

Herbisite Dayanıklı Mutant Kinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) Hatlarında Bazı Bitkisel Özelliklerin Belirlenmesi

Ömer EĞRİTAŞ¹, Mustafa TAN^{2*}, Kamil HALİLOĞLU³

ÖZET: Bu araştırma kinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.)'nın 2 çeşidine (Titicaca ve Moqu Arrochilla) ait M₂ seviyesindeki mutant hatların bazı morfolojik özelliklerini belirlemek amacıyla yürütülmüştür. Hatlar; 2018 yılında tohumlara sodyum azid uygulayarak mutasyon oluşturulmuş ve M₁ seviyesinde tarla şartlarında herbisite dayanıklı olarak belirlenmiş materyallerdir. Dayanıklılık gösteren bitkilerden elde edilen M₂ tohumları ile 2019 yılında serada saksı çalışması yürütülmüştür. Çalışmada her iki çeşitten 6'şar hat ve kontrol çeşidi şansa bağlı tam parseller deneme desenine göre saksılara ekilmişlerdir. İki ay sonra saksılardaki bitkiler kökleri ile çıkarılmış; bitki boyu, kök uzunluğu, kuru fide ve kök ağırlığı, sap kalınlığı ve yaprak sayısı gibi morfolojik özellikler belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar çeşitlerin mutagen uygulamasından farklı derecelerde etkilendiğini ortaya koymuştur. Hatların bazı özellikleri kontrol çeşitlerinin gerisinde kalırken, bazı özellikleri kontrolden daha üstün bulunmuştur. Titicaca'da ET-6 hattı bitki boyu, ET-5 fide ağırlığı, ET-1 ve ET-5 kök ağırlığı ve ET-1 sap kalınlığı yönünden ön plana çıkan hatlardır. M. Arrochilla çeşidinde ise EM-4 ve M-114 bitki boyu, EM-5 kök uzunluğu, M-103 fide ağırlığı, EM-5 kök ağırlığı ve EM-4 sap kalınlığı yönünden daha iyi durumda bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: Mutasyon, herbisite dayanıklılık, *Chenopodium quinoa*, morfolojik özellikler

Determination of Some Plant Properties in Herbicide Resistant Mutant Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) Lines

ABSTRACT: This research was carried out to determine some morphological properties of the M₂ level mutant lines of 2 varieties (Titicaca and Moqu Arrochilla) of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). Lines; in 2018, mutations were created by applying sodium azide to the seeds and they were determined to be herbicide tolerant field conditions at the M₁ level. A pot study was carried out in the greenhouse in 2019 with M₂ seeds obtained from resistant plants. In the study, 6 lines of each variety and the control were planted in pots according to the completely randomized plots experimental design. Two months later, the plants in the pots were taken with their roots; morphological features such as plant height, root length, dry seedling and root weight, stem thickness and number of leaves were determined. The obtained results showed that cultivars are affected to varying degrees by mutagen application. While some features of the lines lagged behind the control varieties, some features were found to be superior to control. In Titicaca, the ET-6 line stands out in terms of plant height, ET-5 seedling weight, ET-1 and ET-5 root weight and ET-1 stem thickness. In M. Arrochilla cultivar, EM-4 and M-114 were better in terms of plant height, EM-5 root length, M-103 seedling weight, EM-5 root weight and EM-4 stem thickness.

Keywords: Mutation, herbicide resistance, *Chenopodium quinoa*, morphological features

¹ Ömer EĞRİTAŞ (Orcid ID: 0000-0002-9628-0048), Tarım ve Kırsal Kalkınmayı Destekleme Kurumu, Ordu, Türkiye

² Mustafa TAN (Orcid ID: 0000-0001-7939-7087), Trakya Üniversitesi Havsa Meslek Yüksekokulu, Park ve Bahçe Bitkileri Bölümü, Edirne, Türkiye

³ Kamil HALİLOĞLU (Orcid ID: 0000-0002-4014-491X), Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü, Erzurum, Türkiye,

*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Mustafa TAN, e-mail: mustafatan@trakya.edu.tr

* Bu çalışma Ömer EĞRİTAŞ'ın Doktora Tezinden üretilmiştir.

