ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Ayşegül AKPOLAT

MİKROMETEOROLOJİK VE LİZİMETRE YÖNTEMLERİYLE BELİRLENEN BUĞDAY BİTKİ SU TÜKETİMLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

TARIMSAL YAPILAR VE SULAMA ANABİLİM DALI

ADANA, 2011

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MİKROMETEOROLOJİK VE LİZİMETRE YÖNTEMLERİYLE BELİRLENEN BUĞDAY BİTKİ SU TÜKETİMLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

Ayşegül AKPOLAT

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TARIMSAL YAPILAR VE SULAMA ANABİLİM DALI

Bu Tez ../../…. Tarihinde Aşağıdaki Jüri Üyeleri Tarafından Oybirliği/~~Oyçokluğu~~ ile Kabul Edilmiştir.

…….....	…….....	..……
Doç. Dr. Mustafa ÜNLÜ	Prof. Dr. Rıza KANBER	Doç. Dr. Celaleddin BARUTÇULAR
DANIŞMAN	ÜYE	ÜYE

Bu Tez Enstitümüz Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalında hazırlanmıştır.
Kod No:

Prof. Dr. İlhami YEĞİNGİL
Enstitü Müdürü

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

ÖZ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MİKROMETEOROLOJİK VE LİZİMETRE YÖNTEMLERİYLE BELİRLENEN BUĞDAY BİTKİ SU TÜKETİMLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

Ayşegül AKPOLAT

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TARIMSAL YAPILAR VE SULAMA ANABİLİM DALI

Danışman : Doç. Dr. Mustafa ÜNLÜ
Yıl: 2011, Sayfa: 73
Jüri : Doç. Dr. Mustafa ÜNLÜ
: Prof. Dr. Rıza KANBER
: Doç. Dr. Celaleddin BARUTÇULAR

Bu çalışma 2009-2010 yılları arasında Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü deneme alanında yürütülmüştür.

Araştırmada doğal yağış koşullarında yetiştirilen buğday bitkisinin su tüketimi mikrometeorolojik ve lizimetre yöntemleri kullanılarak ölçülmüştür. Doğal yağış koşullarında yetişen buğdayın mevsimlik su tüketimi Bowen oranı enerji dengesi yöntemiyle 321 mm, lizimetre yöntemiyle 376 mm olarak belirlenmiştir.

Çalışmada dane verimi 480 kg/da, kuru madde miktarı 2489 kg/da ve hasat indeksi (HI) değeri 0.19 olarak hesaplanmıştır.

Çalışmada kuru madde miktarları ile lizimetre ve Bowen yığışımlı su tüketimleri arasında R=0.97 olan doğrusal ilişkiler elde edilmiştir.

Lizimetre ve Bowen yöntemlerine göre ölçülen bitki su tüketim değerleri arasında istatistiksel olarak %99 güvenle yakın ilişkiler elde edilmiştir (R=0.93).

Anahtar Kelimeler: Buğday, Bowen, Lizimetre, Su Tüketimi

ABSTRACT

MSc THESIS

COMPRAHANSION OF WHEAT EVAPOTRANSPRATIONS MEASURED BY MICROMETEOROLOGICAL AND LYSIMETER METHODS

Ayşegül AKPOLAT

ÇUKUROVA UNIVERSITY
INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES
DEPARTMENT OF AGRICULTURAL STRUCTURES AND IRRIGATION

Supervisor : Doç. Dr. Mustafa ÜNLÜ
Year: 2011, Page: 73
Jury : Doç. Dr. Mustafa ÜNLÜ
: Prof. Dr. Rıza KANBER
: Doç. Dr. Celaleddin BARUTÇULAR

This study was carried out in the research and application area of Department of Agricultural Structures and Irrigation, Faculty of Agriculture, University of Çukurova between 2009 and 2010.

The actual evapotranspiration of rainfed wheat was measured by using Bowen ratio energy balance and lysimeter methods. The evapotranspiration of rainfed wheat was 321 mm and 376 mm for the Bowen ratio energy balance and lysimeter methods, respectively.

In this study the value of grain yield was determined as 480 kg/da and the amount of dry matter was determined as 2489 kg/da. Harvest index (HI) was calculated as a value of 0.19.

The linear relationships were obtained between cumulative evapotranspiration values of Bowen and lysimeter with dry matter as regration coefficient R= 0.97.

There was obtained statistically close relationships between Lysimeter and Bowen Evapotranspiration values as a confidence 99% (R=0.93).

Key Words: Wheat, Bowen, Lysimeter, Evapotranspiration

TEŞEKKÜR

"Mikrometeorolojik ve Lizimetre Yöntemleriyle Belirlenen Buğday Bitki Su Tüketimlerinin Karşılaştırılması" başlıklı Yüksek Lisans tez çalışma konusunu veren ve çalışmanın tüm safhalarında bilgi, öneri ve yardımlarından faydalandığım değerli hocam Sayın Doç Dr. Mustafa ÜNLÜ'ye katkılarından dolayı teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmamızda kullandığımız tartılı lizimetre sisteminin yapılmasını sağlayarak bilime ve ülkemize büyük katkılarda bulunan; çalışmamızın her aşamasında yardımlarını esirgemeyen değerli hocam Sayın Prof. Dr. Rıza KANBER'e teşekkürlerimi bir borç bilirim.

Çalışmalarım esnasında gösterdiği destek ve katkılarından dolayı Arş. Gör. Servet TEKİN'e teşekkür ederim.

Ayrıca beni bugünlere getiren kıymetli ve özverili aileme sonsuz sevgi ve şükranlarımı sunarım.

İÇİNDEKİLER **SAYFA**

ÖZ I
ABSTRACT II
TEŞEKKÜR III
İÇİNDEKİLER IV
ÇİZELGELER DİZİNİ VIII
ŞEKİLLER DİZİNİ X
SİMGELER VE KISALTMALAR XII
1. GİRİŞ 1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR 5
2.1. Buğday Bitkisi 7
2.2. Mikrometeorolojik Yöntemler 11
2.3. Lizimetre Yöntemi 12
2.3.1. Lizimetre Tipleri 16
2.3.1.1. Tartılmayan Lizimetreler 16
2.3.1.2. Tartılır Lizimetreler 18
2.4. Buğday Su Tüketimi 20
3. MATERYAL VE METOD 23
3.1. Materyal 23
3.1.1. Deneme Yeri 23
3.1.2 Toprak Özellikleri 24
3.1.3 İklim Özellikleri 25
3.1.4 Bitki Çeşidi 27
3.1.5 Araştırmada Kullanılan Aygıtlar 27
3.1.5.1. Bowen Sistemi 27
3.1.5.2 Tartılı Lizimetre 28
3.2. Metod 31
3.2.1. Bitki Su Tüketiminin Belirlenmesi 31
3.2.1.1. Bowen Oranı Enerji Dengesi (BREB) Yöntemi 31
3.2.1.2. Tartılı Lizimetre Yöntemi 33

3.2.2. Kıyas Bitki Su Tüketimine İlişkin Ampirik Model 34
3.2.3. Tarımsal İşlemler 34
3.2.3.1. Tarla Hazırlığı 34
3.2.3.2. Ekim 36
3.2.3.3. Gübreleme 36
3.2.3.4. İlaçlama ve Bakım 37
3.2.3.5. Hasat 37
3.2.4. Bitki Gelişimine İlişkin Gözlem ve Ölçümler 37
3.2.4.1. Bitki Boyu 37
3.2.4.2. Yaprak Alan İndeksi (LAI) 38
3.2.4.3. Kuru Madde Miktarları (Biyokütle) 38
3.2.4.4. Hasat İndeksi 38
4. BULGULAR VE TARTIŞMA 39
4.1. Buğday Bitkisinin Gelişme Dönemleri 39
4.2. Toprak Su Kapsamı Değişimi 39
4.3. İklim Parametrelerinin Değişimi 40
4.4. Bitki Su Tüketimi 43
4.4.1. Bowen Oranı Enerji Dengesi (BREB) Yöntemi 43
4.4.1.1. Enerji Dengesi Bileşenlerinin Değişimi 43
4.4.1.2. Bitki Su Tüketim Ölçüm Sonuçları 45
4.4.2. Bitki Su Tüketim Yöntemlerinin Karşılaştırılması 46
4.5. Bitki Büyümesi 47
4.5.1. Bitki Boyu 47
4.5.2. Yaprak Alan İndeksi (LAI) 48
4.5.3. Yaprak Alan İndeksleri İle Su Tüketim İlişkisi 49
4.5.4. Kuru Madde Miktarı (Biyokütle) 51
4.5.5. Dane Verimi ile Hasat İndeksi 53
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER 55
5.1. Sonuçlar 55
5.2. Öneriler 56

KAYNAKLAR..... 59
ÖZGEÇMİŞ 73

ÇİZELGELER DİZİNİ **SAYFA**

Çizelge 3.1. Deneme alanının toprağının fiziksel özellikleri 24
Çizelge 3.2. Deneme alanının toprağının bazı kimyasal özellikleri 24
Çizelge 3.3. Araştırma Yöresinde Büyüme Dönemindeki Uzun Yıllık ve 2009-2010 Yılı iklim Verileri 26
Çizelge 3.4. Buğday bitkisine uygulanan gübre miktarı, çeşidi ve uygulama biçimi 36
Çizelge 4.1. Buğday bitkisinin kimi fenolojik tarihleri 39

