

T.C.
ERCIYES ÜNİVERSİTESİ
BİLİMSEL ARAŞTIRMA PROJELERİ
KOORDİNASYON BİRİMİ



TÜRKİYE'DE YETİŞTİRİLEN BAZI PATATES (*SOLANUM TUBEROSUM* L.) ÇEŞİTLERİNİN FERTİGASYONLA UYGULANAN FARKLI AZOT DOZLARINA KARŞI GÖSTERDİĞİ AGRONOMİK, FİZYOLOJİK VE MORFOLOJİK FARKLILIKLARININ BELİRLENMESİ

Proje No: FDA-2015-5203

Proje Türü: Kurum Dışı Destekli Araştırmalar İçin İhtiyaç Projesi

SONUÇ RAPORU

Proje Yürütücüsü: Yrd. Doç. Dr. Abdullah ULAŞ
Seyrani Ziraat Fakültesi/ Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü

Araştırmacı: Doç. Dr. Ali ÜNLÜKARA
Seyrani Ziraat Fakültesi/ Biyosistem Mühendisliği Bölümü

Aralık 2016

KAYSERİ

ÖNSÖZ

Patates (*Solanum tuberosum* L.), dünyada en çok üretimi yapılan bitkisel temel besin kaynakları arasında pirinç, buğday ve mısırdan sonra 4. sırada yer almaktadır. Ekonomik, gıda ve beslenme açısından ülkemizde de büyük bir öneme sahip olan patatesin, Türkiye'deki üretimi bir çok Avrupa ülkesinden daha fazladır. Gübre gereksinimi açısından, azota (N) ihtiyacı yüksek olan bir bitkidir. Fakat sahip olduğu sığ ve zayıf kök sisteminden dolayı, bir buğday, mısır veya şeker pancarı bitkisine oranla topraktaki azottan yararlanma etkinliği oldukça düşüktür. Buna rağmen, ne yazık ki Türkiye'de patatesin yoğun olarak yetiştirildiği bazı bölgelerde, bitkinin ihtiyacından çok daha fazlası azotlu gübre olarak toprağa verilmektedir. Bitki tarafından alınamayan azotun büyük bir kısmı yıkanarak yer altı içme sularına karışmakta, bir kısmı ise denirifikasyon veya volatilizasyon proseslerine bağlı olarak gaz halinde buharlaşarak atmosferi kirletmektedir. Bu gibi durumlar hem çevreye, hem insan, hem de hayvan sağlığına zarar verebilmektedir. Ayrıca, aşırı azotlu gübre uygulanmış patateslerde yumru kalitesi oldukça düşmekte ve depolarda saklanma ömrü kısalmaktadır. Fakat, tüm patates çeşitlerinin azottan yararlanma etkinlikleri birbirleriyle aynı değildir. Çünkü patates genotipleri arasında bu özellik bakımından büyük bir genotipik varyasyon bulunmaktadır. Güçlü ve etkin bir kök morfolojisine sahip olan ve ayrıca genetik olarak yüksek azot alım/kullanım etkinlik karakterleri taşıyan patates genotiplerinde bu oran çok daha yüksektir. TÜBİTAK Kurumu ve Erciyes Üniversitesi BAP Birimi tarafından desteklenmiş olan bu projenin temel amacı: Ülkemizde patates yetiştirilen bölgelerde en çok tercih edilen bazı patates çeşitlerini seçerek, azot alım/kullanım etkinliğinde rol oynayan ikincil karakter özelliklerini ön tarama (screening) çalışmalarla kontrollü iklim koşullarında belirleyip, daha sonra da tarla koşullarında iki yıl süre ile gelişim ve verim performanslarını test etmek olmuştur. Yapılan screening çalışmalar ve arazide yürütülmüş olan tarla denemeleri (2014 ve 2015) sonucu ortaya çıkan neticeler göstermiştir ki, genotipik olarak üstün verim performansı gösteren çeşitlerin yumru verimi ile azot alım/kullanım etkinliği arasında özellikle kök morfolojik karakterler bakımından pozitif bir ilişki ortaya çıkmıştır. Bu özellikler bakımından da çeşitler arasında büyük genotipik farklılık tespit edilmiştir. Proje sayesinde elde edilen bu bilgiler, henüz yeterli sayıda tescilli yerli patates çeşidine sahip olmayan Ülkemizde azot-etkin yerli patates çeşitlerinin geliştirilip ıslah edilmesi için yararlı bilgiler olarak ıslahçıların hizmetine sunulacaktır. İleride geliştirilebilecek olan bu yeni yerli çeşitler sayesinde üreticiler daha az azotlu gübre kullanarak, daha yüksek verim alabileceklerdir. Ayrıca, tüm bu bilgiler patates tarımının yoğun olarak yapıldığı bölgelerde aşırı azotlu gübreleme ve aşırı sulama sonucu ortaya çıkan çevre, sağlık ve üretim problemlerine alternatif bir çözüm yolu olarak da ışık tutacaktır. Bu bakımdan, bu projeyi destekleyen TÜBİTAK Kurumuna ve Erciyes Üniversitesi BAP Birimine proje süresince vermiş oldukları değerli hizmet ve katkılarından ötürü, tüm proje ekibi olarak teşekkürlerimizi sunarız.

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ.....	i
İÇİNDEKİLER.....	ii
ÖZET.....	vi
ABSTRACT.....	vii
1. GİRİŞ.....	1
2. LİTERATÜR ÖZETİ.....	3
2.1 Patatesin Gelişim Dönemleri ve Genotipik Çeşitlilik.....	3
2.1.2 Genotipik Çeşitliliğe Bağlı Olarak Patatesin Besin Elementi İhtiyacı.....	3
2.2 Patateste Azotlu Gübreleme ve Azot Etkinliği.....	4
2.2.1 Azot Etkinliğinde Genotipik Farklılığın Önemi.....	6
2.2.2 Bitkide Azot Etkinliğinde Rol Oynayan İkincil Karakterler Özellikler.....	8
2.2.3 Patateste Azotlu Gübre Uygulama Yöntemleri.....	9
2.2.3.1 Damla Sulama-Fertigasyon Yöntemi.....	9
2.3. Patates Tarımında Aşırı Azotlu Gübreleme Sonucu Ortaya Çıkan Temel Sorunlar.....	11
2.3.1 Çevre ve Sağlık Sorunları.....	11
2.3.2 Üretim, Kalite ve Depolama İle İlgili Sorunlar.....	12
2.3.3 Ekonomik Sorunlar.....	12
3. GEREÇ VE YÖNTEM.....	14
3.1. Besin Çözeltisi Ortamında Screening Denemeleri.....	14
3.1.1 Denemenin Yeri.....	14
3.1.2 Denemede Kullanılan Bitkisel Materyal.....	14
3.1.3 Bitki Yetiştirme Ortamlarının Hazırlanması ve Deneme Kurulum Yöntemi.....	14
3.2. Arazi Koşullarında Yürütülmüş Tarla Denemeleri.....	15
3.2.1 Denemenin Yeri.....	15
3.2.2 Denemede Kullanılan Bitkisel Materyal.....	15
3.2.3 Deneme Arazisinin Hazırlanması, Deneme Kurulum Deseni ve Yumru Dikimi.....	15
3.2.4 Azotlu Gübrenin Damla Sulama-Fertigasyon Yöntemiyle Uygulanması.....	16
4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	18
4.1 Farklı Patates Çeşitlerinin Azot Etkinlik Performanslarının Besin Çözeltisi Ortamında Screening Denemelerle Belirlenmesi.....	18
4.2. Screening Çalışmalar Sonucu Secilmiş Çeşitlerinin Tarla Koşullarında Azot Etkinlik Performanslarının Agronomik, Fizyolojik ve Kök Morfolojik Parametrelere Bağlı Olarak Belirlenmesi.....	18
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	19
KAYNAKLAR.....	21

ÖZET

TÜBİTAK ve ERÜ BAP Birimi tarafından desteklenen bu çalışmanın amacı; Türkiye’de patates yetiştirilen bölgelerde en çok tercih edilen farklı patates çeşitlerinin azot etkinliğinde rol oynayan ikincil karakter özelliklerini önce hidroponik koşullarda yüksek ve düşük azot dozlarında tarama (screening) çalışmalarıyla belirleyip sınıflandırmaktır. Daha sonra, azot etkinlik karakter özellikleri tam olarak belirlenmiş çeşitlerin bazılarını N-çapraz gruplama yöntemine göre seçerek, tarla koşullarında farklı azot dozlarında damla sulama-fertigasyon tekniği kullanarak azottan yararlanma performanslarını (azot etkinliği) iki yıl süre ile test etmektir. Screening çalışmalarda 15 farklı patates çeşidinden köklenmiş homojen sürgünler elde edilmiştir. Daha sonra bu sürgünler besin çözeltisi ortamına aktararak düşük (0.5 mM N) ve yüksek (3.0 mM N) azot koşullarında azot etkinlik parametrelerinin tümü belirlenmiştir. Daha sonra 15 çeşit içerisinde seçilmiş olan 6 çeşit, 2014 ve 2015 yılı tarla denemelerinde 5 farklı azot dozunda (N0:0, N1:9, N2:18, N3:27, N4:36 kg N da⁻¹) test edilmiştir. Bitkilere azot damla sulama-fertigasyon tekniğiyle uygulanmıştır. Azot etkinliğinde rol oynayan agronomik, fizyolojik ve kök morfolojik tüm parametreler, bitki gelişim başlangıcından hasada kadar ortalama 120 günde, 4 defa hasat edilerek ölçülmüştür. Bitkide biyomas ve yumru verimi artan azot dozlarına paralel artış göstermiştir. Azot dozları (P<0.001), çeşitler (P<0.001) ve deneme yılları (P<0.01) arasında yumruda verim ve kalite parametreleri bakımından istatistiksel olarak önemli düzeyde farklılıklar meydana gelmiştir. Genel, iki yıllık ortalamaya göre en düşük dekara yumru verimi 1457.0 kg ile N0 dozundan elde edilirken, en yüksek dekara yumru verimi 2881.0 kg ile N4 dozunda elde edilmiştir. Çeşitler arasındaki yumru verim farklılığı N0 dozunda dekara 949.0 kg iken, N4 dozunda bu fark 1543.0 kg da⁻¹ olmuştur. Genelde hem düşük hem de yüksek azot koşullarında yüksek yumru verim performansı sergileyen N-etkin çeşitler Hermes ve Van Gogh iken en düşük yumru verim performansı sergileyen N-etkinsiz çeşitler ise Agria ve Juwel olmuştur. Tüm neticeler göstermiştir ki, çeşitlerin azot etkinliğinde yaprak fizyolojik ve kök morfolojik ikincil karakterler büyük bir rol oynamaktadır.

Anahtar kelimeler: Azot etkinliği, patates, genotipik farklılık, kök morfolojisi, ikincil karakterler, fertigasyon

ABSTRACT

The objective of this project that supported by TÜBİTAK and ERÜ BAP Unit, was to determine secondary plant traits which play essential role in nitrogen efficiency of most preferred potato varieties grown in Turkey by screening studies under hydroponik conditions and to classify them depending on low-N and high-N concentrations. And then, selecting some varieties which were well determined in terms of N efficiency characters based on the N-crossing classification method and to test their N performance (N efficiency) by using drip irrigation-fertigation technique for a period of two years under field conditions. At screening studies, homogenous plantlets were propagated from 15 different potato varieties. The propagated plantlets were transferred in nutrient solution medium which has low (0.5 mM N) and high (3.0 mM N) N conditions and all the N efficiency parameters were determined. After that, 6 varieties which were selected in between 15 varieties, were tested under 5 different nitrogen doses (N0:0, N1:9, N2:18, N3:27, N4:36 kg N da⁻¹) in 2014 and 2015 field experiments. Nitrogen was applied to the plants by drip irrigation-fertigation technique. All agronomical, physiological and root morphological parameters were measured plants during a period of 120 days from the beginning of plant growth up to maturity by harvesting at four intervals. Plant biomass and tuber yield was increased by increasing nitrogen doses. Highly significant differences between nitrogen doses ($P<0.001$), among varieties ($P<0.001$) and between years ($P<0.01$) were found in yield and quality parameters. Averaged over two years the lowest tuber yield of 1457.0 kg da⁻¹ was produced at N0 while the highest tuber yield of 2881.0 kg da⁻¹ was produced at N4. Tuber yield difference among varieties was 949.0 kg da⁻¹ at N0 dose, while the difference was 1543.0 kg da⁻¹ at N4 dose. Either low nitrogen or high nitrogen conditions, usually high performance in tuber yield was shown by the varieties of Hermes and Van Gogh while the lowest performance was shown by the varieties of Agria and Juwel. All results indicate that leaf physiological and root morphological secondary traits play an important role in N-efficiency.