GİRİŞ

Kinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) Amaranthaceae familyasından tek yıllık bir bitki olup, dünyaya Güney Amerika'daki And Dağlarından yayılmıştır. Ülkemizde yeni yeni tanınmaya başlayan bu bitki Güney Amerika'da yerli halklar tarafından binlerce yıldır yetiştirilmektedir (Vega-Galves ve ark., 2010). Güney Amerika'da 3800 m rakıma kadar yetiştiği bilinmektedir (Bhargava ve ark., 2006). Bu özelliğinden dolayı ülkemizin yüksek rakımlı platolarında alternatif bir ürün olarak yetiştirilebilir.

Ülkemizin hemen hemen bütün bölgelerinde kinoa yetiştiriciliği konusunda çalışmalar yapılmaktadır. Ancak geleneksel bitkilerimizden farklı olarak kinoa, tarımı zor bir bitkidir. Tarımındaki en büyük zorluk yabancı ot mücadelesinden kaynaklanmaktadır (Tan ve Temel, 2019). Kinoa geniş yapraklı bir tür olup, *Dicotyledoneae* sınıfındandır. Ülkemiz tarım arazilerinde çok yaygın olan sirken (*Chenopodium album*) ve kırmızı köklü horozibiği (*Amaranthus retroflexus*) ile akrabadır ve morfolojik olarak benzerlik gösterir. Kinoa tarımında bu yabancı otlara karşı etkili bir mücadelenin yapılması gerekir. Aksi taktirde yabancı otlar verimi düşürmekte ve ürüne karışarak pazar değerini azaltmaktadır. Ekim öncesi temiz bir tohum yatağı hazırlamak ve çıkış öncesi herbisitler kullanmak ilk akla gelen mücadele yöntemleridir. Kinoa geniş alanlarda ekildiğinden sıra üzeri yabancı otların çapalanması pratik ve ekonomik değildir. Bu nedenle çıkış sonrası sıra üzerindeki yabancı otlar için herbisit kullanmak en pratik çözümdür. Fakat geniş yapraklı yabancı otlar için atılan herbisitler kinoayı da öldürmektedir. Cowbrough (2015) geniş yapraklılara atılan ve etkili maddesi pyroxasulfone, clomazone, ethofumesate ve halosulfuron olan herbisit uygulamalarının kinoaya %100 zarar verdiğini, s-metolachlor/benoxacor ve pendimethalin uygulamalarının ise zararının %20-80 arası olduğunu bildirmiştir. Zararın az olduğu uygulamalarda yabancı otlara olan etkinin de azaldığını ifade etmiştir. Zaten kinoa yetiştiriciliğinde geniş yapraklı yabancı otlara karşı kullanılacak ruhsatlı herbisitler bulunmamaktadır (Bilalis ve ark., 2013; Mestanza ve ark., 2015).

Kinoa yetiştiriciliğinde geniş yapraklı yabancı otlar için önleyici tedbirler ve mekanik mücadele tedbirleri yeterli gelmemekte, kimyasal tedbirler ise uygulanamamaktadır. Bu durumda kinoada herbisitlere dayanıklılık geliştirme yönünde yapılacak çalışmalar ön plana çıkmaktadır. Dayanıklılık ıslahında kullanılan yöntemlerden birisi de mutasyon oluşturmaktır. Eğer uygulanan herbisitlere dayanıklı genotipler elde edilirse geniş alanlarda kimyasal yabancı ot mücadelesi kolaylaşacaktır.