ŞEKİLLER DİZİNİ **SAYFA**

Şekil 2.1. Türkiye'de buğdayla ilgili agroekolojik bölgelerin ortalama yağış haritası üzerinde gösterimi 9
Şekil 3.1. Deneme alanının genel görünümü 23
Şekil 3.2. Lizimetre yakınına konumlandırılmış Bowen sisteminin genel görünümü 27
Şekil 3.3. Çalışmada kullanılan tartılı lizimetrenin şematik gösterimi 30
Şekil 3.4. Buğday bitkisi için tapan çekme 35
Şekil 3.5. Buğday bitkisi için loğ çekme 35
Şekil 4.1. Toprak nem içeriğinin değişimi 40
Şekil 4.2. Bowen sistemiyle ölçülen ortalama günlük hava sıcaklıkları (a), ortalama günlük oransal nemin (b) zamana bağlı olarak değişimleri 41
Şekil 4.3. Bowen sistemiyle ölçülen ortalama günlük rüzgar hızı (a), buhar basıncı açıklığının (b), zamana bağlı olarak değişimleri 42
Şekil 4.4. Enerji dengesi bileşenlerinin mevsim boyunca değişimleri 44
Şekil 4.5. Enerji dengesi bileşenlerinin değişimi, (a) açık ve (b) kapalı gökyüzü koşulları 45
Şekil 4.6. Lizimetre ve Bowen oranı enerji dengesi yöntemlerine göre belirlenen buğdayın mevsimlik su tüketim değerleri ile yığışımlı çim kıyas su tüketimi değerlerinin (ETo_PM-56) zamana bağlı olarak değişimleri ... 46
Şekil 4.7. Farklı yöntemlerle belirlenen buğday su tüketimi değerleri arasındaki ilişkiler 47
Şekil 4.8. Bitki boylarının değişimi 48
Şekil 4.9. Yaprak alan indekslerinin değişimi 49
Şekil 4.10. Bitki su tüketimi-LAI ilişkisi 50
Şekil 4.11. Kuru madde miktarının değişimi 51
Şekil 4.12. Kuru Madde Miktarları İle Yığışımlı Su Tüketim Değerleri arasındaki ilişkiler 52

SİMGELER VE KISALTMALAR

γ : Psikometrik katsayı

% : Yüzdesel oran

Φ : Kalınlık

(e_s-e_a) : Havanın buhar basıncı açığı, (kP_a)

Δ : Sıcaklık- doygun buhar basıncı eğrisinin eğimi $(kPa.^oC^{-1})$

Δ W : Toprak suyu içeriğindeki değişmeler (mm)

Δe : Buhar basıncı farkı (kPa)

ΔT : Sıcaklık farkı(^oC)

°C : Santigrat derece

a_t : Bitki taç genişliği, (mm)

BREB : Bowen oranı enerji dengesi

b_s : Bitki sıra aralığı (m)

C_2S_1 : Di karbon mono kükürt

cm : Santimetre

CO_2 : Karbondioksit

Cr : Kılcal yükseliş (mm)

Dp : Derine süzülme veya drenaj suyu

dS : Elektriksel iletkenlik birimi (m)

ET : Potansiyel su tüketimi (mm)

ETc : Gerçek bitki su tüketimi (mm)

ETmax : Optimum koşullarda maksimum bitki su tüketimi (mm)

ETo : Kıyas bitki su tüketimi (mm)

ETp : Potansiyel bitki su tüketimi (mm)

ETr : Kıyas Bitki Evapotranspirasyonu

FAO : Optimum koşullarda maksimum bitki su tüketimi (mm)

G : Toprak ısı akısı $(W.m^{-2})$

H : Duyumsanır ısı akısı $(W.m^{-2})$

H_2O : Su

ha : Hektar

HI : Hasat indeksi

I : Sulama suyu miktarı (mm)

K_2O : Potasyum oksit

Kc : Bitki katsayısı

Kg : Kilogram

kPa : Kilo pascal

LAI : Yaprak alanı indeksi

LE : Buharlaşma gizli ısı akısı

M : Metre

m^2 : Metrekare

Ml : Mililitre

Mμ : Milimikron

P : Yağış

pH : Hidrojen konsantrasyonunun kologaritması

$P_{örtü}$: Örtü oranı

Rf : Yüzey akış kayıpları (mm)

Rfc : Yüzey akışı

RH : Oransal Nem

R_n : Net radyasyon ($W.m^{-2}$)

S_{Grv} : Gravimetrik yöntemle belirlenen toprak su içerikleri değerleri

SN : Solma noktası

TK : Tarla kapasitesi

VPD : Havanın buhar basıncı açığı

Y : Dane verimi ($g.m^{-2}$)

Y_b : Kuru madde miktarı ($gçm^{-2}$)

1. GİRİŞ

Doğal kaynakların her geçen gün biraz daha azalması, su ve toprak kaynaklarının en ekonomik ve en verimli bir şekilde kullanılmasını zorunlu kılmıştır. Bir bölgede kurulacak tarımsal sulama projelerinin temelini oluşturan ve toprak-bitki-atmosfer döngüsü içerisinde çok önemli bir yere sahip olan bitki su tüketimi, gerek tarım gerekse diğer çok amaçlı projelerin planlanması, yapımı ve işletilmesinde vazgeçilmez bir öğedir.

Su, yenilenebilir ve tükenmeyen doğal bir kaynak sayılsa bile, bölgesel olarak sonlu bir kaynak durumundadır. Dünyadaki suyun yaklaşık %97.5'i okyanuslarda ve denizlerde bulunmaktadır. Yüksek oranda tuz konsantrasyonu içermesi nedeniyle okyanus ve deniz sularından tarım endüstri ve içme-kullanma suyu olarak faydalanmak mümkün değildir. Bu tip tuzlu suların kullanılabildiği alanlar çok sınırlıdır. Belirtilen rakamlara göre tatlı su kaynakları dünya su kaynaklarının sadece %2.5'ini oluşturmaktadır. Bu miktarın da %70 gibi önemli bir oranı kutuplarda buzullar halinde, kalan %30'luk kısmı da yer altında olduğundan kullanıma uygun tatlı su kaynakları çok sınırlıdır.

Son 50 yılda hızlı nüfus artışı ve gelişen sanayi; suyun kentsel ve endüstriyel kullanımını artırmış, su kaynaklarının tükenmesine ve kirlenmesine neden olmuştur. Aşırı kullanım ve kirlilik, tatlı su kaynaklarında kısıntının artmasına, tarıma ayrılan suyun azalmasına neden olmuştur. Bu çok önemsenmesi gerekli bir sorun olduğundan, tatlı su kaynaklarının etkin kullanımı, insanlığın en önemli sorunlarından birisidir.

Sınırlı su kaynaklarının sürdürülebilir bir biçimde geliştirilmesinde başvurulacak yolların başında sulama programlaması gelmektedir. Doğru sulama programının iki önemli öğesi; suyun ne zaman ve ne miktarda verilmesi gerektiğidir. Bu kararları verebilmek için tarla koşullarında bitki su tüketimi ile ilgili kesin bilgilere gereksinim vardır. Toprak-bitki-atmosfer ortamı içerisinde bulunan ve sulama projelerinin temelini oluşturan bitki su tüketimi, gerek tarım gerekse çok amaçlı projelerin planlanması, yapımı ve işletilmesinde vazgeçilmez bir öğedir. Sulama sistemlerinin kapasiteleri, yaz mevsiminde kısa

bir dönemde görülen en yüksek tüketim değerini karşılayabilmek için gerekli suyu sağlayacak şekilde planlanır. Bu yüzden sulama projelerinin doğru planlanması ve işletilmesi, bölge koşullarında yetiştirilen bitkilerin aylık ve daha kısa dönemlere ilişkin bitki su tüketim miktarlarının doğru ölçülmesine bağlıdır (Burman ve Pochop, 1994).

Toprak ve su kaynaklarının korunması, geliştirilmesi ve toplum yararına en iyi biçimde değerlendirilmesi, çağımızda hemen tüm ülkelerin önde gelen sorunları arasında yer almaktadır. Sudan devamlı ve yüksek düzeyde yarar sağlanabilmesi için bölge koşullarına uygun sulama programlarının hazırlanması, bunun için de bitkilerin tükettikleri su miktarlarının bilinmesi gerekir (Aydınşakir ve ark., 2003).

Evapotranspirasyon, bitki ile örtülü bir alandan kaybolan toplam su buharı miktarı diye tanımlanmaktadır. Su kaybı bitki yüzeyinden terleme (transpirasyon) ve buharlaşmayla (evaporasyon); toprak yüzeyinde ise doğrudan buharlaşmayla meydana gelir. Uygulamada bunların birbirinden ayrılması zor ve gereksizdir. O nedenle her iki olay, bitki su tüketimi (evapotranspirasyon), (ET) adı altında birleştirilerek kullanılır (Kanber, 1997).