Key words: Nitrogen efficiency, potato, genotypic difference, root morphology, secondary traits, fertigation

1. GİRİŞ

Tek yıllık bir kültür bitkisi olan patates (*Solanum tuberosum* L.), dünyada en çok üretimi yapılan bitkisel temel besin kaynakları arasında pirinç, buğday ve mısırdan sonra 4. sırada yer almaktadır (Fabeiro ve ark. 2001). Elde edilen 2011 yılı verilerine göre dünyada toplam 19 milyon ha'lık alanda patates üretimi yapılmakta olup, toplam üretim 374 milyon ton ve dekara yumru verimi ise, 1945 kg'dır (FAO, 2013). Ekonomik açıdan değerlendirildiğinde, dünyada 4.5 milyon tonun üzerinde patates üretimi yapan gelişmiş ülkeler arasında Türkiye 2011 yılı itibariyle 142 bin hektar üretim alanı, 4.6 milyon ton yıllık üretim ve dekara ortalama 3260 kg yumru verimi (TUIK, 2013) ile Kanada'nın önünde, Hollanda ve İngiltere'nin hemen ardında yer almaktadır (FAO, 2013). Lakin, üretim bakımından diğer ülkelere çok da geride olmayan ülkemizde üç yerli çeşidin dışında, tescilli yerli patates çeşidimiz bulunmamaktadır (BUGEM, 2013). Bu yüzden, Türkiye'deki üretim genel olarak yabancı ülkelerde (Almanya, Fransa, Hollanda, İngiltere) ıslah edilmiş ve Türkiye'de tescillenmiş patates çeşitleri kullanılarak gerçekleştirilmektedir. Hemen, hemen birbirine çok yakın iklim ve yetiştirme koşullarına sahip bu yabancı ülkelere ıslah edilmiş patates çeşitlerinin, yedi farklı coğrafi bölgeye sahip olan, iklim ve toprak özellikleri bakımından önemli farklılıklara sahip ülkemizde aynı uyumu göstermesi doğal olarak beklenemez. Buna rağmen, T.C. Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı Tohumculuk Daire Başkanlığı verilerine göre 2011 yılı itibariyle Türkiye, yurtdışından 21.000 ton anaç tohumluk ithal ederek, 18.8 milyon Avro döviz ödemiştir (BUGEM, 2013).

Gıda ve beslenme açısından bakıldığında, dünya nüfusunun her yıl 80 milyon arttığı ve de 2025 de yaklaşık olarak 9.37 milyara yükseleceği tahmin edilmektedir (FAO, 2013). Bu kadar hızlı artan dünya nüfusu aynı zamanda büyük bir gıda talebi doğurmaktadır. Patates hızla artan bu dünya nüfusu için, özellikle de az gelişmiş, yetersiz ve dengesiz beslenen ülkeler için içerdiği yüksek oranda karbonhidrat (%11-24 nişasta), protein (%2-3), vitaminler (C, B2, B1, A) ve mineraller (K, P, Ca, Fe) sayesinde çok önemli bir besin kaynağını oluşturmaktadır (Günel ve Karadoğan, 1992). Patates, sadece az gelişmiş veya gelişmekte olan ülkeler için değil, aynı zamanda gelişmiş olan ülkeler için de vazgeçilmez temel bir besin kaynağıdır. Yapılan çalışmalar 100 g'lık bir patates yumrusunun normal bir insanın gereksinim duyduğu günlük proteinin minimum %7'sini, demirin %10'unu, C vitamininin %20-50'sini, B1 vitamininin %10'unu ve enerjinin %3'ünü karşıladığını göstermiştir (Burton, 1974). Bununla beraber, patates sadece insan beslenmesi açısından önemli bir gıda kaynağı olmayıp aynı zamanda hayvan beslenmesinde de önemli bir yere sahiptir. Fabrikalarda işlenmiş patates artığı küspe (posa) olarak hayvanların beslenmesinde enerji kaynağı karbonhidratlar olarak değerlendirilir. Ayrıca patates birçok endüstri alanında (gıda, kimya, tekstil, kozmetik, vs)

çeşitli ürünlerin (nişasta, pudra, sosis, çocuk maması, tutkal, glikoz, dekstrin, lens ve özellikle ispiro) elde edilmesinde kullanılan çok değerli bir sanayi hammaddesidir.

Günümüzde kimyasal gübreler, hem yüksek-girdili hem de düşük-girdili tarım sistemlerinde bitki gelişimini ve ürün verimini doğrudan etkileyen en önemli girdi kaynaklardan olup, bu kaynaklar arasında özellikle azot, bitkisel üretimde en çok ihtiyaç duyulan ve de çok yaygın olarak kullanılan bir besin elementidir (Ulas, 2010). Besin elementi gereksinimi açısından, patates bitkisi (*Solanum tuberosum* L.) potasyumdan (K) sonra, azota (N) en fazla ihtiyaç duyan bir bitkidir. Ama ne yazık ki Türkiye'de patatesin yoğun olarak yetiştirildiği Niğde ve Nevşehir gibi bölgelerde patates bitkisinin ihtiyacından çok daha fazlası azotlu gübre olarak toprağa verilmektedir (Gezgin ve Uyangöz, 1998). Fakat, patates bitkisi sahip olduğu sığ ve zayıf kök sisteminden dolayı, bir buğday, mısır veya şeker pancarı bitkisine oranla azottan yararlanma etkinliği oldukça düşüktür. Bundan dolayı, gübre olarak uygulanan ve bitki tarafından alınamayan azotun büyük bir kısmı yıkanarak yer altı içme sularına karışmakta, bir kısmı ise denitrifikasyon veya volatilizasyon proseslerine bağlı olarak gaz halinde buharlaşarak atmosferi kirletmektedir. Bu durum hem çevreye, hem insan hem de hayvan sağlığına zarar verebilmektedir.

Kimyasal gübre olarak toprağa uygulanan azotun bitkiler tarafından alımı ve kullanımı tüm patates çeşitlerinde aynı değildir. Bu özellik açısından patates çeşitleri arasında çok büyük genotipik varyasyon bulunmaktadır. Örneğin, güçlü ve etkin bir kök morfolojisine sahip olan ve ayrıca genetik olarak yüksek azot alım/kullanım etkinlik karakterleri taşıyan patates genotiplerinin hem azot ihtiyacı daha düşük, hem de uygulanmış olan azotun toprakta geriye kalan miktarları oldukça düşük seviyede çıkabilmektedir. Bu da hem çevre, hem insan, hem de hayvan sağlığına açısından önemli bir çözüm yoludur. Bu nedenle Türkiye'de, belirli bölgelerde özel adaptasyon yeteneğine sahip patates çeşitlerinin tespit edilip, bu çeşitlerin azot alım ve kullanım etkinliğinde rol oynayan ikincil özelliklerinin belirlenmesi ve tanımlanması gerekmektedir. TÜBİTAK tarafından desteklenen bu çalışmanın amacı; Türkiye'de patates yetiştirilen bölgelerde en çok tercih edilen farklı patates çeşitlerinin azot etkinliğinde rol oynayan ikincil karakter özelliklerini önce hidroponik koşullarda yüksek ve düşük azot dozlarında kök morfolojik ve fizyolojik tarama (screening) çalışmalarıyla belirleyip sınıflandırmaktır (N-etkin ve N-etkinsiz (düşük-N), N-duyarlı, N-duyarsız (yüksek-N)). Daha sonra, azot etkinlik karakter özellikleri tam olarak belirlenmiş patates çeşitlerinin bazılarını N-çapraz gruplama yöntemine göre seçerek, tarla koşullarında damla sulama-fertigasyon tekniği kullanarak uygulanan farklı dozlardaki azottan yararlanma performanslarını (azot etkinliği) agronomik, fizyolojik ve kök morfolojik parametrelerine bağlı olarak iki yıl süre ile test etmektir.

2. LİTERATÜR ÖZETİ

2.1 Patatesin Gelişim Dönemleri ve Genotipik Çeşitlilik

Patates yumru veya tohum ile çoğalan bir tarla bitkisidir. Toprağa dikildiğinde, yumru üzerinde bulunan gözlerin sürmesi ile toprak altında kök (30-40 cm derinlik), stolon (üzerinde yumruların oluşacağı organ) ve yumru meydana gelirken, toprak üzerinde ise; gövde, yaprak, çiçek, meyve ve tohumları oluşur (Arioğlu, 1997). Genel olarak, patates bitkisinin gelişmesinde dört ana dönem mevcuttur. Her bir döneme ait kesin vejetasyon süresi kullanılan çeşitlerin özelliklerine bağlı olarak önemli bir genetik varyasyon göstermektedir. Türkiye’de üreticilerin yaygın olarak kullandığı tohumluk patates çeşitleri; erkenci (80-90 gün), orta erkenci (90-100 gün), orta geççi (100-120 gün), geççi (120-140 gün) çok geççi (140 günden fazla) olmak üzere 5 farklı genotipik çeşitlilik sergilemektedir (İlisulu, 1986). Patates gelişiminde birinci dönem, yumru (tohum) ekiminden sonra çıkış (çimlenme) ile yumru başlangıcı arasındaki vejetatif dönemdir. Ortalama 120 günlük gelişme dönemine sahip patates çeşitlerinde bu dönem 30 gün kadardır. İkinci dönem ise en kısa dönem (10-14 gün) olup yumruların meydana geldiği dönemdir. Bu dönemin sonralarına doğru çiçeklenme başlar. Üçüncü dönem ise yumru irileşme dönemidir. En çok kuru madde birikimi bu dönemde olur. Bu dönem ortalama olarak 120 günlük gelişme dönemi içinde 50. ve 100. günler arasındaki 50 günlük en uzun dönemdir. Bu dönemde bir yandan bitkinin üst kısmında gelişme devam ederken diğer yandan yumrulara irileşme olur. Son dönem yumruların olgunlaşma (hasat) dönemidir. Çeşitlere ve bölgelere göre ortalama 20 gün kadar devam eder. Bu gelişme dönemi patatesin 100. ve-120. günleri arasındaki 20 günlük dönemdir.

2.1.2 Genotipik Çeşitliliğe Bağlı Olarak Patatesin Besin Elementi İhtiyacı

Patateste yumru verimi, başta kullanılan genetik materyal olmak üzere, iklim, toprak koşulları, uygulanan besin elementi miktarı, yetiştirme tekniği gibi birçok faktöre bağlı olarak büyük değişkenlik gösterir (Onaran ve Arioğlu, 1999). Bu bakımdan, her bir patates çeşidinin yumru oluşturabilmek için ihtiyaç duyduğu ve buna bağlı olarak tüm gelişme dönemleri boyunca topraktan kaldıracağı besin maddesi miktarları doğal olarak birbirinden farklı olacaktır. Patates bitkisi, topraktan kaldırdığı bu besin maddelerinin yaklaşık %33 ünü yeşil aksamında biriktirirken, geri kalan %67’lik kısmını yumruda depolamaktadır. Genel olarak, patatesin topraktan kaldıracağı toplam besin miktarını, olgunlaşma sınıfı ve gelişme döneminin uzunluğu olmak üzere iki ana faktör belirler. Genelde kısa vejetasyon süresine sahip, erken olgunlaşan patates çeşitleri vejetatif dönemde (I. dönem) ve yumruların meydana geldiği dönemde (II. dönem) yüksek ve yoğun besin elementi ihtiyacı gösterirler. Fakat uzun gelişme dönemine sahip geç olgunlaşan patates çeşitlerinde topraktan besin

elementi alımları daha uzun bir zaman dilimine yayılır. Yapılan birçok çalışma, patates bitkisine uygulanan azot miktarının aynı olmasına karşın, tüm gelişme dönemleri boyunca topraktan kaldırmış olduğu besin elementi miktarının ve buna bağlı olarak da yumru verimi ve kalitenin çeşitler arasında birbirlerinden çok farklı olabileceğini göstermiştir (Samul, 1982; Ciecko ve ark. 1988; Arslan ve Kevseroğlu, 1991; Gavlak ve ark. 1993). Bu bağlamda, patates için geliştirilecek bir azotlu gübre uygulama stratejisi, kullanılacak olan genetik materyalin olgunlaşma ve gelişme sürelerindeki genotipik farklılıklar göz önünde bulundurularak belirlenmelidir (Mikkelsen, 2006).

2.2. Patateste Azotlu Gübreleme ve Azot Etkinliği

Azot (N), patates bitkisinin verim ve kalitesini en çok etkileyen özellikle de yumru oluşum ve gelişim döneminde büyük rol oynayan ve bitkinin potasyumdan (K) sonra en fazla ihtiyaç duyduğu besin elementidir (Öztürk ve ark., 2007). Yapılan bir çok çalışma, artan dozlarda uygulanan azotlu gübrenin patates verimini (yumru verimi, yumru sayısı, çözünebilir kuru madde yüzdesi) büyük oranda arttırdığı ve kalite parametrelerini (nişasta ve protein) de olumlu yönde etkilediğini ortaya koymuştur (Samul, 1982; Khalel ve ark., 1986; Janat, 2007). Aynı zamanda azot, bitkide bir çok önemli organik bileşiğin (proteinler, amino asitler, nükleik asitler, enzimler, klorofil, ATP ve ADP) yapısında yer alan (Aktaş, 1995) ve diğer besin elementlerine göre bitkideki organik bileşimi (şeker, nişasta, toplam azot, selüloz) en çok etkileyen bir besin elementidir (Marschner, 1995). Bu bakımdan, patateste yüksek yumru verimi ve iyi kaliteyi elde edebilmek için uygulanacak azotlu gübre dozunun çok iyi ayarlanması gerekmektedir.

