

Farklı Doz ve Formlarda Uygulanan Azot Gübrelmesi Koşullarında Üretilen Rokada Verim Tepkileri ve Depolama Önce ve Sonrasındaki Nitrat-Nitrit Birikimi

Gülsüm SAYILIKAN MANSUROĞLU¹ Sefer BOZKURT² Selda TELLİ¹ Melisa KARA¹

¹ Mustafa Kemal Üniversitesi, Samandağ Meslek Yüksekokulu, Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü, 31070, Hatay

² Mustafa Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, 31000, Hatay

Özet

Hatay'ın Samandağ ilçesinde yürütülmüş olan bu araştırmada, roka yetiştiriciliğinde 5 azot dozu ($D_0:0 \text{ kg N da}^{-1}$, $D_1:10 \text{ kg N da}^{-1}$, $D_2:20 \text{ kg N da}^{-1}$, $D_3:30 \text{ kg N da}^{-1}$ ve $D_4:40 \text{ kg N da}^{-1}$) ile amonyum sülfat ve amonyum nitrat gübrelere farklı oranlarda karışımından oluşan 5 farklı azot formu ($F_1:\%100$ amonyum sülfat, $F_2:\%25$ amonyum nitrat + $\%75$ amonyum sülfat, $F_3:\%50$ amonyum nitrat + $\%50$ amonyum sülfat, $F_4:\%75$ amonyum nitrat + $\%25$ amonyum sülfat ve $F_5:\%100$ amonyum nitrat) 3 tekerrürlü olarak denemeye alınmıştır. Denemede rokada verim, yaprak sayısı, biyokütle, kuru ağırlık yüzdeleri, hasatta ve soğukta (buzdolabında) bir hafta depolama sonrasında nitrat-nitrit içerikleri belirlenmiştir. Azot uygulamaları kontrole göre rokada verimi, yaprak sayısını ve bitki biyokütlesini arttırmıştır. Azot uygulamalarının rokanın nitrat-nitrit içeriğine istatistiksel olarak etkisinin olmadığı belirlenmiştir. Artan azot dozuna bağlı olarak çok yüksek nitrat ($1151.0-3603.0 \text{ mg kg}^{-1}$ arasında) ve nitrit ($15.2-974.8 \text{ mg kg}^{-1}$ arasında) değerleri belirlenmiştir (nitrat sınır değeri 1500 mg kg^{-1}). Buzdolabında muhafaza edilen bitkilerde nitrat değerlerinin düştüğü ancak, bazı uygulamalarda depolama sonrası nitrit değerlerinin yükseldiği belirlenmiştir. Bu yüzden rokanın hasadın hemen ardından tüketilmesi ve çok uzun süreyle muhafaza edilmemesi tavsiye edilmiştir.

Anahtar kelimeler: Azot dozu, Azot formu, Roka, Buzdolabında depolama, Nitrat, Nitrit

Yield Responses of Rocket Plants Fertilized with Different Nitrogenous Fertilizer Doses and Forms, and Nitrate-Nitrite Accumulations Before and After Storage

Abstract

In this experiment conducted in the district of Hatay Samandag, 5 nitrogen doses ($D_0:0 \text{ kg N da}^{-1}$, $D_1:10 \text{ kg N da}^{-1}$, $D_2:20 \text{ kg N da}^{-1}$, $D_3:30 \text{ kg N da}^{-1}$ and $D_4:40 \text{ kg N da}^{-1}$) and 5 different nitrogenous forms which were consisting of different ratios of ammonium sulphate and ammonium nitrate fertilizers ($F_1:100\%$ ammonium sulphate, $F_2:25\%$ ammonium nitrate + 75% ammonium sulphate, $F_3:50\%$ ammonium nitrate + 50% ammonium sulphate, $F_4:75\%$ ammonium nitrate + 25% ammonium sulphate and $F_5:100\%$ ammonium nitrate) were applied to rocket plants with 3 replications. Yield, leaf number, biomass, dry matter values of plant at harvest and nitrate-nitrite accumulations at harvest and after a week storage in fridge condition were determined. Nitrogen applications increased yields, the number of leaves and plant biomass of rocket plant. The effects of applications on nitrate-nitrite accumulations in plant were found insignificant, statistically. Too high nitrate (between $1151.0-3603.0 \text{ mg kg}^{-1}$) and nitrite (between $15.2-974.8 \text{ mg kg}^{-1}$) contents were determined depending on the increase nitrogenous doses. Although nitrate contents were decreased, some nitrite values were increased in plants after the storage period in this experiment. Therefore, it is recommended that the rocket plants should be eaten just after harvest and not stored long time.

Key words: Nitrogenous doses, Nitrogenous forms, Rocket, Storage in fridge, Nitrate, Nitrite

Giriş

Anavatanı Akdeniz bölgesi olarak kabul edilen roka (*Eruca vesicaria* subsp. *sativa* Mill.) yaprakları tüketilen bir sebzedir (Vural ve ark., 2000). Türkiye'nin 2016 yılında yaprağı yenen sebze üretimi (1,621,237 ton) toplam sebze üretiminin %5.36'sını oluşturmaktadır. Rokanın yaprağı yenen sebzeler içindeki üretim payı 10,185 ton ile %0.63'tür (Anonim, 2017). Hatay ili 2016 yılında toplam roka üretiminin %1.61'ini (164 ton) gerçekleştirmiştir. İl içi en fazla roka üretimi (84 ton-%51.2'si) Samandağ ilçesinde gerçekleşmektedir (Anonim, 2016).

Yaprağı yenen sebzelerde gereğinden fazla, özellikle hasattan hemen önce verilen nitrat formundaki azotun tüketici sağlığı açısından çok sakıncalı olan nitrit formuna dönüşebilmesi nedeniyle bu sebzelerde azotlu gübrelemeye dikkat edilmelidir (Vural ve ark., 2000). Besinlerle vücuda alınan yüksek konsantrasyonlardaki nitratın (NO_3) bağırsak zarlarının parçalanmasına neden olabildiği veya nitratın (NO_3) salgı enzimleriyle nitrite (NO_2) dönüşerek kandaki oksijenin taşınmasını engellediği bilinmektedir. Vücuttaki nitritin nitros aminlere dönüşerek kanserojen etki yapma ihtimallerinin de söz konusu olduğu bildirilmektedir (Nicola ve ark., 2005). Nitrat bitkinin yapraklarında biriktiği için anılan riskler özellikle yaprakları yenen sebzelerde çok önemlidir. Gübrelemede kullanılan azotun formu ve miktarı, dengesiz gübreleme, ışık yoğunluğu, CO_2 konsantrasyonu, sıcaklık, bitkinin genetik özellikleri, uygun olmayan taşıma ve depolama koşulları gibi faktörler bitkide nitrat birikimine etki etmektedir (Ceylan ve ark., 2002a; Hord ve ark., 2009).