İmidazolinon grubu herbisitler, bitkilerde bazı amino asitlerin biyosentezinde kritik bir enzim olan asetohidroksiasit (AHAS) enzimini inhibe ederek yabancı ot kontrolünü sağlarlar. Bu herbisitler geniş spektrumlu olarak hem dar yapraklı ve hem de geniş yapraklı yabancı otların kontrolünde başarılı bir şekilde kullanılmaktadırlar. Ayrıca bu herbisitler düşük uygulama oranında oldukça etkili, düşük memeli toksisitesine ve çevre için tercih edilebilir profile sahiptirler. İmidazolinon ile AHAS enziminin aktivitesinin inhibe edilmesine hassas olmayan bitkilerin geliştirilmesi o bitki için yabancı ot kontrolündeki başarı şansını yükseltmektedir. Böyle bir bitkide, herhangi bir imidazolinon herbisitleri, fitotoksidite problemi olmadan rahatlıkla kullanılabilirler (Newhouse ve ark., 1992; Pozniak ve ark., 2004). Böylece yabancı otlarla tam anlamıyla bir mücadele sağlanabilir. Böyle bir herbiste dayanıklı kinoa bitkisinin geliştirilmesi ile üreticiler daha rahat, etkili, güvenli ve daha ekonomik bir yabancı ot kontrolü yapabilirler. Günümüzde, imidazolinon herbisitine dayanıklı birçok ticari çeşit klasik ıslah metotları ile geliştirilmiştir. Bunlar arasında mısır, çeltik, kolza, şekerkamışı ve buğday sayılabilir (Tan ve ark., 2005; Koch ve ark., 2012). Amerika Birleşik Devletleri'nde Clearfield ticari ismi altında imidazolinon herbisitine dayanıklı buğday çeşidi piyasaya sürülmüştür. Kinoada imidazolinon grubu herbisitlere dayanıklı çeşit henüz geliştirilmemiş olmakla birlikte yoğun çalışmalar

yapılmaktadır. Bu çalışmanın amacı, klasik ıslah yöntemleri (mutasyon ve seleksiyon) kullanarak geliştirilmiş kinoa hatlarının bazı bitkisel özelliklerinin belirlenmesidir.

MATERYAL VE YÖNTEM

Araştırma 2019 yılında Atatürk Üniversitesi Bitkisel Üretim, Araştırma ve Uygulama Merkezi seralarında saksı çalışması olarak yürütülmüştür. Bu çalışmada daha önceden mutagen uygulaması yapılarak geliştirilmiş kinoanın M₂ generasyonu kullanılmıştır. Mutasyon uygulamaları kinoanın Doğu Anadolu şartlarına uygun Titicaca ve Moqu Arrochilla (Tan ve Temel, 2018) çeşitleri kullanılarak 2018 yılında başlatılmıştır. Tohumlara kimyasal mutagen olarak sodyum azid uygulanmıştır. Bu uygulama ABD’de imi-herbisitine dayanıklı buğday geliştirilmesinde takip edilen yöntemler kullanılarak yapılmıştır (Newhouse ve ark., 1992). Bu tohumlar 2018 yaz döneminde tarlaya ekilerek M₁ generasyonu tohumlar üretilmiştir. Bu tohumlar 2019 yılında tarla şartlarında ekilerek etkili maddesi imazamox olan total herbisit uygulanmıştır. Bitkiler 2-3 yapraklı döneme ulaştığında yeşil aksam için 3 g ai/da imazamox uygulanmış, dayanıklılık gösteren bitkiler işaretlenerek M₂ tohumları üretilmiştir. Tarla şartlarında yürütülen bu aşamada 20 bin bitki taranmıştır. Alınan tohumlar sera şartlarında saksılara ekilerek bitkilerin dayanıklılıkları tekrar test edilmiştir. Bu test çalışmaları sonucunda genotiplerin büyük çoğunluğu elemine edilmiş ve her iki çeşitten de dayanıklılığı yüksek olan 6’şar bitki bulunmuştur. Seçilmiş olan bitkilerin tohumları ile sera şartlarında saksı çalışmaları başlatılmıştır.

