

TOPRAK VERİMLİLİĞİ, BİTKİ BESLEME VE SULAMA ÇALIŞMALARINDA KARARLI AZOT-15 İZOTOPU KULLANILMASI

Dr. Ali İbrahim AKIN

Türkiye Atom Enerjisi Kurumu, Radyasyon ve Hızlandırıcı Teknolojileri Dairesi, AR-GE Projeleri Şubesi. Saray mah. Atom cad. No: 27 Saray/Kahramankazan/Ankara, TR 06983. Sorumlu yazar e-posta : ali.akin@taek.gov.tr

Özet

Farklı araştırmalarda, kuru ve sulu koşullarda yetişen bitkilerin azot kullanma randımanları, azotun toprakta derine yıkanması, bitki münavebe sistemlerinde bakiye azotun etkileri, kışlık ve yazlık baklagil çeşitlerinde biyolojik azot fiksasyon miktarları N-15 izotop tekniği kullanılarak tespit edilmiştir. Bu amaçla, denemelerde N-15 ile etiketli farklı çeşitte azotlu gübreler kullanılmıştır. N-15 izotop analizleri optik emisyon spektrometresi kullanılarak yapılmıştır. Sonuçta, bitkinin gübreden ve topraktan aldığı azot miktarları ayrı ayrı kesin olarak tespit edilir. Orta Anadolu şartlarında kuruda buğday için azot kullanma randımanları % 20 ve sulu koşullarda patates için % 60 olarak bulunmuştur. Nevşehir topraklarında patates yetiştiriciliğinde fazla sulama sonucu 200 cm derinliğe azotun yıkandığı tespit edilmiştir. Kışlık ve yazlık olarak ekilen baklagil bitkilerine ait ortalama biyolojik azot fiksasyon miktarları sırasıyla 80 kgN/ha ve 60 kgN/ha'dır. Bitki münavebesine bakiye azotun etkisi baklagillerden sonra ekilen tahıllarda daha yüksek bulunmuştur. Sera şartlarında sebzelerde azot kullanma randımanlarını belirlemek amacıyla fertigasyon ve topraktan gübre uygulaması mukayese edilmiş, fertigasyon'da azot alımının daha yüksek olduğu görülmüştür.

Anahtar sözcükler: N-15 izotop tekniği, azot kullanma randımanı, bakiye azot, azotun yıkanması, biyolojik azot fiksasyonu

THE USE OF STABLE NITROGEN-15 ISOTOPE ON SOIL FERTILITY, PLANT NUTRITION AND IRRIGATION STUDIES

Abstract

In different experiments, the nitrogen use efficiencies of crops grown under dry and wet conditions, nitrogen leaching to deep in the soil, residual nitrogen effects on crop rotation systems, biological nitrogen fixation amounts of winter and summer legume varieties were determined by using N-15 isotope technique. For that reason, different type of nitrogen fertilizers labelled with N-15 were used in experiments. N-15 isotope analyses were done using by optical emission spectrometer. Finally, the amounts nitrogen derived from fertilizer and nitrogen derived from soil of plant were exactly determined. Nitrogen use efficiencies were found 20 % for wheat on dry and 60 % for potato on irrigated conditions under Central Anatolia. Nitrogen leaching beyond to 200 cm soil depth due to the over irrigation was detected on potato production at Nevşehir soil. The average of biological nitrogen fixation amounts were 80 kgN/ha and 60 kgN/ha for winter and summer legumes, respectively. Residual nitrogen effects were found higher legumes-cereal crop rotation. In order to determine nitrogen use efficiencies of vegetables under greenhouse conditions in comparison to fertigation and soil fertilizer application showed that nitrogen use efficiency was found higher at fertigation.

Key words: N-15 isotope technique, nitrogen use efficiency, residual nitrogen, nitrogen leaching, biological nitrogen fixation.

