

Akdeniz İklim Kuşağında Azola (*Azolla mexicana*-2026) Bitkisinin Aşılama Zamanı İle Kuru Madde Üretimi Arasındaki İlişkisi¹

Mithat Nuri GEVREK²

Summary

The Relationship between Inoculation Time and Dry Mater of *Azolla (Azolla mexicana-2026)* Plant in the Mediterranean Regions

Azolla (Azolla anabaena) which is a aquatic fern plant is used as a green manure plant, organic matter and nutrition sources in many countries where the irrigation water is no problem. There are many azolla genotypes which are adapted to warm zone in the world. *A. mexicana-2026*, one of them, has adapted İzmir-Menemen ecological conditions. The objective of this research was to determine the relation between inoculation time and dry matter of *A. Mexicana-2026* in İzmir, Aydın and Antalya affected by Mediterranean climate in April, May September of 1999, 2000 and 2001 growing years. For each square meter 300 grams of fresh azolla was inoculated at each application time and harvested after 15 days from inoculation date. After harvesting, the highest dry matter weight was reached to 118.1 g/m² at İzmir location in April in 2001. Regression equation that gave the relation between inoculation time and dry matter on azolla plant in the Mediterranean regions found as $Y_{izmir}=0.01297 Z^2 - 2.5029 Z + 118.2293$, $Y_{aydin}=0.008879 Z^2 - 1.6982 Z + 87.2049$ and $Y_{antalya}=0.0009751 Z^2 - 1.8957 Z + 90.9501$.

Key Words: Azolla, alg, dry matter, green manure

Giriş

Azola (*Azolla anabaena*) sucül çiçeksiz bir eğreltiotudur (Watanabe ve ark.1977). Azola bitkileri çeltik tavalarda, su kanallarında, durgun akarsu ve göllerde su yüzeyinde yüzerler (Hove, 1989). Havanın serbest azotunu tespit eden mavi yeşil alglerden *Anabaena* alg'inin azola bitkisi ile simbiyoz yaşamı, azola bitkisine

¹ Bu çalışma TUBİTAK tarafından desteklenen TARP-2183 no'lu projenin bir bölümünü içermektedir.

² Yrd.Doç.Dr., E.Ü. Ziraat Fak. Tarla Bitkileri Bölümü, 35100 Bornova-İzmir, e-mail: mng@ziraat.ege.edu.tr

biyolojik azot kaynağı olma özelliğini kazandırmaktadır. Eğreltiotunda vejetatif gelişme çevre koşullarına ve azola'nın ekotipine göre değişmekle birlikte, çok hızlı bir vejetatif gelişmeye sahiptir. Yaş ağırlık uygun ekolojik koşullarda, 3-7 gün içerisinde iki katına çıkmaktadır(Watanabe ve ark. 1977; Hove, 1989).

Azola bitkisini bazı araştırmacılar *Salviniaceae* familyasına dahil ederek iki cins ve 8 türde toplamışlardır (Hove, 1989; Watanabe ve ark. 1992). Türler, tropik ve ılıman bölgelerde geniş alanlara yayılmıştır. Örneğin *A. filiculoides* Amerika Birleşik Devletlerinin kuzeyinden güneye Arjantin ve Ekvator'a yine deniz seviyesinden 4000 m yüksekliğe kadar bir dağılım göstermiştir(Hove, 1989).

Azola bitkisi 10 °C-30 °C hava sıcaklığında gayet iyi bir gelişme göstermektedir. Optimum hava sıcaklığında 3-7 gün içerisinde yaş ağırlığı 2 katına çıkmaktadır. Özellikle ilkbaharda gece gündüz süresinin eşit olduğu dönemle yaz mevsimi başlangıcı arasında, 45 günlük sürede, en hızlı vejetatif gelişmeye sahiptir. Hava sıcaklığı 10 °C'dan aşağıya düştükçe ve 30 °C'den uzaklaştıkça verim azalmakta, 40 °C'ın üstünde ve 5 °C'ın altında ise durmaktadır. Aydınlanma süresinin yarısından faydalanması, vejetatif gelişme için yeterli gelmektedir. Hava nispi nemi % 50-60 olan ortamlarda gayet iyi gelişme göstermektedir(Hove, 1982).