Farklı azot dozlarının patateste verim ve kalitesi üzerine etkileriyle ilgili birçok çalışmalar yapılmıştır. Örneğin, Khalel ve ark., (1986), Patateste azotlu gübrelemenin (16 kg N da^{-1}) toplam verim, küçük yumru verimi ve bitki verimini önemli bir şekilde artırdığını, fakat orta ve büyük yumru verimini etkilemediğini tespit etmişlerdir. Ayrıca, hem bitkideki yumru sayısı, hem de yumrudaki toplam çözünebilir kuru madde yüzdesinin artan azot oranlarıyla artış gösterdiğini belirlemişlerdir. Kahramanmaraş ekolojik koşullarında yürütülen bir başka çalışmada ise, patateste dekara en fazla yumru veriminin (2185 kg da^{-1}) 18 kg N da^{-1} uygulaması ile elde edildiği ve ortalama patates yumru ağırlığının 77 g olduğu tespit edilmiştir (Kasap, 1994). Verim üzerine yapılan diğer bir çalışmada makro besin elementlerince (NPK) yoksul olan topraklarda patatesten yüksek verim alabilmek için uygulanması gereken optimal azot dozunun 15 kg N da^{-1} olduğu tespit edilmiştir (İlisulu, 1986). Diğer taraftan, Arslan ve ark. (1997), 2 yıllık olarak Van- Erciş'te patates üzerine yürüttükleri bir çalışmada 0, 7, 14, 21 ve 28 kg N da^{-1} gübre dozları uygulamışlardır. Araştırma sonucunda, azotlu gübrelemenin

bitkinin azot alımını arttırdığını, özellikle 7 kg N da⁻¹ dan daha fazla azot uygulaması halinde bitkinin azot içeriğinde önemli bir artış tespit edilmediği gözlenmiştir.

Farklı patates çeşitleri kullanılarak yürütülmüş bir çok azot optimizasyon denemesi mevcuttur. Örneğin, Samul (1982) yaptığı çalışmada farklı dozlarda (6, 12 ve 18 kg N da⁻¹) uygulanan azotun 3 farklı patates çeşidinin verim (yumru verimi, kuru madde) ve kalite (nişasta ve protein) parametrelerini incelemiştir. Deneme neticesinde, patateste en yüksek verim ve kalitenin 18 kg N da⁻¹ azot dozunda elde edildiğini tespit etmiştir. Gavlak ve ark. (1993), Alaska civarında killi- kumlu toprakta farklı gübre dozlarının 7 değişik çeşit üzerine olan etkisini incelemiş ve en yüksek pazarlanabilir yumru veriminin (4300 kg da⁻¹) 17.5 kg N da⁻¹ dozundan elde edildiğini saptamışlardır.

Özetle, bugüne kadar yapılan tüm çalışmalar ve elde edilen neticeler göstermiştir ki patateste en yüksek ve kaliteli yumru verimi, ortalama 10-18 kg N da⁻¹ arasında bir optimal azot dozu uygulandığında elde edilmiştir. Ancak, tavsiye edilen bu rakamların çok daha üzerinde verilecek bir azotlu gübre, patates bitkisinin vejetatif gelişmesini teşvik ederken, diğer taraftan yumru oluşumunu geciktirecektir. Dolayısıyla yumruda kuru madde birikimi engellendiğinden, yumrunun en başta nişasta kalitesi olumsuz yönde etkilenecektir. Bu nedenle, cips ve bonfırirts endüstrisinde kullanılacak yumruların yetiştirildiği tarlalarda fazla azotlu gübre kullanılması asla tavsiye edilmez (Baumgärtel, 2008). Ayrıca; tohumluk patates üretiminde, yumruların fazla irileşmesini önlemek için yüksek dozda azotlu gübre kullanımı da önerilmez (Dilz, 1987). Zaten, patates bitkisinin güçlü bir kök sistemi olmadığından, uygulanan azotun ancak belli bir kısmından (%50) yararlanabilmektedir (Tyler ve ark. 1983; Goffart ve ark. 2008). Bitki tarafından alınamayan azot ise bitki-toprak sisteminden uzaklaşarak kaybolmaktadır. Bu yüzden, azotlu gübrelemenin patateste verim ve kalite üzerine olumsuz etkilerini ortadan kaldırmak için, azotun bitkiye optimal düzeyde ve doğru bir yöntemle uygulanması şarttır. Bu yöntemlere ek olarak, düşük azot dozlarında dahi ortalama değerlerin çok üzerinde verim verebilen azot etkin çeşit/genotiplerin kullanılması gereklidir (Craswell and Godwin, 1984; Sattelmacher ve ark., 1994).

Bitkilerde azot etkinliği; azot-alım ve azot-kullanım etkinliği olmak üzere iki temel unsurdan oluşmaktadır (Moll ve ark., 1982). Taşıdıkları genetik ikincil özellikler sayesinde bitkiler ya toprakta var olan azotu en randımanlı biçimde kökleri vasıtasıyla alarak azot-alımında (kg N ha⁻¹) etkin olduklarını ve/veya topraktan kaldırmış oldukları her birim azotu en etkin biçimde kullanarak azot-kullanımında (kg dane kg N⁻¹) etkin olduklarını gösterirler (Sattelmacher ve ark., 1994). Başka bir araştırmacı ise (Graham, 1984) azot etkinliğini bitkinin düşük azot koşulları altında ortaya koyduğu ortalama değer üzeri verim performansı olarak tanımlarken,

yüksek azot koşullarındaki performansı ise verim potansiyeli veya azota karşı verim tepkisi (respons) olarak tanımlamıştır. Azot etkinliği bitkide aynı anda her iki temel unsurun eşit biçimde birbirini tamamlamasıyla kendini gösterirken, bazen de birbirlerine üstünlük sağlamasıyla da tek ana unsur olarak kendini gösterebilmektedir. Örneğin farklı bitki türlerinde yapılan bir çok çalışmada toprakta düşük azot düzeylerinde, buğday (Le Gouis ve ark., 2000), arpa (Sinebo ve ark., 2004) ve kolzada (Ulas ve ark., 2012) genotipleri arasındaki verim farklılıklarının yüksek oranda azot-alım etkinliği ile doğrudan ilişkili olduğu tespit edilmiştir. Fakat tam tersi, toprakta yüksek azot koşullarında özellikle de tahıllarda azot-kullanım etkinliğinin genotipik verim farklılığı yarattığı ortaya konmuştur (Ortiz-Monasterio ve ark., 1997; Le Gouis ve ark., 2000).

2.2.1 Azot Etkinliğinde Genotipik Farklılığın Önemi

Farklı bitki türlerinin veya aynı türe ait farklı genotip/çeşitlerin topraktaki besin elementlerinden yararlanma oranları ve düzeyleri farklılık gösterebilir. Besin elementi etkinliğindeki genotipik farklılıklar konusunda yapılmış ilk ve en eski çalışma 86 yıl öncesine dayanmaktadır (Hoffer, 1926). Günümüzde, bir çok bitki fizyoloğu ve ıslahçısı, gerek ekolojik, gerekse ekonomik ve sosyo-ekonomik nedenlerden ötürü bu konuya yeniden ilgi göstermektedirler. Özellikle azot etkinliği (alım ve kullanım) konusunda aynı türe ait genotipler arasında çok büyük farklılıkların olduğu birçok araştırmacı tarafından ortaya konmuştur. Dubey ve ark. (2012), yapmış olduğu bir çalışmada 3 farklı azot dozunda (100, 125 ve 150 kg N ha⁻¹) 3 farklı patates çeşidini tarla koşullarında test etmiştir. Ortaya koyduğu neticeler, patates çeşitleri arasında birçok agronomik parametreler (çıkış oranı, bitki boyu, yumru verimi, yumru sayısı) bakımından büyük genotipik farklılıkların ($p < 0.05$) olduğunu açıkça göstermiştir.

Başka bir çalışmada (Sattelmacher ve ark., 1990) daha önce azot etkinlik özellikleri tarla ve sera denemelerinde karakterize edilmiş iki zıt patates çeşidi ('Astrid' N-etkin, 'Bodenkraft' N-etkinsiz) besin çözeltilisinde 3 farklı nitrat konsantrasyonunda (0.05, 0.5 ve 5.0 mM) kök morfolojik özellikler bakımından kıyaslanmıştır. Neticeler, N-etkin olarak daha önce karakterize edilmiş çeşidin, azot-etkinsiz patates çeşidine oranla daha güçlü kök sistemi (kök uzunluğu ve kök yüzey alanı) geliştirildiğini ortaya koymuştur. Bu da, kök morfolojik parametrelerinin azot etkinliğinde nasıl bir üstünlük yarattığının göstergesidir. Bunun dışında, azot etkinliğinde genotipik farklılık yaratan diğer parametreler de çalışılmıştır. Örneğin, düşük azot koşullarında iki farklı toprak tipinde test edilen 9 adet patates çeşidinin yumru verimi, yaprak alanı indeksi, maksimum yüzey alanı kaplama süresi, azot noksanlığına karşı hassasiyet ve azot alım ve kullanım etkinliği bakımından aralarında genotipik farklılık ($p <$

0.05) sergilendiği bulunmuştur (Tiemens-Hulscher, ve ark., 2009). Azot etkinliğinde genotipik farklılık sadece patatestede değil, diğer bitki türlerinde de çalışılmıştır. Örneğin, Austin ve ark. (1980), buğday üzerine yapmış olduğu bir çalışmada yüksek ve düşük azot dozlarında 12 eski ve yeni buğday çeşidi arasında verim bakımından çok büyük genotipik farklılıkların olduğunu ortaya koymuştur. Aynı şekilde yüksek ve düşük azot dozlarında 25 melez mısır çeşidini test eden Presterl ve ark. (2002), genotipler arasında verim bakımından çok büyük farklılıkların olduğunu, azot x genotip interaksiyonunun çok yüksek olduğunu ve verimin azot-alım ve azot-kullanım etkinliğiyle doğrudan ilişkili olduğunu ortaya koymuştur.

Azot etkinliği üzerine yapılan onca çalışmaya rağmen, literatürde çeşit/genotipler arasında ortaya çıkan farklılığı tam olarak ifade eden genel kabul görmüş bir tanımlama henüz mevcut değildir (Ulas, 2010). Örneğin, bir genotip azot düzeyi çok düşük koşullarda diğer genotiplere oranla ortalama değerinin üstünde bir verim artışı sağlıyorsa bu genotip azot-etkin genotip olarak karakterize edilirken (Graham, 1984), tam tersi azot düzeyi yüksek koşullarda uygulanan ek azota olumlu tepki vererek diğer genotiplere oranla daha yüksek verim oluşturabilen genotip de azot-etkin genotip olarak karakterize edilebilmektedir (Sattelmacher ve ark., 1994). Geçmişte Gerlof'un (1977) yapmış olduğu bir çalışma bu konudaki karışıklığı bir ölçüde gidermektedir. Gerlof (1977) bitki genotiplerini besin elementi noksanlığında verdikleri tepkiye göre 4 grupta sınıflandırmıştır: (1) Etkin-duyarlı genotip: düşük besin elementi koşullarında verim bakımından yüksek performans gösteren ve ayrıca ek olarak verilen besin elementine karşı olumlu tepki vererek verimi arttıran genotip; (2) Etkinsiz-duyarlı genotip: düşük besin elementi koşullarında verim bakımından düşük performans gösteren fakat ek olarak verilen besin elementine karşı olumlu tepki vererek verimi artıran genotip; (3) Etkin-duyarsız genotip: düşük besin elementi koşullarında verim bakımından yüksek performans gösteren fakat ek olarak verilen besin elementine karşı olumsuz tepki vererek verimi arttırmayan genotip; (4) Etkinsiz-duyarsız genotip: düşük besin elementi koşullarında verim bakımından düşük performans gösteren ve ayrıca ek olarak verilen besin elementine karşı olumsuz tepki vererek verimi arttırmayan genotip. Besin elementinden yararlanma konusunda çeşitler arasında ortaya çıkan genotipik farklılıklar tamamen çeşitlerin sahip oldukları, verimin oluşmasında etkin rol oynayan ve verimle ilişkilendirildiklerinde pozitif korelasyon sergileyen agronomik ikincil özelliklerden kaynaklanmaktadır (Schulte auf'm Erley, 2007). Verimle doğrudan ilişkili olan bu agronomik ikincil karakterlerin dolaylı yollarla belirlenmesi ıslah çalışmalarını hem kolaylaştırmakta hem de hız kazandırmaktadır (Nyikako, 2003). Azot-etkin çeşitlerin geliştirilip ıslah edilmesi ve üreticilerin hizmetine sunulması ancak bu besin elementinin alımında ve kullanımında etkin rol oynayan bitkideki ikincil özelliklerin tam olarak belirlenmesiyle mümkündür.

2.2.2 Bitkide Azot Etkinliğinde Rol Oynayan İkincil Karakterler Özellikler

Azot-alım etkinliğinde rol oynayan ikincil karakterlerin başında bitki kök morfolojik (kök uzunluğu, kök derinliği, kök yoğunluğu, kök çapı) ve fizyolojik (alım sistemi: I_{max} : maximum alım oranı, K_m : Michaelis-Menten sabiti, C_{min} : çözültideki minimum konsantrasyon) besin elementi alım özellikleri gelmektedir (Sattelmacher ve ark., 1994; Barber, 1995). Özellikle topraktaki azot miktarı düştüğünde bitkilerin azot-alım etkinliği onların sahip olduğu kantitatif bir karakter olan kök sistemin büyüklüğü (Lynch, 1998) ve alım sisteminin gücüyle doğru orantılı olmaktadır (Jackson ve ark., 1986). Kök morfolojisi üzerine yapılan bazı çalışmalar; örneğin kolzada erken gelişme dönemlerinde güçlü ve yoğun bir kök sistemi oluşturabilen (Ulas ve ark., 2012) ya da mısırdaki köklerini çok daha derinlere kadar ulaştırabilen (Wiesler ve Horst 1992) N-etkin çeşit/genotiplerin diğer çeşit/genotiplere oranla toprakta yetersiz düzeyde bulunan azottan çok daha iyi yararlandıklarını göstermiştir. Patates üzerine yürütülen bir çalışmada (Sattelmacher ve ark. 1990) azot etkinlik özellikleri tarla ve sera denemeleriyle daha önce karakterize edilmiş iki zıt patates çeşidi ('Astrid' N-etkin, 'Bodenkraft' N-etkinsiz) besin çözültisinde 3 farklı nitrat konsantrasyonunda (0.05, 0.5 ve 5.0 mM) kök morfolojik özellikler bakımından kıyaslanmıştır. Neticeler, N-etkin olarak daha önce karakterize edilmiş çeşidin, azot-etkinsiz patates çeşidine oranla daha güçlü kök sistemi (kök uzunluğu ve kök yüzey alanı) geliştirildiğini ortaya koymuştur.