Giriş

Toprak-su ilişkileri, bitki besleme ve verimlilik çalışmalarında N-15 izotop tekniğinin kullanılması, verilen azotlu gübrenin ne kadarının bitki kısımları tarafından alındığı, ne kadarının toprakta kaldığını ve ne kadarının bitki kök bölgesi dışına yıkıldığını belirlemek açısından son derece önemlidir. Bu tarz çalışmalarda N-15 etiketli değişik formlarda azotlu gübreler kullanılmaktadır. Azot elementinin kütle numaraları 12 ile 17 arasında olan radyoaktif ve kararlı izotopları mevcuttur. Azotun radyoaktif olan ^{12}N , ^{16}N ve ^{17}N izotopları çok kısa yarı ömürleri olduğu için pratikte kullanılmazlar. Uzun süreli çalışmalar için azotun en uygun izotopları ^{14}N ve ^{15}N kararlı izotoplarıdır. ^{15}N **radyoaktif olmayıp, kararlı bir izotoptur.** Kullanılmaları sağlık açısından herhangi bir risk taşımaz. Elde edilişlerinde pahalı yöntemlerin kullanılması dolayısıyla yüksek fiyatlı oluşu ve analiz edilmeleri için **optik emisyon spektrometresi** veya **kütle spektrometresi** gibi pahalı aletlere gereksinim duyulması bu sistemin dezavantajı gibi gözükse de, ilerleyen teknolojik çalışmalar için mutlaka gereklidir.

Materyal ve Yöntem

N-15 etiketli gübre kullandığımız farklı bitkilere ve topraklara ait araştırmalarda;

- Kuru ve sulu koşullarda azotlu gübre kullanma randımanı ve azotun derine yıkanması,
- Azotlu gübrelerin verilme zamanı, uygulama şekilleri ve özellikle sulama ile birlikte uygulanmasında kullanım etkinliklerinin belirlenmesi,
- Kışlık ve yazlık olarak ekilen baklagillerde havadan fikse edilen azot miktarları,
- Toprakta kalan bakiye azot ve bunun münavebe sistemlerine etkileri, araştırılmıştır.

İzotop tekniklerinin kullanıldığı çalışmalarda bitki tarafından alınan gübre miktarının hesaplanmasında belirlenecek olan birinci parametre etiketli gübreden bitkinin almış olduğu besin maddesi miktarıdır. N-15 etiketli gübrelerin kullanıldığı tarla veya sera denemelerinde oluşturulan her bir izotop parseli için aşağıdaki dataların tespit edilmesi gerekmektedir:

1. Kuru madde, verimi tespit etmek amacıyla, toplam verimi oluşturan dane, sap, meyve, yaprak, v.s. gibi bitki kısımlarının 70 °C'de sabit ağırlığa kadar kurutulduktan sonra ölçülen tartım değerleri,
2. Toplam azot miktarı, bitkinin tamamı veya farklı kısımlarında bulunan azot miktarları Kjeldahl veya diğer kimyasal metotlar yardımıyla tespit edilir,
3. Bitkideki % N-15 miktarı: bu miktar optik emisyon veya kütle spektrometresi (Şekil 1, 2) ile tespit edilir,
4. Gübredeki % -15N bolluk miktarı,

5. N-15 etiketli gübrenin uygulandığı miktar (kgN/da veya kgN/ha olarak)

Analiz sonucu bitki ve gübreye ait bulunan % ^{15}N atom excess değerleri aşağıdaki formüllerde kullanılarak; gübreden, topraktan gelen ve havadan fikse edilen azot miktarları kesin olarak tespit edilmektedir.