Azola bitkisinde organik bitki besin elementleri, özellikle azot ve potasyumca zengin olup, organik madde oranı oldukça yüksektir(Watanabe ve ark.1977; Hove, 1982; Wilbur ve ark.1990). Bünyesindeki azot 14-21 gün içerisinde bitkiler tarafından kolayca alınabilen amonyum formuna dönüşmektedir(Wilbur, 1990). Azola azotunun bitkiler tarafından kısa sürede alınabilir olması, toprağı organik maddece zenginleştirmesi ve kültürünün kolaylığı sulama suyunun problem olmadığı ülkelerde kullanımının ve kültürünün hızla yayılmasına neden olmaktadır (Khan, 1987).

Azola'nın bünyesindeki makro ve mikro elementlerin ve organik madde oranlarının saptanması ve birim alandan kaldırılacak miktarların bulunması için organik madde oranı önem kazanmaktadır. Kuru madde miktarı yıllara, ekolojiye, mevsimlere ve genotiplere göre değişmektedir. Nitekim Peters ve ark.(1982), azola'nın kuru madde oranının % 4.8-7.7 arasında değiştiğini ifade etmektedir.

Son zamanlarda, dünyada ve ülkemizde "Organik Tarım" ürünleri oldukça popüler olup, ürünlerine talep gittikçe artmaktadır. Buna bağlı olarak organik tarımda gereksinim duyulan organik madde ve organik bitki besin maddesine ilgi organik ürünlere duyulan ilgiyle

beraber artmaktadır. Bu nedenle Azola bitkisinin ekonomik değerini ortaya koyabilmek için, azola bitkisinde kuru madde üretimini farklı aşılama zamanıyla olan ilişkisinin ortaya konması yararlı olacaktır.

Materyal ve Yöntem

Denemenin E.Ü.Ziraat Fakültesi Uygulama Çiftliğinde, Adnan Menderes Üniversitesi Uygulama Çiftliğinde ve Akdeniz Üniversitesi Üretim İstasyonunda olmak üzere 3 farklı lokasyonda 1999, 2000 ve 2001 yıllarında ve Nisan – Eylül ayları arasında 6 farklı aşılama dönemlerinde kurulup, yürütülmesi planlanmıştır.

Ancak Antalya lokasyonundan 1999 ve 2000 yıllarında aşırı yağışlar nedeniyle hasat yapılamadığından, tüm bölgeler ve yıllarda ise Haziran, Temmuz ve Ağustos aylarında sıcaklığın aniden artışı ve oransal nemin düşmesi nedeniyle bitkilerin sitrese girerek vegetatif büyümeyi durdurdukları için tarlalara aşılama yapılamadığından veri elde edilememiştir. Buna göre azola'nın lokasyonlara ait aşılama zamanları aşağıda verilmiştir.

Çizelge 1. Üç lokasyona ait azola aşılama zamanları (İzmir, Aydın, and Antalya)

LOKASYONLAR									
Yıllar	İzmir			Aydın			Antalya		
	Nisan	Mayıs	Eylül	Nisan	Mayıs	Eylül	Nisan	Mayıs	Eylül
1999	13	10	20	14	11	20	-	14	20
2000	10	9	5	11	9	5	-	9	5
2001	13	10	16	13	11	16	13	11	16

Deneme üç tekrarlamalı olarak, 4 m x 4 m=16 m²'lik çeltik tavaasına benzer; çevresindeki seddelerin tarla yüzeyinden yüksekliği 40 cm ve de taban genişliği 60-80 cm olan tavalarda içerisinde gerçekleştirilmiştir. Tava içerisinde su yüksekliği 20 cm'de sabit tutulmaya çalışılmıştır. Lokasyonlarda deneme 2 Faktörlü Tesadüf Blokları Deneme Desenine göre kurulmuştur.

Deneme materyali, İzmir-Menemen ekolojik koşullarına uyum gösteren ve Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümüne ait havuz ve tarlalarda yetiştirilmekte olan *A.mexicana* (2026) genotipi kullanılmıştır (Gevrek, 1996). Denemede kullanılan

azola materyali, Mart ayı içerisinde, E.Ü. Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümüne ait havuzlarda yetiştirilmiştir.

Azola'nın tavalara uygulaması, metrekaareye 300 g yaş azola'nın tavalardaki su yüzeyine serpilmesiyle (aşılmasıyla) (4800 g/parsel) gerçekleşmiştir.