Yapılan birçok çalışmada, agronomik verim parametreleri (biyolojik verim, hasat-indeksi, azot-hasat-indeksi ve danedeki azot konsantrasyonu), yaprak morfolojik (yaprak alan indeksi) ve fizyolojik (fotosentez, enzim aktivitesi) parametreler azot-kullanım etkinliğinde rol oynayan en önemli ikincil karakter olarak tanımlanmıştır (Schjoerring ve ark. 1995; Lafitte and Edmeades, 1994; Mae, 1997; Schulte auf'm Erley, 2011). Bu özellikler, bitkide azotun bünyeye aldıktan sonra diğer organlara ne oranda paylaştırıldığı ve azotun yaşlı organlardan genç organlara ne oranda tekrar-mobilize olduğuyla yakından ilişkilidir (Sattelmacher ve ark., 1994). Örneğin azot-kullanımda etkin olduğu karakterize edilmiş farklı bitki türlerinden mısır (Uhart and Andrade, 1995), kolza (Yau and Thurling, 1987) ve çeltik (Mae, 1997) genotipleri, azot-kullanımında etkin olmayan genotiplere oranla, bünyelerine aldıkları azotu yaşlı yapraklardan genç yapraklara iyi bir şekilde tekrar-mobilize ederek yaprakların daha uzun süre yeşil kalmasını ve dökülmeyi geciktirerek, dökülen yapraklarla oluşan azot kayıplarının azalmasını sağlamışlardır. Bu bakımdan azot-kullanım etkinliğinde morfolojik ve fizyolojik ikincil yaprak karakter özellikler önemli rol oynamaktadır. Gardner ve ark. (1994), düşük azot koşullarında farklı sorgum genotiplerinin yaprak özelliklerini azot-kullanım etkinliği bakımından karşılaştırmıştır. Azot-kullanımında etkin olarak karakterize ettiği sorgum genotiplerinin azot-kullanımında etkin olmayanlara göre daha az sayıda ama daha geniş

yaprak alanı oluşturduğunu bulmuştur. Ayrıca yüksek fotosentez hızının azot-kullanımında etkin olan genotiplerin morfolojik ve fizyolojik yaprak özellikleriyle doğrudan ilişkili olduğunu açıklamıştır.

2.2.3 Patateste Azotlu Gübre Uygulama Yöntemleri

Geçmişte, patateste verim ve kaliteyi arttırmak amacıyla azotlu gübre optimizasyonu ve gübre uygulama yöntemleri konularında birçok çalışmalar yapılmıştır. Genelde tarla denemeleri şeklinde yürütülmüş olan bu çalışmalarda farklı azot dozları, farklı klasik gübre uygulama yöntemleriyle denenmiştir. Tüm bu deneme sonuçlarında, kimi araştırmacı patateste en yüksek verim ve kalitenin azotlu gübrenin toprağa serpe şeklinde verildiğinde, kimi araştırmacı, banda verildiğinde, kimisi de toprağa gömülerek verildiğinde elde edildiğini bulmuştur (Samul, 1982; İlisulu, 1986; Khalel ve ark., 1986; Ciecko ve ark., 1988; Gavlak ve ark., 1993; Kasap, 1994). Ayrıca, patates bitkisinin yüksek ve kaliteli bir verim verebilmesi için toprağa uygulanması tavsiye edilen optimum saf azot miktarları denemeler arasında birbirlerinden farklılık gösterip, yaklaşık olarak 10 ile 18 kg N da⁻¹ arasında yer almıştır. Ama ne yazık ki, Türkiye’de patatesin yoğun olarak yetiştirildiği bazı bölgelerde (Niğde-Nevşehir) bu tavsiye edilen rakamlar dikkate alınmadan bitkinin ihtiyacından çok daha fazlası (90-100 kg N da⁻¹) azotlu gübre olarak toprağa verilmektedir (Gezgin ve Uyangöz, 1998). Bu azotlu gübreler bitkiye genelde klasik yöntemle toprak yüzeyine serpilerek verilmektedir. Ayrıca, işçilik ve maliyeti düşürmek amacıyla genelde uygulanması gereken toplam azotlu gübre hiç bölünmeden bir seferde toprağa uygulanmaktadır. Bu şekilde yapılan gübrelemelerdeki azot kaybı çok yüksek olmakla birlikte gübreyi toprakta çözmek için kullanılan su miktarı da çok yüksek olmaktadır. Doğal kaynaklar içerisinde en önemli yere sahip olan su, özellikle kullanılabilir su miktarı giderek azalma eğilimindedir. Bu bakımdan bitkisel üretimde en önemli girdilerden olan azotlu gübre ve suyun en randımanlı bir şekilde uygulanmasını sağlayacak bir alternatif yöntemin kullanılması şarttır. Damlama sulama-fertigasyon yöntemi günümüzde tarımsal üretimde istenilen bu hedefe ulaştıracak teknik olarak görülmektedir (Ünlükara ve Örs, 2012).

2.2.3.1 Damla Sulama-Fertigasyon Yöntemi

Genel olarak fertigasyon, bitkilerin gereksinimi olan besin elementlerinin sıvı ve katı halde sulama suyuna karıştırılarak farklı sulama sistemleri aracılığıyla toprağa ve bitkinin kök bölgesine verilmesi şeklinde tanımlanan bir tekniktir (Çetin, 2008). Bu teknik, farklı sulama sistemleri ile kolayca uygulanabilen bir teknik olduğundan dolayı, her bir farklı sulama sistemini kullanan araştırmacı bu tekniği kendi kullandığı sulama sistemine göre tanımlamaktadır. Fakat bu teknik genel olarak damlama sulama sistemiyle yaygın bir şekilde

kullanıldığından dolayı, fertigasyon tekniğinin damlama sulama ile gübreleme şeklinde tanımlanması daha doğru olacaktır (Güneş ve ark., 2004). Fertigasyon tekniğinde temel hedef, su-gübre ilişkisini en optimal düzeyde tutup bitkisel üretimde verim ve kalitenin maksimum düzeye çıkmasını sağlamaktır (Boman ve Obreza, 2008). Fertigasyon tekniği sayesinde hem bitkiye verilecek olan gübre ve sudan tasarruf edilip, hem de aşırı sulamadan kaynaklanan gübre yıkanmaları ve bunun yarattığı yer altı suyu kirlenmesi en aza indirilebilir (Darwish ve ark., 2006; Ünlü ve ark., 2006; Şahin ve ark., 2011). Özellikle sebze yetiştiriciliğinde en önemli girdilerden olan azotlu gübreler fertigasyon tekniğiyle uygulandığında, klasik uygulama yöntemlerine göre alt katmanlara daha az yıkanmakta ve bu sayede azot kayıpları çok daha aza inmektedir (Hebbar ve ark., 2004). Patates bitkisi sahip olduğu sığ ve zayıf kök sisteminden (30-40 cm kök derinliği) dolayı, hem kuraklığa pek çok bitkiden daha az dayanıklıdır, hem de bir buğday, mısır veya şeker pancarı bitkisine oranla uygulanan azottan yararlanma etkinliği (%50) oldukça düşüktür (Tyler ve ark., 1983; Dilz, 1987; Goffart ve ark., 2008). Patates için yetiştirme mevsimine dağılmış 300-450 mm 'lik yağış veya buna eşdeğer sulama gereklidir. Patates tarımının yapıldığı bölgelerde genelde patatesin gelişme dönemi boyunca 10-15 kere yağmurlama sulama yapılmaktadır. Bu bitkinin gelişme dönemi boyunca en fazla ihtiyaç duyduğu besin elementlerinden birinin azot olduğu (Öztürk ve ark., 2007) da göz önünde bulundurulduğunda, patates bitkisinin yüksek ve kaliteli bir verim verebilmesi için toprağa uygulanması gereken azotlu gübrenin fertigasyon tekniği ile uygulanması en uygun yöntem olarak öne çıkmaktadır.

Patatesin yoğun olarak yetiştirildiği Niğde-Nevşehir yöresinde yapılmış olan bir çalışmada (Halitligil ve ark., 2001), patates bitkisine damla sulama-fertigasyon sistemi uygulandığı takdirde, suyun daha randımanlı kullanılabileceği belirgin bir şekilde ortaya konmuştur. Çalışmada, araştırmacılar 600 mm su uygulaması ile ortalama toplam pazarlanabilir yumru veriminin yaklaşık 3350 kg da⁻¹ olduğu saptanmıştır. Ayrıca, aynı yörede daha önce yapılan denemelerde (Halitligil ve ark., 1996), yağmurlama sulama ile ortalama 4000 kg da⁻¹ patates yumru verimini alabilmek için yaklaşık 1200 mm su uygulandığı açıklanmıştır. Bu sonuçlar, aynı ortalama patates yumru verimi elde edilmesine karşın, damla sulama yönteminin, yağmurlama sulama yöntemine göre, sudan en az %100 oranında bir tasarruf sağladığını göstermektedir. Niğde'de patates üzerine yürütülen başka bir çalışmada ise bitki su tüketimi açısından damla sulama yönteminin yağmurlama sulama yöntemine oranla %17 su tasarrufu sağladığı tespit edilmiştir (Ünlü ve ark., 2006). Ayrıca, yağmurlama sulama yönteminde azot kayıpları damla sulama yöntemine kıyasla daha fazla bulunmuştur. Janat, (2007) bir çalışmada 4 farklı dozlarda (7, 14, 21, 28 kg N da⁻¹) uygulanan etiketli Üre azotunun (¹⁵N Üre) yazlık ve kışlık patates çeşitlerinin verimi üzerine etkisini iki farklı sulama tekniği (damla

sulama-fertigasyon ve karıkla sulama) kullanarak Suriyede Akdeniz iklim koşullarında incelemiştir. Deneme neticesinde, her iki patates çeşidinde de en yüksek pazarlanabilir yumru verimini damla sulama-fertigasyon tekniği ile elde edilmiştir.

2.3. Patates Tarımında Aşırı Azotlu Gübreleme Sonucu Ortaya Çıkan Temel Sorunlar

2.3.1 Çevre ve Sağlık Sorunları

Niğde ve Nevşehir bölgesi Türkiye patates üretim alanının yaklaşık %20'sini kaplayan ve toplam üretimin %23'ünü gerçekleştiren bölgelerdir (TUIK, 2013). Normalde patates bitkisi 1 ton yumru oluşturabilmek için topraktan 5.0 kg azot kaldırmaktadır (Beukema ve Vander Zaag, 1990). Fakat bu bilgiler dikkate alınmadan ne yazık ki bu bölgelerde bitkinin ihtiyacından çok daha fazlası (90-100 kg N da⁻¹) azotlu gübre olarak toprağa verilmektedir (Gezgin ve Uyangöz, 1998). Patates tarımının yapıldığı bu bölge toprakları genelde kaba bünyeli (%70-80 kum) olup, organik maddece de zayıftır. Bu toprakların geçirgenlikleri fazla ve su tutma kapasiteleri düşük olduğundan, patatesin gelişme dönemi boyunca genelde 10-15 kere yağmurlama sulama yapılmaktadır. Ayrıca bu bölgede, azotlu gübre ya toprağa doğrudan serpilerek veya sulama havuzlarında eritildikten sonra yağmurlama sistemiyle verilmektedir. Fakat patates bitkisinin güçlü bir kök sistemi olmadığından dolayı uygulanan azotun ancak belli bir kısmından (%50) yararlanabilmektedir (Tyler ve ark., 1983; Dilz, 1987; Goffart ve ark., 2008). Bitki tarafından alınamayan azotun diğer önemli bir kısmı ise bitki-toprak sisteminden yıkanarak nitrat (NO₃⁻) şeklinde yer altı ve yer üstü su kaynaklarına karışmakta, ve ayrıca volatilizasyon ve denitrifikasyon prosesleriyle de gaz şeklinde buharlaşarak atmosfere karışıp kayıp olmaktadır (Byrnes ve Bumb, 1998; Laegreid ve ark., 1999).