Bitki su tüketiminin doğru ölçülmesi, toprak-su kaynaklarının geliştirilmesi ile ilgili projelerin başarısının temeli sayılır. Bitki su tüketiminin ölçülmesi için çok sayıda yöntem ve model geliştirilmiştir (Taner, 1967; Doorenbes ve Pruitt, 1977; Reicosky ve Peters, 1977; Jensen ve ark., 1990; Burman ve Pochop, 1994). Ülkemizde ve dünyada bu amaçla, daha çok su bütçesi eşitliği kullanılarak ölçüm yapılmaktadır. Ancak, anılan eşitliğin kimi öğelerinin tarla parsellerinde ölçülme güçlüğü ve yapılabilecek hatalar elde edilen sonuçların önemli bir bölümünü tartışılır hale getirmiştir. Bu konuda en güvenilir yaklaşım, tartılabilir lizimetre kullanmaktır. Ancak, tartılabilir lizimetrenin pahalı oluşu ve sabit sistem olarak nokta bazında ölçüm yapması, başlıca sınırlılıkları sayılmaktadır (Reicosky ve ark., 1983; Kanber, 1999; Ünlü, 2000). Lizimetreler, en önemli hidrolojik ve meteorolojik olaylardan birisi olan suyun atmosfere yeniden dönüşü ile ilgili çalışmalarda uzun yıllardan beri kullanılmaktadırlar (Van Bavel ve Myers, 1962). Ayrıca toprak içine süzülen (perkole) suyun ölçümü ve kimyasal analizler için toprak suyunun örneklenmesinde

de kullanılan en doğru ve güvenilir araçlardır (Heatherly ve ark., 1980; Howell ve ark., 1991). O nedenle lizimetreler, farklı iklim koşullarında toprak ve bitkilerden meydana gelen evaporasyon ve evapotranspirasyon miktarları ve su niteliği ölçümlerinde kullanılan standart araçlar haline gelmişlerdir (Dickinson, 1981). Türkiye'de ilk sayılabilecek lizimetreler, o günkü adıyla TOPRAKSU Araştırma Merkezleri'nde 1950'li yıllarda yapılmıştır. Hemen tümü, bozulmuş toprak örneklerinin kullanıldığı sistemlerdir. Tanklar, beton bloklu duvarlardan oluşturulmuştur. Drenaj tipi veriler daha çok, bitki-su-toprak ilişkileri ile ilgili çalışmalarda kullanılmışlardır (Tekinel ve Kanber, 1975; Kanber, 1977; Güngör, 1985).

Son yıllarda lizimetrik ölçümlerin yanında, tarımsal teknolojinin gelişmesine bağlı olarak mikrometeorolojik yöntemlerden de yararlanma olanağının elde edilmesi, anılan öğenin belirlenmesinde çok önemli bir olanak yaratmıştır. Mikrometeorolojik yöntemlerin geniş bir alana sahip arazilerde uygulanabilmesi, bitkinin mikro-çevresini bozmaması ve hareketli sistemler olmaları kullanımlarını özendirmektedir (Saylan, 1995; Kanber ve ark., 1998; Kanber, 1999; Steduto ve Çetinkökü, 1999; Ünlü, 2000). Mikrometeorolojik yöntemlerden Bowen oranı enerji dengesi yöntemi (BREB), belli bir sürede günlerce otomatik olarak veri toplamanın kolay olduğu, kuruluş giderlerinin diğer mikrometeorolojik yöntemlere göre daha düşük olduğu ve kısmen basit bir alet olarak sayılabilir (Pruitt ve ark., 1987; Held ve ark., 1990; Steduto ve Çetinkökü, 1999; Kanber, 1999). Üstelik basit ve uygulanabilirliğinden dolayı, BREB yöntemi, çok geniş bir uygulama alanında kullanılabilir.

Tarla koşullarında ET ölçümlerinde fizyolojik temele dayalı yaklaşımlar da kullanılmaktadır. Bunlar içerisinde bitki taç odacıkları (canopy chamber), bitki özsuyu akış ölçümleri (sap flow measurements) ve ısı çarpışı/dengesi (heat pulse/balance) yaklaşımları sayılabilir.

Artık, günümüzde Bowen Oranı, Eddy Korelâsyon ve Canopy Chamber gibi, yakın zamana dek kuramsal düzeyde kalan birçok bitki su tüketim ölçüm yöntemi kullanılır hale gelmiştir.

Bu çalışmada Çukurova koşullarında Bowen Oranı Enerji Dengesi yöntemi ve tartılı lizimetre kullanılarak, 10 dekar arazide yağış koşullarında yetiştirilen buğday bitkisinden atmosfere aktarılan su buharı akısı ölçülüp, BREB ve Lizimetre değerleri karşılaştırılmıştır.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Bitki su tüketiminin belirlenmesinde kullanılan pratik tekniklerin geliştirilmesi, bitki büyüme modeli ve sulama yönetimi çalışmalarında oldukça önemli bir yere sahiptir. Bitki su tüketimi bir yörede sulama programlarının oluşturulmasında anahtar bir parametre görevi görmektedir (Jensen ve ark., 1990). Bitki su tüketimi buharlaşma ve terleme olayları sonucu, birçok etmenin etkisi altında oluşan doğal bir olaydır. Bu etmenlerin analizleri ve her birinin buharlaşma ve terleme miktarlarına olan etkilerinin ölçülmesi oldukça güç ve bazı durumlarda imkânsız olması nedeniyle bitki su tüketimi doğada karmaşık bir olay olarak kalmaktadır. Ancak birçok araştırma, bitki su tüketim miktarını belirlemeye çalışmaktadır. Bitki su tüketimi belirlemelerinde kullanılan yaklaşımlar; deneysel, mikrometeorolojik ve ampirik yöntemler olmak üzere üç ana bölüm altında toplanabilmektedir (Kanber, 1977).

ET hesaplamada kullanılan tüm metotların kendilerine göre kısıtlamaları ve avantajları bulunmaktadır. Örneğin tartılı lizimetreler en doğru değerleri veren direk bir yöntemdir (Jensen ve ark., 1990). Fakat pahalı ve sabittir ve ortam koşullarına ilişkin çıkarımları yapmakta zayıf kalmaktadır. Diğer taraftan ise mikrometeorolojik yöntemler taşınabiliridirler ama çok pahalı olup, yüksek gelir gerektirmektedirler. Su ve toprak dengesi esasına dayalı yöntemlerde taşınabilirdirler ama pahalıdır, zaman alıcıdır ve toprak tipi ve şartlara göre doğruluğu değişim göstermektedir.

Tartılı ve drenaj tipi lizimetrelerin her iki çeşidi de su tüketimi ölçümlerinde bitki katsayılarının saptanmasında ve diğer toprak, bitki, su ve atmosfer ilişkilerini kapsayan ölçümlerde başarıyla kullanılır. Ayrıca, lizimetreler bitki su tüketimi modellerinin kalibrasyonunda da temel olarak kabul edilir. (Mata ve ark., 1999; Todd ve ark., 2000; Tyagi ve ark., 2000; Liu ve ark., 2002; Yang ve ark., 2002; Allen ve Wright, 2004; Lopez-Urrea ve ark., 2006; Benli ve ark., 2006; Lovelli ve ark., 2005; Zeggaf ve ark., 2008; Centinari ve ark., 2009).

Eğer, lizimetre yoksa tarla koşullarında, ET ölçümünde güvenle kullanılabilecek yöntemler bulunmaktadır. Bunlar, su bütçesi eşitliğine dayanan yaklaşımların yanında, tartılı lizimetreye yakın doğruluk düzeyinde sonuç veren

yöntemlere dek değişmektedir. Su bütçesi eşitliğinin kullanıldığı tarla parsellerinde (Türkiye'de nem azalma yöntemi diye adlandırılır) sulama suyunun, yağışın, derine süzülmenin ve nem değişmelerinin saptanması gerekmektedir. Bunlar değişik yöntemlerle belirlenebilir. Nem miktarının saptanmasında, gravimetrik örnekleme, nötron saçılma, elektriksel direnç, tansiyometreler, TDR (time domein reflectometry), toprak psikometreleri kullanılmaktadır.

Benzer olarak Bowen nispi enerji dengesi (BREB) yöntemi su tüketimini belirlemede, bitki katsayılarını hesaplamakta, bitki su ilişkilerini incelemekte ve lizimetrelerde olduğu gibi bitki su tüketim modelleri tayin etmektedir (Wight ve ark., 1993; Malek ve Bingham, 1993; Saylan, 1995; Cargnel ve ark., 1996; Todd ve ark., 1996; Alves ve ark., 1996; Steduto ve Hsiao, 1998; Todd ve ark., 2000; Ünlü, 2000; Ünlü ve ark., 2001).

BREB yöntemi sağlam bir yöntem olarak kabul görmüş ve tartılı lizimetre, Eddy-Korelasyon (Cellier ve Olioso, 1993) veya su dengesi (Ünlü ve ark., 2001) gibi diğer yöntemlerle karşılaştırılmıştır**.** Bowen oranı yöntemiyle yürütülen bir çok çalışmada genellikle doğru ve hassas ölçümler alınmıştır. Elde edilen sonuçlar diğer genel olarak kabul görmüş yöntemlerden elde edilen sonuçlarla iyi bir uyum göstermiştir.

BREB metodu hava sıcaklığı ve nem eğilimi, net radyasyon ve toprak ısı akımı ölçümlenebilen bir yüzeyden gizli ısı akımını tahmin eder (Steduto ve Çetinkökü, 1999).

