

Çeltik Tarımında Azot Kaynağı Olarak Azola'nın Kullanımı Üzerine Bir Araştırma*

Mithat Nuri GEVREK

Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, İzmir-TÜRKİYE

Geliş Tarihi: 18.08.1998

Özet: Araştırma, Menemen ekolojik koşullarında, 1996 ve 1997 yıllarında yürütülmüştür. Sucul bir eğrelti otu olan azola (*Azolla anabaena*) ve mineral gübre kombinasyonlarının çeltik verimine etkisinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Çalışmada, Uluslararası Çeltik Araştırma Enstitüsü'nden (IRRI) getirilen, Ege Bölgesi ekolojik koşullarına uyum gösteren ve fakültemize ait havuz ve tarlalarda yetiştirilmekte olan azola genotiplerinden *A.mexicana* kullanılmıştır.

Araştırma sonuçları, azola'nın organik bir azot potansiyeli olduğunu, "azola+mineral gübre" ikili kombinasyonun Menemen ikinci ürün koşullarında ortalama 356 kg/da çeltik tane verimine sahip olduğu ve çeltiğe uygulanan mineral azot gübresinde en az 1/3 oranında bir tasarruf sağlayabileceğini göstermiştir.

Anahtar Sözcükler: Çeltik, azola, organik azot, mineral azot, protein oranı.

A Study on Azolla as a Nitrogen Source in Rice Farming

Abstract: This study was conducted to determine the best combination of azolla (*Azolla anabaena*) and N fertilizer under Menemen ecological conditions in 1996 and 1997. The *A. mexicana* genotype of azolla was brought from the International Rice Research Institute (IRRI) and adapted to the Aegean region of Turkey. The results of study showed that the combination azolla+N fertilizer yielded approximately 356 kg/da of rice under Menemen second crop conditions. It was also concluded that the use of azolla will lead to a 1/3 reduction in the N demand of a rice crop.

Key Words: Rice, azolla, organic nitrogen, mineral nitrogen, protein rate.

Giriş

Azola (*Azolla anabaena*) *Salviniciaceae* familyasında yer alır. Sucul bir eğrelti otudur. Çeltik tavalarda, su yüzeyinde asılı olarak yaşar. Kültürü kolay olup, çeltik bitkisi gölgelemesi altında çeltik bitkisiyle uyum içinde yetişmekte, birbirinin gelişmesini olumsuz etkilememektedir. Azola çeltik tavalara aşılandığında, su yüzeyini hızlı bir şekilde kaplamakta, ilk ve sonbaharda yaş ağırlık 5-7 gün içinde iki katına çıkmaktadır (1-5).

Azola yaprakları üzerindeki loblarda mavi-yeşil alglerden *Anabaena* cinsini ihtiva eden boşluklar vardır. Eğrelti ile (*Azolla anabaena*) simbioz yaşayan mavi yeşil algler (*Anabaena azollae*) atmosferdeki serbest azotu kolayca tesbit edebilmektedir (6-10). Böylece azola eğrelti otu mavi yeşil alg sayesinde biyolojik azot kaynağı olmakta, toprağa karışmasıyla, toprağın organik yapısını da zenginleştirmektedir (11-12).

Azola, kimyasal gübreye alternatif yeşil gübre bitkisi olarak kullanılmakla beraber, kurutulmuş azola'nın tahıllara ve sebze bahçelerine kompost olarak verilmesi de oldukça etkin ve yaygındır. Ayrıca; hayvan beslemede protein kaynağı olarak da kullanılmaktadır. Azola'nın yeşil gübre olarak kullanımının yaygın olduğu ülkelerin başında Çin, Vietnam, Hindistan, Filipinler ve Meksika gelmektedir (13).

Uluslararası Çeltik Araştırma Enstitüsü'nde (IRRI) 1966 yılında başlayan azola'nın biyolojik azot fiksasyonu ile ilgili araştırmalar, halen Fransa ve Belçika gibi birçok ülkede yürütülmektedir (4). IRRI'de yapılan araştırma sonuçları; *A.pinnata*'nın yeşil gübre bitkisi olarak kullanılması halinde çeltikte verimin %20 arttığını göstermiştir (5). Talley ise; Kaliforniya'da, *A.filiculoides* ve *A.mexicana* genotiplerinin, çeltik bitkisi ile birlikte yetiştirildiğinde, sırasıyla çeltik verimindeki artışın %23 ile 67 arasında olduğunu vurgulamaktadır (14).

(*) Bu araştırma TÜBİTAK, TOGTAG-1590 no.lu projenin bir bölümünden hazırlanmıştır.

Bu çalışmada; azola ve mineral gübre kombinasyonunun Menemen ekolojik koşullarında çeltik verimine etkisinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

Materyal ve Metot

Denemede, çeltik materyali olarak Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü'nce geliştirilen ve tescilli yapılan, ikinci ürün koşullarına uygun Toag92 çeşidi ile ondan 15 gün daha uzun vejetasyon süresine sahip, Baldo çeşidi kullanılmıştır. Çeşitlerle ilgili özet bilgi aşağıda verilmiştir (15).