Işıldar ve Karakaplan (1990), Niğde'nin Misli Ovasında yaptıkları tarla denemelerinde patatesin gelişme döneminde toprak profilinin 0-30 cm'lik üst katmanlarında azot konsantrasyonunun yüksek olduğunu, söküme kadar geçen sürede bu konsantrasyonun önemli ölçüde azaldığını bunun sebebinin azotun bitki tarafından kullanılması ve çeşitli şekillerde kaybolması ile ilgili olduğunu, söküm zamanı gelişme dönemine göre 60-120 cm'lik katmandaki NO₃-N'un daha yüksek olmasının azotun daha çok yıkanarak kaybolduğunu gösterdiğini çünkü toprakların yıkanma için uygun olduğunu bildirmişlerdir. Halitligil ve ark., (1996) Niğde-Nevşehir yöresinde 1991-1994 yılları arasında çiftçi koşullarında; ¹⁵N etiketli amonyum sülfat gübresi kullanarak, değişik azot dozlarını kapsayan tarla denemeleri yürütmüşlerdir. Elde ettikleri sonuçlar, yüksek dozlarda azotlu gübre ve fazla miktarlarda su tatbik edildiğinde, patates bitkisinin azot ve su kullanma randımanlarının düştüğünün ve azotun 200 cm toprak derinliğinin altına yıkanarak taban sularını nitrat bakımından kirlettiğini

ortaya koymuştur. Patates tarımının yapıldığı bu alanlarda oluşan bu gibi durumlar çevre kirliliği yaratığından, hem insan hem de hayvan sağlığını büyük ölçüde tehdit etmektedir.

Belli koşullar altında içme sularına karışan ya da aşırı gübreleme sonucu bitkinin bünyesinde insan ve hayvana zararlı olabilecek düzeyde biriken nitrat (NO_3^-), ondan çok daha zehirli olan indirgenmiş formu nitrite (NO_2^-) ve daha sonrada kanserojen özellikteki nitrozamine dönüşebilmektedir (Borneff, 1980; Clarke ve ark., 1981; Korzeniowski ve ark., 1980). Genel olarak bitkinin kök ve gövdesi, yapraklara göre daha fazla nitrat depolarken, yüksek enerjili danelerde ise nitrat düzeyi oldukça düşüktür (Smith ve Guthrie., 2004). Ankara'da pazar ve manavlardan değişik tarihlerde toplanan patates yumrularının nitrat içeriği araştırılmış ve nitrat içeriği yüksek olan yeni ürün patates yumrularının eski yılların ürünü olan ve daha az nitrat içeren yumrulara oranla daha çok azotlu gübrelemeye maruz kaldığı sonucuna varılmıştır (Bayhan, 1985). Bu tür ürünleri tüketen insanlar da ciddi sağlık problemleri çıkabilmektedir. Yapılan araştırmalar göstermiştir ki, geçmiş 10-20 yıl içerisinde, yüksek miktarda nitrat içeren suların içilmesi veya sebzelerin yenmesi sonucunda yüzlerce çocuk zehirlenme vakaları ve bazı ölümlerle karşılaşmıştır. Nitritin kana geçmesiyle, çocuklarda görülen Methemoglobinemia ile deri rengi mavileşmekte ve daha ileri safhalarda kusma ve ishale sebep olan zehirlenmeler görülmektedir (Özçelik ve Dilsiz, 1989).

2.3.2 Üretim, Kalite ve Depolama İle İlgili Sorunlar

Azot, patates bitkisinde yumrularının iriliğinin artırılmasında önemli rol oynamaktadır. Bununla birlikte azotlu gübrelerin fazla uygulanması özellikle sanayide kullanılacak yumruların kalitesini olumsuz etkilemektedir. Artan azot miktarı yumrularda yassılaşmaya, pişirme kalitesinin düşmesine, cipslerde kahverengi lekelerin oluşmasına ve yavaş kabuk oluşumuna neden olmaktadır. Çünkü artan azot miktarı ile yumrudaki kuru madde ve nişasta oranı önemli oranda azalmaktadır (Baumgärtel, 2008). Niğde yöresindeki patates ekim alanlarında son zamanlarda aşırı gübre kullanımı sonucu ürün rekoltesinde azalma, ürün alamama ve elde edilen ürünlerin depolamaya uygun olmaması gibi sorunlarla karşılaşılması bu duruma bir örnektir (Haktanır ve ark., 1990).

2.3.3 Ekonomik Sorunlar

Ekonomik sorunların başında Ülkemizin dışarıdan ithal ettiği tohumluk patates materyali ve gübre hammaddesi için ödediği yüksek miktarlarda döviz yer almaktadır. Patates üretimi bakımından birçok Avrupa ülkesinden geride olmayan ülkemizde bugün itibari ile 3 yerli çeşidin dışında, tescilli yerli patates çeşidimiz bulunmamaktadır (BUGEM, 2013). Bu yüzden Türkiye'deki üretim genel olarak yabancı ülkelerde (Almanya, Fransa, Hollanda, İngiltere)

islah edilmiş patates çeşitleri ithal edilerek gerçekleştirilmektedir. T.C. Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı Tohumculuk Daire Başkanlığı verilerine göre 2011 yılı itibariyle Türkiye, yurtdışından 21.000 ton anaç tohumluk ithal ederek, 18.8 milyon Avro döviz ödemiştir (BUGEM, 2013). Aynı şekilde, Türkiye'de gübre hammaddelerinin çok büyük bir bölümü dışarıdan ithal edilmekte ve bunun için de önemli miktarlarda dışarıya döviz olarak ödeme yapılmaktadır (Kaçar ve Katkat, 2007). Geçmişte yapılan bir çalışma, Türkiye'de tüketilen bitki besin elementleri içinde azot ve fosforun payının % 96-98 olduğunu, 1980'li yıllarda toplam tüketim içinde azotlu gübre kullanım payının önemli ölçüde arttığını ortaya koymuştur (Kaplan ve ark., 1991). Gübre tüketimi bakımından dünya ve Türkiye ortalamaları karşılaştırıldığında, ortalama toplam gübre tüketimi dünyada 98 kg ha⁻¹, Türkiye'de ise 70 kg ha⁻¹ dir. Dünyada ortalama azotlu gübre tüketimi 59 kg ha⁻¹ iken, Türkiye'de bu rakam 48 kg ha⁻¹ dir (Güler, 2004).

Sonuç olarak azotlu gübreler hala ülkemizde ve dünyada en fazla tüketilen gübreler gurubundadır. Dolayısıyla bu alanda yapılabilecek her türlü tasarruf önce üretici sonra da ülke ekonomisine büyük katkılar sağlayacaktır. Ne yazık ki, Türkiye'de patatesin yoğun olarak yetiştirildiği bazı bölgelerde (Niğde-Nevşehir) bitkinin ihtiyacından çok daha fazlası (90-100 kg N da⁻¹) azotlu gübre olarak toprağa verilmektedir (Gezgin ve Uyangöz, 1998). Kimyasal gübrelerin bitkinin ihtiyacından çok daha fazla, uygun olmayan zamanda, çeşitte ve biçimde kullanılması önce üreticinin aile bütçesine ve sonra da ülke bütçesine zarar vererek büyük ekonomik kayıplara sebep olmaktadır (Karadoğan, 1996). Sonuç olarak geçmişte bu konu üzerine yapılan tüm araştırmalardan çıkan neticeler şunu göstermiştir: Gelecekte patates yetiştirilen yörelerde toprağın, suyun ve havanın daha fazla kirlenmemesi, insan ve hayvanların sağlığının bozulmaması ve de üreticilerin birim gübre ve sudan daha kaliteli ve daha yüksek verim alıp, ekonomik kayıplar yaşamaması için azotlu gübrenin stratejik bir yöntemle "doğru genotipe, doğru miktarda ve doğru yöntemle" uygulanması şarttır.

3. GEREÇ VE YÖNTEM

3.1. Besin Çözeltisi Ortamında Screening Denemeleri

3.1.1 Denemenin Yeri

Bu projenin birinci aşaması olan besin çözeltisi ortamında screening denemeleri 2013 yılı sonu, 2014 yılı başı arasındaki süre zarfında Kayseri bölgesi merkez (38° 43' 56" Kuzey, 35° 29' 7" Doğu) alınarak Erciyes Üniversitesi Seyrani Ziraat Fakültesine ait seralarda ve kontrollü iklim odalarında yürütülmüştür.

3.1.2 Denemede Kullanılan Bitkisel Materyal

Bu araştırmanın serada perlit yetiştirme ortamında ve besin çözeltisinde tarama (screening) çalışmalar aşamasında bitki materyali olarak, Doğa Tohumculuk (12 adet), Anka-Meijer Tohumculuk (1 adet) ve Niğde Patates Araştırma İstasyonundan (2 adet) temin edilmiş olan toplam 15 adet farklı patates çeşidi kullanılmıştır. Tohumculuk firmalarından temin edilmiş olan çeşitler geniş anlamda Türkiye'de patates yetiştirilen birçok farklı bölgeyi daha iyi temsil etmesi amacıyla, en başta agronomik özellikleri (gelişme süreleri) temel kriter alınmak üzere eşit sayıda 3 gruba ayrılarak (erkenci, ortancı ve geççi) belirlenmiştir. Çeşit seçimi yapılırken ayrıca morfolojik özellikleri (et rengi) ve teknolojik kullanım özellikleri (kullanım şekli) de dikkate alınmıştır. Ayrıca, yürütülmüş olan çalışmada 3 adet Yerli çeşidimiz (Anka-Meijer Tohumculuk: Sultan Ecem, Niğde Patates Araştırma İstasyonu: PA03-2-16 ve PA06-1-43) de proje kapsamında yer almaktadır.

3.1.3 Bitki Yetiştirme Ortamlarının Hazırlanması ve Deneme Kurulum Yöntemi

Genetik materyal olarak seçilmiş 15 adet farklı patates çeşidi serada önceden hazırlanmış olan perlit-torf karışımı yetiştirme ortamındaki özel kaplara dikimi yapıp yeterince köklenmiş sürgülerin elde edilebilmesi için 2 hafta süreyle gelişime bırakılmıştır. Daha sonra yaklaşık 4-8 cm boya ulaşmış sürgünler dikkatlice yumrudan kökleri ve gövdesi zarar görmeyecek şekilde kesilerek ayrılmıştır. Daha sonra homojen büyüklükteki bitkiler seçilerek, içerisinde besin çözeltisi bulunan ve merkezi bir pompayla sürekli hava sağlanan 8 litrelik pvc kovalardan ibaret özel bir yetiştirme ortamı olan hidroponik sisteme aktarılmıştır. Kovalardaki besin çözeltisi düzenli olarak haftada bir değiştirilerek yenilenmiştir. Ayrıca çözeltinin pH, EC ve besin elementi düzeyleri düzenli aralıklarla kontrol edilerek sistemin devamlılığı sağlanmıştır.

Besin çözeltilisinde azot kaynağı olarak $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ iki farklı azot konsantrasyonunda (düşük-N: 0.5 mM, yüksek-N: 3.0 mM) ve üç tekerrürlü olarak uygulanmıştır. Besin çözeltilisinde azotun dışındaki diğer besin elementlerinin konsantrasyonu şu şekilde ayarlanmıştır: 500 μM K_2SO_4 , 250 μM KH_2PO_4 , 325 μM MgSO_4 , 50 μM NaCl , 8 μM H_3BO_3 , 0.4 μM MnSO_4 , 0.4 μM ZnSO_4 , 0.4 μM CuSO_4 , 0.1 μM MoNa_2O_4 ve 40 μM Fe-EDDHA. Araştırma süresince bitkiler besin çözeltilisi ortamında florasan lambalarla (400 mol m^{-2} S^{-1} ışık şiddeti) ışıklandırılmış (16 saat aydınlık, 8 saat karanlık) ve 20/16 °C'de gündüz/gece oda sıcaklığı sabit tutulan iklim odasında (%70 nem) yaklaşık 30 gün gelişmeye bırakılmıştır.

15 farklı patates çeşidi seradaki perlit yetiştirme ortamından kontrollü iklim odasındaki besin çözeltilisi ortamına aktarıldıktan sonra 30 günlük gelişme dönemi boyunca iki farklı N konsantrasyonu uygulama başlangıcından 7, 14, 21 ve 28 gün sonra toplamda 4 destrüktif ara hasat yapılmıştır. Her hasatta bir bitki hasat edilerek sap (gövde), yaprak ve kök olmak üzere 3 kısma ayrılmıştır. Ayrıca hasat edilen bitkide bir çok fizyolojik ve morfolojik gözlem ve ölçümler yapılmıştır.

3.2 Arazi Koşullarında Yürütülmüş Tarla Denemeleri

3.2.1 Denemenin Yeri

Bu projenin ikinci aşaması olan arazi koşullarında kurulmuş olan tarla denemeleri 2014 ve 2015 yıllarında Mart-Nisan dönemlerinde Kayseri bölgesi merkez (38° 43' 56" Kuzey, 35° 29' 7" Doğu) alınarak Erciyes Üniversitesi Seyrani Ziraat Fakültesine ait olan Araştırma Arazilerinde yürütülmüştür.

3.2.2 Denemede Kullanılan Bitkisel Materyal

Araştırmanın ikinci aşaması olan tarla denemelerinde daha önceden besin çözeltilisi screening denemelerinde yüksek-N ve düşük-N koşullarında azot etkinlik özellikleri tam olarak karakterize edilip sınıflandırılmış (N-etkin ve N-etkinsiz (düşük-N), N-duyarlı, N-duyarsız (yüksek-N)) olan 15 çeşit içerisinde, 6 adet çeşit N-çapraz gruplama yöntemine göre (2 N-etkin/N-duyarlı çeşit: Jaerla ve Van Gogh, 2 N-etkinsiz/N-duyarsız: Agria ve Juwel, 1 N-etkinsiz/N-duyarlı çeşit: Hermes, 1 N-etkin/N-duyarsız çeşit: Lady Olympia) seçilerek bitkisel materyal olarak kullanılmıştır.

