries. Fert. Res., 42: 231-239.

IPNI, 2017. 4D Bitki Besleme: Bitki Besleme Yönetimini İyileştirme Kılavuzu. Ed., (T.W. Bruulsema, P.E. Fixen, G.D. Sulewski, E.B Erenoğlu, eds.), Uluslararası Bitki Besleme Enstitüsü, Peachtree Corners, GA, ABD.

Janssen, B.H., 1998. Efficient use of nutrients: an art of balancing. Field Crops Res., 56: 197-201.

Jarvis, S., Stockdale, E., Shepherd, M., and Powlson, D., 1996. Nitrogen mineralization in temperate agricultural soils: Processes and measurement. Adv. Agron., 57: 187-235.

Jaynes, D.B., 2013. Nitrate loss in subsurface drainage and corn yield as affected by timing of sidedress nitrogen. Agric. Water Manage., 130: 52-60.

Jaynes, D.B., and Colvin, T.S., 2006. Corn yield and nitrate loss in subsurface drainage from midseason nitrogen fertilizer application. Agron. J., 98: 1479-1487.

Kacar, B., ve Katkat, A.V., 2009. Gübreler ve Gübreleme Tekniği, 3. Baskı, Nobel Yayınevi, Ankara.

Kaiser, D.E., and Rubin, J.C., 2013. Corn nutrient uptake as affected by in-furrow starter fertilizer for three soils. Agron. J., 105: 1199.

Kakkar, A., 2017. "Nitrogen Availability and Use Efficiency in Corn Treated with Contrasting Nitrogen Sources". All Graduate Theses and Dissertations. 6886.

Karlen, D.L., Flannery, R.L., and Sadler E.J., 1988. Aerial accumulation and partitioning of nutrients by corn. Agron. J., 80: 232-242.

Keeney, D.R., 1987. Nitrate in ground water-agricultural contribution and control, Proceedings of the Conference on Agricultural Impacts on Ground Water, Omaha, NE, August 11–13, 1986, National Water Well Association, Dublin, OH., pp. 329-351.

Laboski, C.A.M., Jokela, W., and Andraski, T.W., 2013. Dairy manure application methods: N credits, gaseous N losses, and corn yield. In Proceedings of the 2013 Wisconsin Crop Management Conference, p. 20-31.

Ladha, J.K., Pathak, H., Krupnik, T.J., Six, J., and van Kessel, C., 2005. Efficiency of fertilizer nitrogen in cereal production: Retrospects and prospects. Adv. Agron., 87: 85-156.

Ladha, JK, Tirol-Padre, A., Reddy, C.K., Cassman, K.G., Sudhir Verma, Powlson, D.S., van Kessel. C., de B. Richter, D., Debashis Chakraborty, and Himanshu Pathak, 2016. Global nitrogen budgets in cereals: A 50-year assessment for maize, rice, and wheat production systems. Scientific Reports | 6:19355 | DOI: 10.1038/srep19355.

Lafitte, H.R., and Edmeades, G.O., 1994. Improvement for tolerance to low soil nitrogen in tropical maize. I. Selection criteria. Field Crops Res. 39: 1-14.

Lagerström, A., Agerström, A., Esbjerg, C., Wardle, D.A., and Geisler, R., 2009. Soil phosphorus and microbial response to a long-term wildfire chronosequence in northern Sweden. Biogeochem. 95: 199-213.

Lassaletta, L., Billen, G., Grizzetti, B., Anglade, J., and Garnier, J. (2014). 50 year trends in nitrogen use efficiency of world cropping systems: the relationship between yield and nitrogen input to cropland. Environ. Res. Lett. 9:105011. doi: 10.1088/1748-9326/9/10/105011.

Legg, J.O., and Meisinger J.J., 1982. Soil nitrogen budgets. Nitrogen in Agricultural Soils. Agronomy Monograph 22. F.J. Stevenson, American Society of Agronomy, Madison, WI., pp. 503-566.

Li, Z., 2003. Use of surfactant-modified zeolite as fertilizer carriers to control nitrate release. Microporous Mesoporous Mater., 61: 181-188.

Lindsay, W.L., 1979. Chemical equilibria in soils. J. Wiley & Sons, New York, N.Y., USA.