Azola materyali olarak ise, IRRİ'den getirilen Ege Bölgesi ekolojik koşullarına uyum gösteren ve fakültemize ait havuz ve tarlalarda yetiştirilmekte olan *A.mexicana* genotipi kullanılmıştır (16).

Çeşitler	Verim (kg/da)	Vejetasyon süresi (gün)	Bitki boyu (cm)	Sterilite oranı (%)	Randıman (%)
Toag92	440-490	95	65	16	58-64
Baldo	340-380	110	96	24	62-66

Deneme yeri: Araştırmalar Ziraat Fakültesi'nin Menemendeki uygulama çiftliğinde kurulmuş ve yürütülmüştür.

İklim özellikleri: Denemede azola'nın alt parsellere uygulandığı temmuz, ağustos ve eylül ayları ortalama iklim özellikleri Tablo 1'de verilmiştir (17-18).

Yıllar	Ort. global radyasyon Cal/cm ²	Ort. yağış mm	Ort. hava sıcaklığı °C	Toprak sıcaklığı °C		
				5 cm	10 cm	15 cm
1996	556.0	18.0	24.6	30.0	30.1	29.6
1997	560.0	25.3	24.6	25.3	26.3	25.3

Tablo 1. Araştırma yıllarına ait temmuz, ağustos ve eylül ayları ortalama iklim özellikleri.

Tablo 2. Araştırma yeri toprağının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri.

Yıl	Bünye	Top. N. (%)	Fay. P (ppm)	Fay. K (ppm)	Fay. Mn (ppm)	Fay. Cu (ppm)	Fay. Zn (ppm)	Fay. Fe (ppm)	pH	Or. mad. (%)	Kireç (%)
1996	Milli-tın	0.087	5.9	290	14	1.2	0.55	10.7	7.2	1.350	8.200
1997	Milli-tın	0.098	6.0	304	16	1.3	0.62	11.3	7.0	1.540	8.050

Toprak özellikleri: Denemenin kurulduğu Tarla Bitkileri bölümü'ne ait deneme tarlalarında, 0-20 cm'den alınan toprak örneklerine ait analiz sonuçları Tablo 2'de verilmiştir.

Deneme yerinden alınan toprak örneklerindeki fiziksel ve kimyasal analizler; laboratuvarında hava kurusu oluncaya kadar bekletilen ve 2 mm'lik elekten elenerek analize hazır hale getirilen örneklerde (19) pH; saf su ile sature hale getirilen toprak macununda cam elektrotlu pH-metre ile (20), CaCO₃; Scheibler kalsimetresi ile (21) bünye; hidrometre metodu ile (22), organik madde içeriği Reuterberg-Kremkus yöntemi ile (23), toplam azot modifiye makro Kjeldahl yöntemi ile (24) faydalı fosfor Bingham yöntemi ile (25), alınabilir potasyum, 1 N NH₄OAC yöntemi ile ekstrasyon sonrası elde edilen süzükte Flammefotometrede (26) alınabilir demir, çinko, bakır ve mangan miktarı 0.05 M DTPA ile ekstraksiyon sonrası elde edilen süzükte AAS ile okunarak tayin edilmiştir (27).

Yetiştirme tekniği: Çalışma; Tesadüf Blokları Deneme Desenine uygun olarak, Bölünmüş Parseller Deneme Düzeninde üç tekrarlamalı yürütülmüştür. Alt parsel alanı, azola'nın alt parsellere uygulama tarihlerine kadar yetiştirilen azola miktarına bağımlı kalındığından, ancak 3m X 3m=9 m² olmuştur. Buna göre, ana parsellerin alanı 45 m²'dir. Burada, ana parselde Baldo ve Toag92 çeltik çeşitleri, alt parsellerde ise azola ve mineral gübre uygulamaları yer almıştır. Uygulama kombinasyonları aşağıda özetlenmiştir.

Uygulama no.	Kardeşlenme dönemi öncesi	Çiçeklenme dönemi öncesi
I.	Azola	Azola
II.	Mineral azotlu gübre	Azola
III.	Mineral azotlu gübre	Mineral azotlu gübre
IV.	Azola	Mineral azotlu gübre
V (Kontrol)	-	-

Yaş *A. mexicana* % 0.033 total N içermektedir (28). Denemede azola'nın kardeşlenme ve çiçeklenme dönemi öncesine kadar yetiştirilecek azola miktarı dikkate alınarak, alt parsellere 2 kg/m² yaş azola, diğer bir deyimle dekara yaklaşık 6.6 kg/da azola azotu uygulanmıştır. Bu şekilde, denemede azot dozu 18 kg/da olarak planlanmıştır (15). Mineral azot, alt parsellere 3 kısımda; 6 kg/da, NH₄⁺ formunda ve amonyum sülfat olarak ekim sırasında taban gübresi ile birlikte, kardeşlenme (5.8-5.9.1997 tarihleri arasında) ve çiçeklenme (15.7-22.8.1996 ve 28.7-8.8.1997 tarihleri arasında) dönemlerinde verilmiştir (29). Burada, azola uygulaması ise; yalnızca kardeşlenme ve çiçeklenme dönemlerinden 7 gün önce yapılmıştır. Bitkilerin fosfor ve potas gereksinimlerini karşılamak için saf madde olarak triple süper fosfat 8 kg/da P₂O₅ ve potasyum sülfat 4 kg/da K₂O kullanılmıştır (30). Kontrole ait alt parsellerde azot uygulaması yalnızca 6 kg/da N olarak, P₂O₅ ve K₂O ile birlikte ekim zamanında verilmiş, kardeşlenme ve çiçeklenme döneminde uygulanmamıştır.