3.2.3 Deneme Arazisinin Hazırlanması, Deneme Kurulum Deseni ve Yumru Dikimi

Projenin ikinci aşaması olan 2014 ve 2015 yılında yürütülmüş olan tarla denemeleri kurulmadan önce her yıl denemenin yapılacağı arazideki alan Sonbahar döneminde belirlenerek ön toprak hazırlığı yapılmıştır. Daha sonra İlkbahar döneminde ise yumru

dikiminden ve de taban gübrelemesi yapmadan önce denemenin kurulacağı alandan toprakta mevcut olan besin elementi düzeyini belirlemek için toprak örneği almıştır. Ardından deneme kurulacak alanın parselizasyonu yapılmıştır. Parselizasyon yapılırken, 2014 ve 2015 yıllarında kurulmuş olan tarla denemeleri bölünmüş bloklar (Split-plot) deneme desenine göre 3 tekerrürlü olarak kurulmuştur. Ana bloklar azot dozu olurken, alt bloklar çeşitlerden ibaret olmuştur. Toplam 5 ana blok olup, her bir blokta bir azot dozu ve 6 çeşit 3 tekerrür halinde yer almıştır. Tüm azot bloklarında, 6 çeşit her bir tekerrüre tesadüfi olarak dağıtılmıştır. Her deneme yılında bitkinin ortalama 120 günlük toplam vejetasyon süresince 4 farklı gelişme döneminde (vejetatif dönem, yumru oluşum dönemi, yumru irileşme dönemi, yumru olgunlaşma (hasat) dönemi) destrüktif ara hasatlar yapılacağından dolayı parsel büyüklükleri geniş tutulmuştur. Her bir parselin büyüklüğü 6.6 m uzunluğunda 2.8 m genişliğinde toplam 18.48 m² olup denemenin tamamı toplam 90 adet parselden oluşmuştur.

Genel olarak bu bölgede patates yumru dikimi Kayseri iklim koşullarına bağlı olarak her yılın Nisan-Mayıs ayları arasında gerçekleşip, hasat ise Ağustos-Eylül ayları arasında gerçekleşmektedir. Birinci tarla denemesi 14 Mayıs 2014 yılında yumru dikimiyle başlamış olup, en son hasat (4. Hasat) 10 Eylül 2014 tarihinde gerçekleştirilmiştir. İkinci tarla denemesi ise 07 Mayıs 2015 yılında yumru dikimiyle başlamış olup, en son hasat (4. Hasat) 5 Eylül 2015 tarihinde gerçekleştirilmiştir. Her iki tarla denemesinde patates yumruları 70 cm sıra arası ve 30 cm sıra üstü mesafede 4 sıra bir parsel ve her ocağa bir yumru gelecek şekilde makine ile dikimi yapılmıştır.

3.2.4 Azotlu Gübrenin Damla Sulama-Fertigasyon Yöntemiyle Uygulanması

Her iki tarla denemesinde (2014 ve 2015 yılı) azot kaynağı olarak NH₄(SO₄)₂ gübresi 5 farklı dozda (N0: gübre uygulanmadan önce toprakta analiz sonucu bulunan toplam azot (N_{min}), N1: 9 kg N da⁻¹, N2: 18 kg N da⁻¹, N3: 27 kg N da⁻¹, N4: 36 kg N da⁻¹) damlama sulama-fertigasyon tekniği ile bitkiye başlangıç gelişim aşamasından hasada kadar olan süre boyunca her sulamada verilmiştir. 2014 ve 2015 yılında tansiyometrelerdeki ölçüm sonuçlarına bağlı olarak toplamda yaklaşık 18 ile 20 defa fertigasyon tekniği ile sulama yapılmıştır. Deneme parsellerinde her bir bitki sırasına 16 mm çapında 1 adet lateral boru döşenmiştir. Lateral borular üzerinde 25 cm aralıkla yerleştirilmiş 4 litre/saat debili damlaticılar bulunmaktadır. Tatbik edilecek suya ön filtrelemeden geçtikten sonra dosatronlar vasıtasıyla gerekli gübre karıştırılacak, son filtreden ve su saatinden geçtikten sonra sabit basınç altında ilgili parsele uygulanmıştır. Her bir dosatron, önceden eritilerek hazırlanmış gübre çözeltisini özel 50 litre plastik tanklardan vakumla çekerek sisteme sabit oranda sulama başından sonuna kadar uygulamıştır.

Her iki tarla denemesinde yumru dikimi yapmadan önce toprak hazırlığı yapıp, tohum yatağı hazırlanmıştır. Fakat bu işlemlere başlanmadan önce arazinin farklı noktalarında toprak örnekleri alınarak toprağın bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri analizlerle 2014 ve 2015 deneme yılı için belirlenmiş olup, gübreleme miktarları ona göre planlanmıştır. Analiz neticesinde toprakta var olan toplam mineralize olmuş azot (N_{min}) miktarları 2014 yılında 5.0 kg N da^{-1} , 2015 yılında ise 4.0 kg N da^{-1} olarak tespit edilmiştir. Her yıl diğer azot dozları (N_0 , N_1 , N_2 , N_3 ve N_4) bu miktarlar göz önünde bulundurularak ayarlanmıştır. Topraktaki fosfor miktarı 2014 yılında $4.0 \text{ kg P}_2\text{O}_5 \text{ da}^{-1}$, 2015 yılında ise $5.0 \text{ kg P}_2\text{O}_5 \text{ da}^{-1}$ olarak tespit edilmiştir. Taban gübresi olarak patates bitkisine verilmesi gereken standart değerler olarak dekara $8.0 \text{ kg P}_2\text{O}_5$, miktarından analizle tespit edilen miktarlar çıkarılarak geriye kalan miktarlar ek olarak toprağa gübre olarak verilmiştir. Hem 2014 hem de 2015 deneme yıllarında yapılan analiz neticesinde potasyum miktarları toprakta patates bitkisine gerekli olan standart değer (32 $\text{kg K}_2\text{O da}^{-1}$) üzerinde bir düzeyde (2014 de 74.0 kg , 2015 de $35.0 \text{ kg K}_2\text{O da}^{-1}$) bulunduğundan dolayı toprağa ayrıca bir potasyumlu gübre uygulanmamıştır.

Birinci yıl (2014) ve ikinci yıl (2015) olarak planlanmış olan tarla denemelerinde patates bitkisinin toprak üstü aksam (TÜA) ve toprak altı aksam (TAA) gelişimi başlangıçtan son hasada kadar olan ortalama 120-150 günlük sürede, 4 farklı gelişim döneminde (vejetatif dönem, yumru oluşum dönemi, yumru irileşme dönemi, yumru olgunlaşma (hasat) dönemi), hasat edilerek her bir döneme ait olan ve azot etkinliğinde önemli rol oynayan çeşitli agronomik, fizyolojik, kök morfolojik parametreler ölçülmüştür.

4. BULGULAR

4.1. Farklı Patates Çeşitlerinin Azot Etkinlik Performanslarının Besin Çözeltileri Ortamında Screening Denemeleriyle Belirlenmesi

Screening çalışmaları yapmak amacıyla 15 adet farklı patates çeşidi besin çözeltisi ortamında, 2 farklı azot dozuna (Yüksek-N: 3.0 mM N, Düşük-N: 0.5 mM) maruz bırakılarak, kontrollü iklim odası koşullarında azot etkinlik karakter özellikleri bakımından test edilmiştir. Yürütülen screening çalışmalarında bitkiler 4 farklı zamanda ara hasat edilerek, bitki üzerinde bazı fizyolojik ve morfolojik gözlem ve ölçümler yapılmıştır. Bitkide yapılan bu gözlem ve ölçümler sonucu aşağıda yer alan bir çok bulgular elde edilmiştir. Besin çözeltisi denemelerinde yüksek-N ve düşük-N koşullarında azot etkinlik özellikleri daha önceden ölçülmüş başlıca agronomik, fizyolojik ve morfolojik parametreler (yaş gövde ve kök ağırlığı, kuru gövde ve kök ağırlığı, gövdede toplam azot miktarı, yaprak alanı, kök uzunluğu) göz önünde bulundurularak karakterize edilip sınıflandırılmış (N-etkin ve N-etkinsiz (düşük-N), N-duyarlı, N-duyarsız (yüksek-N)) 15 çeşit içerisinde 6 tanesi N-çapraz gruplama yöntemine göre (2 N-etkin/N-duyarlı çeşit: Jaerla ve Vangogh, 2 N-etkinsiz/N-duyarsız: Agria ve Juwel, 1 N-etkinsiz/N-duyarlı çeşit: Hermes, 1 N-etkin/N-duyarsız çeşit: Lady Olympia) seçilmiştir.

4.2. Screening Çalışmalar Sonucu Seçilmiş Çeşitlerin Tarla Koşullarında Azot Etkinlik Performanslarının Agronomik, Fizyolojik ve Kök Morfolojik Parametrelere Bağlı Olarak Belirlenmesi

15 çeşit içerisinde N-çapraz gruplama yöntemine göre belirlenmiş olan bu 6 patates çeşidi tarla koşullarında azot kaynağı olarak $\text{NH}_4(\text{SO}_4)_2$ gübresini 5 farklı dozda (0, 9, 18, 27, 36 kg N da^{-1}) damla sulama-fertigasyon tekniği ile uygulanarak iki yıl süre ile test edilmiştir. Azot etkinliğinde rol oynayan agronomik, fizyolojik ve kök morfolojik tüm parametreler, bitki gelişim başlangıcından hasada kadar ortalama 120 günde, 4 defa hasat edilerek ölçülmüştür. Bitkide biyomas ve yumru verimi artan azot dozlarına paralel artış göstermiştir. Azot dozları ($P < 0.001$), çeşitler ($P < 0.001$) ve deneme yılları ($P < 0.01$) arasında yumruda verim ve kalite parametreleri bakımından istatistiksel olarak önemli düzeyde farklılıklar meydana gelmiştir. Genel, iki yıllık ortalamaya göre en düşük dekara yumru verimi 1457.0 kg ile N0 dozundan elde edilirken, en yüksek dekara yumru verimi 2881.0 kg ile N4 dozunda elde edilmiştir. Çeşitler arasındaki yumru verim farklılığı N0 dozunda dekara 949.0 kg iken, N4 dozunda bu fark 1543.0 kg da^{-1} olmuştur. Genelde hem düşük hem de yüksek azot koşullarında yüksek yumru verim performansı sergileyen N-etkin çeşitler Hermes ve Van Gogh iken en düşük yumru verim performansı sergileyen N-etkinsiz çeşitler ise Agria ve Juwel olmuştur. Tüm neticeler göstermiştir ki, çeşitlerin azot etkinliğinde yaprak fizyolojik ve kök morfolojik ikincil karakterler büyük bir rol oynamaktadır.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Besin elementinden yararlanma konusunda çeşitler arasında ortaya çıkan genotipik farklılıklar tamamen çeşitlerin sahip oldukları, verimin oluşmasında etkin rol oynayan ve verimle ilişkilendirildiklerinde pozitif korelasyon sergileyen agronomik ikincil özelliklerden kaynaklanmaktadır (Schulte auf'm Erley, 2007). Azot-alım etkinliğinde rol oynayan ikincil karakterlerin başında bitki kök morfolojik (kök uzunluğu, kök derinliği, kök yoğunluğu, kök çapı) ve yaprak fizyolojik (yaprak alan indeksi, yaprak klorofil içeriği) karakter özellikleri gelmektedir (Sattelmacher ve ark., 1994; Barber, 1995; Ulas, 2010). Özellikle topraktaki azot miktarı düştüğünde bitkilerin azot-alım etkinliği onların sahip olduğu kantitatif bir karakter olan kök sistemin büyüklüğü (Lynch, 1998) ve alım sisteminin gücüyle doğru orantılı olmaktadır (Jackson ve ark., 1986). Lakin, bitkide toprak üstü aksam (TÜA) dan toprak altı aksama yeterince asimilat yollanmadığı takdirde köklerin büyümesi ve gelişmesi söz konusu olmaz (Jackson et al., 1986). Bir bitki için yaprak alanı ve yaprak alanının devam edip korunması, fotosentezde ışığın absorbe edilmesi ve karbondioksit fiksasyonu açısından çok önemlidir (Grosse ve ark., 1989; Muchow ve Sinclair, 1994). Çünkü bitkide biyomas gelişimi ve verim doğrudan yaprak alanı ve onun yapmış olduğu fotosenteze bağlıdır (Hirasawa and Hsiao, 1999). Azot konusu üzerine yapılmış bir çok farklı çalışmada (Mae, 1997; Jensen et al., 1996; Porter and Remkes, 1990) dışarıdan uygulanan azot miktarı ile gelişimi ve yaprak alanı arasında pozitif bir ilişkinin olduğu gösterilmiştir.