Saksı çalışmaları Eylül-Aralık döneminde her bir çeşitten seçilmiş 6 hat ve kontroller kullanılarak yürütülmüştür. 2 çeşit, 6’şar hat ve 3 tekerrürden oluşan denemeler toplam 42 saksı ve şansa bağlı tam parseller deneme deseni kullanılarak yürütülmüştür. Her bir saksıya 5 tohum ekilmiş, çıkış sonrası 3 bitki kalacak şekilde seyreltilmiştir. Her bir saksıdaki veri 3 bitkinin ortalamasından alınmıştır (Akçay ve Tan, 2019). Bitkilerin 2 ay büyümesine izin verilmiş ve bitki boyu, kök uzunluğu, bitki kuru ağırlığı, kök kuru ağırlığı, sap kalınlığı ve yaprak sayısı belirlenmiştir. Her bir çeşit kendi içerisinde istatistiksel analize tabi tutulmuştur. Elde edilen veriler MSTAT-C paket programı yardımı ile analiz edilmiş ve önemli bulunan farklılıklar LSD çoklu karşılaştırma testi ile gruplandırılmıştır (Yıldız ve Bircan, 1991).

BULGULAR VE TARTIŞMA

Kinoa çeşit ve hatlarına ait bitki boyları her iki çeşitte de farklılık göstermiş ve bu farklılık istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (Çizelge 1). Uygulama yapılmamış kontrol Titicaca’da bitki boyu 13.0 cm olarak belirlenmiştir. Buna karşılık uygulama yapılmış ve herbiste dayanıklı olarak seçilmiş hatların boyları 13.5-22.6 cm arasında bulunmuştur. Hatların tamamı kontrol çeşidinden daha uzun boylu olmuş, ET-6 ve ET-7 hatlarında bu farklılık önemli bulunmuştur. M. Arrochilla çeşidinde ise bazı hatlar kontrol çeşidini geçmekle birlikte kontrol çeşidi yüksek boy grubunda yer almıştır. Hatlardan M-103 ve M-109 kısa boylu olarak belirlenmişlerdir. Bu sonuçlar mutagen uygulaması ve buna bağlı olarak yapılan seleksiyonun bitki boyunda çeşitlere göre farklı sonuçlar verdiğini göstermektedir. Titicaca çeşidinde boy uzaması görülürken, M. Arrochilla çeşidinde bazı hatlarda belirgin olarak kısalma görülmüştür. Bu durum daha önce yapılmış olan seleksiyonun bitki boyu dikkate alınmaksızın tamamen herbiste dayanıklılık esasına göre yapılmasından kaynaklanmıştır. Şehirli ve Özgen (1988) fide boyunun mutasyondan en çok etkilenen parametrelerden olduğunu bildirmişlerdir. Yapılan araştırmalar mutasyon uygulamasının bitkiye, çeşide, mutagenin cinsine ve dozuna göre bitki boyu üzerine farklı sonuçlar yaptığını ortaya koymaktadır. Radyasyon uygulaması ile genellikle bitkilerde boy kısalmasının olduğu, kimyasal mutagen uygulamalarında ise bitki boyunda uzamaların olabileceği başka çalışmalarda da ortaya konulmuştur (Anonim, 2010; Anonim, 2011). Atmaca ve ark. (2012) düşük dozlardaki mutagen uygulamalarının fide boyunu değiştirmedeğini, ancak yüksek dozların

önemli kısalmalara yol açtığını belirlemişlerdir. Buna karşılık Efe ve Ünal (2017) Macar fiği çeşitleri arasında farklılıklar olduğunu ve mutasyon ile bitki boyunun uzadığını bildirmişlerdir.

Çizelge 1. Kinoa çeşitlerine ait seçilmiş hatlarda bitki boyları ve kök uzunlukları¹