Formüller:

% gübreden gelen azot (% N_{gg}) oranı şu şekilde hesaplanır;

$$\% \text{ } ^{15}\text{N} \text{ atom excess (bitki)}$$

$$\% \text{ N}_{gg} = \frac{\text{---}}{\text{---}} \times 100$$

% ^{15}N atom excess (gübre)

% topraktan gelen azot + % gübreden gelen azot = 100

% Ntg + % Ngg = 100

% topraktan gelen azot = 100 - % gübreden gelen azot

% Ntg = 100 - % Ngg

Azot fikse eden bitki (baklagil " F ") için azot kaynakları;

% topraktan gelen azot + % gübreden gelen azot + % havadan gelen azot = 100

% Ntg + % Ngg + % Nhg = 100



Şekil 1. N-15 Optik Emisyon Spektrometresi



Şekil 2. Kütle spektrometresi (IRMS)

Denemelerde kullanılmak amacıyla Çizelge 1’de verilen, değişik formlardaki N-15 etiketli gübreler ihtiyaç duyulan farklı zenginliklerine (atom %’si) göre yurt dışından firmalar aracılığı ile satın alınmaktadır. Uygulamalarında ise, pahalı gübreler olduğu için, deneme parselleri içerisinde izotop parselleri oluşturulup, farklı N dozlarına göre miktarları hesaplanarak sadece bu parsellere uygulanmaktadır.

Çizelge 1. Piyasada satılan bazı N-15 etiketli gübreler

| Katalog No. | Gübrenin Adı | Formül | Atom %’si | Standart Paket ağırlığı |
|-------------|--|---|-----------|-------------------------|
| IN 5049 | Ammonium- ¹⁵ N Nitrate | NH ₄ NO ₃ | 65 | 1g |
| IN 5050 | Ammonium- ¹⁵ N Nitrate | NH ₄ NO ₃ | 99 | 1.0g |
| IN 5055 | Ammonium Nitrate ¹⁵ N | NH ₄ NO ₃ | 5 | 50g / 500g |
| IN 5056 | Ammonium Nitrate ¹⁵ N | NH ₄ NO ₃ | 65 | 1.0g |
| IN 5057 | Ammonium Nitrate ¹⁵ N | NH ₄ NO ₃ | 99 | 1.0g |
| IN 5060 | Ammonium- ¹⁵ N Nitrate- ¹⁵ N | NH ₄ NO ₃ | 5 | 50g / 250g |
| IN 5061 | Ammonium- ¹⁵ N Nitrate- ¹⁵ N | NH ₄ NO ₃ | 65 | 1.0g |
| IN 5062 | Ammonium- ¹⁵ N Nitrate- ¹⁵ N | NH ₄ NO ₃ | 99 | 1.0g |
| IN 5072 | Ammonium Sulfate- ¹⁵ N | (NH ₄) ₂ SO ₄ | 5 | 50g / 250g |
| IN 5073 | Ammonium Sulfate- ¹⁵ N | (NH ₄) ₂ SO ₄ | 65 | 1.0g |
| IN 5074 | *Ammonium Sulfate- ¹⁵ N | (NH ₄) ₂ SO ₄ | 99 | 1.0g |

Bulgular ve Tartışma

Kuru koşullarda azotlu gübre kullanma randımanı ve azotun yıkanmasına ait:

Konya’da ekmeklik ve makarnalık buğdaya değişik dozlarda uygulanan azotlu gübrenin verimler ve % azot kullanma randımanları (AKR) üzerine etkisinin incelenmesi amacıyla farklı dozlarda ¹⁵N etiketli gübre uygulanmıştır. Çizelge 2’de görüleceği üzere, iki yıllık deneme sonuçlarına göre gübre dozunun artışına rağmen, % AKR değerleri her iki buğday çeşidi içinde % 20’ler civarında olup, bu değer tamamen bitkinin gelişme periyodu boyunca almış olduğu yağışın yetersiz oluşu, buna bağlı olarak gübre faydalılığının azaldığını göstermektedir.