Bitkiler topraktan azotun temel formu olan nitratı alırlar ve alınan azot bir dizi biyokimyasal reaksiyon sonucu amino asit ve proteinlere dönüştürülür. Bitkinin azot alımının gereğinden fazla olması veya alınan azotun dönüşümlerinin çeşitli faktörlerce engellenmesi, bitkide azot birikimine neden olmaktadır (Mengel, 1984). Roka çok yüksek oranda (>2500 mg kg^{-1} taze ağırlık) nitrat biriktiren bir bitkidir (Ferrante ve ark., 2003;

Santamaria, 2006). Ferrante ve ark., (2003), roka için yaklaşık olarak 7000-8000 mg kg^{-1} nitrat değerini belirlemişler ve bu değer için döneminde 9000 mg kg^{-1} 'i kolaylıkla aşabildiğini bildirmişlerdir. Birçok araştırmacı (Santamaria ve ark., 1998a; Santamaria ve ark., 1998b; Santamaria ve ark., 2001; Santamaria ve ark., 2002; Hanafy Ahmed ve ark., 2002; Kim ve ark., 2006; Nurzyńska-Wierdak, 2006; Purquerio ve ark., 2007) yüksek dozdaki nitrat ağırlıklı gübrelemelerin bitkide nitrat birikimini teşvik ettiğini bildirmişlerdir. Araştırmacılar sadece nitrat formundaki gübreleri kullanmaktan kaçınmayı, amonyum formundaki gübreleri de uygulamayı veya her iki formun karışımını kullanmayı tavsiye etmişlerdir.

Roka yaprakları uzun süre muhafaza edilemezler. Buzdolabında plastik poşetlerde muhafaza ömrü en fazla bir haftadır. Daha fazla bekletilirse rokanın yaprakları sararır, yeme kalitesi bozulur, istenmeyen biyokimyasal değişimler ve koku oluşur (Vural ve ark., 2000). Kötü depolama koşullarının bitkilerde nitrat birikimini arttırdığı çeşitli araştırmacılarca (Ferrante ve ark., 2003; Kim ve Ishii, 2007; Koukounaras ve ark., 2007) bildirilmiştir.

Özetle, roka bitkisinde düşük miktarda nitrat ve nitrit birikimini sağlayabilecek uygun azotlu gübre formunun ve dozunun belirlenmesi ve depolamanın bitki nitrat ve nitrit birikimi üzerindeki etkisinin bilinmesi insan sağlığı açısından önem taşımaktadır. Ülkemizde Akdeniz bölgesinde Hatay ili Samandağ ilçesinde yoğun olarak yetiştirilen roka bitkisinde kullanılan azotlu gübrelerin form ve miktarının nitrat-nitrit birikimine etkileri üzerine şu ana kadar herhangi bir çalışma yapılmamıştır. Ayrıca rokada nitrat-nitrit birikiminde depolamanın payı hakkında çalışma da mevcut değildir. Bu çalışmada Samandağ koşullarında yetiştirilen rokada verim, insan sağlığını etkilemeyecek düzeydeki kabul edilebilir nitrat-nitrit birikimi yönünden uygun azotlu gübre doz ve formunu belirlemek ve muhafaza sonrasındaki nitrat-nitrit değişimlerini belirlemek amaçlanmıştır.

Materyal ve Yöntem

Araştırma, 2010 yılında yörede yaygın olarak kullanılan "Geniş Yapraklı" (Arzuman Tohumculuk) isimli roka çeşidi kullanılarak M.K.Ü. Samandağ Meslek Yüksekokulu Araştırma ve Uygulama alanında tarla şartlarında yürütülmüştür. Araştırma alanı, Samandağ'ın sahil kesiminde, denizden 3 m yükseklikte, 36° 04' kuzey enleminde ve 35° 15' doğu boylamındadır. Akdeniz ikliminin hüküm sürdüğü yörede yazlar sıcak ve kurak, kışlar ılık ve yağışlıdır.

Proje başlangıcında, deneme alanı topraklarının bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerinin belirlenmesi amacıyla, arazinin farkı yerlerinden ve farklı derinliklerinden (0-30 ve 30-60 cm) toprak örnekleri alınmıştır. Bu değerler Çizelge 1'de verilmiştir.

Yörede yaygın olarak kullanılan kuyu suyu ile sulama yapılmıştır. Sulama yöntemi olarak, roka yetiştiricilerinin de çoğunun uyguladığı, tava sulama yöntemi kullanılmıştır. Sulama suyu miktarının belirlenmesinde A sınıfı buharlaşma kabı kullanılmış ve buharlaşmanın tamamını karşılayacak şekilde tam sulama yapılmıştır. Sulama zamanlamasında tansiyometre kullanmış ve 30 cm derinlikteki toprak nem tansiyonu 40 cbar düzeyine ulaştığında sulama yapılmıştır.

Denemede, 5 farklı kompozisyonda 5 farklı azotlu gübre dozu denenmiştir. Bu amaçla deneme 3 tekerrürlü olarak bölünmüş parseller deneme desenine göre kurulmuştur. Deneme toplam 75 parselden oluşmuş ve her parsel 1.5 m x 2.0 m = 3.0 m² boyutlarında hazırlanmıştır. Sonuçlar MSTAT-C istatistik yazılımında değerlendirilmiştir. Konu ortalamalarının karşılaştırılmasında LSD testi kullanılmıştır. Deneme deseninin ayrıntıları aşağıda verilmiştir:

Gübre Dozu: Azot gübresinin 5 farklı dozu denenmiştir (Bianco ve ark., 1998; Purquerio ve ark., 2007; Vural ve ark., 2000).

D₀: 0 kg N da⁻¹ (Kontrol)

D₁: 10 kg N da⁻¹

D₂: 20 kg N da⁻¹

D₃: 30 kg N da⁻¹

D₄: 40 kg N da⁻¹

Gübre Formu: Amonyum sülfat ve amonyum nitrat gübrelere farklı oranlarda karışımı denenmiştir (Bianco ve ark., 1998; Santamaria ve ark., 1998a ve 1998b; Santamaria ve ark., 2001).

F₁: %100 Amonyum Sülfat: Uygulanacak azotlu gübrenin tamamı %21 N içeren Amonyum Sülfat gübresi kullanılarak verilmiştir.

F₂: %25 Amonyum Nitrat+%75 Amonyum Sülfat: Uygulanacak azotlu gübrenin 1/4'ü %33 N içeren Amonyum Nitrat ve 3/4'ü %21 N içeren Amonyum Sülfat gübresi kullanılarak verilmiştir.

F₃: %50 Amonyum Nitrat+%50 Amonyum Sülfat: Uygulanacak azotlu gübrenin yarısı %33 N içeren Amonyum Nitrat ve kalan yarısı %21 N içeren Amonyum Sülfat gübresi kullanılarak verilmiştir.