Hasat, 15 gün önce sulamaya son verilerek, materyalin olum dönemlerine göre elle yapılmıştır. Harman için, parsel harman makinası kullanılmıştır.

Yabancı ot mücadelesi, azola'nın toprağa verilme dönemlerinde elle yapılmıştır. Bu şekilde, azola'nın toprağa karışımı kolaylaşmıştır. Sulama suyu olarak DSİ'ye ait sulama kanallarından ve bölümümüz tarlalarındaki artezyen kuyularından yararlanılmıştır. Çeltik tavalalarının hazırlanmasında, bölümün alet ve ekipmanları kullanılmıştır. Çalışmada hasat öncesi ve sonrasında aşağıdaki gözlem, ölçüm ve tartımlar yapılmıştır (31).

Dekara çeltik verimi (kg/da): Çeşitlere ait alt parsellerden 1 m² alan hasat edilerek, harmandan sonra temizlenen tane ürünü, kurutma dolabında 24 saat (65°C) bekletilerek tartılmış ve elde edilen hava kuru ağırlığı dekara çevrilmiştir.

Bitkide kardeş sayısı (adet/bitki): 1m²'de tesadüfi olarak seçilmiş on bitkinin toplam kardeş sayısı ortalamasıdır.

Bitkide tane sayısı (adet/bitki): 1m²'de tesadüfi olarak seçilmiş on bitkinin toplam tane sayısı ortalamasıdır.

Bin tane ağırlığı (g): 1 m²'den elde edilen taneler arasından alınan üç ayrı örnekte, 100'er tane sayılıp, ortalamalarının on ile çarpımı, bu gözlemin değeri olarak hesaplanmıştır.

Ayrıca, altparsellerde yetiştirilen çeşitlere ait tanede azot oranı analizleri, E.Ü. Ziraat Fakültesi, Merkez Laboratuvarında gerçekleştirilmiştir.

Ölçüm ve gözlemlere ait verilerin varyans analizleri, E. Ü. Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü'nde geliştirilmiş olan, TARIST istatistiki bilgisayar paket programından yararlanılarak yapılmıştır (32).

Bulgular ve Tartışma

Bu çalışmada, 1996 ve 1997 yılları incelenen karakterlerin yıl birleştirilmesi varyans analiz sonuçları Tablo 3'de verilmiştir. Tablo 3'den de anlaşılacağı gibi "yıl x çeşit x uygulama" üçlü interaksyonu yalnızca bitkide tane sayısı karakterinde önemli çıkmıştır. Burada, "yıl x çeşit" ikili interaksyonu bitkide tane sayısı ve 1000-tane ağırlığı, "yıl x uygulama" interaksyonu bitkide kardeş sayısı dışında bütün karakterlerde ve "çeşit x uygulama" interaksyonu ise çeltik verimi, bitkide tane sayısı karakterlerinde görülmüştür. Çeşit ve uygulama faktörleri bütün karakterlerde önemli bulunmuştur.

Dekara çeltik verimi

Azola ve mineral gübre kombinasyonlarının yıl ve çeşitlere göre çeltik verimi üzerine etkisi Tablo 4'de görülmektedir.

Yıllara göre çeltik verimi; 1997 yılında 294.6 kg/da olup, 1996 yılının (312.0 kg/da) gerisinde kalmıştır (Tablo 4). Denemede azola ve mineral gübrenin alt parsellere uygulandığı aylara (temmuz, ağustos ve eylül) ait ortalama global radyasyon, hava sıcaklığı değerleri arasında önemli bir fark görülmemiştir (Tablo 1). Fakat, 1996 yılında farklı derinliklere ait (5-10-15 cm) ortalama toprak sıcaklığı sırasıyla temmuz, ağustos ve eylül aylarında yaklaşık olarak 29.9°C olurken, 1997'de bu değer 25.6°C ye düşerek, 4.3°C daha az bulunmuştur (Tablo 1). Organik maddenin mineralizasyonu için ortalama sıcaklığın 28-30°C olması gerekmektedir (33). Burada, 1996 yılına ait (temmuz, ağustos ve eylül) ortalama sıcaklığın 1997 yılından yaklaşık 4.3°C daha fazla olması (Tablo 1), mineralizasyon sonucu ortaya çıkan azot miktarının 1997 yılından daha fazla olmasına

Tablo 3. 1996 ve 1997 yılları üzerine birleştirilmiş varyans analizi sonuçları (F değerleri).