Fosfor gübresi azola'nın vejetatif gelişmesini ve *Anabaena* alg'inin azot fiksasyonunu hızlandırmaktadır. Bu nedenle metrekaareye 0.2 g P₂O₅ aşılama ile birlikte ve de 7 gün arayla, triple super fosfat formunda tavalara verilmiştir (Wilbur ve ark.1990). Fosfor uygulaması gübrenin 5-10:1 toprak veya kül ile karıştırılarak, erken saatte elle azola bitkisi yüzeyine serpilmesi şeklinde olmuştur (Hove, 1989).

Aşılama 14 gün sonra, tavalardaki su yüzeyini kaplayan yaş azola su yüzeyinden (1 m²) el ile ve bir tahta yardımıyla, su yüzeyini dalgalandırmadan toplanarak hasat edilmiştir. Lokasyonlar arası standardı yakalamak amacıyla, kök ve yaprakta bulunabilecek toprak ve yabancı maddelerin uzaklaştırılması için hasat edilen azola tazyikli su ile yıkanmıştır. Yıkanan bitkiler, suyun kök ve yapraklarından süzülmesi için gölgede 15 dakika bekletilmiştir (Thomas ve ark. 1982).

Çizelge 2. Üç lokasyona ait deneme tarlalarından alınan toprak örneklerine ve kullanılan sulama suyuna ait bazı analiz değerleri (İzmir, Aydın, and Antalya)

Analizler	İzmir	Aydın	Antalya
PH	7.0	7.6	7.9
Toplam tuz (%)	0.1	0.04	0.03
Kireç (%)	9.2	22.2	29.2
Bünye	Siltli Tın	Kumlu Tın	Kumlu Tın
Organik madde (%)	1.4	1.3	2.4
Toplam N (%)	0.06	0.08	0.1
P (ppm)	3.7	4.6	1.8
K (ppm)	300	105	245
Sulama suyu S.N.T	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁	C ₃ S ₁

Gölgede bekletilen yaş materyal tartılarak, metrekaarede yaş azola verimi ve 65 °C'de 24 saat bekletilip, ağırlık sabitleştikten sonra tartılan kuru madde miktarı ve elde edilen bu değerlerin yaş ağırlığa oranlanmasıyla da kuru ağırlık oranı (%) bulunmuştur. Azola aşılması öncesi tavalardan alınan toprak ve su örneklerine ait analiz sonuçları Çizelge 2'de verilmiştir. Analizler Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi

Merkez Laboratuvarı ve Toprak Bölümü Laboratuvarında yapılmıştır. İstatistiki değerlendirmeler SAS bilgisayar paket program ortamında gerçekleştirilmiştir (Anonim, 1980).

Bulgular ve Tartışma

Üç lokasyon (İzmir, Aydın ve Antalya), Üç aşılama zamanı (Nisan, Mayıs ve Eylül) ve 1999, 2000 ve 2001 yıllarına ait Varyans Analiz Sonuçları Çizelge 3’de verilmiştir. Çizelge 3’den de anlaşılacağı gibi “yıl x çeşit x uygulama” üçlü interaksyonu önemli çıkmıştır. Burada, yıl, çeşit ve zaman faktörleri ve faktörlere ait ikili interaksyonlarda istatistiki bakımdan önemli bulunmuştur. Yıl x lokasyon x zaman üçlü interaksyonun önemli çıkması nedeniyle yıllara göre üç farklı aşılama zamanında lokasyonların LSD karşılaştırılması Çizelge 4’de verilmiştir. Antalya lokasyonunda 1999 ve 2000 yıllarına ait Nisan ayı hasatı gerçekleşmediğinden veriler 2 Faktörlü Tesadüf Blokları Deneme Deseninin Eksik Parseller Yöntemine göre değerlendirilmiştir.

Çizelge 3. Yer ve Yıl Birleştirmeleri yapılmış kuru ağırlığa ait V.A.T.