F₄: %75 Amonyum Nitrat+%25 Amonyum Sülfat: Uygulanacak azotlu gübrenin 3/4'ü %33 N içeren Amonyum Nitrat ve 1/4'ü %21 N içeren Amonyum Sülfat gübresi kullanılarak verilmiştir.

F₅: %100 Amonyum Nitrat: Uygulanacak azotlu gübrenin tamamı %33 N içeren Amonyum Nitrat gübresi kullanılarak verilmiştir.

Deneme kurulmadan önce toprak analizi Sparks (1996)'a göre yapılmıştır. Tohum ekiminden önce toprağa 250 kg da⁻¹ organik gübre (Ekoflora) çiftlik gübresi yerine verilmiş, 15 kg K₂O da⁻¹ (Potasyum sülfat gübresiyle), 15 kg P₂O₅ da⁻¹ (Triple Süper Fosfat gübresiyle) taban gübresi olarak bütün deneme alanına uygulanmıştır (Vural ve ark., 2000). Tohumlar 1.0-1.5 g m⁻² yoğunlukta olacak şekilde tavalara serpm şeklinde 30 Eylül 2010 tarihinde ekilmiştir (Vural ve ark., 2000).

Ekimden yaklaşık 3 hafta kadar sonra (21 Ekim 2010'da) 0, 5, 10, 15, 20 kg N da⁻¹ dozlarında azotlu gübreler uygulanmıştır. Bu uygulamadan 2 hafta kadar sonra (5 Kasım 2010'da) aynı dozlar ikinci kez uygulanmış ve ikinci gübrelemeden 2 hafta sonra (22 Kasım 2010) roka bitkilerinin hasadı yapılmıştır. Böylece, hasat dönemine kadar toplamda 0, 10, 20, 30 ve 40 kg N da⁻¹ dozları verilmiştir. Hasat edilen bitkilerde nitrat, nitrit düzeyleri

belirlendikten sonra bir miktar örnek buzdolabının soğutucu ortamında ($4\pm 1^{\circ}\text{C}$ 'de, ışısız ortamda) 1 hafta süreyle muhafaza edilmiştir. Depolama süresinin sonunda soğutucudan alınan örneklerde de nitrat ve nitrit düzeyleri belirlenmiştir.

İncelenen Özellikler

1) *Toplam Verim (ton da⁻¹):* Her uygulamadan kesilen roka yaprakları tartılarak parsel başına verim ve bundan yararlanarak 1 da alan için toplam verim değerleri hesaplanmıştır.

2) *Yaprak Sayısı (adet bitki⁻¹):* Hasat gününde, kesimden önce tesadüfen seçilen 4 bitkide yapılan sayımlarla bir bitkideki ortalama yaprak sayısı belirlenmiştir.

3) *Biyokütle (g bitki⁻¹):* Hasat gününde, kesimden önce tesadüfen seçilen 4 bitkinin hassas terazide tartımı sonucunda bir bitkinin toprak üstü aksamının ortalama ağırlığı belirlenmiştir.

4) *Kuru Ağırlık Yüzdesi (%):* Her parselin belirli bir alanından hasat edilen roka bitkileri tartılmış, kese kâğıdı içine konulmuş ve 70°C 'deki etüvde ağırlığı sabit olana kadar kurularak, kuru ağırlık değerleri belirlenmiştir. Bu kuru ağırlık değerlerinin yaş

ağırlığa oranından kuru ağırlık yüzdesi elde edilmiştir.

5) *Nitrat ve Nitrit İçeriği (mg kg⁻¹):* Bitkilerin nitrat ve nitrit içerikleri Prominence High Performance Liquid Chromatography (UFLC) cihazında (Shimadzu Corp.), TS 12014-2 modifiye edilmiş yöntem kullanılarak, Hatay İl Kontrol Laboratuvarı'nda belirlenmiştir. Bu UFLC cihazında, kolon (CTO-10AS), UV dedektörü (SPD-20A), on-line degasser (gaz verici) (DGU-20A), pompa (LC-20AD) ve otomatik örnekleyici (SIL - 20A – HT – CMB - 20A) bulunmaktadır.

Zararlı Arthropod, Hastalık Etmeni ve Yabancı Ot Kontrolleri: Zararlı arthropod, hastalık etmeni ve yabancı ot kontrolleri haftada iki defa yapılmıştır. Denemede zararlı arthropod, hastalık etmeni ve yabancı otlarla mücadelede öncelikle kültürel önlemler uygulanmıştır. Zararlı ve hastalık etmenleri ile kimyasal mücadele gerektiğinde, Ziraî Mücadele Teknik Talimatı'na uygun pestisitler kullanılarak mücadele yapılmıştır.

Çizelge 1. Deneme alanı toprağının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri

Table 1. Some physical and chemical properties the soil of experimental area

Derinlik (m)	Tekstür Sınıfı	Tarla Kapasitesi (%)	Solma Noktası (%)	Hacim Yoğunluğu (t m ⁻³)	Elektriksel İletkenlik (EC) (dS m ⁻¹)	pH
0.0-0.3	Killi-Tın	36.1	22.8	1.38	0.190	6.7
0.3-0.6	Killi-Tın	30.1	23.1	1.43	0.235	7.1

Bulgular ve Tartışma

Bulgular

Denemede verim, yaprak sayısı, biyokütle, kuru ağırlık yüzdesi, hasat dönemindeki ve muhafaza sonrasındaki nitrat, nitrit değerleri incelenmiştir.

Uygulanan gübre dozları verim, yaprak sayısı, biyokütle ve kuru ağırlık ($p<0.01$) ile muhafaza sonrasındaki nitrit ($p<0.01$) içerikleri üzerine istatistiksel olarak önemli farklılıklar oluşturmuş, ancak gözlenen diğer

parametrelerde istatistiksel bir farklılık gözlenmemiştir.

Gübre formları sadece verim ($p<0.01$) ve muhafaza sonrasındaki nitrat ($p<0.05$) değerlerini istatistiksel olarak etkilemiştir.

Gübre dozu x gübre formu interaksyonu verim ve biyokütleyi $p<0.01$ düzeyinde, yaprak sayısı ve muhafaza sonrasındaki nitrat değerlerini $p<0.05$ düzeyinde etkilemiş, fakat incelenen diğer parametreleri istatistiksel yönden etkilememiştir.