Varyans kaynağı	Çeltik verimi (kg/da)	Bit. tane sayısı (adet/bitki)	Bit. kardeş sayısı (adet/bitki)	1000-tane ağırlığı (g)	Tanede ort. azot (%)
Yıl	64.9**	39.7**	ns	20.0**	51.0**
Çeşit	764.2**	253.0**	45.5**	137.7**	8.8**
Uygulam	2245.6**	198.0**	23.4**	47.7**	99.2**
Yıl x Çeşit	ns	4.8*	ns	5.0*	ns
Yıl x Uygulama	3.6*	111.7*	ns	25.2**	16.7**
Çeşit x Uygulama	26.6**	9.3**	ns	ns	ns
Yıl x Çeşit x Uy.	ns	11.1**	ns	ns	ns

*: % 5 için önemli, **: % 1 için önemli, ns: önemsiz.

Tablo 4. Azola ve mineral gübre kombinasyonlarının yıl ve çeşitlere göre ortalama çeltik verimleri (kg/da).

Uygulamalar	Yıl x uygulama		Ort.	Çeşit x uygulama	
	1996	1997		Baldo	Toag92
Azola + Azola	339 C*	333 B*	336 C*	308 C*	364 C*
Mineral güb. + Azola	340 C	314 C	327 C	293 D	361 C
Mineral güb. + Mineral güb.	402 A	377 A	390 A	347 A	432 A
Azola + Mineral güb.	365 B	347 B	356 B	324 B	388 B
Kontrol	113 D	102 D	107 D	98 E	117 D
Ortalama	312	294.6	303	274	332

*: 0.05 düzeyinde farklı grupları göstermektedir.

ve sonuçta 1997 yılı çeltik veriminin 1996 yılının gerisinde kalmasına neden olabileceği söylenebilir (17-18-33).

Tablo 4'deki "yıl x uygulama" interaksyon tablosuna ait Duncan gruplaması incelendiğinde, uygulamaların verime olan etkisinde yıllara göre istatistiksel bir fark olduğu görülmektedir. Örneğin; 1996 yılında I ve II no.lu uygulamalara ait çeltik verimi aynı istatistiksel grupta yer almasına karşın, bu iki uygulama 1997 yılında farklı iki grup (B ve C) oluşturmuş ve I no.lu uygulama (333 kg/da), II no.lu uygulamadan (314 kg/da) daha yüksek bir performans göstermiştir. Bu durum ikili interaksyonun önemli çıkmasına neden olmuştur (Tablo 3).

Tablo 4'deki "yıl x uygulama" interaksyon tablosuna ait Duncan gruplaması incelendiğinde, uygulamaların verime olan etkisinde yıllara göre istatistiksel bir fark olduğu görülmektedir. Örneğin; 1996 yılında I ve II no.lu uygulamalara ait çeltik verimi aynı istatistiksel grupta yer almasına karşın, bu iki uygulama 1997 yılında farklı iki grup (B ve C) oluşturmuş ve I no.lu uygulama (333 kg/da), II no.lu uygulamadan (314 kg/da) daha yüksek bir

performans göstermiştir. Bu durum ikili interaksyonun önemli çıkmasına neden olmuştur (Tablo 3).

Azola ve mineral gübre uygulamalarının yıllara ait ortalama çeltik verimini özetleyen Tablo 4 dikkatle incelendiğinde en yüksek çeltik verimi; III no.lu gübre uygulamasından elde olunmuştur (390 kg/da). Bunu azola+mineral gübre kombinasyonunun oluşturduğu IV no.lu uygulama (356 kg/da) izlemiştir. Yalnızca, azola'nın yer aldığı I no.lu uygulama (336 kg/da) ile II no.lu uygulama (327 kg/da) aynı grup içinde yer alırken, IV no.lu uygulamanın gerisinde (356 kg/da) fakat genel ortalamasının üstünde (303 kg/da) kalmıştır.

Çeltik tarımında uygulanan N, P ve K besin elementleri arasında en yüksek verim artışını azot sağlamaktadır. Bu çalışmada, azot dozu 18 kg/da olarak planlanmıştır. Birçok araştırmacı çeltik bitkisinin verim açısından kardeşlenme ve çiçeklenme döneminde en duyarlı olduğunu vurgulamıştır (29-34). Azot içeren mineral gübreler sulu ortamlarda kolaylıkla çözünmekte, bitki suda eriyik halinde bulunan azottan kolayca ve hızlı bir

şekilde yararlanmaktadır. Oysa organik gübreler bünyesindeki azot mineralizasyona uğramasıyla bitkiler için yararlı bir hale gelmekte ve bunun içinde belirli bir sürenin geçmesi gerekmektedir. Buna karşın eriyik halinde bulunan mineral azot sulama suyu ile yatay ve dikey sızmalarla ortamdan kolayca uzaklaşırken, bitki verilen azottan yeterince yararlanamamaktadır. Fakat, burada organik azotun, yavaş çözünürlüğü ve toprak kolloidleri tarafından tutulması nedeniyle, bitki bu azottan daha fazla ancak, uzun bir süre yararlanmaktadır. Mineralizasyon oranı azola'da 12-24 gün arasında türlere göre değiştiği araştırmacılar tarafından ifade edilmektedir (35-37). *A.mexicana* genotipi'nin sahip olduğu C:N oranı, baklagillere göre oldukça düşük olup 10:1 dir (10). Gevrek ve ark. 1997 yılında yaptıkları azola ile ilgili bir inkübasyon çalışmasında, azolanın bünyesindeki total azotun %38'inin (yaş) çözünerek, 14-21 gün içerisinde toprağa verdiğini belirtmişlerdir (28).