Lindsay, W.L., Vlek, P.L.G., and Chien, S.H, 1989. Phosphate minerals. Minerals in Soil Environment, J.B. Dixon, S.B. Weed, Soil Science Society of America, Madison, WI., pp. 1089-1130.

Ma, C., and Kalb, T., 2006. Development of starter solution technology as a balanced fertilization practice in vegetable production. Acta Hortic., 700: 167-172.

Marschner, H., 1995. Mineral Nutrition of Higher Plants. 2nd edn. Academic Press, San Diego, CA.

Mengel, K., and Kirkby, E.A., 2001. Principles of Plant Nutrition, 5th Edition, Kluwer Academic Publishers.

Miao, Y., Mulla, D.J., Hennandez, J.A., Wiebers, M., and Robert, P.C., 2007. Potential impact of precision nitrogen management on corn yield, protein content, and test weight. Soil Sci. Soc. Am. J., 71: 1490-1499.

Miao, Y., Mulla, D.J., Robert, P.C., and Hernandez, J.A., 2006. Within-field variation in corn yield and grain quality responses to nitrogen fertilization and hybrid selection. Agron. J., 98: 129-140.

Miller, A. J., Fan, X., Orsel, M., Smith, S. J., and Wells, D. M., 2007. Nitrate transport and signalling. J. Exp. Bot. 58: 2297–2306. doi: 10.1093/jxb/erm066

Muchow, R.C., 1998. Nitrogen utilization efficiency in maize and grain sorghum. Field Crops Res., 56: 209-216.

Nafziger, E. D., & Rapp, D. (2021). Corn yield response to late-split nitrogen fertilizer. Agronomy Journal, 113: 527-536.

Neeteson, J.J., Booij, R., and Whitmore, A.P., 1998. A review on sustainable nitrogen management in intensive vegetable production systems. Acta Hortic., 506: 17-28.

Oberle, S.L., and Keeney, D.R., 1990. Factors influencing corn fertilizer N requirements in the northern U.S. corn belt. J. Prod. Agric., 3: 527-534.

Olsen, S.R., C.V. Cole, F.S. Watanabe, and L.A. Dean, 1954. Estimation of Available Phosphorus in Soils by Extraction with Sodium Bicarbonate, U.S.D.A. Circular Number 939, U.S. Government Printing Office, Washington, D.C.

Onken, A.B., Matheson, R.L., and Nesmith, D.M., 1985. Fertilizer nitrogen and residual nitrate-nitrogen effects on irrigated corn yield. Soil Sci. Soc. Am. J., 49: 134-139.

Osborne, S. and Riedell, W., 2006. Starter nitrogen fertilizer impact on soybean yield and quality in the Northern Great Plains. Agron. J., 98: 1569-1574.

Porter, P.A., Mitchell, R.B., Moore, K.J., 2015. Reducing hypoxia in the Gulf of Mexico:reimagining a more resilient agricultural landscape in the Mississippi River Watershed. J. Soil Water Conserv., 70(3): 63A-68A.

Powell, J., Jokela, W., and Misselbrook, T., 2011. Dairy slurry application method impacts ammonia emission and nitrate leaching in no-till corn silage. J. Environ. Qual., 40: 383-392.

Qiu, S.J., He, P., Zhao, S.C., Li, W.J., Xie, J.G., Hou, Y.P., Grant, C.A., Zhou, W., and Jin, J.Y., 2015. Impact of nitrogen rate on maize yield and nitrogen use efficiencies in northeast China. Agron. J., 107: 305-313.

Rahn, C., 2002. Management strategies to reduce nutrient losses from vegetable crops. Acta Hortic., 571:19–25.

Randall, G.W., and Vetsch, J.A., 2005. Corn Production on a Subsurface-Drained Mollisol as Affected by Fall versus Spring Application of Nitrogen and Nitrapyrin. Agron J., 97: 472-478.

Raun, W.R., and Johnson, G.V., 1999. Improving Nitrogen Use Efficiency for Cereal Production. Agron. J., 91(3): 357.

Remie, B., Groenwold, K., Rovres, J., Clevering, O., Pijnenburg, H., Hekkert, M., and Lagenveld, H., 2003. Nutrient management on vegetables farms: what will be the future? Acta Hortic., 627: 275-282.