Çizelge 2. Konya’da ekmeklik ve makarnalık buğdaya ait verimler ve % AKR değerleri

| Buğday Çeşidi | Uygulanan N dozu kgN/ha | Ortalama dane verimleri kg/ha | Ortalama sap verimleri kg/ha | % AKR* |
|---------------|-------------------------|-------------------------------|------------------------------|--------|
| Ekmeklik | 0 | 1488 | 3021 | |
| | 40 | 1750 | 3553 | 19.3 |
| | 80 | 1966 | 3992 | 19.4 |

| | | | | |
|------------|-----|------|------|------|
| | 120 | 2110 | 4284 | 21.0 |
| Makarnalık | 0 | 1167 | 1751 | |
| | 40 | 1376 | 2064 | 22.0 |
| | 80 | 1520 | 2280 | 18.8 |
| | 120 | 1618 | 2427 | 18.8 |

*4 tekerrüre ait dane + sap ortalama değerleri

Orta Anadolu kuru koşullarında kışlık ve yazlık olarak yetiştirilen arpa bitkisinin başaklanma, dane dolum ve hasat dönemlerine ait kuru madde verimleri, % Ngg, % Ntg ve % AKR değerleri belirlenmiştir. En yüksek N-15 etiketli gübre alımı (% Ngg) ve azot kullanma randımanı (% AKR) değerleri dane dolum döneminde bulunmuştur. Kışlık arpanın kuru madde verimleri (dane+sap), % Ngg ve % AKR değerlerinin yazlık arpa'dan yüksek olduğu görülmüştür. (Çizelge 3 ve 4)). Kışlık olarak yetiştirilen arpa yazlığa oranla daha fazla yağış almasından dolayı mevcut gübreyi daha fazla kullanmıştır. Dane dolum döneminde bitki daha fazla ihtiyaç duyduğu için azotu diğer dönemlere nazaran daha çok kullanmıştır.

Çizelge 3. Orta Anadolu kuru koşullarında yetiştirilen kışlık ve yazlık arpa'da dane dolum dönemine ait ortalama sonuçlar:

| Bitki arpa | Kuru madde (kg/ha) | Toplam azot (kgN/ha) | Ngg (%) | Gübreden alınan N (kgN/ha) | Ntg (%) | Toprakta n alınan N (kgN/ha) | % AKR* |
|------------|--------------------|----------------------|----------|----------------------------|----------|------------------------------|----------|
| Kışlık | 10222±557 | 107.7±5.4 | 26.2±0.9 | 28.0±0.6 | 73.9±0.9 | 79.7±4.9 | 70.1±1.6 |
| Yazlık | 5145±265 | 80.0±5.9 | 12.1±0.4 | 9.6±0.5 | 87.9±0.4 | 70.4±5.5 | 24.1±1.2 |

*4 tekerrüre ait dane + sap ortalama değerleri

Çizelge 4. Orta Anadolu kuru koşullarında yetiştirilen kışlık ve yazlık arpa'da hasat dönemine ait ortalama sonuçlar:

| Bitki arpa | Kuru madde (kg/ha) | Toplam azot (kgN/ha) | Ndff (%) | Gübreden alınan N (kgN/ha) | Ndfs (%) | Toprakta n alınan N (kgN/ha) | % AKR* |
|------------|--------------------|----------------------|----------|----------------------------|----------|------------------------------|----------|
| Kışlık | 10707±563 | 115.3±5.6 | 23.1±0.7 | 26.6±1.2 | 76.9±0.7 | 88.8±4.7 | 66.4±2.9 |
| Yazlık | 5309±136 | 84.2±2.7 | 10.9±0.6 | 9.2±0.6 | 89.1±0.7 | 75.1±2.5 | 23.0±1.5 |

*4 tekerrüre ait dane + sap ortalama değerleri

Sulu koşullarda azotlu gübre kullanma randımanı ve azotun yıkanmasına ait: Nevşehir Derinkuyu yöresinde azotlu gübrenin patates verimine etkisinin ve yeraltı suyunu kirletme potansiyelinin N-15 izotop tekniği ile belirlenmesi çalışmasında üç farklı noktada çalışılmıştır. Gübre dozu 400 kgN/ha ve 1000 kgN/ha olacak şekilde N-15 izotop etiketli gübre uygulanmıştır. Sonuçta, 400 kgN/ha uygulamasında azot kullanma randımanları lokasyonlara göre % 40-60 arasında, 1000 kgN/ha dozunda ise % 25-30 arasında bulunmuştur. Yüksek dozda kullanılan gübrenin kullanma randımanının düşük olma sebebi verilen gübrenin bitki kök bölgesi dışına yıkanmasıdır. Hasat sonrası toprakta yapılan N-15 izotop analizleri neticesinde 0-200 cm toprak derinliğinde ve 400 kgN/ha uygulama dozunda 182 kgN/ha, 1000 kgN/ha