BREB yöntemi diğer yöntemlerle kıyaslandığında bazı avantaj ve dezavantajlara sahiptir. Bunlar; Mata ve ark. (1999), Tyagi ve ark. (2000), Todd ve ark. (2000), Liu ve ark. (2002), Yang ve ark. (2002), Allen ve Wright (2004), Lopez-Urrea ve ark. (2006), Lovelli ve ark. (2005) ve Centinari ve ark. (2009) arasında tartışılmış ve düzenlenmiştir**.** Avantajları basit ölçümlerdir, yüzeyin aerodinamik özellikleri ile ilgili bilgilere gereksinim duymaz, geniş alanlarda birim zamanda ölçülen gizli ısı akılarının toplamlarını sürekli ölçerek yadeder (Todd ve ark., 2000). Bunun yanında kısıtlamalar yaygın olarak yarı kurak alanlarda bulunun uniform bitki dağılımının gözlenmediği adveksiyon altındaki alanlarda ortaya çıkar (Prueger ve ark., 1997). Diğer yandan bu yöntemin dezavantajları kullanılan aletlerin eğilimidir

ki bunlar ölçüm hareketleri (artış azalış) ve enerji dengesi koşulları, yöntemin varsayımlarına bağlı yeterli sonuçları sağlamalıdır.

BREB ve Lizimetre teknikleri arasında karşılaştırmalar farklı yerlerde araştırmacılar tarafından yapılmıştır, ikisi yöntem arasındaki farkın %10'dan az olduğu bildirilmiştir (Prueger ve ark., 1997). Farklı toprak ve su yönetimi uygulamaları altında doğrudan ET tayini için, ne olursa olsun ucuz, güvenilir ve taşınabilir ekipmanları geliştirmek gereklidir**.** Tartılı lizimetreler bitki su tüketim (ET) ölçümlerinde referans kabul edilirler. Ancak, anılan sistemler hareketsiz ve ölçüm yapılan alanlarda sayıları oldukça azdır. Ayrıca, tartılı lizimetre verilerinin az olmasının nedeni çoğunlukla maliyetlerinin yüksek olmasından, yapım/kurulumlarının karmaşık olmasındandır.

Bowen oranı enerji dengesi yönetimin kullanımı diğer buharlaşma ölçüm yöntemlerine göre düşük maliyet ve kurum kolaylığı ve taşınabilirliği nedeniyle yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu çalışmanın temel amacı Bowen Oranı sistemiyle yüksek bağıl nem altında yarı kurak bir iklim altında buğday bitkisine ait doğru Et ölçümü ve bitki katsayısının sağlanılabilir olup olmadığını saptamaktır**.** Bununla birlikte, BREB yönteminin saatlik ETo ölçümlerinde kullanılabilirliği de sistem aracılığıyla elde edilen iklim verilerinin Penman-Monteith eşitliğinde kullanılmasıyla test edilmiş ve saatlik ETc kestirimlerinde kullanılmıştır.

2.1. Buğday Bitkisi

Buğday kültür bitkileri arasında dünyada ekiliş ve üretim bakımından ilk sırada yer almaktadır. Geçmişi çok eskilere dayanmakta ve kültüre alınması M.Ö. 8.000-10.000 yıllarına kadar uzanmaktadır (Yadon ve ark., 2000). Buğday kültürünün tüm dünyada yaygın oluşunun başlıca nedenleri; çeşit zenginliği, hayvan beslenmesi ve endüstride yaygın olarak kullanılması ve geniş ekolojilere uyabilmesidir.

Buğdayın orijin merkezi Güneybatı Asya'dır. Türkiye, Suriye, Irak ve Kafkasya'da yabani türlerine rastlanır ve buralar buğdayın gen merkezi olarak kabul edilmektedir (Kırtok, 1997). Dünyada ilk kültüre alınan bitkilerden olan buğday, dün

olduğu gibi bugünde insan ve hayvan beslenmesinde en önemli ürün olmuştur (FAO, 1992; Sezer ve ark., 1998) ve bu nedenle günümüzde tarımı yapılan kültür bitkileri içerisinde ilk sırada yer almaktadır.

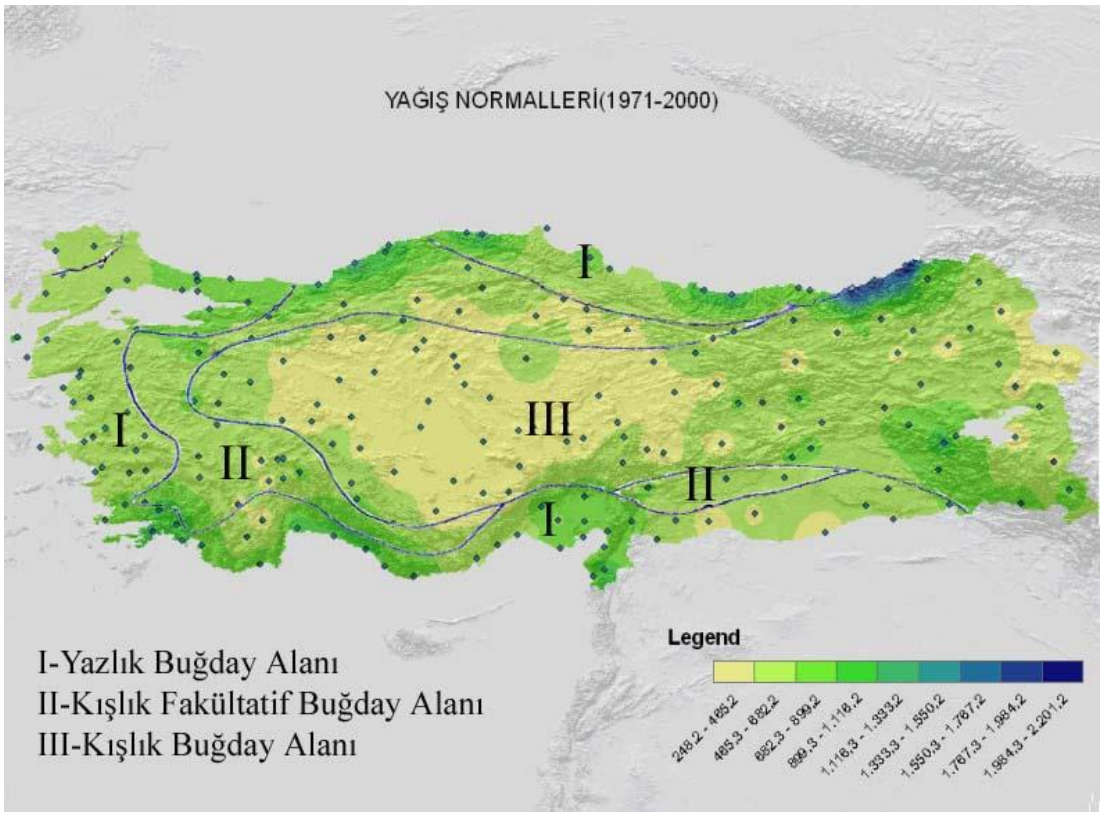
Dünya'da buğday ekim alanı 213.8 milyon ha, üretim miktarı 582.7 milyon ton, ortalama verimi ise 2624 kg/ha'dır (Anonymous, 2004a).

Buğday, insan yaşamını ekonomik ve kültürel olarak etkilerken, insanda buğdayın evrimini etkilemiştir. İlk tarım köylerinde ekilen iki çeşit buğday vardı; Siyez (*Triticum monococcum*) ve Gernik (*Triticum dicoccum*). Bunlar yabani atalarına göre biraz daha iri taneli ama yine yabaniler gibi kavuzlu (taneyi sıkıca saran örtü) ve başağı taşıyan sapları yarı kırılgan yapıda türlerdi. Daha sonraki dönemlerde ise iri taneli, uzun boylu ve kavuzsuz, bu nedenle işlemesi çok daha kolay iki tür ortaya çıkmıştır. Makarnalık buğday (*Triticum durum Desf.*) ve ekmeklik buğday (*Triticum aestivum L.*). Bugün tüm dünyada ekimi yaygın olarak yapılan bu iki türdür.

Buğday bitkisi yüksek taban suyu düzeylerine karşı oldukça toleranslı, toprak tuzluluğuna karşı orta derecede toleranslıdır. Buğdayın toplam büyüme dönemi uzunluğu, kışlık çeşitlerde 180-250 gün, yazlıklarda ise 100-130 gündür. Bitkinin optimum gelişmesi için günlük ortalama sıcaklık, 15-20 ^{o}C olmalıdır (Anonymous, 2004b).

Türkiye tarla ürünleri için tarıma elverişli alanların sınırına ulaşmıştır. Bu yüzden, gelecekte tarla ürünleri arzındaki gelişme, yüksek verimli tohumların adaptasyonuna, daha iyi üretim teknikleri yoluyla verimlerdeki artışlara, sulanabilir alanların genişlemesine, nadas alanlarının azaltılmasına ve arz fazlası meydana getiren diğer ürünlerin ekim alanlarının azaltılmasına bağlıdır (Koç, 1999).

Buğday bitkisi soğuklanma gereksinimine göre yazlık ve kışlık buğday olarak gruplandırılabilir. Kışlık buğday gelişmenin ilk dönemlerinde vernalizasyona ihtiyaç duyar ve gelişmenin ilk devrelerinde -20 ^{o}C'ye kadar direnç gösterebilir. Yazlık buğdayın soğuklanma ihtiyacı yoktur. Ancak dona karşı duyarlıdır. (Anonymous, 2004b).



Şekil 2.1. Türkiye'de buğdayla ilgili agroekolojik bölgelerin ortalama yağış haritası üzerinde gösterimi (Anonymous, 2010)

Şekil 1.1'de görüldüğü üzere ülkemizde buğdayla ilgili üç ayrı agroekolojik bölge bulunmaktadır. Akdeniz Bölgesi yazlık dilim buğday yetiştirme sınırları içerisindedir. Yazlık buğdayın vernalizasyon ihtiyacı olmadığından veya düşük olduğundan sahil bölgelerimizde yetiştirilebilmektedir. Bu yüzden vernalizasyon ihtiyacı düşük ve gün uzunluğuna hassas olmayan buğdaylar bölgede yetiştirilmektedir. Bu buğdaylar yazlık olmakla beraber ilkbaharda değil sonbaharda ekilmelidir. Çünkü erken ekim yapılırsa, ilkbahar geç donları buğdaya zarar verebilmekte ve geç ekimler de ise buğdayın generatif gelişmesi kuraklık riski altında kalabilmektedir.