| Titicaca | Bitki Boyu (cm) | Kök Uzunluğu (cm) | M. Arrochilla | Bitki Boyu (cm) | Kök Uzunluğu (cm) |
|----------|--------------------|----------------------|---------------|--------------------|----------------------|
| Kontrol | 13.0 C | 8.5 A | Kontrol | 17.7 A | 6.4 AB |
| ET-1 | 13.5 C | 7.8 AB | EM-4 | 18.1 A | 5.6 ABC |
| ET-5 | 15.9 BC | 4.9 C | EM-5 | 16.3 AB | 8.5 A |
| ET-6 | 22.6 A | 4.7 C | EM-12 | 16.0 AB | 6.2 ABC |
| ET-7 | 17.5 B | 5.7 BC | M-103 | 14.5 B | 3.4 C |
| OT-11 | 15.6 BC | 4.1 C | M-109 | 14.3 B | 3.7 BC |
| T-103 | 14.8 BC | 4.3 C | M-114 | 18.3 A | 3.8 BC |
| Ortalama | 16.1 | 5.7 | Ortalama | 16.6 | 5.4 |
| F-test | ** | ** | | * | * |

¹Aynı harfle işaretlenen ortalamalar birbirinden farklıdır

*: %5, **: %1 ihtimal sınırlarında önemlidir

Mutasyonun kök uzunluğu üzerine olan etkisi önemli bulunmuş, etkiler çeşitlere göre farklılık göstermiştir (Çizelge 1). Titicaca'da uygulama ile kök uzunlukları azalırken, M. Arrochilla çeşidinde ET-5 hattında kontrolden daha yüksek kök uzunluğu (8.5 cm) belirlenmiştir. Ancak bu farklılık istatistiksel olarak önemli değildir. Diğer hatlar kontrolden daha kısa kök uzunluğuna sahip olmuşlardır. Mutasyon uygulanan bitkilerde kök uzunluğunun çeşitlere göre değişim gösterdiğini Atmaca ve ark. (2012) da belirlemişlerdir. Bazı araştırmacılar 2,4-D'ye dayanıklı mutant *Nicotiana* ve *Arabidopsis* hatlarında kök gelişmesinin morfolojik olarak normal fakat daha zayıf olduğunu bildirmişlerdir (Mirza ve ark., 1984; Muller ve ark., 1985). Gomez-Pando ve Barra (2013) M₁ generasyonundaki mutant kinoaalarda köklerin belirgin olarak daha kısa olduğunu bulmuşlardır.

Kinoa fidelerinin kuru toprak üstü aksam ağırlıkları her iki çeşitte de önemli seviyede farklılık göstermiştir (Çizelge 2). Genel olarak hatların fide ağırlıkları kontrol çeşidine göre daha düşüktür. Her iki çeşitte de bazı mutant hatların kontrolden daha yüksek fide ağırlığına sahip olduğu görülse de bu farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Titicaca çeşidinde kontrol, ET-1 ve ET-5 hatları, M. Arrochilla çeşidinde kontrol, M-103, M-114, EM-12 ve EM-5 hatları yüksek fide ağırlığına sahip olmuşlardır. Atmaca ve ark. (2012) nohutta M₁ hatları ile yaptıkları çalışmada benzer olarak, bazı uygulamaların kontrol ile aynı seviyede fide ağırlığına sahip olduğunu, ama genel olarak mutasyon uygulamalarında fide ağırlığının düştüğünü belirlemişlerdir. Zaten mutasyona maruz kalan bitkilerde fide kuru ağırlığının düştüğü genel olarak bilinen bir sonuçtur (Peşkirioğlu, 1995).

Kök kuru ağırlığına ait sonuçlar çeşitlere bağlı olarak büyük değişim göstermiştir. Titicaca'da kontrol, ET-1, ET-5 ve T-103 yüksek kök kuru ağırlığına sahip olurken, M. Arrochilla'da EM-5 (0.26 g) hem kontrol hem de diğer hatlardan daha yüksek kök kuru ağırlığına sahip olmuştur. Bunu kontrol çeşidi takip etmiş, diğer hatlar düşük değerde bulunmuştur. Titicaca'nın ET-1, ET-5 ve T-103 hatları ile M. Arrochilla'nın EM-5 hattı hariç tutulursa mutasyonun kök kuru ağırlığını düşürdüğü ifade edilebilir (Çizelge 2).