uygulama dozunda 608 kgN/ha azot kaldığı tespit edilmiştir. Toprak profilinde 200 cm'den aşağılara gübrenin yıkıldığı, bu miktarın 400 kgN/ha uygulama dozunda 50 kgN/ha, 1000 kgN/ha uygulama dozunda 184 kgN/ha olduğu N-15 izotop tekniği ile belirlenmiş olup, bu hususun yeraltı su kaynaklarını kirletme kaynağı olacağı vurgulanmıştır (Çizelge 5).

Çizelge 5. Azotlu gübrenin yeraltı suyunu kirletme potansiyelinin N-15 tekniği ile belirlenmesi

| Gübre dozu N-15 izotop etiketli | Azot kullanma randımanları (%) | 0-200 cm toprak derinliğine yıkanan N miktarı (kgN/ha) | 200 cm'den daha derine yıkanan N miktarı(kgN/ha) | Toplam yıkanan N miktarı (kgN/ha) |
|---------------------------------------|-----------------------------------|---|---|--|
| 400 kgN/ha | 40-60 | 182 | 50 | 232 |
| 1000 kgN/ha | 25-30 | 608 | 184 | 792 |

Mısır bitkisinde, azotlu gübre uygulama zamanı ve uygulama metodu ile su rejimi arasındaki ilişkilerin N-15 izotop tekniğiyle araştırılması sonuçları- N-15 etiketli gübre sadece ½ ekimde + ½ bitki 50cm boyunda olan uygulamada yan banda ve serpme şeklinde uygulanmıştır. Sonuçta, uygulanan optimum su ve fazla su konularında, % azot kullanma oranları yan banda azot uygulamalarında, serpme uygulamaya göre yüksek bulunmuştur (Çizelge 6).

Çizelge 6. Mısır'da N-15 izotoplu gübre uygulama zamanı, metodu ve su rejimi ilişkileri

| Sulama miktarı | Azot uygulama zamanı | Azot uygulama yöntemi | Toplam dane verimleri kg/ha * | Toplam N kgN/ha* | % AKR* |
|-------------------------|---|-----------------------------|--|------------------------|-----------|
| Optimum su 240 mm | Hepsi ekimde | Yan banda | 10380 | 115.2 | - |
| | | Serpme | 10580 | 112.4 | - |
| | ½ ekimde + ½ bitki 50cm boyunda | Yan banda | 10738 | 118.3 | 30.99 |
| | | Serpme | 10910 | 115.2 | 25.75 |
| Fazla su 360 mm | Hepsi ekimde | Yan banda | 11920 | 130.5 | - |
| | | Serpme | 10880 | 118.1 | - |
| | ½ ekimde + ½ bitki 50cm boyunda | Yan banda | 11892 | 135.3 | 34.78 |
| | | Serpme | 11460 | 121.4 | 20.09 |

*Değerler 4 tekerrür ortalamasıdır

Sera şartlarında damla sulama ile değişik azot dozlarının uygulandığı domates, biber, hıyar, kavun ve patlıcan bitkilerinde verim ve azot kullanma randımanlarının tespiti amacıyla, Antalya'da Narenciye ve Seracılık Araştırma Enstitüsü serasında deneme kurulmuştur. Bu araştırmada, N-15 etiketli gübre farklı dozlarda damla sulama ile birlikte (fertigasyon) ve ayrıca N2 dozunda toprak uygulaması olarak verilmiş ve aralarındaki farklar tespit edilmeye çalışılmıştır (Çizelge 7). Bu çalışmada % AKR değerleri fertigasyon uygulamasında, toprak

uygulamasına göre yüksek bulunmuştur. Domates, hıyar, kavun ve patlıcan için fertigasyonda optimum azot dozu 100 mg N/litre, biber için 140 mg N/litre olması tavsiye edilmiştir.