Azot Dozlarının Etkisi

Azot dozlarıyla ilgili LSD analizi sonuçları Çizelge 2’de verilmiştir. Bu test neticesinde azot dozlarının verime etkisinin $p < 0.01$ düzeyinde önemli olduğu belirlenmiştir. En yüksek verimi 4.14, 4.09 ve 3.89 ton da^{-1} değerleri ile sırasıyla D_4 , D_3 ve D_1 azot dozlarının, en düşük verimi ise 2.75 ton da^{-1} değeri ile Kontrol (D_0) uygulamasının verdiği saptanmıştır. En düşük yaprak sayısı ve biyokütle değerleri (sırasıyla 10.45 adet bitki $^{-1}$ ve 19.47 g bitki $^{-1}$) veren D_0 kontrol konusu dışındaki bütün azot dozlarının yüksek yaprak sayısı (12.53 ile 13.22 adet bitki $^{-1}$ arasında) ve yüksek biyokütle (36.47 ile 41.44 g bitki $^{-1}$ arasında) değerleri vererek aynı LSD grubunda yer aldığı belirlenmiştir. Bunların aksine, kuru ağırlık yüzdeleri değişimlerine bakıldığında; D_0 azot dozunun en yüksek (%11.22) kuru ağırlık değerleri verdiği görülmektedir.

Çizelge 2. Rokada uygulanan azot dozlarının verim ve biyokütle üzerine etkileri

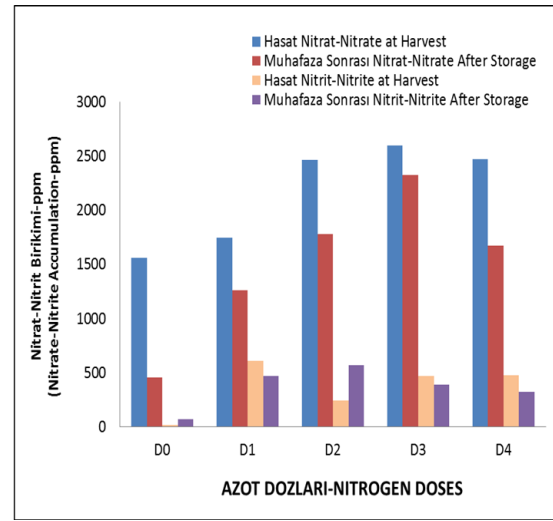
Table 2. The effects of nitrogen doses on yield and biomass of rocket plants

Azot Dozları	Verim (ton da^{-1})	Yaprak Sayısı (adet bitki $^{-1}$)	Biyokütle (g bitki $^{-1}$)	Kuru Ağırlık (%)
D_0	2.75b*	10.45b	19.47b	11.22a
D_1	3.89a	12.53a	40.52a	8.48b
D_2	3.59ab	12.78a	37.72a	9.00ab
D_3	4.09a	12.53a	36.47a	8.92ab
D_4	4.14a	13.22a	41.44a	8.69ab
LSD _{0.01}	0.97	1.71	7.14	2.61

*Aynı sütundaki farklı harfler $p < 0.05$ ve/veya $p < 0.01$ önem düzeyinde farklılıklara işaret etmektedir. LSD: Least Significant Difference

Hasat döneminde 1558.0 ile 2597.0 mg kg^{-1} arasında değişen nitrat ve 15.4 ile 610.9 mg kg^{-1} arasında değişen bitki nitrit içerikleri istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. En az miktarda nitrat (D_0 ve D_1) ve nitrit (D_0 ve D_2) birikimleri düşük azot dozlarından elde edilmiştir. Bir haftalık soğuk muhafaza sonrası nitrat değerleri 458.1-2329.0 mg kg^{-1} arasında değişmiş ancak bu değişim de istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Muhafaza sonrası rokada nitrit değerleri ise istatistiksel

olarak $p < 0.05$ düzeyinde önemli değişimler göstermiştir. Bu uygulamada D_1 ve D_2 azot dozları en yüksek (467.3 ve 568.9 mg kg^{-1}), D_0 azot dozu ise en düşük (70.8 mg kg^{-1}) nitrit değerlerini vermiştir. Bütün azot dozlarında muhafaza uygulamasından sonra roka nitrat değerlerinin hasat sonrası değerlerine göre düşüş gösterdiği belirlenmiştir (Şekil 1). Nitrit değerleri ise muhafaza sonrasında D_0 ve D_2 azot uygulamalarında artmasına rağmen diğer azot dozlarında azalmıştır.



Şekil 1. Farklı azot dozlarının uygulandığı rokada hasat dönemindeki ve muhafaza sonrasındaki nitrat ve nitrit birikim durumu

Figure 1. Nitrate and nitrite accumulation during harvesting and after storage in rocket in which different nitrogen doses were applied

Azot Formlarının Etkisi

Azot formlarının verim ve biyokütle üzerine etkisi Çizelge 3’te verilmiştir. Farklı azot formlarının rokada verim ve muhafaza sonrasındaki nitrat değerlerini $p < 0.05$ düzeyinde önemli şekilde etkilediği belirlenmiştir. En yüksek verim 4.00 ton da^{-1} ile F_1 (%100 AS) azot formundan, en düşük verim değerleri ise F_2 (%25 AN+%75 AS) ve F_3 (%50 AN+%50 AS) azot formlarından sırasıyla 3.62 ve 3.44 ton da^{-1} olarak elde edilmiştir. Yaprak sayısı, biyokütle miktarları, kuru ağırlık yüzdeleri, hasat dönemindeki nitrat ve nitrit içerikleri ile muhafaza sonrasındaki nitrit

içerikleri istatistiksel olarak önemli farklar göstermemiştir. Ancak, bir hafta muhafaza sonrasındaki nitrat içerikleri yönünden ise istatistiksel olarak önemli farklılıklar belirlenmiştir. En yüksek nitrat içeriği F₁ azot formunda 1868.0 mg kg⁻¹ olarak, en düşük nitrat içeriği ise F₃ azot formunda 949.3 mg kg⁻¹ olarak belirlenmiştir (Şekil 2). Hasat dönemindeki roka nitrat değerleri muhafaza uygulamasından sonra tüm azot formlarında azalmıştır. Bitki nitrit içerikleri muhafaza sonrasında F₂ ve F₄ azot formlarında azalmış ancak, diğer azot formlarında artış göstermiştir.