Çizelge 2. Kinoa çeşitlerine ait seçilmiş hatlarda bitki ve kök ağırlıkları¹

| Titicaca | Fide Ağırlığı (g) | Kök Ağırlığı (g) | M. Arrochilla | Fide Ağırlığı (g) | Kök Ağırlığı (g) |
|-----------------|------------------------------|-----------------------------|----------------------|------------------------------|-----------------------------|
| Kontrol | 4.87 AB | 0.25 AB | Kontrol | 6.30 A | 0.20 B |
| ET-1 | 5.11 AB | 0.26 A | EM-4 | 3.92 B | 0.09 C |
| ET-5 | 5.91 A | 0.26 A | EM-5 | 6.00 AB | 0.26 A |
| ET-6 | 4.40 B | 0.11 C | EM-12 | 5.80 AB | 0.10 C |
| ET-7 | 4.47 B | 0.15 BC | M-103 | 6.37 A | 0.09 C |
| OT-11 | 3.17 C | 0.09 C | M-109 | 4.00 B | 0.10 C |
| T-103 | 4.37 BC | 0.17 ABC | M-114 | 4.17 AB | 0.10 C |
| Ortalama | 4.61 | 0.19 | Ortalama | 5.22 | 0.14 |
| F-test | ** | ** | | ** | ** |

¹Aynı harfle işaretlenen ortalamalar birbirinden farksızdır

** : %1 ihtimal sınırlarında önemlidir

İncelenen genotipler arasındaki sap kalınlığı her iki çeşitte de önemli seviyede değişiklik göstermiştir (Çizelge 3). Titicaca'da ET-1 ve ET-5 hatları kontrolden daha yüksek değerlere sahip olmuşlar, özellikle ET-1 hattı istatistiksel olarak da farklı bulunmuştur. OT-11 ise Titicaca çeşidinde en ince saplı materyal olmuştur. M. Arrochilla çeşidinde ise kontrol en kalın saplı materyal olurken, bunu aynı istatistiksel gruba giren EM-4 hattı takip etmiştir. M-103 hattı ise en ince saplı bitki olarak bulunmuştur. Sap kalınlığı güçlü bir bitki gelişimi için önemlidir. Kimyasal mutagen uygulamaları ile kısa boylu, kalın saplı ve yatmaya dayanıklı hatların geliştirilmesinde başarılı sonuçlar alınmaktadır (Wani ve ark., 2014). Bu çalışmada mutasyon ıslahı ile Titicaca'da kontrolden daha kalın hatlar belirlenirken, M. Arrochilla'da hatların tamamı kontrolden daha ince saplı olmuştur. Efe ve Ünal (2017) da Macar fiğinde mutasyon ile sap kalınlığının önemsiz değişimler gösterdiğini ve çeşitler arasında farklılıklar olduğunu bildirmişlerdir.

Çizelge 3. Kinoa çeşitlerine ait seçilmiş hatlarda sap kalınlıkları ve yaprak sayıları¹

| Titicaca | Sap Kalınlığı (mm) | Yaprak Sayısı (adet) | M. Arrochilla | Sap Kalınlığı (mm) | Yaprak Sayısı (adet) |
|-----------------|-------------------------------|---------------------------------|----------------------|-------------------------------|---------------------------------|
| Kontrol | 3.37 BC | 14.3 | Kontrol | 4.03 A | 14.7 |
| ET-1 | 4.18 A | 15.3 | EM-4 | 3.90 A | 15.0 |
| ET-5 | 3.78 AB | 15.3 | EM-5 | 3.17 B | 15.0 |
| ET-6 | 3.04 BCD | 15.3 | EM-12 | 2.90 B | 15.0 |
| ET-7 | 2.74 CD | 14.0 | M-103 | 2.20 C | 13.3 |
| OT-11 | 2.49 D | 12.0 | M-109 | 3.12 B | 12.7 |
| T-103 | 3.26 BC | 14.7 | M-114 | 2.91 B | 13.7 |
| Ortalama | 3.27 | 14.4 | Ortalama | 3.18 | 14.2 |
| F-test | ** | ö.d. | | ** | ö.d. |