Çeltik bitkisinin, mineral gübre azotundan organik azota oranla daha çabuk yararlanması, azola'nın yer aldığı (I-II-IV) uygulamalara ait tane veriminin, mineral gübrenin yer aldığı uygulamaya kıyasla (III) daha düşük çıkmasına neden olmuştur. Kardeşlenme döneminde uygulanan azola'nın mineralizasyon süresinin çiçeklenme döneminde de devam etmesi; I no.lu uygulama II no.lu uygulamadan, IV no.lu uygulama ise I ve II no.lu uygulamadan daha yüksek çeltik verimi sağlamıştır.

Tablo 4'deki istatistiksel veriler; denemede azola'nın yer aldığı uygulamalar ile doz artırılması veya genotipin değiştirilmesi durumunda, verimin yalnızca mineral gübrenin yer aldığı uygulamaları yakalayabileceğini göstermektedir. Bunun sonucu olarak da, çeltik azot gereksiniminin hepsinin değilse de 1/3'ü azola azotuyla karşılanabilecektir.

Araştırmada, Toag92 çeşidinin uygulamalara ait ortalama verimi (332 kg/da), Baldo çeşidinden (274 kg/da) 58 kg/da daha yüksek olmuştur (Tablo 4). Uygulamanın verime etkisi çeşitler arasında yapılan Duncan grublamasında daha açıkça görülmektedir. Yine "çeşit x uygulama" ikili interaksiyon tablosu incelendiğinde; Baldo çeşidinde I no.lu uygulama (308 kg/da), II no.lu uygulamadan (293 kg/da) daha yüksek bir performans göstermiş ve sırasıyla C ve D grublarında yer almıştır. Toag92 çeşidinde ise, her iki uygulamanın aynı istatistiksel grup içinde (C) yer aldığı ve birbirine çok yakın verimin elde edildiği görülmektedir. Çeşitlerin uygulamalara farklı tepki göstermeleri interaksiyonun nedeni olmuştur. İkili interaksiyonun önemli çıkması Baldo çeşidinin, Toag92 çeşidinden 15 gün daha geç hasata gelmesi neden olabilir (Tablo 4).

Bitkide tane sayısı

Azola ve mineral gübre kombine uygulamalarının Baldo ve Toag92 çeltik çeşitlerinde yıllara göre bitkide tane sayısı karakterine etkisi Tablo 5'de verilmiştir.

"Yıl x çeşit x uygulama" üçlü interaksiyonunu oluşturan veriler dikkatle incelendiğinde; 1997 yılında her iki çeşitte III no.lu uygulamada aynı tane sayısı (Baldo: 90, Toag92: 90) belirlenmesine karşın, IV no.lu uygulamada çeşitlere ait tane sayısı (Baldo: 70, Toag92: 85) daha düşük bir performans göstermiştir. Yine burada 1996 yılında; III no.lu uygulamada 1997 yılının tersine Toag92 (112) çeşidi, Baldo (84) çeşidinden daha yüksek bir performans göstermiş ve bunun sonucu 1997 yılının çeşitlere ilişkin tane sayısı IV no.lu uygulamanın (Baldo:101, Toag92:123) gerisinde kalmıştır. Bu durum üçlü interaksiyonun önemli çıkmasına neden olmuştur (Tablo 5).

Tablo 5. Çeltikte, azola ve mineral gübre kombine uygulamalarına göre bitkide tane sayısı, bitkide kardeş sayısı ve 1000 tane ağırlıkları (adet/bitki, g).

Uyg. no	Bitkide tane sayısı				Bitkide kardeş sayısı			1000 tane ağırlığı	
	1996		1997		Baldo	Toag92	Ort.	1996	1997
I	40 C*	43 C*	65 B*	115 B*	2.7 B*	1.8 B*	2.3 B*	31.3 A*	30.5 AB*
II	79 B	89 B	60 B	110 B	2.6 B	1.7 B	2.2 B	31.3 A	30.6 AB
III	84 AB	112 A	90 A	90 A	3.3 A	2.4 A	2.9 A	31.8 A	32.0 A
IV	101 A	123 A	70 B	85 A	3.0 AB	2.2 AB	2.6 AB	32.3 A	31.5 A
V	75 B	99 B	40 C	40 C	1.4 C	1.2 C	1.3 C	29.0 B	29.7 B
Ort.	75.8	93.2	65.0	88.0	2.6	1.9	2.3	31.1	30.9

Uygulamalar: I. Azola+Azola, II. Amonyum sülfat+Azola, III. Amonyum sülfat+Amonyum sülfat, IV. Azola+Amonyum sülfat, V. Kontrol. *: harfler 0.05 düzeyinde farklı grupları göstermektedir.

Bitkide kardeş sayısı

Azola ve mineral gübre kombinasyonlarının çeltik bitkisinde kardeş sayısı karakterine etkisi Tablo 5'de görülmektedir.