Yazlık bölgede yıllık toplam yağış miktarı 500-800 mm arasında değişmektedir. Buğdayın su ihtiyacı da 400-700 mm arasında olduğundan buğday buralarda genellikle sulanmadan yetiştirilmektedir. Ancak Güneydoğu Anadolu'da yağış, buğdayın su ihtiyacını karşılamaya yetmemektedir. Bu yüzden maksimum ürün için sulama gerekmektedir. Ayrıca normal olarak yağışlı yerlerde bile kurak

yıllarda bir takviye sulama söz konusudur. Sahillerimizden iç kısımlara gidildikçe yağış miktarı azalmakta ve sıcaklık da düşmektedir. Yazlık çeşitler de yerini fakültatif ve kışlık buğdaylara terk etmektedir.

Türkiye'de buğday; ekili tarım alanlarının %51.2'sini oluşturmaktadır (Avçin, 1997). Ülkemizde üretimi yapılan tahıl ürünleri içinde en büyük paya buğday sahiptir ve hem ekonomik hem kültürel açıdan ülkemizin en önemli ürünlerindendir (Yağdı, 2002). Ülkemizde toplam buğday ekim alanlarının yaklaşık %15-16'sı makarnalık, kalan alanın çoğunluğunda ekmeklik ve az bir kısmında topbaş buğdaylar yetiştirilmektedir. Diğer taraftan, ülkemizde 4 milyon tarım işletmesinin 3 milyonunda buğday üretimi yapılmakta olup (TMO Hububat Raporu, 2008) buğdaydan alınan ortalama verim; yıllara göre değişmekle birlikte, agroekolojik bölgelerde kışlık dilimden yazlık dilime doğru artış göstermektedir. Birim alandan alınan buğday verimleri 1920-2360 kg/ha arasında değişmektedir.

Dünya nüfusu her geçen gün artmaktadır. Mevcut dünya nüfusunun yaklaşık %35'inin temel besin maddesi olan buğday, tüm dünyada besinlerden alınan kalorinin %20'sini sağlamaktadır. Buğday tanesi yaklaşık olarak %65-75 nişasta, %15 protein, %1-5 yağ, %1.5-3 şeker, %1-2 kül, %11-13 nem içerir. Buğday tanesinde karbonhidrat, yağ ve proteinin yanında, insan ve hayvan beslenmesinde önemli derecede rol oynayan vitaminlerde bulunmaktadır. Buğday üretim hızının zaman içinde nüfus artış hızının gerisinde kalacağı düşünülmektedir. Buğday talebindeki artış dünya ortalaması olarak yaklaşık %1.3 olup, önümüzdeki yüzyılın ilk çeyreğinde bu artışın gelişmekte olan ülkelerde yaklaşık %2 kadar olacağı beklenmektedir (Rosengrant ve ark., 1995). Gelecekte açlık durumunun yaşanmaması için üretimin nüfus artışı hızının gerisinde kalmayacak şekilde artırılması gerekmektedir. Üretimin artırılması, ekim alanı artışı üzerinden birim alan veriminin artırılmasıyla ya da her ikisinde birden artış sağlayarak mümkündür. Fakat üretim yapılan alanlar son sınırına ulaşmış durumdadır. Gelişmekte olan ülkelerdeki buğday ekim alanlarının ancak %0.14 kadar artacağı beklenmektedir (Rosengrant ve ark., 1995). O halde, ekim alanlarının arttırılması yoluyla üretimin artırılamayacağı düşünülecek olursa, verimin artırılması için tek çıkış yolu birim alan verim artışıdır.

Hızla artan nüfusumuzun beslenme sorunlarının çözümünde, sınırlı olan tarım alanlarımızdaki bitkisel üretimin verimliliğini artırmak büyük önem taşımaktadır. Buğday ürününden elde edilen un, bulgur, makarna, nişasta insan beslenmesinde; buğday bitkisinin sapları ise kâğıt-karton sanayinde ve hayvan beslenmesinde kullanılmaktadır. Bu nedenle gerek Dünya'da ve gerekse ülkemizde özellikle buğday üretiminde herhangi bir nedenle düşüş olduğunda gerek ekmek fiyatları veya gerekse undan yapılan gıda maddelerinin fiyatları yükselmekte ve bu da birçok ülke ekonomisini etkilemektedir. Bu nedenle her ülke için buğday üretimi açısından yeterli olmak ve stoklarında yeterince buğday ürünü bulundurmak stratejik bir öneme sahiptir.

2.2. Mikrometeorolojik Yöntemler

Mikrometeorolojik yöntemler, bitkinin doğal olarak oluşan mikro-çevresini bozmadan, bitki örtü yüzeyindeki su buharı ve CO_2 akı değişimlerini en doğru şekilde ölçebilen ve en azından 1-2 hektarlık bir yüzey alana sahip arazilerde uygulanabilen yaklaşımlardır. Mikrometeorolojik yöntemler Bowen oranı enerji dengesi, Eddy-Korelâsyon ve Aerodinamik yöntemler olarak gruplandırılabilir (Steduto ve Çetinkökü, 1999).

Bowen oranı enerji dengesi (BREB) yöntemi (Bowen, 1926), bitkiyle örtülü yüzeylerdeki buharlaşma ve duyumsanır ısı akılarını ölçmede kullanılan standart bir tekniktir. Araştırmacı Bowen; duyumsanır ısı akısı (H) ve buharlaşma gizli ısı akısı (LE) arasında belli bir oran olduğunu saptamış ve sonradan anılan oran, bulucusunun anısına, Bowen oranı (β) diye adlandırılmıştır (Fuchs and Taner, 1970).

BREB yöntemi, su kullanım miktarını belirlemede (Fritschen, 1966; Malek ve ark., 1990; Wight ve ark., 1993), bitki su tüketim katsayılarını hesaplamada (Malek ve Bingham, 1993; Lin li ve ark., 2003), bitki su ilişkilerini araştırmada (Grant ve Meinzer, 1991; Malek ve ark., 1992) ve bitki su kullanımı modellerinin değerlendirilmesinde (Ortega-Farias ve ark., 1993; Todd ve ark., 2000) kullanılmaktadır.

Eddy -Korelâsyon yöntemi, türbülent taşınım kuramına dayanmaktadır. Bu yöntem, yüzeyin aerodinamik özelliği ile veya yatay rüzgâr hızına ilişkin ek bilgiye gerek olmaksızın, araştırılan akının doğrudan ölçümünü sağlama üstünlüğüne sahiptir. Tarla bitkileri gibi çok düzgün yüzeylerde bu yöntem, tam bir aletsel gereksinim eksikliğini gösterir (Kanemasu ve ark., 1979).

Aerodinamik yöntem ise, yüzey yakınındaki akının aerodinamiğini tanımlamaya çalışır. Ölçülen bitki örtüsünün fizyoloji ve morfolojisinin davranışı ve aerodinamik özelliklerinin niceliksel tanımlamasındaki güçlük, aerodinamik yaklaşımın en önemli karmaşıklıklarından birisi sayılmaktadır. Aerodinamik yöntem, diğer herhangi bir mikrometeorolojik yöntemden daha büyük hata vermeye eğilimli olmakla birlikte basit sayılmaktadır.

2.3. Lizimetre Yöntemi

Bitki su tüketiminin çeşitli tarla denemeleri ile saptanmasında uygulanan deneysel yöntemlerden biriside lizimetrelerdir (Öztürk, 2004). Genel tanımla lizimetre, tarla içerisinde, etrafından sınırlandırılmış, büyükçe bir toprak kolonu olup üzerinde yetiştirilen bitkilerin evapotranspirasyonlarını ölçmekte kullanılan araçlardır. Kullanılan toprak kolonları bozulmuş veya bozulmamış örnekler olabilir. Pratik amaçlar için bozulmuş örnekli lizimetreleri kurmak daha kolaydır. Ancak, doğal koşulları iyi temsil etmesi yönünden, bozulmamış örnekli olanlar yeğlenmektedir.

Lizimetre tarihi yaklaşık 300 yıl öncesine dayanmaktadır. Lizimetrelerle ilgili ilk çalışmalar 1688 yılında matematik ve iklim bilimcisi olan De La Hare tarafından Paris'te yapılmıştır. Araştırmada yarısı toprakla doldurulup içerisine çim ekilmiş, diğer yarısı da çıplak bırakılmış kurşuni renkli bidonlar kullanarak yapılan gözlemler sonucunda çim ekili bidonlardan çıplak bidonlara oranla daha fazla suyun buharlaştığı tespit edilmiştir (Aydınşakir ve Büyüktaş, 2005).

Kendiliğinden tartım sistemine sahip ilk lizimetre, 1937 yılında Ohio Coshocton'da Soil Conservation Service tarafından yapılmıştır.