¹Aynı harfle işaretlenen ortalamalar birbirinden farksızdır

ö.d.: önemli değildir, *: 0.05, **: %1 ihtimal sınırlarında önemlidir

Kinoa çeşitlerinde bitkideki yaprak sayıları 12.0 adet ile 15.3 adet arasında değişmiş ve bu değişim istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. Önemsiz olmakla birlikte her iki çeşitte de kontrolden daha fazla ve daha az yaprak üreten hatlar olduğu belirlenmiştir (Çizelge 3). Bu çalışmada önemli olmasa da

morfolojik mutasyonların bitkilerde yaprak şekli ve sayısını etkileyebildiği ifade edilmektedir (Wani ve ark., 2014).

SONUÇ

Bu araştırmada kimyasal mutagen uygulaması ile geliştirilmiş IMI grubu herbisit uygulamasına dayanıklılık gösteren hatların M₂ generasyonundaki bazı morfolojik özellikleri incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar hatlar arasında varyasyon olduğunu, bazı morfolojik özelliklerin standartların üzerinde, bazılarının ise standartların altında kaldığını ortaya koymaktadır. Bu durum büyük ihtimalle seleksiyon çalışmalarının dayanıklılık esasına göre yapılmasından kaynaklanmıştır. Mutasyon uygulamasının birçok özelliği geriletmesi beklenen bir sonuçtur. Amaç en düşük zararlar en yüksek seviyede istenen karakterlere sahip bitkiyi elde etmektir. Çeşitlerin mutagen uygulamasından etkilenmeleri farklılık göstermiştir. Genel olarak M. Arrochilla çeşidinin mutant hatlarında morfolojik özelliklerin daha fazla gelişmiş olduğu ifade edilebilir. Titicaca'da ET-6 hattı bitki boyu, ET-5 fide ağırlığı, ET-1 ve ET-5 kök ağırlığı ve ET-1 sap kalınlığı yönünden ön plana çıkan hatlardır. M. Arrochilla çeşidinde ise EM-4 ve M-114 bitki boyu, EM-5 kök uzunluğu, M-103 fide ağırlığı, EM-5 kök ağırlığı ve EM-4 sap kalınlığı yönünden daha iyi durumdadır. Hatların tarla şartlarındaki performanslarının ve tohum verimlerinin belirlenmesi daha sonraki aşamalarda hangi hatların üzerinde durulacağına karar vermede daha etkili olacaktır.

TEŞEKKÜR

Makale Ömer EĞRİTAŞ'ın Doktora Tezi sonuçlarından üretilmiştir. Bu çalışma, Atatürk Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimince desteklenmiştir. Proje Numarası: FDK-2019-7186.

KAYNAKLAR

- Akçay E, Tan M, 2019. Farklı tuzluluk seviyelerinin bazı kinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) çeşitlerinde kök ve sürgün gelişmesine etkileri. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 50 (3): 292-298.
- Anonim, 2010. Farklı Tip Biberlerde Mutasyon Islahı. Türkiye Atom Enerjisi Kurumu Teknik Rapor, TAEK TR-2010-7, Ankara.
- Anonim, 2011. Nükleer Tekniklerle Makarnalık Buğdayda (*Triticum durum* Desf.) Mutasyon Islahı. Türkiye Atom Enerjisi Kurumu Teknik Rapor, TAEK TR-2011-11, Ankara.
- Atmaca E, Çiftçi CY, Çakır S, Sağel Z, Akın R, 2012. Yaşa-05 ve Hisar nohut çeşitleri tohumlarına uygulanan farklı gama ışını dozlarının bazı özellikler üzerine etkilerinin belirlenmesi. Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi 5(1): 104-106.
- Bhargava A, Shukla S, Ohri D, 2006. *Chenopodium quinoa* - An Indian perspective. Industrial Crops and Products, 23: 73-87.
- Bilalis DJ, Travlos IS, Karkanis A, Gournaki M, Katsenios G, Hela D, Kakabouki I, 2013. Evaluation of the allelopathic potential of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). Romanian Agricultural Research, 30: 359-364.
- Cowbrough M, 2015. Crop injury and yield response of quinoa to applications of various herbicides. Crop advances: Field Crop Reports, <http://www.ontariosoilcrop.org>.
- Efe B, Ünal S, 2017. Farklı Gama ışını dozlarının Macar fiği çeşitlerindeki bazı kantitatif özelliklere etkisi. KSÜ Doğa Bilimleri Dergisi, 20: 135-143.