Römheld, V., and Kirkby, E., 2010. Research on potassium in agriculture: needs and prospects. Plant and Soil, 335: 155-180.

Rubin, J.C., Struffert, A.M., Fernández, F.G., and Lamb, J.A., 2015. Maize yield and nitrogen use efficiency in upper Midwest irrigated sandy soils. Agron. J., 108: 1681-1691.

Ryan, J., Ibrikci, H., Delgado, A., Torrent, J., Sommer, R., and Rashid, A., 2012. Significance of phosphorus for agriculture and the environment in the West Asia and North Africa Region, Advances in Agronomy (Volume: 114), D. Sparks, Academic Press.

Sainz Rozas, H., Echeverria, H.E., and Barbieri, P.A., 2004. Balance as affected by application time and nitrogen rate in irrigated no-tillage maize. Agron. J., 96: 1622-1631.

Schenk, M., 2006. Nutrient efficiency of vegetable crops. Acta Hortic., 700: 25–38.

Schlegel, A.J., and Havlin J. L., 1995. Corn response to long term nitrogen and phosphorus fertilization. J. Prod. Agric., 8: 181-185.

Schlicting, E. And Blume, H., 1966. Bodenkundliches Practikum. Parey Verlag, Hamburg, Berlin.

Shapiro, C.A., and Wortmann, C.S., 2006. Corn response to nitrogen rate, row spacing, and plant density in eastern Nebraska. Agron. J., 98: 529-535.

Sims, J.T., 2000. A phosphorus sorption index. Methods of phosphorus analysis for soils, sediments, residuals, and waters, G. Pierzynski, SERA-IEG 17.

Singandhupe, R., Rao, G., Patil, N., and Brahmanand, P., 2003. Fertigation studies and irrigation scheduling in drip irrigation system in tomato crop (Lycopersiconesculentum L.). Europ. J. Agron., 19: 327-340.

Smil, V. 2002. Nitrogen and food production: proteins for human diets. Ambio: J. Human Environ. 31: 126-131.

Sogbedji, J.M., Van Es, H.M., Klausner, S.D., Bouldin, D.R., and Cox, W.J., 2001. Spatial and temporal processes affecting nitrogen availability at the landscape scale. Soil Tillage Res., 58: 233-244.

Sposito, G., 1989. The Chemistry of Soils. Oxford University Press, New York.

Stanford, G., 1973. Rationale for optimum nitrogen fertilization in corn production. J. Environ. Qual., 2: 159-166.

Stumm, W., Kummert, R., and Sigg, L., 1980. A ligand exchange model for the adsorption of inorganic and organic ligands at hydrous oxide interfaces. Croat. Chem. Acta 53: 291-312.

Tenorio, F.A.M., Eagle, A.J., McLellan, E.L., Cassman, K.G., Howard, R., Below, F.E., et al., 2019. Assessing variation in maize grain nitrogen concentration and its implications for estimating nitrogen balance in the US North Central region. Field Crops Research, 240: 185-193.

Thelen, K., Laboski, C., Smeenk, J., et al., 2007. Field crop production systems. In Ecologically Based Farming Systems (Deming, S., L. Johnson, D. Lehnert, et al. [eds.]). Extension Bulletin E-2983. East Lansing, MI, USA: Michigan State University, p 40-59.

Thompson, R. and Meisinger, J., 2002. Management factors affecting ammonia volatilization from land-applied cattle slurry in the Mid-Atlantic USA. J. Environ. Qual., 31: 1329-1338.

Thorup-Kristensen, K. and Sørensen, J.N., 1999. Soil nitrogen depletion by vegetable crops with variable root growth. Acta Agric. Scand. Section B-Plant Soil Science, 49: 92-97.

Thorup-Kristensen, K. and van den Boogaard, R., 1999. Vertical and horizontal development of the root system of carrots following green manure. Plant Soil, 212: 143-151.