Çizelge 3. Rokada uygulanan azot formlarının verim ve biyokütle üzerine etkileri

Table 3. The effects of nitrogen forms on yield and biomass of rocket plants

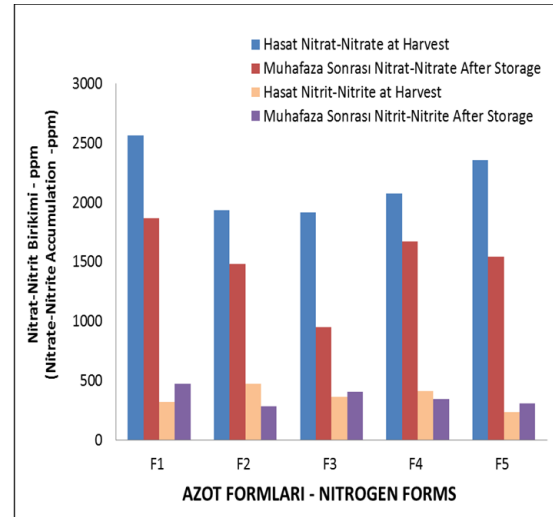
Azot Formu	Verim (ton da ⁻¹)	Yaprak Sayısı (adet bitki ⁻¹)	Biyokütle (g bitki ⁻¹)	Kuru Ağırlık (%)
F ₁	4.00a*	12.07	33.54	9.32
F ₂	3.62b	12.02	35.18	9.35
F ₃	3.44b	12.58	34.60	8.96
F ₄	3.70ab	12.64	35.91	9.49
F ₅	3.69ab	12.20	36.40	9.18
LSD _{0.05}	0.347	öd	öd	öd

*Aynı sütundaki farklı harfler p<0.05 ve/veya p<0.01 önem düzeyinde farklılıklara işaret etmektedir. öd: Önemli değil, LSD: Least Significant Difference

Azot Dozları x Azot Formlarının İnteraktif Etkileri

Denemedeki azot dozları x azot formları interaksiyonu Çizelge 4'te verilmiştir. Bu analiz sonucunda verim, yaprak sayısı, biyokütle ve bir hafta muhafaza sonrasındaki nitrat değerlerinin p<0.05 düzeyinde önemli değişimler gösterdiği, bunların dışında kalan diğer parametrelerde ise önemli bir fark olmadığı belirlenmiştir. Roka verimleri yönünden en yüksek değeri 4.94 ton da⁻¹ ile D₃F₁ uygulaması vermiş, bunun ardından 4.60 ton da⁻¹ ile D₄F₂ uygulaması gelmiştir. En fazla yaprak sayısı (15.00 adet bitki⁻¹) D₄F₃, en az yaprak (10.44-10.46 adet bitki⁻¹ arasında) ise

kontrol (D₀) uygulamalarından elde edilmiştir. Bitki biyokütle değerleri incelendiğinde, en yüksek biyokütle miktarlarının D₁F₁ ve D₄F₃ uygulamalarından sırasıyla 51.99 ve 51.74 g bitki⁻¹) olarak gerçekleştiği, en düşük değerlerin ise yine kontrol (D₀) uygulamalarında gerçekleştiği görülmüştür. Rokada kuru ağırlık yüzdeleri %7.66 ile %11.22 arasında belirlenmiş olup, bu değerler arasında istatistiksel fark bulunmamıştır. En yüksek kuru ağırlık azot verilmeyen kontrol parsellerinden elde edilmiştir. Hasat dönemindeki 1151.0 ile 3603.0 mg kg⁻¹ arasında değişen roka nitrat ve 15.2 ile 974.8 mg kg⁻¹ arasında değişen nitrit değerleri istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. Bir hafta muhafaza sonrasındaki nitrat içerikleri p<0.01 düzeyinde önemli farklılıklar göstermiştir. En yüksek (3399.0 mg kg⁻¹) ve en düşük (130.7 mg kg⁻¹) nitrat içerikleri sırasıyla D₃F₁ ve D₄F₅ uygulamalarından elde edilmiştir. Bir hafta muhafaza edilen örneklerdeki nitrit içeriği 70.8 ile 987.1 mg kg⁻¹ arasında değişmiş olup, istatistiksel olarak önemli çıkmamıştır.



Şekil 2. Farklı azot formlarının uygulandığı rokada hasat dönemindeki ve muhafaza sonrasındaki nitrat ve nitrit birikimi
Figure 2. Nitrate and nitrite accumulation during harvesting and after storage in rocket in which different nitrogen forms were applied

Çizelge 4. Rokada uygulanan azot dozları ve azot formlarının interaksyonu

Table 4. The interaction of nitrogen doses and forms applied to rocket plants

Azot Dozları x Azot Formları	Verim (ton da ⁻¹)	Yaprak Sayısı (adet bitki ⁻¹)	Biyokütle (g bitki ⁻¹)	Kuru Ağırlık (%)	Hasat dönemi		Muhafaza sonrası	
					Nitrat (mg kg ⁻¹)	Nitrit (mg kg ⁻¹)	Nitrat (mg kg ⁻¹)	Nitrit (mg kg ⁻¹)
D ₀ F ₁	2.75f*	10.44d	19.47j	11.22	1558.0	15.4	458.1de	70.8
D ₀ F ₂	2.75f	10.45d	19.48j	11.22	1558.0	15.4	458.1de	70.8
D ₀ F ₃	2.75f	10.46d	19.48j	11.22	1558.0	15.4	458.1de	70.8
D ₀ F ₄	2.75f	10.45d	19.47j	11.22	1558.0	15.4	458.1de	70.8
D ₀ F ₅	2.75f	10.44d	19.47j	11.22	1558.0	15.4	458.1de	70.8
D ₁ F ₁	3.62de	13.67ab	51.99a	8.48	1851.0	823.7	1337.0b-e	439.4
D ₁ F ₂	4.16a-d	12.44bcd	43.07a-e	8.80	1866.0	471.9	889.5cde	469.8
D ₁ F ₃	3.82bcd	11.89bcd	28.81hı	7.66	1151.0	770.1	520.4de	533.9
D ₁ F ₄	3.83bcd	13.56ab	47.24abc	9.33	2241.0	295.8	1325.0b-e	479.2
D ₁ F ₅	4.00bcd	11.11cd	31.46ghı	8.15	1639.0	693.1	2249.0a-d	414.4
D ₂ F ₁	4.22a-d	11.11cd	27.70ij	8.37	3603.0	97.6	1475.0a-e	987.1
D ₂ F ₂	2.79f	12.56bcd	32.59f-ı	9.55	1573.0	683.6	1956.0a-e	407.1
D ₂ F ₃	2.89ef	13.11abc	40.50b-g	9.15	2556.0	18.7	1421.0b-e	598.4
D ₂ F ₄	4.33a-d	14.00ab	38.61c-g	9.18	2492.0	270.1	2226.0a-d	400.4
D ₂ F ₅	3.69cde	13.11abc	49.19ab	8.74	2098.0	129.7	1839.0a-e	451.7
D ₃ F ₁	4.94a	12.78a-d	37.07d-h	9.21	2435.0	583.2	3399.0a	427.1
D ₃ F ₂	3.77cd	12.11bcd	44.95a-d	8.97	2504.0	541.9	1777.0a-e	303.1
D ₃ F ₃	3.87bcd	12.44bcd	32.45f-ı	7.92	2048.0	700.9	859.3cde	506.5
D ₃ F ₄	3.81bcd	12.44bcd	32.86f-ı	8.96	2532.0	501.3	2583.0abc	411.7
D ₃ F ₅	4.05bcd	12.89abc	35.04e-ı	9.52	3467.0	15.2	3027.0ab	297.8
D ₄ F ₁	4.47abc	12.33bcd	31.47ghı	9.34	3378.0	93.3	2671.0abc	445.1
D ₄ F ₂	4.60ab	12.56bcd	35.81d-ı	8.19	2163.0	649.3	2312.0a-d	173.9
D ₄ F ₃	3.88bcd	15.00a	51.74a	8.87	2276.0	323.0	1488.0a-e	324.5
D ₄ F ₄	3.76 cd	12.78a-d	41.36b-f	8.79	1530.0	974.8	1773.0a-e	363.2
D ₄ F ₅	3.97bcd	13.44abc	46.82abc	8.27	3021.0	319.7	130.7e	302.0
LSD _{0.01}	0.816	2.350	9.286	öd	öd	öd	1941.00	öd