- Gomez-Pando LR, Barra AE, 2013. Developing genetic variability of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) with gamma radiation for use in breeding programs. American Journal of Plant Sciences, 4: 349-355.
- Koch AC, Ramgareeb RS, Koch AC, Ramgareeb S, Rutherford RS, Snyman SJ, Watt MP, 2012. An *in vitro* mutagenesis protocol for the production of sugarcane tolerant to the herbicide imazapyr. *In Vitro Cellular and Developmental Biology-Plant*, 48: 417-427.
- Mestanza C, Riegel R, Silva H, 2015. Characterization of the acetohydroxyacid synthase multigene family in the tetraploide plant *Chenopodium quinoa*. *Electronic Journal of Biotechnology*, 18(6): 393-398.
- Mirza JI, Olsen GM, Iversen TH, Maher EP, 1984. The growth and gravitropic responses of wild-type and auxin-resistant mutants of *Arabidopsis thaliana*. *Plant Physiology*, 60: 516-522.
- Muller JF, Goujaud J, Caboche M, 1985. Isolation *in vitro* of naphthaleneacetic acid-tolerant mutants of *Nicotiana tabacum*, which are impaired in root morphogenesis. *Molecular and General Genetics*, 199: 194-200.
- Newhouse KE, Smith WA, Starrett MA, Schaefer TJ, Singh BK, 1992. Tolerance to imidazolinone herbicides in wheat. *Plant Physiology*, 100: 882-886.
- Peşkirçioğlu H, 1995. Arpa (*Hordeum vulgare* L.)'ya uygulanan EMS (Ethyl Methane Sulphonate) ve gamma ışınlarının M₁ ve M₂ bitkilerinin bazı özellikleri üzerine etkileri. Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Pozniak CJ, Birk IT, O'Donoghue LS, Menard C, Hucl PJ, Singh BK, 2004. Physiological and molecular characterization of mutation derived imidazolinone resistance in spring wheat. *Crop Science*, 44: 1434-1443.
- Sehirali S, Özgen M, 1988. Bitki Islahı. Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Yayınları: 1059, Ders Kitabı: 310, 261 s. Ankara.
- Tan M, Temel S, 2018. Performance of some quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) genotypes grown in different climate conditions. *Turkish Journal of Field Crops*, 23(2): 180-186.
- Tan M, Temel S, 2019. Her Yönüyle Kinoa. Önemi, Kullanılması ve Yetiştiriciliği. İksad Yayınevi, 177 s, Ankara.
- Tan S, Evans RR, Dahmer ML, Singh BK, Shaner DL, 2005. Imidazolinone tolerant crops: History, current status and future. *Pest Management. Science*, 61: 246-257.
- Vega-Galvez A, Miranda M, Vergara J, Uribe E, Puente L, Martinez EA, 2010. Nutrition facts and functional potential of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.), an ancient Andean grain: A review. *Journal of the Science Food Agriculture*, 90: 2541-2547.
- Wani MF, Kozgar MI, Tomlekova N, Khan S, Kazi AG, Sheikh SA, Ahmad P, 2014. Mutation Breeding: A Novel Technique for Genetic Improvement of Pulse Crops Particularly Chickpea (*Cicer arietinum* L.). In *Improvement of Crops in the Era of Climatic Changes*, P. Ahmads ve ark. (Eds.), Springer, New York, USA, p: 217-248.
- Yıldız N, Bircan H, 1991. Araştırma ve Deneme Metodları. Atatürk Üniversitesi. Yayınları No: 697, Ziraat Fakültesi Yayınları No: 305, Ders Kitapları Serisi No: 57, Erzurum.