Tremblay, N., Bouroubi, Y.M., Bélec, C., Mullen, R.W., Kitchen, N.R., Thomason, W.E., Ebelhar, S., Mengel, D.B., Raun, W.R., Francis, D.D., Vories, E.D., and Ortiz-Monasterio, I., 2012. Corn response to nitrogen is influenced by soil texture and weather. Agron. J., 104: 1658-1671.

Valentinuz, O., and Tollenaar, M., 2004. Vertical profile of leaf senescence during the grain-filling period in older and newer maize hybrids. Crop Sci., 44: 827-834.

Venterea, R.T., Coulter, J.A., 2015. Split application of urea does not decrease and may increase nitrous oxide emissions in rainfed corn. Agron. J., 107: 337-348.

Venterea, R.T., Coulter, J.A., and Dolan, M.S., 2016. Evaluation of intensive "4R" strategies for decreasing nitrous oxide emissions and nitrogen surplus in rainfed corn. J. Environ. Qual., 45: 1186-1195.

Venterea, R.T., Halvorson, A.D., Kitchen, N., Liebig, M.A., Cavigelli, M.A., Del Grosso. S.J., et al., 2012. Challenges and opportunities for mitigating nitrous oxide emissions from fertilized cropping systems. Front Ecol. Environ., 10: 562-570.

Vetsch, J.A., and Randall, G.W., 2004. Corn production as affected by nitrogen application timing and tillage. Agron. J., 96: 502-509.

Vitousek, P.M., Porder, S., Houlton, B.Z., and Chadwick, O.A., 2010. Terrestrial phosphorus limitation: mechanisms, implications, and nitrogen–phosphorus interactions. Ecol. Appl., 20: 5-15.

Walters, D.T., and Malzer, G.L., 1990. Nitrogen management and nitrification inhibitor effects on nitrogen-15 urea: I. Yield and fertilizer use efficiency. Soil Sci. Soc. Am. J., 54: 115-122.

Wardle, D.A., Walker, L.R., and Bardgett, R.D., 2004. Ecosystem properties and forest decline in contrasting long-term chronosequences. *Science,* 305: 509-513.

Wolt, J. D., 1994. Soil Solution Chemistry: Applications to Environmental Science and Agriculture. New York, NY: Wiley.

Work, M., Banziger, M., Erley, G.S., Friesen, D., Diallo, A.O., and Horst, W.J., 2007. Nitrogen uptake and utilization in contrasting nitrogen efficient tropical maize hybrids. Crop Sci., 47: 519-528.

Wortmann, C. S., Tarkalson, D. D., Shapiro, C. A., Dobermann, A. R., Ferguson, R. B., Hergert, G. W., and Walters, D., 2011. Nitrogen Use Efficiency of Irrigated Corn for Three Cropping Systems in Nebraska. Agron. J., 103(1): 76.

Yang, X.J., and Finnegan P.M., 2010. Regulation of phosphate starvation responses in higher plants. Ann. Bot. 105: 513-526.

Zhu, Q., Schmidt, J.P., and Bryant, R.B., 2015. Maize (Zea mays L.) yield response to nitrogen as influenced by spatio-temporal variations of soil-water-topography dynamics. Soil Tillage Res., 146: 174-183.

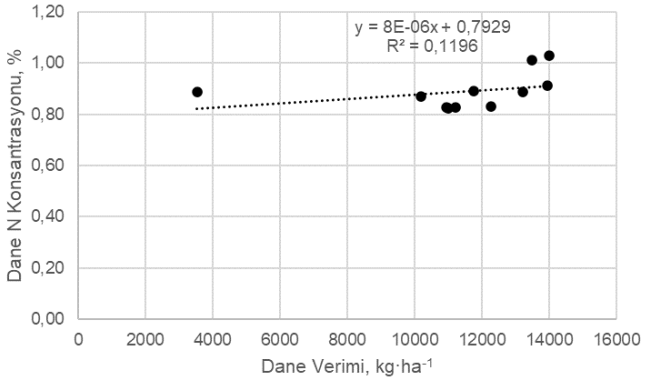
Ziadi, N., Cambouris, A.N., Nyiraneza, J., and Nolin, M.C., 2013. Across a landscape, soil texture controls the optimum rate of N fertilizer for maize production. Field Crops Res., 148: 78-85.