1997 yılına ait çeltik bitkisinde ortalama kardeş sayısı 1.9 olarak tesbit edilirken, 1996 yılının (2.6) gerisinde kalmıştır (Tablo 5). Çeltik bitkisinin kardeşlenmesi, toprağın azot içeriği tarafından kuvvetle etkilenmektedir (38-39). Denemenin yürütüldüğü 1996 ve 1997 yılları arasında, azola ve mineral gübrenin alt parsellere uygulandığı temmuz, ağustos ve eylül aylarına ait ortalama global radyasyon ve hava sıcaklığı değerlerinde önemli bir fark olmamıştır (27-28). Ancak, 1996 yılında farklı toprak derinliklerindeki (5-10-15 cm) ortalama toprak sıcaklığı, 1997 yılından yaklaşık 4.3°C daha fazla olmuştur (Tablo 1). Organik madde mineralizasyonu için ortalama 28-30°C gereksinim duyulmaktadır (34). Bu değere; 1996 yılının ortalama toprak sıcaklığı (29.9°C), 1997 yılından daha yakındır (25.6°C). Bu nedenle, 1996 yılında mineralizasyon sonucu toprağa kazandırılan azotun 1997 yılından daha yüksek olması beklenmelidir (33). Yine bu sıcaklık farkı, 1996 yılında yetiştirilen çeltik bitkisine ait kök gelişmesini de olumlu etkilemiştir (40). Böylece 1996 yılında çeltik bitkisi tarafından topraktan kaldırılan azotun 1997 yılından daha yüksek olması, 1997 yılına ait ortalama kardeş sayısının 1996 yılının gerisinde kalmasına neden olmuştur (9,10, 32).

Tablo 5 incelendiğinde; çeltikte azola ve mineral gübre kombinasyonu uygulamalarına göre ve yılların ortalama kardeş sayısına uygulanan Duncan grublamasında; III no.lu uygulama istatistiksel A grubunu oluştururken, azola'nın yer aldığı "azola+min.güb." uygulamasının (IV), azola içeren diğer uygulamalardan (I-II) ayrılarak III no.lu uygulamanın altında AB istatistiksel grubuna dahil olduğu görülmektedir. Bu da "azola+mineral gübre"

uygulamasına ait bitkide kardeşlenme potansiyelinin diğer azola içeren uygulamalara kıyasla daha yüksek olduğunu göstermektedir.

Bin tane ağırlığı

Azola ve mineral gübre kombine uygulamalarının yıllara göre çeltik bitkisi 1000-tane ağırlığına etkisi Tablo 5'de verilmiştir.

Bin tane ağırlık karakteri ile ilgili yıllar altında kombinasyonlara ait Duncan grublamasında enyüksek performansı 1996 yılında IV no.lu uygulama (32.3 A) gösterirken, 1997 yılında IV no.lu uygulamanın yerini III no.lu uygulama (32.0 A) alarak "yıl x uygulama" ikili interaksiyonunun önemli çıkmasına neden olmuştur (Tablo 5). En düşük performansı ise, her iki yıl içinde V (Kontrol) no.lu uygulama göstererek, B istatistiksel grubunda yer almıştır (1996: 29.0 ve 1997: 29.7).

Gevrek (1993), 1991 ve 1992 yıllarında, Menemen ekolojik koşullarında ve ikinci ürün şartlarında, Toag92 ve Baldo çeşitlerinde yer aldığı 10 çeltik çeşidine 4 farklı azot seviyesi (N_{10} , N_{15} , N_{20} , N_{25} kg/da) uygulayıp optimum verimi veren ekonomik azot seviyesini 19 kg/da bulmuştur (15). Denemede kullanılan saf azot miktarı ise, yetiştirilen Azola miktarı dikkate alınarak 18 kg olarak planlanmıştır. Uexkull'un (1975), çeltikte 1000-tane ağırlığının aşırı azot noksanlığı veya fazlalığından olumsuz etkilendiğini ifade etmesi (31), III ve IV no.lu uygulamalarının özellikle V no.lu (Kontrol) uygulamadan daha yüksek olmasına açıklık getirmektedir.

Tanede ham protein oranı

Azola ve mineral gübre kombine uygulamalarının yıllara göre çeltik bitkisine ait tanede ham protein oranı karakterine etkisi Tablo 6'da verilmiştir.

Uygulamaların yıllar altında yapılan Duncan grublamasında; 1996 yılında III no.lu uygulama (11.343),

Uygulama No.	1996	1997	Ort.
I	10.062 C*	8.750 C*	9.406 C*
II	10.531 BC	9.687 B	10.002 B
III	11.343 A	10.312 A	10.831 A
IV	10.581 B	11.043 A	10.812 A
V	8.862 D	8.750 C	8.806 D
Ortalama	10.275	9.706	9.993

Tablo 6. Çeltikte, azola ve mineral gübre kombine uygulamalarının yıllara göre tanede ortalama ham protein oranları (%).

Uygulamalar: I. Azola+Azola, II. Amonyum sülfat+Azola, III. Amonyum sülfat+Amonyum sülfat, IV. Azola+Amonyum sülfat, V. Kontrol. *: harfler 0.05 düzeyinde farklı grupları göstermektedir.

IV no.lu uygulamadan (10.581) daha yüksek protein oranına sahip olurken, 1997 yılında III no.lu uygulama (10.312) yerini IV no.lu uygulamaya (11.043) bırakması, "yıl x uygulama" ikili interaksiyonunun önemli çıkmasına neden olmuştur (Tablo 6).