Varyasyon kaynağı	F
Tekerrür	0.241 ns
Yıl	155.505 **
Lokasyon	310.995 **
Aşılama X Zaman	155.789 **
Lokasyon X zaman	54.309 **
Yıl X lokasyon	82.561 **
Yıl X zaman	62.395 **
Yıl X lokasyon X zaman	12.820***

Tablo değeri: (%1): 5.120

İzmir ekolojisinde aşılama zamanı-kuru madde ilişkisini veren regresyon analiz sonuçları Çizelge 5’de verilmiştir. Regresyon analizinden elde edilen değişkenler ve önem durumları ise Çizelge 6’da görülmektedir. $R=0.8626$, $R^2=0.6820$, $Düz.R^2=0.6630$ ve Standart hata= 25.9320 gr/m^2 ’dir.

İzmir lokasyonunda aşılama zamanı-kuru madde ilişkisini veren regresyon denklemi $Y_{izmir}=0.01297 Z^2 - 2.5029 Z + 118.2293$ olarak bulunmuştur. Maksimum kuru madde miktarı 118.2 gr/m^2 olarak 10 Nisan tarihinde ve minimum kuru madde miktarı ise -2.52 gr/m^2 olarak 16 Temmuz tarihinde tahmin edilmektedir.

Çizelge 4. Üç yıl ve üç lokasyondaki azola ağırlıkları (gr/m^2 , 1999-2000 ve 2001, İzmir-Aydın ve Antalya)

Yıllar	Lokasyonlar	Aşılama Tarihleri			Ort.
		Nisan	Mayıs	Eylül	
1999	İzmir	79.0 a	63.2 a	92.4 a	78.2
	Aydın	47.2 b	24.7 b	65.4 b	45.7
	Antalya	0 c	58.5 c	77.4 b	67.9
	Genel ort.	63.1	48.8	78.4	63.9
2000	İzmir	111.8 a	88.8 a	111.8 a	104.1
	Aydın	58.3 b	29.8 c	95.7 b	61.2
	Antalya	0	67.8 b	79.5 c	73.6
	Genel ort.	85.1	62.1	95.6	79.6
2001	İzmir	121.5 a	99.8 a	93.6 a	104.9
	Aydın	77.9 b	104.3 a	99.0 a	93.7
	Antalya	62.5 c	68.6 b	64.5 b	65.2
	Genel ort.	87.3	90.9	85.7	87.9

LSD(%5):7.397

Çizelge 5. Ekolojilerde aşılama zamanı-kuru madde ilişkisine ait regresyon analiz sonuçları (İzmir, Aydın ve Antalya)

Lokasyonlar		SD	Kareler Top.	Kareler Ort.	F
İzmir	Regresyon	2	47678.056	23839.028	35.449**
	Hata	33	22192.146	672.489	
Aydın	Regresyon	2	32552.827	16276.414	24.029**
	Hata	33	22352.481	677.348	
Antalya	Regresyon	2	19062.659	9531.3296	22.352**
	Hata	27	11513.069	426.4100	

Aydın ekolojisinde aşılama zamanı-kuru madde ilişkisini veren regresyon analiz sonuçları Çizelge 5’de verilmiştir. Regresyon analizinden elde edilen değişkenler ve önem durumları ise Çizelge 6’da görülmektedir. $R=0.7700$, $R^2=0.5929$, $\text{Düz.}R^2=0.5682$ ve Standart hata= $26.0259 \text{ gr}/\text{m}^2$ ’dir.

Aydın lokasyonunda aşılama zamanı-kuru madde ilişkisini veren regresyon denklemi ise $Y_{\text{aydın}}=0.008879 Z^2-1.6982 Z + 87.2049$ olarak bulunmuştur. Maksimum kuru madde miktarı $87.2 \text{ gr}/\text{m}^2$ olarak