*Aynı sütundaki farklı harfler p<0.05 ve/veya p<0.01 önem düzeyinde farklılıklara işaret etmektedir. öd: Önemli değil, LSD: Least Significant Difference

Tartışma

Verim Değerleri

Araştırmada azotlu gübre verilmeyen (kontrol) uygulamaları en az verimi verirken, azot uygulamaları daha yüksek verim değerleri ile sonuçlanmıştır. Rokada sırasıyla

D₄ (4.14 ton da⁻¹), D₃ (4.09 ton da⁻¹) ve D₁ (3.89 ton da⁻¹) azot dozları en yüksek verimleri sağlamıştır. Benzer şekilde, Hanafy Ahmed ve ark. (2002) rokada 25 kg ve 50 kg da⁻¹ azot dozlarını uyguladıkları çalışmalarında yüksek azot dozunun taze verimi arttırdığını belirlemişlerdir. Purquerio

ve ark. (2007) rokada yaptıkları tarla denemesinde sonbahar/kış ürününde en yüksek verimi, uyguladıkları en yüksek doz olan 240.0 kg N ha⁻¹ uygulanmasıyla elde etmişlerdir. El-Ghamry (2010) farklı N düzeylerini (0, 70, 105, 140 kg N ha⁻¹) rokada uygulamış ve 70'ten 140'a doğru artan azot düzeylerinin taze ağırlık değerlerini önemli düzeyde arttırdığını belirlemişlerdir. Ceylan ve ark. (2002b), arazi koşullarında yetiştirdikleri roka bitkilerine 0, 100, 200, 300, 400 ve 500 kg N ha⁻¹ dozlarında amonyum nitrat gübresi uygulamışlar ve en yüksek verimi 300 kg N ha⁻¹ uygulamasından elde etmişlerdir.

Denemede, hava sıcaklığının düşmeye başladığı sonbahar ayında (22 Kasım 2010 tarihinde) hasat edilen bitkilerde %100 AS içeren (F₁) azot formu en yüksek verimi (4.00 ton da⁻¹) sağlamıştır. Amonyum sülfat (AS) gübresi üreye ve amonyum nitrata göre suda daha az çözüldüğü için azot kaybı az olur. AS içindeki amonyum sıcak günlerde nitrifikasyon olayı sonucu bakteriler tarafından nitrata dönüştürülmekte ve oluşan nitrat bitki tarafından kullanılabilir. Bu nedenle AS uygulamasının verimi arttırdığı değerlendirilmektedir. Nitrat iyonları ise negatif elektrikli yüke sahip olup toprakta tutunmazlar ve su ile kolayca yıkanıp giderler (Kacar ve Katkat, 1999). Ancak, bu konuda yapılmış çalışmalarda farklı sonuçlar elde edildiği literatürde görülmektedir. Örneğin; Bianco ve ark. (1998), Güney İtalya'da yabancı rokada amonyum nitrat ve amonyum sülfat azot gübrelerini, 0, 100 ve 200 kg N ha⁻¹ dozlarında kullanarak gerçekleştirdikleri denemelerinde, farklı N uygulama oranları ve N kaynakları ile pazarlanabilir ürün arasında önemli bir farklılık bulmamışlardır. Nurzyńska-Wierdak (2006), rokada ısıtılmayan bir serada sonbaharda kalsiyum nitrat, üre ve amonyum sülfat azotlu gübrelerini uygulamış, amonyum sülfata oranla kalsiyum nitrat ve üreden daha yüksek verim elde etmiştir. Santamaria ve ark. (1998a) ise hidrofonic olarak yetiştirilen rokada farklı NH₄-N:NO₃-N oranını (100:0, 50:50, 0:100) denedikleri araştırmalarında, büyümenin NH₄ tarafından engellendiğini ve

NH₄:NO₃ oranı 50:50 olduğunda en iyi sonucun elde edildiğini bulmuşlardır.

Yaprak Sayısı ve Biyokütle Değerleri

Azot dozu uygulamalarının azot verilmeyen kontrol uygulamasına oranla yaprak sayısını ve biyokütleyi arttırdığı bu çalışmada belirlenmiştir. Benzer şekilde, Purquerio ve ark. (2007) rokada sonbahar/kış ve yaz denemelerinde uyguladıkları N dozlarındaki artışın (0, 60.0, 120.0, 180.0 ve 240.0 kg ha⁻¹) yaprak alanında bir artış meydana getirdiğini saptamışlardır. Santamaria ve ark. (2002) hidrofonic olarak yetiştirdikleri rokada azot uygulamasının yaprak üretimini arttırdığını belirlemişlerdir. Denememizde yaprak sayısı ve biyokütle üzerine azot formlarının etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. Ancak, Santamaria ve ark. (1998a) rokada büyümenin NH₄ tarafından engellendiğini ve büyümenin en yüksek değerine NH₄:NO₃ oranı 50:50 olduğunda ulaşıldığını belirlemişlerdir. Kim ve ark. (2006) da NH₄:NO₃ oranı 100 olduğunda NH₄ toksitesi nedeniyle büyümenin engellendiğini belirtmişlerdir.

Kuru Ağırlık Değerleri

Araştırmamızda azot uygulanmayan kontrol uygulaması tüm uygulamalar içinde en yüksek kuru madde yüzdesine sahip konu olmuştur. Yetersiz azot dozu (D₀ ve D₁) uygulanan parseller gözardı edildiğinde, azot dozlarındaki artışlar yüzde kuru madde oranlarının düşmesine neden olmuştur. Nurzyńska-Wierdak (2006) ısıtılmayan bir serada sonbaharda roka yetiştiriciliğinde 3 azot dozunu (2001'de 0.2, 0.4, 0.6 g N dm⁻³ ve 2002'de 0.25, 0.50, 0.75 g N dm⁻³) uyguladıkları çalışmalarında, azotun artan dozunun rokanın kuru ağırlık veriminin azalmasına neden olduğunu belirlemişlerdir. Benzer şekilde, Nurzyńska-Wierdak ve ark. (2012) rokada yüksek dozda azot uygulamasının kuru ağırlıkta düşüşe neden olduğunu belirlemişlerdir.