Bitkiler tank veya lizimetre denilen kaplar içerisinde yerleştirilir. Tabanı geçirimsiz olanlara tank, geçirimli olanlara lizimetre denilir (Delibaş, 1996). Bitki su tüketiminin tespitinde kullanılan tabanı geçirimsiz tanklara evapotranspirometre, tabanı geçirimli olanlara ise lizimetre denir. Lizimetreler alt tarafları açık olan ve suyun kontrollü olarak drene edilebildiği tanklardır. Lizimetrelerde tarla kapasitesinin üzerindeki su yerçekimi ile derinlere doğru inebilmektedir. Deneme sırasında lizimetreler, doğal durumunu koruyacak şekilde toprakla doldurulur ve olanaklar elverdiğince yetiştirilen bitkinin doğal koşullara uygunluğu sağlanır (Apan ve ark., 2005).

Lizimetreler, su kullanımını belirlemek için bir veya fazla tarla yöntemiyle birlikte kullanılarak; kullanılan farklı yöntem ve yaklaşımın değerlendirmesi yapılır. Ayrıca, lizimetreler, birçok su-toprak-bitki ilişkileri ile ilgili çalışmada, özellikle benzeşim modellerinin geçerliliğinin değerlendirilmesinde kullanılmaktadır.

Lizimetreler, ET ölçümü ve bitki-su-atmosfer ilişkileri ile ilgili çalışmalarda yaygın bir biçimde kullanılmaktadır. Bunlardan elde edilen değeler, ampirik veya yarı ampirik evapotranspirasyon modellerinin test edilmesinde başvuru olarak kullanılmaktadır. Böylece, ilgili lizimetrik ve ampirik evapotranspirasyon değerleri arasında bir karşılaştırma yapılmaktadır.

Birçok araştırmacı, lizimetreleri, su bütçesi eşitliğindeki öğelerin tam bilinmesinde kullanılan, bir hidrolojik deneme yöntemi diye tanımlamışlardır. Lizimetreler, salt evaporasyon ve/veya evapotranspirasyona ilişkin bilgilerin toplanmasında değil, aynı zamanda, mikrometeorolojik yöntemlerin uygunluğunun saptanması ve ET kestiriminde kullanılan ampirik eşitliklerin kalibrasyonunda başlı başına bir denetim yöntemi olarak oldukça büyük önem taşırlar (Tanner, 1967).

Mcllory ve Angus (1963)'a göre, lizimetre, uygun bir kap içerisinde bitki ile birlikte bir toprak kolonu içeren, doğal bir çevrede bulunan ve su bütçesi eşitliğinin, diğerlerinin bilindiği koşullarda, bir öğesinin belirlenmesine yarayan bir sistemdir. Benzer şekilde, Tanner (1967), lizimetreyi, çevre topraktan hidrolojik olarak yalıtmak için bir kabın içerisine yerleştirilmiş ekilebilir toprak kütlesi içeren, su bütçesi denklemindeki terimlerin birçoğunu denetlemek veya ölçmek için kullanılan bir araç olarak tanımlamıştır.

Bir başka tanımla, lizimetreler, içleri toprak doldurulmuş ve doğal çevreyi temsil etmek için tarla içerisine gömülmüş büyük madeni, beton, fiberglas veya plastik tanklardır. Değinilen sistemde toprak-su-bitki koşulları, doğal toprak profilindekinden daha doğru ve uygun biçimde düzenlenebilir ve izlenebilir (Hillel ve ark., 1969).

Genellikle, evapotranspirasyon kestiriminde kullanılan yöntemler, kısa ve uzun dönemli doğruluklarına göre, birbirlerinden farklıdır, ancak lizimetre tekniğinin diğer yöntemlere göre, çok büyük doğruluk, para ve zamandan önemli ölçüde artırım sağladığı bilinmektedir (Blad ve Rosenberg, 1974). Ancak, hareketsiz oluşları ve maliyetlerinin kısmen yüksekliği, bitki ve parsel boyutlarında çalışabilmeleri, en önemli sınırlılıklarını oluşturmaktadır.

Tanner (1967), lizimetrelerin planlaması ile ilgili sınırlamalara değinmiştir. Benzer biçimde Howell ve ark. (1991), lizimetrelerin planlamasına değinerek, dikkate alınması gerekli etmenleri sıralamıştır.

Lizimetrelerde öncelikle kıyas bitki ET ölçümleri (ETo veya ETr,çim veya yonca ET) ölçülür. Bu amaçla lizimetre ve çevresi yoğun bir çim veya yonca örtüsü ile kaplanır. Lizimetrelerden elde edilen, değinilen bitkilere ilişkin ET değerleri,ETo veya ETr değerlerinin kestiriminde kullanılan modellerle karşılaştırılır. Daha ileri düzeydeki karşılaştırmalar lizimetreden elde dilen ETc (ETmax) ile kıyas bitki evapotranspirasyonu (ETo veya ETr) ve standart pan evaporasyon değerler (Epan) arasında yapılır.

Tam örtü ve yeterli sulama koşullarında birçok tarla bitkisine ilişkin ETc veya ETmax değerleri, çim evapotranspirasyon, ETo değerini geçer. Tam gelişmiş meyve ağaçlarına (yaprağını döken meyve ağaçları, narenciye, zeytin vd) ilişkin ETc değerleri ise ETo değerlerini geçmez. Bilindiği gibi, ısı ve su buharı iletim süreci boy, pürüzlülük, geometri, yaprak ve stoma özellikleri gibi bitkisel etmenler ile ilgili olarak gelişir. Bu nedenle, ETo ve/veya ETr ile ETc veya ETmax arasında bir ayırım yapmaktadır (Jensen ve ark., 1990; Allen ve Pruitt, 1991). Bu, iki, değişken arasındaki ilişki, bitki katsayısı (Kc) olarak tanımlanır. Anılan katsayı, her bir bitki için deneysel olarak elde edilmek zorundadır. Doorenbos ve Pruitt (1997), çok sayıda

bitkinin su tüketimlerine ilişkin ayrıntılı bir tarama yapmış ve değinilen katsayıların kullanımları için bir standardizasyon vermişlerdir.

Lizimetrelerin planlanması ve özellikle ET ölçümleri ile ilgili kapsamlı taramalar, Kohnke ve ark. (1940); Harrold ve Dreibelbis (1967); Tanner (1967) ve Aboukhaled ve ark. (1982) de bulunabilir. Bergström (1990) ise pestisit araştırmalarında lizimetre uygulamalarını tartışmıştır.

Türkiye'de lizimetrelerle ilgili çalışma çok azdır. Lizimetreler, daha çok bitki su tüketimi ve yağış etkinliğine ilişkin araştırmalarda kullanılmışlardır. Anılan sistemlerin kurulması ve toprak profillerinin oluşturulması konusunda Beyce ve ark. (1975), Tekinel ve Kanber (1975); lizimetrelerde bitki su tüketimi konusunda Alagöz (1959 ve 1969); Balcı (1973a); Kanber (1977), Tekinel ve Kanber (1978 ve 1985); yağış etkinliği konusunda Balcı (1973b) ve Kanber ve ark. (1991) tarafından yapılan çalışmalardan söz edilebilir.

Son 20 yıl içerisinde lizimetreler, mikrometeorolojik çalışmalarda yaygın biçimde kullanılmaya başlanmıştır. Alet ve gereçlerdeki önemli gelişmeler, birkaç dakikalık ET ölçümlerini bile olanaklı hale getirmiştir. Aynı dönemde, lizimetre sistemlerinin doğal koşullara yakın ölçüde kurulmasında önemli çabalar harcanmıştır. Bu amaçla lizimetrelerde yüksek doğruluk, yapım ve işletmede ucuzluk sağlamak için planlama konusunda birçok çalışma yapılmıştır.

Son bir kaç yıldan beri lizimetreler ET ölçümlerinin yanında, minimum yıkanma gibi kavramların ve hidro-salinity ve toprak-su-bitki ilişkileri gibi modellerin geliştirilmesinde ve doğruluklarının saptanmasında kullanılmışlardır. Lizimetreler, tüm dünyaya dağılmışlar ve yıllar içerisinde çok farklı tipleri geliştirilmiş; ayrıca ET ölçümünü iyileştirmek için değişik çözüm teknikleri uygulanmıştır.

Dünyada yukarda değinilen konuda çok sayıda çalışma yapılmış ve yapılmaktadır. Türkiye’de bu konu, son yıllarda ele alınmaya başlanmıştır. Daha önce, doğrudan USDA-SCS yöntemlerinden, Blaney-Criddle eşitliğinde kullanılan katsayıların eldesi ve kalibrasyonu üzerinde yoğunlaşılarak, çalışmalar yapılmıştır.

Bu bölümde, özet halinde, lizimetre tipleri, lizimetrelerin kullanılma olanakları (planlama ve çalışmasına etki eden koşullar) ve evapotranspirasyon ölçümleri konusunda açıklamalar yapılmış, bilgiler verilmiştir.

2.3.1. Lizimetre Tipleri

Lizimetreler iki grup altında incelenebilir.

2.3.1.1. Tartılmayan Lizimetreler

Bunlara volümetrik lizimetreler de denir. Pek çok değişik tipleri vardır.

(i) Taban suyu içermeyen drenaj tipi lizimetreler: En fazla kullanılan ve en basit lizimetre tipidir. Bunlar bir veya daha çok m^2 yüzey alanlı, değişik derinliklerde, toprak içerisine yerleştirilmiş su geçirmez madeni veya çoğu kere beton havuzlardır.

Bu lizimetrelerde hesaplanan ET hatası, en çok $\pm\Delta W$ kadardır. Zira Tanner (1967) iki drenaj olayı arası dönemde toprak suyu miktarındaki değişmenin aynı olmayabileceğini belirtmiştir.