1 Nisan tarihinde ve minimum kuru madde miktarı ise 6.0 gr/m² olarak 6 Temmuz tarihinde tahmin edilmektedir.

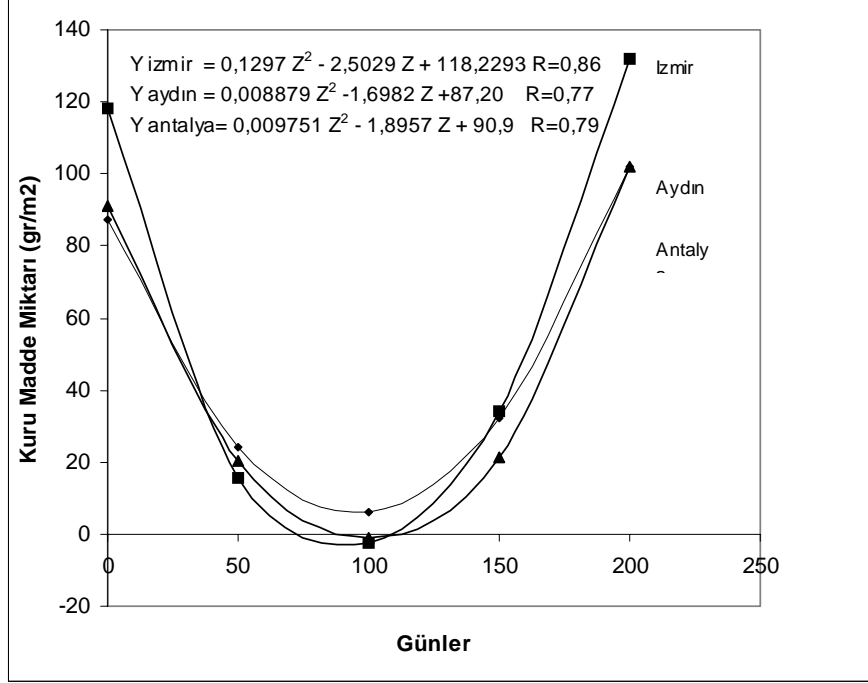
Çizelge 6. Ekolojilere ait regresyon analizinden elde edilen değişkenler ve önem durumları (İzmir, Aydın ve Antalya)

Lokasyonlar Değişken		B	SE B	Beta	T
İzmir	Z	-2.5029	0.3169	-3.9635	-7.898**
	Z ²	0.01297	0.00156	4.1735	8.316**
	Sabit	118.2293	8.6529		13.663**
Aydın	Z	-1.6982	0.3542	-3.0231	-4.795**
	Z ²	0.008879	0.001585	3.5319	5.602**
	Sabit	87.2049	11.7802		7.403**
Antalya	Z	-1.8957	0.3557	-4.0963	-5.330**
	Z ²	0.009751	0.001656	4.52448	5.887**
	Sabit	90.9501	11.2957		8.052**

Antalya ekolojisinde aşılama zamanı-kuru madde ilişkisini veren regresyon analiz sonuçları Çizelge 5’de verilmiştir. Regresyon analizinden elde edilen değişkenler ve önem durumları ise Çizelge 6’da yer almaktadır. R=0.7895, R²=0.6234, Düz.R²=0.5955 ve Standart hata=20.6497 gr/m²’dir.

Antalya lokasyonunda aşılama zamanı-kuru madde ilişkisini veren regresyon denklemi $Y_{\text{antalya}}=0.009751 Z^2-1.8957 Z + 90.9501$ olarak bulunmuştur. Maksimum kuru madde miktarı 90.95 gr/m² olarak 10 Nisan tarihinde ve minimum kuru madde miktarı ise -1.19 gr/m² olarak 17 Temmuz tarihinde tahmin edilmektedir.

İzmir, Aydın ve Antalya lokasyonlarında, 1999, 2000 ve 2001 yılları ekolojik koşullarına göre aşılama zamanı-kuru madde ilişkisini veren regresyon denklemlerinin grafikleri Şekil 1’de verilmiştir.



Şekil 1. Ekolojilere ait aşılama zamanı-kuru madde ilişkisini veren regresyon denklemlerinin grafikleri (İzmir, Aydın ve Antalya)

Sonuç Öneriler

A. mexicana-2026 genotipinin Ege ve Akdeniz iklim kuşağında ve 1999, 2000 ve 2001 iklim koşulları altında kuru madde miktarı lokasyonlar ve yıllar arasındaki fark istatistikî bakımından önemli bulunmuştur. Genotipinin Akdeniz iklim kuşağında kuru madde miktarı bakımından İzmir, Aydın ve Antalya lokasyonunda aşılama zamanı-kuru madde ilişkisini veren regresyon denklemi sırasıyla $Y_{izmir}=0.01297 Z^2- 2.5029 Z + 118.2293$, $Y_{aydin}=0.008879 Z^2-1.6982 Z + 87.2049$ ve $Y_{antalya}=0.0009751 Z^2-1.8957 Z + 90.9501$ ifadesini bulmuştur. Maksimum kuru madde miktarı İzmir lokasyonunda 118.2 gr/m² olarak ve 10 Nisan tarihinde tahmin edilirken, Aydın lokasyonunda maksimum kuru madde miktarı 87.2 gr/m² olarak 1 Nisan tarihinde ve minimum kuru madde miktarı ise 6.0 gr/m² olarak 6 Temmuz tarihinde tahmin edilmektedir. Antalya lokasyonundaki maksimum kuru madde miktarı 90.95 gr/m² olarak 10 Nisan tarihinde ve minimum kuru madde miktarı ise -1.19 gr/m² olarak 17 Temmuz