Gerek kontrollü iklim odalarında yürütülmüş olan screenin denemelerimizde, gerekse iki yıllık tarla denemelerimizde elde edilen veriler açıkça göstermiştir ki, azot etkinlik karakter özellikleri yüksek olan ve bunu bitki biyomas gelişimine ve yumru verim ve kalitesine yansıtan Hermes ve Van Gogh gibi N-etkin çeşitler mevcuttur. Bu çeşitler aynı zamanda topraktan aldıkları azotu etkin bir biçimde bünyelerinde geniş yaprak alanları oluşturmak ve bu alanı uzun süre koruyarak (stay green prosesini) daha fazla fotosentez yeteneklerini korumayı başarmışlardır. Bu sayede üretikleri asimilatları toprak altı aksama (kök ve yumru) göndererek verimi ve kaliteyi artırmışlardır. Ayrıca topraktaki azotu yüksek oranda bünyelerine alıp, toprakta geriye mineralize olmuş kalıntı azot (N_{min}) bırakmayıp yumruda yüksek verime dönüştürmeyi de başarmışlardır. Lakin, yürütülen çalışmada bu çeşitlerin tam tersi azot etkinlik karakter özellikleri çok düşük olan ve bunu en düşük bitki biyomas gelişimi ve en düşük yumru verim ve kalitesi olarak yansıtan azot-etkinsiz Agria ve Juwel gibi çeşitler de tespit edilmiştir. Azot etkin olan Hermes ve Van Gogh çeşitlerinin ortak yönü hem düşük hem de yüksek azot koşullarında güçlü ve büyük kök morfolojik özellikler (kök uzunluğu, kök hacmi, kök yoğunluğu) sergilemeleridir. Azot etkin olmayan Agria ve Juwel çeşitlerinde kök

morfolojik karakterler oldukça düşük çıkmıştır. Ayrıca azot etkin çeşitlerin yaprak fizyolojik parametrelerinden yaprak alanı diğer azot-etkin olmayan çeşitlere göre daha yüksek çıkmıştır. Çünkü etkin kök sistemleri nedeniyle gövdelerine daha fazla azot biriktirilmişlerdir (Jackson ve ark., 1986). Bu sayede yaprak alanları daha büyük ve geniş olmuştur. Projede her ne kadar fotosentez ölçümü (taahüt edilmediğinden) parametere olarak yer almasa da, karakterize edilmiş olan bu azot etkin çeşitlerin (Hermes ve Van Gogh) yaprak alanını diğer çeşitlere (Agraria ve Juwel) göre daha geniş oluşturması, onlara daha büyük fotosentez yeteneği ve daha fazla köklere gönderilecek asimilat imkanı doğurmuş olabilir. Bu sayede bu çeşitler daha güçlü bir kök sistemi ortaya koymuş olabilir. Etkin ve güçlü bir kök sistemine sahip çeşitlerin her zaman topraktaki mevcut azottan yararlanmaları diğer etkin olmayan çeşitlere göre daha fazla olacaktır.

Verimle doğrudan ilişkili olan bu azot etkinliğinde rol oynayan ikincil karakterlerin dolaylı yollarla belirlenmesi ıslah çalışmalarını hem kolaylaştırmakta hem de hız kazandırmaktadır (Nyikako, 2003). Bu bakımdan azot etkinlik özellikleri tanımlanmamış daha bir çok patates gen havuzu, yerel populasyonlar, yabancı türler araştırılmalı ve özellikle kök morfolojik karakterler farklı lokasyonlarda daha başka teknikler kullanılarak (örneğin Minirhizotron tekniği) detaylıca araştırılmalıdır. Ayrıca bu çalışmada yer almamış olan yaprak fotosentez yeneklerinin çeşitler arasında araştırılması azot etkinlik parametreleri bakımından yararlı olacaktır. Çünkü, azot-etkin çeşitlerin geliştirilip ıslah edilmesi ve üreticilerin hizmetine sunulması ancak bu besin elementinin alımında ve kullanımında etkin rol oynayan bitkideki kök morfolojik ve yaprak fizyolojik ikincil özelliklerin tam olarak belirlenmesiyle mümkündür. Ayrıca, bizim çalışmalarımızdan farklı olarak moleküler genetik çalışan araştırmacılar, azot etkinliğinde rol oynayan kök morfolojik karakterlerden sorumlu gen veya genleri detaylı araştırarak azot-etkin çeşitlerin ıslah edilmesine katkıda bulunabilirler.

KAYNAKLAR

- Aktaş, M. 1995. Bitki Besleme ve Toprak Verimliliği, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi ders kitabı, Genel Yayın No: 1429, Ders Kitabı No: 416, Ankara.
- Arioğlu, H.H., 1997. Nişasta ve Şeker Bitkileri. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi ders kitabı, Genel Yayın No: 188, Ders kitapları No:57, s.3-230, Adana.
- Arslan, B., Dede, Ö., Tüfenkçi, Ş., İlbaş, A.İ. 1997. "Azotlu gübre uygulanan patates (*Solanum tuberosum* L.) bitkisinin bazı besin maddeleri içeriğinin belirlenmesi". Türkiye 2. Tarla Bitkileri Sempozyumu. Sayfa:283- 287.
- Arslan, B., Kevseroğlu, K. 1991. "Bitki sıklığının bazı patates (*Solanum tuberosum* L.) çeşitlerinin verimi ve önemli özelliklerine etkileri", Yüzüncü Yıl Üniv. Ziraat Fak. Derg., 1(3): 89-111.
- Austin, R.B., Bingham, J., Blackwell, R.D., Evans, L.T., Ford, M.A., Morgan, C.L., Taylor, M. 1980. "Genetic improvements in winter wheat yields since 1900 and associated physiological changes". J. Agric. Sci., Camb. 94, 675±689.
- Badr, M. A., El-Tohamy, W. A., and Zaghoul, A. M. 2012. "Yield and water use efficiency of potato grown under different irrigation and nitrogen levels in an arid region". Agricultural Water Management 110, 9-15.
- Barber, S. A. 1995. "Soil nutrient bioavailability": A mechanistic approach. 2nd edn., Wiley, New York, p. 414.
- Baumgärtel, G. 2008. "Sensible Knolle verzeiht keine Fehler". Pflanzenbau. Land & Forst Nr. 12: 29-32.
- Bayhan, A. 1985. "Ankara Piyasasından sağlanan bazı patates örneklerinin nitrat miktarları üzerinde Araştırmalar". Türk Hij. Den. Biyol. Derg., 42(1), 79-86s.
- Beukema, H.P., Van der Zaag, D.E. 1990. "Introduction to potato production". Pudoc Wageningen, 208 s.
- Boman, B., Obreza, T. 2008. "Fertigation Nutrient Sources and Application Considerations for Citrus". Agricultural and Biological Engineering Department, Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences.
- Borneff, M. 1980. "Untersuchungen an Sauglingen in Gegenden mit Nitrat Halbigem Trinkwasser", 2 bl. Bakt. Hyg. 1, Abt. Arip. B. 172, 59-66.
- BUGEM, 2013. "Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı Bitkisel Üretim Genel Müdürlüğü, 2013". http://www.tohum.bugem.gov.tr/tohum/istatistik/ithalat.pdf,/ithalat_miktar_parasa_l_deger.pdf. Son erişim tarihi: 15 Eylül 2016.
- Burton, W.G. 1974. "Requirement of the users of vared potatoes". Potato Res., 17: 374-409
- Byrnes, B.H., Bumb, B.L. 1998. "Population growth, food production and nutrient requirements". In Journal of Crop Production. Ed. Z. Rengel. pp. 1–27. The Haworth Press, New York.
- Ciecko, Z., Mazur, T., Krefft, L. 1988. "Effect of nitrogen fertilization on yield and qualitative features of five potato cultivars". Acta Acad. Agricult. Techn. Olst. Agricultura, 46: 37-48.
- Clarke, M. L. 1981. "Veterinar Toxicology", Second ed. Bailliere Tindall, London. Comly, 1945.
- Craswell E.T., Godwin D.C. 1984. "The efficiency of nitrogen fertilizers applied to cereals in different climates". In: Tinker PB, Lauchli A (eds) Advances in Plant Nutrition, Vol. 1. Praeger Publishers, New York, pp 1–55
- Çalışkan, C.F., M.B. Yıldırım, Ö. Çaylak, N. Budak, Z. Yıldırım, 1997. "Ana ürün olarak dikimi yapılan değişik olumlu bazı patates çeşitlerinde kısa intervallı dikim periyotlarının çeşitlerin fizyoloji, verim ve kalite üzerine etkileri". Türkiye 2. Tarla Bitkileri Sempozyumu. Sayfa: 279-287.
- Çetin, Ö., Tolay, İ. 2009. "Fertigasyon (Sulama ile Birlikte Gübreleme) ". Hasad Yayıncılık, İstanbul.
- Çetin, Ö., Uygan, D., Boyacı, H. 2008. "The effect of drip irrigation scheduling improvement by using percent canopy cover and crop development stage". Australian Journal of Agricultural Research, Vol. 59, Number 12, 1113-1120.

- Darwish, T.M., Atallah, T.W., Hajhasan, S., Haidar, A. 2006. "Nitrogen and water use efficiency of fertigated processing potato". *Agricultural Water Management* 85, 95-104.
- Dilz, K. 1987. "Efficiency of uptake and utilization of fertilizer nitrogen by plants". In: Jenkinson DS, Smith KA (eds) *Nitrogen efficiency in agricultural soils*. Elsevier, London and New York, pp 1–26
- Dubey, R.K., Singh, V., Devi, K., Kartek, K. 2012. "Effect of nitrogen levels and cultivars on growth and yield components of potato in foot hills of Arunachal Pradesh". *Indian Journal of Horticulture* 69, 545-549
- Esendal, E., 1990. *Nişasta ve şeker Bitkileri ve İşlahı. Cilt:1 Patates*. Ondokuz Mayıs Üniv. Ziraat Fak. Yayın no.101, İzmir.180.
- Fabeiro, C., Martin de Santa Olalla, F., De Juan, J.A. 2001. "Yield and size of deficit irrigated potatoes". *Agricultural Water Management* 48, p. 255-266.
- Falakalı, B. ve Seęer, M. 1988. "Besinlerde Nitrat ve Nitritler", *Ege Üniv. Müh. Fak. Derg.*, 6(2): 157-162s).
- FAO, 2013. "Food and Agriculture Organization of the United Nations". FAOSTAT Available at (Online) <http://faostat3.fao.org> (download data /crops /production /world total 02.Mar. 2013). Son erişim tarihi: 15 Eylül 2016.
- Gardner, J.C., Maranville, J.W., Paporozzi, E.T. 1994. "Nitrogen use efficiency among diverse sorghum cultivars". *Crop Science* 34, 728-733.
- Gavlak, R.G., W.L., Campbell, J.L., Walworth, C.L., Johnson, J.E. Munız, T.A., Tındall. 1993. "Nitrogen fertilization of irrigated russet potatoes in south- Central Alaska". *American Potato Journal*, 70: 571-578.
- Gerloff, S. 1977. "Plant efficiencies in the use of N, P and K". In Wrigh MJ (ed.): *Plant adaptation to mineral stress in problem soils*. Cornell Univ. Press, New York. pp 161-174.
- Gezgin, S., Uyangöz, S. 1998. "Degisik Azot Kaynaklarının Patates Bitkisinin Verim ve Bazı Özelliklerine Etkisi". *J. of Agriculture and Forestry* 22: 81-86
- Goffart, J.P, Olivier, M., Frankinet, M. 2008. "Potato Crop Nitrogen Status Assessment to Improve N Fertilization Management and Efficiency". *Past–Present–Future. Potato Research* 51:355–383
- Graham, R.D. 1984. "Breeding characteristics in cereals". In: Tinker, P.B. and Läuchli, A. (Eds.) *Advances in Plant Nutrition*. Vol. 1., Prager, New York: 57-90.
- Grosse, F., 1989. "Untersuchungen zur Ertragsbildung und Ertragsstruktur in einem Winterrapssortiment". Ph.D. Thesis. Christian-Albrechts-University, Faculty of Agriculture, Kiel.
- Güler, S. 2004. Sayfa 47-54. "Dünya'da ve Türkiye'de Gübre Tüketiminde Yaşanan Gelişmeler". 3. Ulusal Gübre Kongresi, Tarım-Sanayi-Çevre Bildiri Kitabı, 11-13 Ekim 2004, Tokat.
- Günel, E., Karadoğan, T. 1992. "Farklı sürelerde ve ortamlarda ön- sürgünlendirmenin patatesin verimi ile verim unsurlarına etkisi". *Yüzüncü Yıl Üniv. Zir. Fak. Dergisi*, 1/1, 97-124. ISSN 1018-9424.
- Güneş, A., Alparslan, M., İnal, A. 2004. "Bitki Besleme ve Gübreleme". Ankara Üniv. Ziraat Fak. Yayın No: 1514, Ders Kitabı: 467, Ankara.
- Haktanır, K., Yılmaz, M.A., Ak,B.E. 1990. "Çevre Kirleticilerin Tarımda yarattığı sorunlar ve Çözüm Önerileri". *Türkiye Ziraat Mühendisliği 3. Teknik Kongresi*, 8-12 Ocak 1990, Ankara. s. 41-50.
- Halitligil, M.B., İbeyi, A. ve Akın, A. 1996. "Kumlu Toprakta Patates Bitkisine Uygulanan Etiketli Amonyum Sülfat Gübresinin Azot Döngüsü". IV. Ulusal Nükleer Tarım ve Hayvancılık Kongresi 25-27 Eylül 1996 Uludağ Üniversitesi, Bursa, s. 13-19.
- Halitligil, M.B., Onaran, H., Munsuz, N. 2001. "Patates Yetistiriciliğinde Damla Sulama ve 15N Tekniklerinin Kullanıldığı Fertigasyon Araştırmaları". TOGTAG-1692 Nolu Araştırma Projesi Sonuç Raporu. Ankara, 26s.
- He, W., P.C. Struik, Q. He, X. Zhang, 1998. "Planting time and seed density effects on potato in subtropical China". *Journal of Agronomy Crop Science*, 180(3): 159-171.