Çizelge 7. Domates, biber, hıyar, kavun ve patlıcan'a ait ortalama % AKR değerleri

| Bitki | Fertigasyon uygulaması | Toprak uygulaması |
|------------------------|------------------------|-------------------|
| Domates (100 mg N/L) | 53.9 | 34.0 |
| Biber (140 mg N/L) | 49.2 | 33.9 |
| Hıyar (100 mg N/L) | 63.4 | 34.0 |
| Kavun (100 mg N/L) | 21.4 | 11.0 |
| Patlıcan (100 mg N/L) | 50.8 | 18.8 |

Farklı yörelerde kışlık ve yazlık olarak ekilen baklagillerde havadan fikse edilen azot miktarının belirlenmesi çalışmalarının sonuçları Çizelge 8'de sunulmuştur. Ankara, Eskişehir ve Adana yörelerinde farklı baklagil bitkilerine ait yapılan çalışmalarda fikse edilen azot miktarları (kgN/ha) kışlık mercimekte yazlık çeşide göre daha yüksek bulunmuş olup, en yüksek değer soya'da en düşük değer ise yazlık mercimek bitkisinde belirlenmiştir.

Çizelge 8. Bazı baklagil çeşitlerine ait tespit edilen biyolojik azot fiksasyon değerleri:

| Çeşit | Yöresi | Fikse edilen N (kgN/ha) |
|-----------------|-----------|-------------------------|
| Kışlık mercimek | Ankara | 78 |
| Yazlık mercimek | Ankara | 62 |
| Nohut | Eskişehir | 76 |
| Fiğ | Eskişehir | 63 |
| Soya | Adana | 80 |

Topraktaki bakiye azot ve etkisinin bitki münavebe sistemlerinde araştırılmasına ait veriler Çizelge 9'da sunulmuştur. Çizelge 9'da görüleceği üzere Ankara kuru koşulları altında yapılan baklagil-buğday ekim nöbeti çalışmaları sonucunda toprakta kalan bakiye azot miktarı en fazla yerli fiğ-buğday, en az ise kışlık nohut-buğday ekim nöbetinde tespit edilmiştir.

Çizelge 9. Orta Anadolu kuru koşullarında baklagil-buğday münavebe çalışmalarında, toprakta kalan bakiye azot miktarları N-15 tekniği ile tespit edilmiştir.

| Bitki Münavebesi | Toprakta kalan azot miktarları (kgN/ha) |
|---------------------------------|---|
| Kışlık mercimek-buğday (Ankara) | 28 |
| Yazlık mercimek-buğday (Ankara) | 31 |
| Kışlık nohut-buğday (Ankara) | 17 |
| Yerli fiğ-buğday (Ankara) | 30 |

Sonuçlar

Değişik bitkilere uygulanan bitki besin maddelerinin konvensiyonel metotlar ile tespit edildiği durumlarda, bitki tarafından alınan besin maddesi miktarlarının gerçek değerlerinin altında veya üzerinde olabileceği araştırmacılar tarafından belirtilmektedir. N-15 izotop tekniğinin kullanıldığı çalışmalarda uygulanan gübre materyalinin kantitatif olarak belirlenmesi mümkündür. Sonuçta, verilen azotlu gübrenin bitki tarafından ne kadar alındığı ve toprakta ne kadarının kaldığı, yıkanma ile taban suyuna karışan azotun belirlenmesi mümkündür. Azotlu gübrenin verilme zamanı, uygulama şekilleri ve özellikle sulama ile birlikte uygulanmasında

kullanım etkinliklerinin artırılması bakımından bu çalışmalar önem taşımaktadır. Baklagillerin topraktaki rhizobium bakterileriyle birlikte yaşamaları sonucunda havadan fikse etmiş oldukları azot miktarlarının farklı tarla koşulları altında, gerçeğe en yakın bir şekilde ölçümünü sağlayacak olan bir tekniktir. Ayrıca, baklagillerden sonra toprakta kalan bakiye azotun sonraki bitkiler tarafından ne miktarda kullanıldığını tespit etmek mümkündür. Toprak-bitki-gübre-su ilişkilerini daha hassas belirlemek amacıyla, bu tarz çalışmalar daha yaygın olarak kullanılmalıdır.