Ölçüm ve yapımındaki basitlikten dolayı, bu lizimetreler dünyada geniş kullanım alanı bulmuşlardır. Birçok tarla ve yem bitkileri için en küçük yüzey alanının 2-4 m^2 arasında olması öğütlenmektedir. Verilen değerlerden daha küçük boyutlu birimler de kullanılmaktadır ancak, çap ve kenar etkileri elde edilen sonuçlan önemli ölçüde sınırlamaktadır.

Açıklanan lizimetrelerle ilgili diğer sınırlılıklar, aşağıda özetlenerek verilmiştir.

* Toprak su depolamasındaki değişmelerden kaynaklanan yanlışlıklar. Ardıl drenaj olaylarından sonra, lizimetre tankı toprak-su içeriği her zaman tarla kapasitesinde değildir; anılan değişmeleri küçültmek için sık sulama yapmak, çoğu kez, çevre alanlardaki ile benzer olmayan bir su rejiminin oluşmasına neden olur.

* Suyun tank profilini geçerek derine süzülmesindeki gecikme özellikle ağır bünyeli topraklarda suyun tümünün süzülmesi ve denge halinin meydana gelmesi için bir kaç günün geçmesi gerekmektedir.

* Değinilen sınırlılıklar, ET belirlemelerinin uzun dönemlerde (bir hafta veya bir ay) yapılmasının zorunlu olduğunu gösterir.

* Kimi durumda ise aynı yerde bir seri drenaj lizimetreleri yapılmıştır. Anılan sistemlerde, tanklardan meydana gelen drenaj suları birer toplama kabında biriktirilmekte ve sonra volümetrik olarak ölçülmektedir Kanber (1977). Ülkemizde, şimdiki Köy Hizmetleri Araştırma Enstitülerinin (eski TOPRAKSU) birçoğunda, Örneğin; Tarsus, Menemen, Konya, Eskişehir, Şanlıurfa, Erzurum vd, benzer tip lizimetreler bulunmaktadır. Anılan sistemler, ilgili olarak Kanber (1977), Oylukan (1967), Alagöz (1969), Ertaş (1976), Ardahanlıoğlu (1996) tarafından ayrıntılı olarak açıklanmıştır.

Alagöz (1969) tarafından, Ege Ziraat Fakültesi'nde yapılan tankların tabanları bir drenaj borusu ile dışa açılmıştır. Tank kenarları toprak yüzeyinden 10 cm yukarıdadır. Tabanda 15 cm'lik kısma çakıl ve iri kum, bunun üzerine sinek teli ve 60 cm derinlikte toprak koyulmuştur.

Bunların dışında, açıklanan lizimetre tipine Kristensen ve Aslyng (1971) ile Harrold ve Dreibelbis (1967) tarafından Coshostonda ETp ölçümleri için kullanılan ve küçük, yağ bidonlarından yapılmış sistemler örnek olarak verilebilir.

(ii) Durağan taban suyu düzeyine sahip tümlemeli (compensation) lizimetreler: Drenaj tipi lizimetrelerin bir kısmında durağan taban suyu vardır. Taban suyundan kılcal yükselişle kök bölgesine giren su, evapotranspirasyonla kaybolur. Taban suyu düzeyindeki düşme, bir şamandıra sistemi aracılığı ile kendiliğinden tümlenir ve bunun için gerekli su miktarı hacimsel olarak ölçülür. Böylece, çalışma boyunca taban suyu düzeyi ya sabit tutulur ya da derine sızmanın saptanması için sürekli denetlenir. Kuruluş giderleri kısmen düşüktür ve işletilmesi çok basittir.

Mather (1950) bu tür lizimetrelerin ETp ölçümlerinde geniş şekilde kullanıldıklarını belirtmiştir. Thornthvvaite ve Mather (1955), lizimetrelerde taban suyunu herhangi bir düzeyde tutmak için gerekli olan su miktarını ölçmek suretiyle ETp hesaplanabildiğim göstermiştir.

Sistemin birçok sınırlılıkları da bulunmaktadır. Genellikle, kök bölgesine giren su miktarı yeterli değildir. Özellikle buharlaşma açığının yüksek olduğu koşullarda düşük ET değerleri ile elde edilmektedir. Değinilen durumla ilgili olarak,

Tanner (1967) eğer taban suyu, olağan kök dağılımına izin veren bir derinlikte tutulmaktaysa, taban suyundan kök bölgesine su hareketinin hızı ve miktarının bitki gereksinimini karşılamaya yetmeyeceğini açıklamıştır. O nedenle kimi durumlarda, lizimetre sistemi yüzey sulama yöntemleriyle ayrıca sulanmaktadır.

Bir diğer sınırlama, taban suyu varlığından ileri gelmektedir. Sistemdeki taban suyu düzeyi genellikle, çevre alanlardakinden farklıdır. O nedenle, bu tür lizimetreler ya çevre topraklardaki aynı taban suyu düzeyi ile birlikte ya da yüzeysel taban suyunun düzeyine sahip topraklarda kullanılmadıkça güvenilir değildir. Yüzeysel taban suyunun olduğu alanlarda kuruluş ve bakım hizmetleri, lizimetre tankının batma, eğilme ve paslanması ile ilgili sorunlara neden olabilir (Alagöz, 1969; Aboukhaled ve ark., 1982).

(iii) Duran su düzeyli tümlemeli (compensation) lizimetreler: Lizimetre toprak yüzeyinin üzerinde, ya belli aralıklarla su eklenerek yada yüzücülü bir sistem aracılığı ile durağan bir su düzeyi oluşturulur. Evapotranspirasyon doğrudan, su düzeyindeki düşmeyi eski durumuna getirmek için gerekli olan su miktarından belirlenir. Lizimetredeki batık koşullar, değinilen sistemi yalnızca sucul bitkilerle ilgili çalışmalarda kullanılmasıyla sınırlamıştır.

2.3.1.2. Tartılır Lizimetreler

Tartılır lizimetrelerle çok kısa dönemli ET ölçümleri (saatlik, günlük), büyük bir doğrulukla yapılmaktadır. Bu tip sistemlerde lizimetre kabı, toprağa gömülü ikinci ve daha büyük bir tankın içerisine yerleştirilmektedir. Lizimetre tankı, tartım için serbestçe hareket edebilmektedir. Böylece, lizimetrenin ağırlığında meydana gelen değişmeler, toplam giren ve çıkan su miktarını vermektedir (Aboukhaled ve ark., 1982). Sistemin kuruluşundaki karmaşıklık ve yapım maliyetinin yüksekliği, değinilen sistemlerin kullanılmasını birkaç özel araştırma kuruluşu ile sınırlamaktadır.

Temel güçlük, ağır ve büyük toprak kütlesi ile ilgili olarak küçük ağır değişimlerinin doğru ölçülmesi ve kaydedilmesidir. Bu amaçla değişik tartım teknik

ve araçları başarıyla kullanılmaktadır. Konu edinilen lizimetreler, kullanılan tartım yöntemine göre farklı tiplere ayrılarak, incelenebilirler.

(i) Mekanik Tartım Sistemli (terazili) Lizimetreler: Bu lizimetrelerde ET, drenaj veya sulamadan dolayı toprak kütlesi ve tam ağırlıklarında meydana gelen değişmeler, farklı tiplerdeki teraziler kullanılarak ölçülür. Teraziler veya tartım mekanizması ya özel olarak lizimetre inşa edilirken planlanır yada ayrıntıları için literatür bildirilerinden yararlanılır. Lizimetre tankı ya dönemsel olarak yerinden çıkarılıp yukarı kaldırılarak tartılmakta ya da bir terazi aracılığı ile yerden tartılıp kaydedilmektedir.

(ii) Elektronik Tartım Sistemli Lizimetreler: Son yıllarda lizimetre tankı ve toprak kütlesinin ağırlık değişmeleri, gerilimölçeri veya elektrik yükleme hücreleri kullanılarak, elektronik olarak ölçülüp, kaydedilmektedir.

Bu tip lizimetrelerin yapımlarındaki karmaşıklık ve kendi narinlikleri, kullanımlarını sınırlamaktadır.

(iii) Hidrolik Lizimetreler: Lizimetre tankı bir hidrolik sistemin üzerine yerleştirilmekte ve yastık içerisindeki sıvının basıncı bir manometre ile ölçülerek; kabın ağırlığındaki değişmeler saptanmaktadır (Tanner, 1967).

Hidrolik lizimetreler ucuz ve basit olmakla birlikte, ET ölçümlerinde kimi sınırlılıkları bulunmaktadır. Bunlar kullanılan, bükülebilir yastıkların zaman içerisinde elastik özelliklerinde meydana gelen değişmelerden ve yastık içerisindeki sıvının çevre sıcaklık değişmelerinden etkilenmesinden kaynaklanmaktadır. Bir diğer sakınca ise kullanılan hidrolik yük bölümünün niteliğinden ileri gelmektedir.

(iv) Yüzdürücülü Lizimetreler: Bu sistemde lizimetre kabı, içerisinde herhangi bir sıvı bulunan (H_2O veya $ZnCl_2$) daha büyük bir ana tank içerisinde Arşimet veya hidrostatik prensiplere göre yüzdürülmektedir. İki tank arasında bulunan sıvı düzeyindeki değişmelerden, lizimetre kabının ağırlık değişmeleri saptanmaktadır.