Denememizde uygulanan azot formlarının yüzde kuru ağırlık üzerine istatistiki etkisinin olmadığı belirlenmiştir.

Nurzyńska-Wierdak (2006) da üç farklı azot kaynağını kullanarak yaptığı çalışmada benzer sonuçları bulmuştur.

Nitrat ve Nitrit Değerleri

Bu çalışmada kullanılan azot dozlarının ve formlarının hasat edilen roka bitkilerindeki nitrat ve nitrit içeriğine etkilerinin önemsiz olduğu belirlenmesine rağmen, azot uygulamalarının azot verilmeyen uygulamaya göre nitrat ve nitrit birikimini arttırdığı görülmüştür. Denememizde ortalama nitrat ve nitrit değerleri çok yüksek (1151.0-3603.0 mg kg⁻¹ arasında nitrat ve 15.2-974.8 mg kg⁻¹ arasında nitrit) bulunmuştur. Benzer şekilde birçok çalışmada (Nurzyńska-Wierdak, 2006; Purquerio ve ark., 2007; El-Ghamry, 2010; Nurzyńska-Wierdak ve ark., 2012) artan azot dozlarının roka yapraklarında nitrat ve nitrit içeriğini doğru orantılı olarak ve önemli düzeyde arttırdığı bildirilmiştir. Ancak, Bianco ve ark. (1998) ve Tuncay ve ark. (2011) farklı azot dozları ve azot kaynaklarını denedikleri çalışmalarında, uygulamaların nitrat birikimi üzerine önemsiz düzeyde etkisi olduğunu belirlemişlerdir.

Ceylan ve ark. (2002b), arazi koşullarında yetiştirilen roka bitkilerine 0, 100, 200, 300, 400 ve 500 kg N ha⁻¹ dozlarında amonyum nitrat gübresi uygulamışlar ve en yüksek verimi 300 kg N ha⁻¹ uygulamasından elde etmişlerdir. Oysa en yüksek yaprak nitrat (205.6-795.3 ppm) ve nitrit içeriğini (0.019-0.154 ppm) en yüksek azot uygulaması olan 500 kg N ha⁻¹ uygulamasından almışlardır. Araştırmacılar yine de bu değerlerin Ruckenbauer (1985) ve Bergmann (1988)'in roka ve şikori gibi yaprağı yenen sebzelerde belirledikleri sınır nitrat değerinden (1500 mg kg⁻¹ taze ağırlık) daha düşük olduğunu vurgulamışlardır. Buna göre bizim denememizde belirlenen nitrat değerleri bu sınır değerinin oldukça üzerinde (1151.0-3603.0 mg kg⁻¹ arasında) bulunmuştur. Bu nedenle rokada uygulanan bu azot dozlarının insan sağlığı açısından uygun olmadığı değerlendirilmektedir. Bu yüksek nitrat ve nitrit birikiminin yetiştiriciliğin yapıldığı sonbahar mevsiminden kaynaklandığı düşünülmektedir. Benzer şekilde, Francke

(2005), roka bitkilerinde sonbaharda nitrat birikiminin (ortalama 1.557 mg kg⁻¹ taze ağırlık) ve ilkbahardakinden (941 mg kg⁻¹ taze ağırlık) daha yüksek miktarda olduğunu belirlemiştir. Kozik ve Szkudlarek (1998) yaptıkları çalışmalarda, kısa büyüme periyodundaki sebzelerde, ilkbahar ve sonbaharda yazdan aylarından daha fazla nitrat belirlemişlerdir. Nitrat birikimindeki bu farklılık sıcaklık, ışık ve gün uzunluğundaki azalmadan kaynaklandığı değerlendirilmektedir. Tuncay (2011), roka yapraklarındaki nitrat içeriğinin zamana bağlı olarak belirgin bir değişiklik gösterdiğini belirtmiştir. Araştırmacı bu değişikliğin kış dönemindeki düşük ışık yoğunluğu ve kısa gün uzunluğunun nitrat birikimini arttırmamasından kaynaklandığını ifade etmiştir.

Muhafaza Sonrası Nitrat ve Nitrit Değerleri

Muhafaza edilen bitkilerdeki nitrat değerlerinin hasat dönemindeki nitrat değerlerine göre düştüğü, nitrit değerlerinin ise bazı azot dozları (D₀ ve D₂) ve formlarında (F₁, F₃ ve F₅) arttığı belirlenmiştir. Ferrante ve ark. (2003), derim sonrasında 5°C'de ışıkta depolanan rokanın, depolamanın ilk 4 günü boyunca azalan nitrat reduktaz aktivitesi ile daha düşük bir nitrat içeriğine sahip olduğunu bulmuşlardır. Kim ve Ishii (2007) rokada depolama sıcaklığı (4 ve 15°C) ve depolama süresinin (1, 3, 6 ve 10 gün) nitrat üzerine etkisini incelemişler ve en yüksek nitrat içeriğini bütün uygulamalarda 10 gün muhafaza sonrasında yapılan ölçümlerde belirlemişlerdir.

Sonuçlar

Roka bitkisinde farklı azot dozları ve azot formlarının karşılaştırıldığı bu denemede verim için en iyi kombinasyon azotun yüksek dozları olan D₃F₁ (30 kg da⁻¹ N ve %100 AS) ve D₄F₂ (40 kg da⁻¹ N ve %25 AN+%75 AS) uygulamalarından elde edilmiştir. Ancak denemede bitkilerde nitrat ve nitrit değerleri oldukça yüksek (sırasıyla 1151.0-3603.0 ve 15.2-974.8 mg kg⁻¹ mg kg⁻¹ arasında) bulunmuştur.

Muhafaza, rokada nitrat birikimini azaltmış olmasına rağmen, nitrit birikiminde

D₀ ve D₂ azot dozları ile F₁, F₃ ve F₅ azot formları artışa neden olmuştur.

Öneriler

Sonbahar mevsiminde uygulamış olduğumuz azot dozlarını uygulamamak, daha düşük azot dozlarını uygulamak ve/veya bu dozları hasat dönemine göre bölmek, nitrat ve nitrit birikimini azaltmak açısından önemli görülmektedir. Rokanın buzdolabında bekletilmesinin nitrat birikiminde azalmaya, bazı uygulamalarda (D₀ ve D₂ azot dozları ile F₁, F₃ ve F₅ azot formları) ise nitrit birikiminde artışa neden olduğu belirlendiğinden, rokanın hasattan hemen sonra tüketilmesi veya muhafaza süresinin çok kısa tutulması, daha düşük nitrit birikimine neden olacağından insan sağlığı açısından tavsiye edilebilir.

Teşekkür

Bu araştırmaya 08 V 0202 nolu proje ile maddi destek sağlayan Mustafa Kemal Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projesi (BAP) Koordinasyon Birimi'ne desteklerinden dolayı teşekkür ederim.