Kaynaklar

Akın A, Aktaş M (1992). Ankara yöresinde yetiştirilmekte olan kışlık ve yazlık mercimek çeşitlerinde biyolojik azot fiksasyonunun N-15 metodu ile tespit edilmesi. II. Ulusal Nükleer Tarım ve Hayvancılık Kongresi, 25-27 Kasım 1992, Ankara. Kongre Kitabı.

Akın A (1995). Biyolojik azot fiksasyonu'nun N-15 tekniği ile tespit edilmesi I.GAP Nükleer Tarım Sempozyumu, 29-30 Mayıs 1995, Şanlıurfa. Kongre Kitabı.

Akın A, Halitligil MB, Aktaş M (1997). Ankara yöresinde mercimek-buğday ekim nöbetinde N-15 tekniğinin kullanılması. Türkiye II. Tarla Bitkileri Kongresi, O.M.Ü. Ziraat Fakültesi, 22-25 Eylül 1997, Samsun. Kongre Kitabı.

Akın A (2018). Determination of Residual N Effect of Lentil Types on Succeeding Wheat Using N-15 Isotope Tracing Technique. Turkish Journal of Nuclear Science (2018), Cilt.30, No.1. <http://www.turkishnuclearscience.com> <http://dergipark.gov.tr/tjins>

Akın A (2019). The investigation on nitrogen uptake at different growing stages of winter and summer cultivated barley under dryland Central Anatolia conditions using N-15 isotope technique. Yayın kabul edildi. Turkish Nuclear Science Dergisinde online yayınlanacak.

Halitligil MB, Akın A, Doğan O, Bilgin N, Deniz Y, Güngör H, Öğretir K, Altinel B, Oflaz M, Işık Y (1994). Orta Anadolu kuru koşullarında yetiştirilen buğdayın değişik fenolojik dönemlerinde azot ve su kullanma randımanlarının nükleer tekniklerle belirlenmesi. III. Ulusal Nükleer Tarım ve Hayvancılık Kongresi, 17-19 Ekim 1994, Ankara. Kongre Kitabı.

Halitligil M.B, Akın A, Aydın M, Dönmez Ö, Yılmaz A (1994). Kuru şartlarda baklagil-tahıl münavebe sistemlerinde azot ve su dengesinin nükleer tekniklerle belirlenmesi. III. Ulusal Nükleer Tarım ve Hayvancılık Kongresi, 17-19 Ekim 1994, Ankara. Kongre Kitabı.

Halitligil MB, Akın A, İlbeyi A (1996). Hafif bünyeli topraklarda patates bitkisine uygulanan etiketli amonyum sülfat gübresinin akibeti. IV. Ulusal Nükleer Tarım ve Hayvancılık Kongresi, 25-27 Eylül 1996, Bursa. Kongre Kitabı.

Halitligil M.B, Akın A, Kışlal H, Öztürk A, Deviren A (2002). Yield, Nitrogen Uptake and Nitrogen Use Efficiency by Tomato, Pepper, Cucumber, Melon and Eggplant as Affected by Nitrogen Rates Applied with Drip-Irrigation under Greenhouse Conditions. Water balance and fertigation for crop improvement in West Asia. International Atomic Energy Agency, TECDOC-1266, p. 111.

Özbek N, Halitligil MB, Akın A (1990). Çukurova'da tarla koşullarında mısıra verilen gübre azotunun yıkanmasıyla gübrenin verilme zamanı, verilme yöntemi ve su rejimi arasındaki ilişkilerin N-15 metoduyla araştırılması. I. Ulusal Nükleer Tarım ve Hayvancılık Kongresi, 13-15 Eylül 1990, Van. Kongre Kitabı.