Çeltik bitkisinin tane verimi bakımından azota cevabı oldukça yüksektir (38-39). Tanede azot oranlarının 6.25 faktörü ile çarpılması ham protein oranını verir (41). Bu nedenle; ham protein oranı azot oranına bağlı olduğundan, azot oranındaki değişimler protein oranı için de geçerlidir. Böylece, mevcut protein oranının yükseltilmesi, çeltik üretiminin artırılmasında gereksinim duyulan azotlu bileşiklerin yeterince sağlanmasıyla mümkündür. Nitekim Raju (1979), tanede ham protein miktarının azot formlarından etkilendiğini, ancak azot seviyelerinden protein kapsamının % 2.15 oranında arttığını ifade etmiştir (42). Tablo 6. incelendiğinde, yıllar ortalamasına göre kombinasyonlara bağımlı olarak tanede ham protein oranı (8.806-10.831), aynı sınırlar içinde değiştiği görülmektedir. Mayr (1965)'in bulduğu ve değişik besin maddelerinin beslenme fizyolojisi yönünden kıymetini ortaya koyan "protein değeri" miktarı (42), III (10.831) ve IV (10.812) no.lu uygulamada en yüksek

değere ulaşırken, her iki uygulama A istatistiksel grup içinde yer almıştır (Tablo 6). Böylece III ve IV no.lu uygulamalara ait protein değerinin aynı istatistiksel grup içinde yer alması; azola azot bileşiminin protein oluşumunda mineral gübreye (amonyum sülfat) oranla daha yararlı olduğunu göstermektedir.

Sonuç

Menemen ikinci ürün koşullarında, çeltik bitkisine uygulanan azola ve mineral azot gübre kombinasyonlarının gösterdiği verilere bakıldığında, azola uygulamasının tek başına çeltik bitkisi azot gereksinimini karşılayamayacağı anlaşılmıştır. Ancak azola'nın, mineral azot gübresi ile kombine edilmesi halinde, çeltik bitkisine uygulanan mineral azot gübresinde en az 1/3 oranında bir tasarruf sağlayabileceği gözlenmiştir. "Azola+Mineral gübre" ikili kombinasyonu dekara ortalama 356 kg çeltik verimi sağlarken, azola ve mineral gübre kombinasyonları içinde en iyi kombinasyonu oluşturduğu ve mineral azot gübresine alternatif olabileceği belirlenmiştir. Ayrıca azola azotunun tane protein oluşumunda, mineral azot gübresine oranla daha yararlı olduğu da tespit edilmiştir.

Kaynaklar

1. Lumpkin, T.A., Plucknett, D.L., Azolla as a Green Manure; Use and Management in Crop Production, Westview Tropical Agricultural Series, No: 5, P: 230, 1982.
2. Srinivasan, G., Pothiraj, P., Response of Azolla (*Azolla pinnata*) to Rice (*Oryza sativa L.*), No:5, 230, 1982.
3. Berja, N. S., Growth of Four Species of Azolla as Affected by Temperature, Aquatic Bot, 15: 175-185, 1983.
4. Watanabe I., R. A. Roger, J. K. Ladha, and C. Van Hove, Biofertilizer Germplasm Collections at IRRI, 1992.
5. Gevrek, M. N., Çeltik Tarımında Azot Gübresi Yerine *Azolla-anabaena* Kompleksinin Kullanılması, E. Ü. Zir. Fak. Dergisi, C: 31, 2-3, 201-208, 1994.
6. Roger ,P. A., Kulasooriya, S. A., Blue-Green Algae and Rice, IRRI, 1980.
7. Watanabe, I., Brotonogoro, S., Nitrogen Fixation, In Paddy Fields, V: 1, 241-263 Clarendon press, London, 1981.
8. Nasa, O., C. Kiku, L. D. Haws, Economic Evaluation of Azolla, Int. Conference on Organic Matter and Rice, 27 Sep-1 Oct., IRRI, 1982.
9. Watanabe, I., Use of Symbiotic and Free-Living Blue-Green Algae in Rice Culture, Outlook or Agric.,13 (4): 166-172, Great Britain, 1984.
10. Watanabe, I., Biological Nitrogen Fixation in Rice Soils, in Soils and Rice, IRRI, 465-477, 1985.
11. Wilbur, V. and I. Watanabe, *Azolla and Sesbania*: Organic Fertilizers, Philippine Environment Conference on 14-18 June, Manila, 1990.
12. Gevrek, M. N., B. Yağmur, Azolla (*Azolla anabaena*)'nın Toprağın Azot Oranına ve Organik Yapısına Etkisi, E. Ün. Ziraat Fak. Dergisi, C: 33, 2-3, 97-103, 1996.
13. Khan, M. M., A primer on *Azolla* Production and Utilization in Agriculture, UPLB, PCARRD and SEARCA, Los Banos, 1983.
14. Talley, S. N., B. J. Talley and R. W. Rains, Nitrogen Fixation by *Azolla* in Rice Field, D. A. Hollaender et al. Plenum Press, 259-281, New York, 1977.
15. Gevrek, M. N., İkinci Ürüne Uygun Bazı Kısa Boylu Çeltik Genotiplerinin Azotlu Gübre Dozlarına Reaksiyonları Üzerine Bir Araştırma, (Doktora tezi), E. Ü. Ziraat Fakültesi, Bornova, 1993.
16. Gevrek M. N., Azolla (*Azolla anabaena*)'nın İzmir Koşullarında Adaptasyonu ve Biyolojik Azot Potansiyeli ile İlgili Araştırmalar, Tarım-Çevre İlişkileri Sempozyumu, Mersin Ü. Müh. Fak., 13-15 Mayıs, Mersin, 1996.
17. Anonim, 1996 Su Yılı Hidrometeorolojik Rasat Verileri Menemen, 1997.