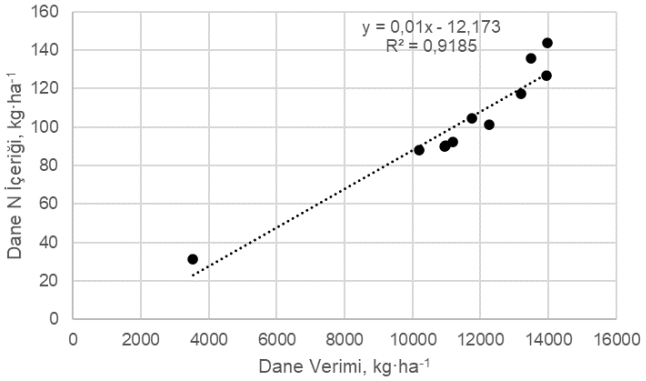
ÖZGEÇMİŞ

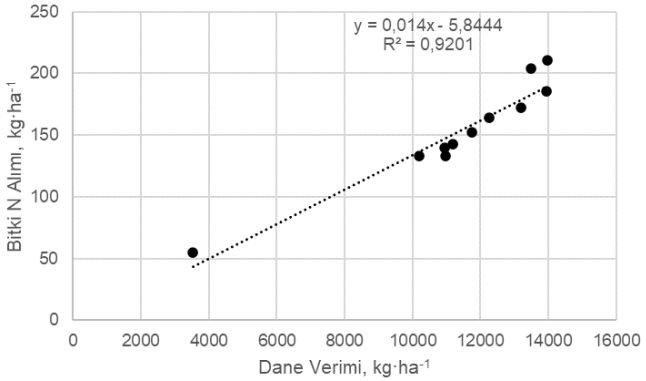
Bekir YALÇINDAĞ, İlkokul 3. Sınıfta Hatay'ın Dörtyol ilçesine taşındı. İlkokulun kalan kısmı ile ortaokul ve lise (Açık Öğretim Lisesi) eğitimini burada tamamladı. 2006 yılında Yükseköğretime yerleşme sınavı sonuçlarına göre Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümüne yerleşti. Mesleki stajını Uludağ Üni. Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü Laboratuvarında tamamladı ve 2011 yılında Ziraat Mühendisi ünvanı ile lisans eğitimini tamamladı. Mezuniyetin ardından Adana'nın Ceyhan ilçesinde Necla-Necmettin Cevheri Tarım İşletmesi'nde işletmeden sorumlu işletme şefi olarak işe başladı ve o tarihten bu yana da görevine devam etmektedir.

EKLER

EK 1. Vejetasyon süresince Yeter N (28,7 kg N·da^{-1}) ve Düşük N (21,5 kg N·da^{-1}) seviyelerine ulaşmak için, tabandan 9,1 kg N·ha^{-1} dozunda N uygulanmış, çıkıştan sonra 25. ve/veya 50. günlerde ise Üre, CAN ve/veya AS gübreleriyle toplamda 24,5 veya 16,1 kg N·da^{-1} dozunda üst gübrelemesi yapılmış mısır bitkilerinin Dane Verimi ile Dane N Konsantrasyonu, Dane N İçeriği ve Dane N Alımı arasındaki ilişki.







EK 2. Vejetasyon süresince Yeter N (28,7 kg N·da^{-1}) ve Düşük N (21,5 kg N·da^{-1}) seviyelerine ulaşmak için, tabandan 9,1 kg N·ha^{-1} dozunda N uygulanmış, çıkıştan sonra 25. ve/veya 50. günlerde ise Üre, CAN ve/veya AS gübreleriyle toplamda 24,5 veya 16,1 kg N·da^{-1} dozunda üst gübrelemesi yapılmış mısır bitkilerinin Dane Verimi, Hasat Artığı Verimi, Hasat İndeksi ve bunlara ait Standart Hata değerleri ve bu değerler için hazılanmış varyans analiz çizelgeleri