- Hebbar, S.S., Ramachandrappa, B.K., Nanjappa, H.V., Prabhakar, M. 2004. "Studies on NPK drip fertigation in field grown tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.)". *Europ. J. Agronomy*, 21: 117-127.
- Hirasawa, T., Hsiao T.C., 1999. "Some characteristics of reduced leaf photosynthesis at mid day in maize growing in the field". *Field Crops Research* 62, 53-62.
- Hoffer, G.N. 1926. "Some differences in the functioning of selfed lines of corn under varying nutritional conditions". *J. Am. Soc. Agron.* 18: 322-334.
- Işıldar, A. A. , Karakaplan, S. 1990. "Niğde- Misli Ovası Topraklarında Azot Hareketi". *Doğ-Tr. J. Of Agriculture and Forstry.* 13 (1991): 318-327.
- İlisulu, K. 1986. "Nişasta, Şeker Bitkileri ve Islahı". Ankara Üniv. Ziraat Fak. Yayınları: 960, Ders Kitabı: 279. Ankara.
- Jackson, W.A., Pan, W.L., Moll, R.H., Kamprath, E.J. 1986. "Uptake, translocation, and reduction of nitrate". In: Neyra, C.A. (Ed.), *Biochemical Basis of Plant Breeding. Nitrogen Metabolism.* CRC Press, Boca Raton, FL, pp. 95–98.
- Janat, M. 2007. "Efficiency of Nitrogen Fertilizer for Potato under Fertigation Utilizing a Nitrogen Tracer Technique". *Communications in Soil Science and Plant Analysis Volume 38, Issue 17-18, 2007.*
- Jensen C.R., Mogensen, V.O., Mortensen, G., Andersen, M.N., Schjoerring, J.K., Thage, J.H., Koribidis, J., 1996. "Leaf photosynthesis and drought adaptation in field-grown oilseed rape (*Brassica napus* L.)". *Aust. J. Plant Physiol.* 23, 631-644.
- Kacar, B., Katkat, V. 2007. "Gübreler ve Gübreleme Tekniği". Nobel Yayın No:1119, Ankara.
- Kamh, M., Wiesler, F., Ulas, A., Horst, W. J. 2005. "Root growth and N-uptake activity of oilseed rape (*Brassica napus* L.) cultivars differing in nitrogen efficiency". *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 168,130–137.
- Karadoğan, T. 1996. "Azot ve fosforun uygulama şekli ve miktarının patatesin verim, verim unsurları ve kalitesine etkisi". *Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Derg.*, 27(1): 50-56.
- Karadoğan, T., H. Özer, E. Oral, 1997. Gübrelemenin patatesin bazı özellikleri üzerine etkisi. *Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Derg.*, 28(3): 441-453.
- Kasap, Y. 1994. "Farklı azot düzeylerinin patatesten (*Solanum tuberosum* L.) verim ve kuru madde miktarları üzerine etkileri". *Tarla Bitkileri Kongresi, cilt:1 Agronomi Bildirileri.* E. Ü. Ziraat Fak. Ofset Basımevi, s.260-262, İzmir.
- Keller J., Bliesner, R.D. 1990. "Sprinkle and Trickle Irrigation". The Blackburn Press, New Jersey USA.
- Khalel, A.M.S., Daood, N.T., Hassan, W.Q., Kako, S.M. 1986. "Effect of planting dates and nitrogen fertilizer rates on quantity and quality of potato (*Solanum tuberosum* L.)". *Journal of Agriculture and Water Resources Research, Vol. 5(1): 35-46.*
- Korzeniowski, A. 1980. "Nitrate Poisoning in Cattle.5, The Effect of Tungsten on Nitrate Formation by Rumen Microbes". *Meth. J. Agric. Sci.*28, 16-19 p.
- Kushwah, V.S., 1989. "Effect of different levels of nitrogen and planting density on production of seed potato (*Solanum tuberosum*) ". *Indian Journal of Agricultural Sciences, 1989, 59(9): 561-565.*
- Laegreid, M., Bockman, O.C., Kaastad, O. 1999. "Agriculture, Fertilisers and the Environment". CABI Publishing, Wallingford, UK. 294 pp.
- Lafitte, H.R., Edmeades, G.O. 1994. "Improvement of tolerance to low soil nitrogen in tropical maize. 2. Grain yield, biomass production and N accumulation". *Field Crops Research* 39, 15-25.
- Le Gouis, J., Béghin, D., Heumez, E., Pluchard, P. 2000. "Genetic differences for nitrogen uptake and nitrogen utilisation efficiencies in winter wheat". *Eur. J. Agron.* 12, 163–173.
- Lichtenthaler, H.K. 1987. "Chlorophylls and carotenoids: Pigments of photosynthetic biomembranes". *Methods in Enzymology*, 148: 350-382.
- Lynch, J. 1998. "The role of nutrient-efficient crops in modern agriculture". In Rengel, Z. (ed.): *Nutrient Use in Crop Production.* Food Products Press, Binghampton, NY, pp. 241–264.
- Mae, T. 1997. "Physiological nitrogen efficiency in rice: Nitrogen utilization, photosynthesis and yield potential. *Plant and Soil* 196, 201-210.

- Marschner, H. 1995. "Mineral Nutrition of Higher Plants". 2nd ed. Academic Press. London, Great Britain.
- Mikkelsen, R.L. 2006. "Best Management Practices for Profitable Fertilization of Potatoes". A regional newsletter published by the Potash & Phosphate Institute (PPI) and the Potash & Phosphate Institute of Canada (PPIC). pp 1-7.
- Moll, R. H., Kamprath, E. J., Jackson, W.A. 1982. "Analysis and interpretation of factors which contribute to efficiency of nitrogen utilisation". Agron. J. 74, 562-564.
- Muchow, R.C., Sinclair T.R., 1994. Nitrogen response of leaf photosynthesis and canopy radiation use efficiency in field grown maize and sorghum. Crop Science 34, 721-727.
- Nyikako, J.A. 2003. "Genetic Variation for Nitrogen Efficiency in Oilseed Rape (*Brassica napus* L.)". Ph.D. Thesis. Georg-August University of Göttingen, Germany.
- Onaran, H., Arıoğlu, H. 1999. "Niğde yöresinde yemeklik patates yetiştiriciliğinde, farklı yumru iriliklerine göre uygun bitki sıklığının belirlenmesi". 2. Ulusal Patates Kongresi, 28-30 Haziran, 284- 298, Erzurum.
- Ortiz-Monasterio, J.I., Sayre, K.D., Rajaram, S., McMahon, M. 1997. "Genetic progress in wheat yield and nitrogen use efficiency under four nitrogen rates". Crop Sci. 37, 898–904.
- Özçelik, S., Dilsiz, N. 1989. "Elazığ ve Yöresinde yetiştirilen Bazı Sebze çeşitlerinde Meydana Gelen Mikrobiyal Nitrit Miktarının Belirlenmesi". Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniv. Fen Edb. Fak., Elazığ.
- Öztürk E, Kara, K., Polat, T. 2007. "Azotlu Gübre Formlari ve Uygulama Zamanlariinin Patatesin Verimi ile Yumru Büyüklüğü Üzerine Etkisi".
- Presterl, T., Groh, S., Landbeck, M., Seitz, G., Schmidt, W., Geiger, H.H. 2002. "Nitrogen uptake and utilization efficiency of European maize hybrids developed under conditions of low and high nitrogen input". Plant Breed. 121, 480–486.
- Poorter, H., Remkes, C., 1990. "Leaf area ratio and net assimilation rate of 24 wild species differing in relative growth rate". Oecologia 83: 553-559.
- Samul, I. 1982. "A Rotation link: Rye as a winter Cover Crop Followed by potatoes as a second crop. 2. Effect of planting date and nitrogen application on yield and feeding value of three potato cultivars". Zesz. Nauk. ART Olszt. Rolnictwo. Nr., 33: 87-94.
- Sattelmacher, B., Horst, W.J. and Becker. H.C. 1994. "Factors that contribute to genetic variation for nutrient efficiency of crop plants". Z. Pflanzenernährung Bodenkunde 157, 215-224.
- Sattelmacher, B., Klotz, F., Marschner, H. 1990. "Influence of the Nitrogen Level on Root-Growth and Morphology of 2 Potato Varieties Differing in Nitrogen Acquisition". Plant and Soil 123, 131-137.
- Schojerring, J.K, Bock, J.G.H., Gammelvind, L., Jensen, C.R., Mogensen, V.O. 1995. "Nitrogen incorporation and remobilization in different shoot components of field-grown winter oilseed rape (*Brassica napus* L.) as affected by rate of nitrogen application and irrigation". Plant Soil 177: 255–264.
- Schulte auf'm Erley, G., Wijaya, K.-A., Ulas, A., Becker, H., Wiesler, F., Horst, W.J. 2007. "Leaf senescence and N uptake parameters as selection traits for nitrogen efficiency of oilseed rape cultivars". Physiol. Plant. 130, 519–531.
- Schulte auf'm Erley, G., Behrens, T., Ulas, A., Wiesler, F., Horst, W.J. 2011. "Agronomic traits contributing to nitrogen efficiency of winter oilseed rape cultivars". Field Crops Res. 124, 114-123.
- Seiffert, B., Zhou, Z., Wallbraun, M., Lohaus, G., Möllers, C. 2004. "Expression of a bacterial asparagine synthetase gene in oilseed rape (*Brassica napus*) and its effect on traits related to nitrogen efficiency". Physiol. Plant. 121: 656-665.
- Sinebo, W., Gretzmacher, R., Edelbauer, A. 2004. "Genotypic variation for nitrogen use efficiency in Ethiopian barley". Field Crops Res. 85, 43–60.
- Smith, J.W., Gutrie, L.D. 2004. "Extention Dairy Scientist Nitrate Toxicity and Prussic Acid Poisoning In Dairy Cattle". www.ces.uga.edu/pubcd/b1153-w.html. Son erişim tarihi: 15 Eylül 2016.

- Şahin, S., Karaman, M.R., Ünlükara, A., Geboloğlu, N., Durukan, A. 2011. "Tokat Kazova Yöresi Sırık Domates Yetiştiriciliğinde Fertigasyon Tekniği ile Uygulanan Azot dozu ve Bitki Su Tüketiminin Belirlenmesi". 5. Ulusal Bitki Besleme ve Gübre Kongresi 15-17 Eylül 2010. E.Ü. Ziraat Fak. Dergisi Özel Sayısı: 81-87.
- Tiemens-Hulscher M, Lammerts van Bueren, E.T., Struik, P.C. 2009. "Identification of genotypic variation for nitrogen response in potato (*Solanum tuberosum*) under low nitrogen input circumstances". In Breeding Diversity, Proceedings of the First International IFOAM Conference on Organic Animal and Plant Breeding, Sante Fe, New Mexico, USA, 25-28 August 2009. Ed. Z Hoeschel. pp. 354-361
- TUIK, 2013. "Türkiye İstatistik Kurumu. Bitkisel Üretim İstatistikleri" <http://tuikapp.tuik.gov.tr/bitkiselapp/bitkisel.zul>. Son erişim tarihi: 15 Eylül 2016.
- Tyler, K.B, Broadbent, F.E., Bishop, J.C. 1983. "Efficiency of nitrogen uptake by potatoes". *AmPotato J* 60:261-269
- Uhart, S.A., Andrade, F.H. 1995. "Nitrogen deficiency in maize: I. Effects on crop growth, development, dry matter partitioning, and kernel set". *Crop Sci.*, 35:1376-1383.
- Ulas, A. 2010. "Agronomic and Physiological Parameters of Genotypic Nitrogen Efficiency in Oilseed Rape (*Brassica napus* L.)". Ph.D. Thesis. Leibniz University Hannover, Germany.
- Ulas, A., Schulte auf'm Erley, G., Kamh, M., Wiesler, F., Horst, W.J. 2012. "Root-growth characteristics contributing to genotypic variation in nitrogen efficiency of oilseed rape". *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 175, 489-498.
- Ünlü, M., Kanber, R., Senyigit, U., Onaran, H., Diker, K. 2006. "Trickle and Sprinkler Irrigation of Potato(*Solanum tuberosum* L.) in Anatolian Region in Turkey". *Agricultural Water Management.* 79(1):43-71.
- Ünlükara, A., Örs, İ. 2012. "Sulama ve gübrelemede fertigasyon tekniği". I. Ulusal Yahyalı Sempozyumu. 20-21 Eylül.
- Wehrmann, J.; Scharpf, H.C. 1979. "Der Mineralstickstoffgehalt des Bodens als Maßstab für den Sitckstoffdüngerbedarf (N-min Methode)". *Plant and Soil* 52, 109-126
- Wiesler, F., Horst, W.J. 1992. "Differences between maize cultivars in yield formation, nitrogen uptake and associated depletion of soil nitrate". *J. Agronomy & Crop Science* 168, 226-237.
- Yau, S.K., Thurling, N., 1987. "Variation in nitrogen response among spring rape (*Brassica napus*) cultivars and its relationship to nitrogen uptake and utilization". *Field Crops Research* 16, 139-155.