Kaynaklar

- Anonim 2016. İl Gıda Tarım ve Hayvancılık Müdürlüğü, Hatay.
- Anonim 2017. T.C. Başbakanlık Türkiye İstatistik Kurumu, TÜİK verileri.
- Bergmann W, 1988. Ernährungs-störungen bei Kulturpflanzen. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, NewYork.
- Bianco VV, Boari F, Pezzuto A, 1998. Effect of nitrogen and plant density on direct seeded or transplanted wild rocket. Acta Horticulturae, 467: 277-285.
- Ceylan Ş, Mordoğan N, Çakıcı H, 2002a. Ödemiş ve civarındaki bazı marul (*Lactuca sativa* L.) alanlarının nitrat ve nitrit miktarları. VI. Sebze Tarımı Sempozyumu Bildiri Kitabı, Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü, Bursa. S:213-219.
- Ceylan Ş, Mordoğan N, Çakıcı H, Yoldaş F, 2002b. Effects of different nitrogen levels on the yield and nitrogen accumulation in the rocket. Asian Journal of Plant Sciences, 1: 482-483.

- El-Ghamry AM, 2010. Nitrate accumulation as affected by nitrogen fertilization and foliar application of micronutrients in rocket plant. Molecular Environmental Soil Science at the Interfaces in the Earth's Critical Zone, 103-109.
- Ferrante A, Incrocci L, Maggini R, Tognoni F, Serra G, 2003. Preharvest and postharvest strategies for reducing nitrate content in rocket (*Eruca sativa*). Acta Horticulturae, 1(628): 153-159.
- Francke A, 2005. The effect of cultivation term and kind of soil on accumulation of nitrates and heavy metals in garden rocket (*Eruca sativa* L. DC.). Zeszyty Problemowe Postepow Nauk Rolniczych, 507: 135-141.
- Hanafy Ahmed AH, Khalil MK, Farrag AM, 2002. Nitrate accumulation, growth, yield and chemical composition of rocket (*Eruca vesicaria* subsp. *sativa*) plant as affected by NPK fertilization, kinetin and salicylic acid. Annals of Agricultural Science (Cairo), 47(1): 1-26.
- Hord NG, Tang Y, Bryan NS, 2009. Food sources of nitrates and nitrites: the physiologic context for potential health benefits. The American Journal of Clinical Nutrition, 90: 11-10.
- Kacar B, Katkat AV, 1999. Gübreler ve Gübreleme Tekniği. Vipaş A.Ş., Bursa.
- Kim SJ, Kawaharada C, Ishii G, 2006. Effect of ammonium:nitrate nutrient ratio on nitrate and glucosinolate contents of hydroponically-grown rocket salad (*Eruca sativa* Mill.). Soil Science and Plant Nutrition, 52(3): 387-393.
- Kim SJ, Ishii G, 2007. Effect of storage temperature and duration on glucosinolate, total vitamin C and nitrate contents in rocket salad (*Eruca sativa* Mill.). Journal of the Science of Food and Agriculture, 87(6): 966-973.
- Koukounaras S, Anastasios SS, Sfakiotakis E, 2007. Postharvest CO₂ and ethylene production and quality of rocket (*Eruca sativa* Mill.) leaves as affected by leaf age and storage temperature. Postharvest Biology and Technology, 46: 167-173.
- Kozik E, Szkudlarek A, 1998. Changes in nitrate and nitrite contents in vegetables

- depending on the period of sampling. Roczniki Akademii Rolniczej w Poznaniu, Ogrodnictwo, 27: 165-170.
- Mengel K, 1984. Bitkinin Beslenmesi ve Metabolizması (Çeviri). Çevirenler: H. Özbek, Z. Kaya ve M. Tamcı, Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları 162, Ders Kitabı No:12, Ankara Üniversitesi Basımevi, Ankara.
- Nicola S, Hoeberechts J, Fontana E, 2005. Comparison between traditional and soilless culture systems to produce rocket (*Eruca sativa*) with low nitrate content. Acta Horticulturae, 697 ISHS.
- Nurzyńska-Wierdak R, 2006. The effect of nitrogen fertilization on yield and chemical composition of garden rocket (*Eruca sativa* Mill.) in autumn cultivation. Acta Scientiarum Polonorum, Horturum Cultus, 5(1): 53-63.
- Nurzyńska-Wierdak R, Dzida K, Rożek E, Jarosz Z, 2012. The effect of nitrogen and potassium on N-NH₄ and N-NO₃ accumulation and nutrient contents in rocket (*Eruca Sativa* Mill.) leaves. Acta Scientiarum Polonorum, Horturum Cultus 11(3): 211-221.
- Purquerio LFV, Demant LAR, Goto R, Boas RLV, 2007. Effect of side dressing nitrogen fertilization and distance between plants on yield of rocket salad. Horticultura Brasileira, 25(3): 464-470.
- Ruckenbauer W, 1985. Nitrat im mangel und überfluß. Beratungsschr Örterr Dünger Beratungsstelle.
- Santamaria P, Elia A, Papa G, Serio F, 1998a. Nitrate and ammonium nutrition in chicory and rocket salad plants. Journal of Plant Nutrition, 21(9): 1779-1789.
- Santamaria P, Elia A, Parente A, Serio F, 1998b. Fertilization strategies for lowering nitrate content in leafy vegetables: chicory and rocket salad cases. Journal of Plant Nutrition, 21(9): 1791-1803.
- Santamaria P, Gonnella M, Elia A, Parente A, Serio F, 2001. Ways of reducing rocket salad nitrate content. Acta Horticulturae, 548: 529-536.
- Santamaria P, Elia A, Serio F, 2002. Effect of solution nitrogen concentration on yield, leaf element content, and water and nitrogen use efficiency of three hydroponically-grown rocket salad genotypes. Journal of Plant Nutrition, 25(2): 245-258.
- Santamaria P, 2006. Nitrate in vegetables: toxicity, content, intake and EC regulation. Journal of the Science of Food and Agriculture, 86: 10-17.
- Sparks DL, 1996. Methods of Soil Analysis, Part 3, Chemical Methods, SSSA Book Series 5, Wisconsin-USA, 1085-1122.
- Tuncay Ö, 2011. Relationships between nitrate, chlorophyll and chromaticity values in rocket salad and parsley. African Journal of Biotechnology, 10(75): 17152-17159.
- Tuncay Ö, Eşiyok D, Yağmur B, Okur B, 2011. The effect of nitrogen sources on yield and quality of salad rocket grown in different months of the year. Journal of Plant Nutrition, 34(4): 477-491.
- Vural H, Eşiyok D, Duman İ, 2000. Kültür Sebzeleri (Sebze Yetiştirme). Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü, Bornova, İzmir, 440 s.