Uygulamalar	Verim (kg/da)					
	Dane	SH	Hasat Artığı	SH	HI	SH
Kontrol	353	*6*	566	*58*	39	*2,1*
Yeter N (Üre/Üre)	1321	*20*	1223	*33*	52	*0,5*
Yeter N (-/Üre)	1226	*29*	1059	*41*	54	*1,0*
Yeter N (Üre/-)	1349	*39*	1292	*48*	51	*0,2*
Yeter N (Üre/CAN)	1399	*31*	1266	*51*	53	*1,0*
Yeter N (Üre/AS)	1395	*18*	1254	*18*	53	*0,6*
Düşük N (Üre/Üre)	1094	*29*	1244	*62*	47	*1,0*
Düşük N (-/Üre)	1019	*24*	1058	*20*	49	*0,0*
Düşük N (Üre/-)	1120	*24*	1218	*26*	48	*0,7*
Düşük N (Üre/CAN)	1098	*32*	1182	*21*	48	*1,0*
Düşük N (Üre/AS)	1176	*37*	1192	*21*	50	*1,1*

Dane Verimi Varyans Analizi

	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	Önem
Uygulamalar	3419859,045	10	341985,905	111,741	,000
Hata	100997,500	33	3060,530		
Genel	3520856,545	43			

Hasat Artığı Verimi Varyans Analizi

	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	Önem
Uygulamalar	1690782,000	10	169078,200	27,096	,000
Hata	205918,250	33	6239,947		
Genel	1896700,250	43			

Hasat İndeksi Varyans Analizi

	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	Önem
Uygulamalar	,068	10	,007	16,822	,000
Hata	,013	33	,000		
Genel	,081	43			

EK 3. Vejetasyon süresince Yeter N (28,7 kg N·da^{-1}) ve Düşük N (21,5 kg N·da^{-1}) seviyelerine ulaşmak için, tabandan 9,1 kg N·ha^{-1} dozunda N uygulanmış, çıkıştan sonra 25. ve/veya 50. günlerde ise Üre, CAN ve/veya AS gübreleriyle toplamda 24,5 veya 16,1 kg N·da^{-1} dozunda üst gübrelemesi yapılmış mısır bitkilerinin Dane, Hasat Artığı N Konsantrasyonları ve Dane, Hasat Artığı N İçerikleri, Toplam N Alım değerleri ve bunlara ait Standart Hata değerleri ve bu değerler için hazılanmış varyans analiz çizelgeleri

Uygulamalar	N Konsantrasyonu, %				N İçeriği, kg N·da^{-1}					
	Dane	SH	Hasat Artığı	SH	Dane	SH	Hasat Artığı	SH	Toplam Alım	SH
Kontrol	0,89	*0,01*	0,42	*0,05*	3,14	*0,10*	2,33	*0,28*	5,47	*0,32*
Yeter N (Üre/Üre)	0,89	*0,02*	0,45	*0,05*	11,73	*0,37*	5,49	*0,45*	17,22	*0,38*
Yeter N (-/Üre)	0,83	*0,03*	0,60	*0,03*	10,14	*0,37*	6,28	*0,16*	16,42	*0,49*
Yeter N (Üre/-)	1,01	*0,01*	0,53	*0,01*	13,59	*0,37*	6,81	*0,23*	20,40	*0,60*
Yeter N (Üre/CAN)	1,03	*0,03*	0,53	*0,02*	14,40	*0,72*	6,69	*0,12*	21,08	*0,75*
Yeter N (Üre/AS)	0,91	*0,00*	0,47	*0,00*	12,70	*0,16*	5,83	*0,12*	18,53	*0,09*
Düşük N (Üre/Üre)	0,83	*0,04*	0,41	*0,03*	9,00	*0,24*	5,00	*0,18*	13,99	*0,36*
Düşük N (-/Üre)	0,87	*0,03*	0,42	*0,03*	8,82	*0,10*	4,46	*0,37*	13,28	*0,29*
Düşük N (Üre/-)	0,83	*0,02*	0,42	*0,01*	9,25	*0,45*	5,06	*0,17*	14,31	*0,54*
Düşük N (Üre/CAN)	0,82	*0,01*	0,37	*0,02*	9,02	*0,18*	4,32	*0,26*	13,34	*0,32*
Düşük N (Üre/AS)	0,89	*0,02*	0,40	*0,03*	10,46	*0,38*	4,79	*0,40*	15,20	*0,52*