tarihinde tahmin edilmektedir. Maksimum kuru madde miktarı Nisan ayının ilk yarısında elde edilirken, minimum kuru madde miktarı yine Temmuz ayının ilk yarısında elde edilmiştir. Bu nedenle **A. Mexicana-2026** genotipinin kuru madde üretimi bakımından aşılmasının, Ege ve Akdeniz iklim kuşağında, temmuz ayının dışındaki aylarda önerilmesi uygun olacaktır.

Özet

Sucul bir eğrelti otu olan azola (*Azolla anabaena*), sulama suyunun problem olmadığı birçok ülkede yeşil gübre bitkisi, organik madde ve bitki besin kaynağı olarak kullanılmaktadır. Dünyada ılıman iklim kuşağına uyum gösteren, azola türlerine ait birçok genotip mevcuttur. **A. Mexicana-2026** bunlardan biri olup İzmir-Menemen Ekolojik koşullarına uyum sağlamıştır. Bu çalışmada **A. Mexicana-2026'nın**; 1999-2000 ve 2001 yıllarında, Akdeniz iklimi etkisinde kalan İzmir, Aydın ve Antalya lokasyonlarında aşılama zamanı-kuru madde ilişkisinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Her lokasyonda nisan, mayıs ve eylül aylarında metrekaresine 300 gr taze azola aşılanmıştır. Aşılamadan 15 gün sonra hasat edilmiştir. En yüksek kuru madde ağırlığı İzmir lokasyonunda 1 Nisan tarihinde 118.1 gr/m² elde edilebileceği tahmin edilmiştir. İzmir, Aydın ve Antalya lokasyonunda aşılama zamanı-kuru madde ilişkisini veren regresyon denklemi sırasıyla $Y_{izmir}=0.01297 Z^2 - 2.5029 Z + 118.2293$, $Y_{aydin}=0.008879 Z^2 - 1.6982 Z + 87.2049$ ve $Y_{antalya}=0.0009751 Z^2 - 1.8957 Z + 90.9501$ bulunmuştur.

Anahtar Sözcükler: Azola, alg, kuru madde, yeşil gübre

Kaynaklar

- Gevrek, M. N. 1996. Azola (*Azolla anabeana*)'nın İzmir koşullarında adaptasyonu ve biyolojik azot potansiyeli ile ilgili araştırmalar, s.160-170. Tarım-Çevre İlişkileri Sempozyumu (13-15 Mayıs 1996, Mersin) Bildirleri.
- Hove C. V. 1989. Azolla and Its Multiple Uses With Emphasis on Africa. FAO, Rome, pages 1-53.
- Khan, M. M. 1987. Is azolla a viable supplement and/or substitute for chemical fertilizers SERCA technical bulletin, 3:1-12.
- Peters, G. A. and H. E. Calvert. 1982. The azolla-Anabaena azollae symbioses. Phycological Society of America, Special Volume.
- Anonim, 1980. SAS User's Guide. Statistical Analysis Institute Inc., Cary, NC. USA.
- Thomas, A. Lumpkin, and D.L Plucknett, 1982. Azolla as a Green Manure: Use and Management in Crop Production. Westview Tropical Agriculture Series, 5.
- Watanabe, I., C. R. Espinas, N. S. Berja, and B.V.Alimagno. 1977. Utilization of the *Azolla-Anabaena* complex as a nitrogen fertilizer for rice. IRRI Research Paper Series 11.
- Watanabe I., R. A. Roger, J. K. Ladha, and C. Van Hove. 1992. Biofertilizer Germplasm Collections at IRRI. Manila, pages 1-66.
- Wilbur, V. and I. Watanabe. 1990. *Azolla and Sesbania*: Organic Fertilizers. Philippine Environment Conference, 14-18 June 1990, Manila, Philippines.