18. Anonim, 1997 Su Yılı Hidrometeorolojik Rasat Verileri Menemen, 1998.
19. Jackson, M. L., Soil Chemical Analysis, Prentice Hall of India, New Delhi, 1967.
20. Jackson, M. L., Soil Chemical Analysis, Printice-Hall, Inc., 183, 1962.
21. Çağlar, K. Ö., Toprak Bilgisi, A.Ü.Z.F. Yayın no:10, Ankara, 1949.
22. Bouyoucos, G.J.A., Hydrometer Method Improved for Making Particle Size Analysis of Soil, Agronomy Journal, Vol: 54, No: 5, 1955.
23. Reuterberg, E. Und Kremkus, F. Bestimmung von Gesamthumus und Alkali: löslichen Humus Stoffen in Bodenzeit Pflanzen. U. Bodenkunde. Band Heft 1., Verlag Chemic GmbH, Weinheim, 1951.
24. Bremner, J. M., Total Nitrogen, Method of Soil Analy., Part. 2, Amer. Soc of Agr. inc., P:1149-1178, USA, 1965.
25. Bingham, F. T., Soil Test for Phosphate. California Agriculture 3(7) 11-14, 1949.
26. Pratt, P. F., Potassium, Edit Black, C. A., Methods of Soil Analysis Part 2 Amer. Soc. of Agron Inc. Pub. Madison Wisconsin U.S.A., 1022, 1965.
27. Lindsay, W. L. and Norvell, W. A., Development of a DTPA Soil Test for Zinc, iron, Manganase and Copper Soil Sci. Soc. of Amer. Jour. 42, 1978.
28. Gevrek, M. N., B. Yağmur, Bio-Chemical Composition of *Azolla Mexicana* Under Menemen Climatic Conditions, Turk. Jour. of Field Crops, V:2, N:1, 13-16, 1997.
29. Hakerlerler, H., S. Anaç, Çeltik Tarımında Değişik Drenaj Koşullarının Toprakta Anorganik Azot Formlarının Yıkanmasına Etkilerinin Araştırılması, E. Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi, Cilt: 20, Sayı: 30, 91-100, 1983.
30. Anonim, Ülkesel Çeltik Araştırmaları Projesi 1987 Ana Ürün ve İkinci Ürün Çeltik Araştırmaları Projesi (Ege Dilimi), Menemen, 1988.
31. Kün, E., Sıcak İklim Tahılları, A.Ü. Ziraat Fak., Ders kitabı: 240, Ankara, 1985.
32. Açıkgöz, N., Bilgisayar ve İstatistik, Ege Ü. Ziraat Fakültesi Yayınları, 510, Bornova, 1994.
33. Waksman, S. A. Soil Microbiology, John Wiley and Sons, New York, 1952.
34. Watanabe, I., Padre, B., C. Ramirez, Mineralization of Azolla N and its Availability to Wetland Rice, Soil Sci. Plant Nutr., 37(4), 679-688, 1991.
35. Ito, O. and Watanabe, I., Availability to Rice Plants of Nitrogen Fixed by Azolla, Soil Sci, Plant Nutr., 30, 480-485, 1984.
36. Singh, P. K., Panigrahi, B. C. and Satapathy, K. B., Comparative Efficiency of Azolla, Blue Green Alge and Other Organic Manures in Relation to N and Availability in a Flooded Rice Soil, Plant soil, 62, 35-44, 1981.
37. Chandler, R. F., Calgenes for Rice Research Scientist, Int. Rice Research Conference, IRRI, Apr. 21-24, 1975.
38. Von Uexkull, H. R., The Present Fertilizer Situation in Rice. Rice Research Conference, IRRI, Apr:21-24, 1975.
39. De Datta, S.K., Increasing Fertilizer Efficiency in Rice, Rice Research Conference, IRRI, Apr., 21-24, 1975.
40. Bulgurlu, Ş., Ergül, M., Yemlerin Fiziksel, Kimyasal ve Biyolojik Analiz Metodları, Ege Üniversitesi Ziraat Fak Yayınları, 127, İzmir, 1978.
41. Raju, R. A., Influence of Levels and Sources of Nitrogen on Composition of N, P, K, Nutrients in Straw and Quality of Grain. Andhra Agricultural Journal, 25 (1/2):1/4, 1979.
42. Mayr, H. H., Der Begriff "Qualitat" und die Qualitätseigenschaften von Ernteproducten. In Scharren und Liser "Handbuch der Pflanzenernahrung und Düngung" Springer-Verlag, Wien-New York, 81-89, 1965.