Dane N Konsantrasyonu Varyans Analizi

	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	Önem
Uygulamalar	,202	10	,020	10,566	,000
Hata	,063	33	,002		
Genel	,265	43			

Hasat Artığı N Konsantrasyonu Varyans Analizi

	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	Önem
Uygulamalar	,194	10	,019	5,969	,000
Hata	,107	33	,003		
Genel	,301	43			

Dane N İçeriği Varyans Analizi

	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	Önem
Uygulamalar	372,852	10	37,285	73,363	,000
Hata	16,771	33	,508		
Genel	389,623	43			

Hasat Artığı N İçeriği Varyans Analizi

	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	Önem
Uygulamalar	65,046	10	6,505	22,196	,000
Hata	9,671	33	,293		
Genel	74,717	43			

Bitki Total N İçeriği Varyans Analizi

	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	Önem
Uygulamalar	728,084	10	72,808	87,092	,000
Hata	27,588	33	,836		
Genel	755,672	43			

EK 4. Vejetasyon süresince Yeter N (28,7 kg N·da^{-1}) ve Düşük N (21,5 kg N·da^{-1}) seviyelerine ulaşmak için, tabandan 9,1 kg N·ha^{-1} dozunda N uygulanmış, çıkıştan sonra 25. ve/veya 50. günlerde ise Üre, CAN ve/veya AS gübreleriyle toplamda 24,5 veya 16,1 kg N·da^{-1} dozunda üst gübrelemesi yapılmış mısır bitkilerinin Dane, Hasat Artığı P Konsantrasyonları ve Dane, Hasat Artığı P İçerikleri, Toplam P Alım değerleri ve bunlara ait Standart Hata değerleri ve bu değerler için hazılanmış varyans analiz çizelgeleri

Uygulamalar	P Konsantrasyonu, %				P İçeriği, kg N·da^{-1}					
	Dane	SH	Hasat Artığı	SH	Dane	SH	Hasat Artığı	SH	Toplam Alım	SH
Kontrol	0,27	*0,02*	0,79	*0,15*	0,93	*0,06*	4,23	*0,36*	5,17	*0,41*
Yeter N (Üre/Üre)	0,27	*0,01*	0,13	*0,02*	3,50	*0,17*	1,60	*0,26*	5,12	*0,27*
Yeter N (-/Üre)	0,29	*0,02*	0,16	*0,01*	3,50	*0,25*	1,64	*0,08*	5,14	*0,31*
Yeter N (Üre/-)	0,31	*0,02*	0,19	*0,02*	4,16	*0,21*	2,44	*0,33*	6,61	*0,26*
Yeter N (Üre/CAN)	0,26	*0,01*	0,17	*0,01*	3,56	*0,14*	2,16	*0,24*	5,73	*0,34*
Yeter N (Üre/AS)	0,29	*0,03*	0,18	*0,02*	3,99	*0,51*	2,27	*0,24*	6,26	*0,56*
Düşük N (Üre/Üre)	0,29	*0,02*	0,16	*0,01*	3,18	*0,31*	1,99	*0,19*	5,17	*0,32*
Düşük N (-/Üre)	0,24	*0,01*	0,21	*0,02*	2,44	*0,06*	2,17	*0,23*	4,62	*0,27*
Düşük N (Üre/-)	0,29	*0,02*	0,18	*0,02*	3,26	*0,27*	2,21	*0,35*	5,47	*0,45*
Düşük N (Üre/CAN)	0,24	*0,01*	0,16	*0,02*	2,64	*0,17*	1,89	*0,19*	4,53	*0,18*
Düşük N (Üre/AS)	0,28	*0,02*	0,17	*0,01*	3,28	*0,24*	1,95	*0,05*	5,23	*0,25*

Dane P Konsantrasyonu Varyans Analizi

	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	Önem
Uygulamalar	,020	10	,002	1,343	,250
Hata	,048	33	,001		
Genel	,068	43			

Hasat Artığı P Konsantrasyonu Varyans Analizi

	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	Önem
Uygulamalar	1,414	10	,141	14,961	,000
Hata	,312	33	,009		
Genel	1,726	43			

Dane P İçeriği Varyans Analizi

	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	Önem
Uygulamalar	31,406	10	3,141	12,753	,000
Hata	8,126	33	,246		
Genel	39,533	43			

Hasat Artığı P İçeriği Varyans Analizi

	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	Önem
Uygulamalar	20,251	10	2,025	8,365	,000
Hata	7,989	33	,242		
Genel	28,240	43			

Bitki Total P İçeriği Varyans Analizi

	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	Önem
Uygulamalar	15,809	10	1,581	3,336	,004
Hata	15,638	33	,474		
Genel	31,447	43			

EK 5. Vejetasyon süresince Yeter N (28,7 kg N·da^{-1}) ve Düşük N (21,5 kg N·da^{-1}) seviyelerine ulaşmak için, tabandan 9,1 kg N·ha^{-1} dozunda N uygulanmış, çıkıştan sonra 25. ve/veya 50. günlerde ise Üre, CAN ve/veya AS gübreleriyle toplamda 24,5 veya 16,1 kg N·da^{-1} dozunda üst gübrelemesi yapılmış mısır bitkilerinin Dane, Hasat Artığı K Konsantrasyonları ve Dane, Hasat Artığı K İçerikleri, Toplam K Alım değerleri ve bunlara ait Standart Hata değerleri ve bu değerler için hazılanmış varyans analiz çizelgeleri

Uygulamalar	K Konsantrasyonu, %				K İçeriği, kg N·da^{-1}					
	Dane	SH	Hasat Artığı	SH	Dane	SH	Hasat Artığı	SH	Toplam Alım	SH
Kontrol	0,46	*0,02*	1,84	*0,14*	1,61	*0,09*	10,27	*0,88*	11,88	*0,87*
Yeter N (Üre/Üre)	0,47	*0,01*	1,93	*0,03*	6,22	*0,14*	23,60	*0,98*	29,82	*1,06*
Yeter N (-/Üre)	0,49	*0,01*	2,15	*0,07*	5,97	*0,14*	22,70	*0,79*	28,67	*0,87*
Yeter N (Üre/-)	0,53	*0,01*	1,97	*0,03*	7,10	*0,25*	25,52	*1,27*	32,67	*1,52*
Yeter N (Üre/CAN)	0,48	*0,02*	1,99	*0,06*	6,71	*0,37*	25,19	*1,09*	31,90	*1,06*
Yeter N (Üre/AS)	0,50	*0,02*	2,03	*0,05*	6,92	*0,31*	25,42	*0,68*	32,34	*0,58*
Düşük N (Üre/Üre)	0,49	*0,01*	2,04	*0,03*	5,37	*0,17*	25,34	*1,30*	30,71	*1,43*
Düşük N (-/Üre)	0,52	*0,02*	2,12	*0,12*	5,31	*0,22*	22,60	*1,75*	27,84	*1,87*
Düşük N (Üre/-)	0,51	*0,02*	1,94	*0,12*	5,69	*0,28*	23,62	*1,84*	29,31	*1,95*
Düşük N (Üre/CAN)	0,51	*0,01*	2,17	*0,07*	5,57	*0,15*	25,62	*0,83*	31,18	*0,70*
Düşük N (Üre/AS)	0,50	*0,02*	2,00	*0,02*	5,51	*0,21*	23,06	*0,83*	28,57	*0,81*

Dane K Konsantrasyonu Varyans Analizi

	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	Önem
Uygulamalar	,017	10	,002	2,077	,056
Hata	,028	33	,001		
Genel	,045	43			

Hasat Artığı K Konsantrasyonu Varyans Analizi

	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	Önem
Uygulamalar	,401	10	,040	1,629	,142
Hata	,812	33	,025		
Genel	1,213	43			

Dane K İçeriği Varyans Analizi

	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	Önem
Uygulamalar	87,133	10	8,713	42,297	,000
Hata	6,798	33	,206		
Genel	93,931	43			

Dane K İçeriği Varyans Analizi

	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	Önem
Uygulamalar	769,477	10	76,948	13,945	,000
Hata	182,097	33	5,518		
Genel	951,575	43			

Bitki Total K İçeriği Varyans Analizi

	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	Önem
Uygulamalar	1338,964	10	133,896	21,825	,000
Hata	202,454	33	6,135		
Genel	1541,419	43			