Yüzdürücülü lizimetreler, diğerlerine göre daha ucuz ve güvenilir düzeyde saatlik ölçümler yapabilecek kapasitede sistemlerdir.

2.4. Buğday Su Tüketimi

Buğday kışlık olarak yağışlı mevsimde yetiştirildiğinden genellikle sulama imkânı olmayan tarım arazilerinde tamamen toprakta depolanmış ve yağışlarla gelecek suya bağımlı olarak üretilmektedir. Bunun için yağış miktarı ve bunun vejetasyon dönemindeki dağılımı (yağış rejimi) yıldan yıla büyük değişiklikler göstermesi, hayati öneme sahip buğday ürünü üretiminde büyük sapmalara neden olmaktadır. Buğday bitkisinin vejetasyon boyunca istediği su miktarı gelişme dönemlerine göre farklılık göstermektedir. Buğday bitkisi iyi bir çimlenme ve uygun bir çıkış sağladıktan sonra ekimden kaleme kalkma dönemine kadar olan dönemde su isteği fazla olmayıp, verim üzerine de çok etkili değildir.

Buğday bitkisinde, hızlı bir kütlesel büyümenin olduğu ve başak taslağının oluştuğu sapa kalkma dönemiyle birlikte su ihtiyacı gittikçe artar, başaklanma döneminde maksimuma ulaşır ve yüksek su talebi tane doldurma döneminde de devam eder.

Buğday bitkisinin su tüketiminin belirlenmesi amacıyla Türkiye'de ve dünyada birçok araştırma yapılmıştır.

Buğday yüksek verim için bir mevsim boyunca yaklaşık 450-650 mm su tüketir. Su tüketimi değerlerinin bu değişimi iklim ve büyüme dönemi uzunluğuna bağlıdır (Kün, 1988).

Oylukan (1972), Eskişehir koşullarında yaptıkları bir çalışmada buğdayın mevsimlik su tüketimini 460 mm, günlük su tüketimini 4.95 mm (Haziran ayında) olarak bulmuştur.

Güngör ve Öğretir (1979), Eskişehir koşullarında yaptıkları lizimetre çalışmaları sonucunda buğdaya ekimden önce 60-70 mm, sapa kalkma devresinde 120-130 mm ve çiçeklenme devresinde 120-130 mm olmak üzere üç kez su verilmesini önermişleridir.

Günbatılı (1980), Tokat-Kazova koşullarında buğdayın mevsimlik su tüketimini 616.3 mm, günlük ortalama su tüketimini 2.66 mm ve maksimum günlük su tüketimini Mayıs ayında 7.54 mm olarak saptamıştır.

Ertaş (1980), Konya ovasında sulanan buğdayda lizimetre kullanarak su tüketimini 460 mm olarak belirlemiştir.

Erie ve ark. (1983), Arizona'da buğdayın su tüketimini belirlemişler, maksimum su tüketimini çiçeklenme döneminde 4.3 mm ve toplam su tüketimini 655 mm olarak belirlemişlerdir.

Bunyola ve ark. (1985), Hindistan ve Zambia'da yaptıkları çalışmalarda buğdayın mevsimlik su tüketimini 300-350 mm arasında belirlemişlerdir. Gelişme döneminin uzun olduğu Arizona ve Kaliforniya'da buğdayın mevsimlik su tüketimi 650-700 mm arasında bulunmuştur (Ehlig ve Lemert, 1976; Erie ve ark., 1983).

Karaata (1987), Harran ovası koşullarında buğdayın toplam su tüketimini 727.9 mm, maksimum su tüketimini Nisan ayında 8.2 mm olarak bulmuştur.

Roth ve Gunther (1992), buğday ekili tartılı lizimetrelerden elde ettikleri gerçek su tüketim değerlerini iki farklı pan buharlaşma kabı ve 4 farklı bitki su tüketim eşlitliklerinden elde edilen değerlerle karşılaştırmışlar ve güvenilir sonuçlar elde edilebilmesi için söz konusu eşitliklere bitkiye dayalı parametrelerin mutlaka eklenmesi gerektiği sonucuna varmışlardır.

Kruse ve ark. (1993), yüksek ve tuzlu taban suyunun lizimetrelerde yetiştirilen kışlık buğdayın sulama gereksinimi üzerine etkisini araştırmışlardır.

Singh ve Kumar (1993), Hindistan'da yaptıkları çalışmada farklı sulama konularına göre buğdayın mevsimlik su tüketiminin 163.6 mm ile 382.6 mm arasında değiştiğini belirlemişlerdir.

Evren (1995), Iğdır ovası koşullarında buğdayın mevsimlik su tüketiminin 455 mm olduğunu saptamıştır.

Çelik ve Balçın (1995), Yozgat yöresinde yetiştirilen buğdayın mevsimlik su tüketimini 638.77 mm olarak belirlemişlerdir.

Uzunoğlu (1996), Ankara koşullarında yetiştirilen buğdayın mevsimlik su tüketimini 730 mm olarak belirlemiştir.

Howell ve ark. (1997), Amerika'nın güney kesimindeki yüksek platolarda yaptıkları bir çalışmada, sulanan kışlık buğdayın su tüketimini tartılı lizimetre kullanarak ölçmüşler ve mevsimlik su tüketimini 877 mm olarak belirlemişlerdir.

Tyagi ve ark. (2000), 4.00 m^2 yüzey alana sahip elektronik tartılı lizimetrelerde buğday mevsimlik su tüketimini 336 mm olarak belirlemişlerdir.

Kang ve ark. (2002), Çin'de yaptıkları bir çalışmada farklı sulama konularında kışlık buğdayın mevsimlik su tüketiminin 213 ile 519 mm arasında değiştiğini, ortalama günlük su tüketimini 1.07 mm, maksimum su tüketiminin Mayıs ayında ve 6-9 mm olduğunu saptamışlardır.

Kabakçı ve ark. (2002), Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde yaptıkları çalışmada, en fazla su tüketiminin 612.87 mm, en düşük su tüketiminin 552.07 mm olduğunu saptamışlardır.

Liu ve ark. (2002), Çin'in kuzeyindeki ovalarda yaptıkları çalışmada tartılı lizimetre kullanarak, sulanan kışlık buğdayın mevsimlik su tüketimini 453 mm olarak belirlemişlerdir.

Lin li ve ark. (2003), Çin'de yaptıkları çalışmada yazlık buğdayın mevsimlik su tüketimini 425.7 mm olarak bulmuşlardır.

Kang ve ark. (2003), Çin'de yaptıkları başka bir çalışmada kışlık buğdayın mevsimlik su tüketimini lizimetre kullanarak 443.6 mm olarak belirlemişlerdir.

Zhang ve ark. (2004), Çin'in kuzeyindeki ovalarda kışlık buğdayla yaptıkları çalışmada mevsimlik su tüketiminin farklı sulama düzeylerine göre 209.5 ile 456.7 mm arasında değiştiğini bulmuşlardır.

3. MATERYAL VE METOD

3.1. Materyal

3.1.1. Deneme Yeri

Araştırma, Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü deneme alanında, 2009-2010 yılı buğday yetişme mevsiminde yürütülmüştür. Deneme alanı, 36°59' kuzey enlemi; 35° 18' doğu boylamında yer almakta olup, denizden 20 m yükseklikte bulunmaktadır (Şekil 3.1).



Şekil 3.1. Deneme alanın genel görünümü

3.1.2. Toprak Özellikleri

Deneme alanı toprakları, Mutlu serisinde yer almaktadır; düz ve düze yakın topografyadadır. Bütün profil yüksek oranda şişme özelliği gösteren kil içerir. Kireç bakımından orta derecede zengin ve koyu kırmızımsı kahverengindedir (Özbek ve ark., 1974). Deneme alanı topraklarının sulama yönünden kimi fiziksel ve kimyasal özellikleri Çizelge 3.1 ve 3.2'de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Deneme Alanının Toprağının Fiziksel Özellikleri

Derinlik (cm)	Toprak Dane Büyüklük Dağılımı			Bünye	Hacim Ağırlığı (g cm^{-3})	Tarla Kapasitesi (g/g);%	Solma Noktası (g/g),%
	Kum (%)	Silt (%)	Kil (%)				
0-30	27.6	21.2	51.2	Kil	1.19	34.4	17.5
30-60	27.5	19.1	53.4	Kil	1.16	36.7	18.2
60-90	28.4	18.1	53.5	Kil	1.15	38.4	19.1
90-120	27.4	19.1	53.5	Kil	1.25	37.8	19.4
120-150	25.3	21.3	53.4	Kil	1.24	37.0	18.7

Çizelge 3.2. Deneme Alanının Toprağının Bazı Kimyasal Özellikleri

Derinlik (cm)	Doygunluk (%)	pH	Tuz İçeriği dS/m	K_2O kg ha^{-1}	P_2O_5 kg ha^{-1}	Organik Madde (%)
0-30	64.6	7.87	0.21	473	25	1.34
30-60	67.3	7.61	0.12	473	29	1.07
60-90	69.3	7.81	0.14	-	-	-
60-90	66.5	7.97	0.13	-	-	-
90-120	72.4	7.64	0.18	-	-	-

Fiziksel ve kimyasal analizlerde kullanılan bozulmuş toprak örnekleri, Petersen ve Calvin (1965), Benami ve Diskin (1965) tarafından verilen sistematik

örnek alma esasına göre, önceden belirlenmiş toprak profillerinin 120 cm derinliğine kadar 30 cm'lik katmanlardan alınmıştır. Bozulmamış toprak örnekleri için, arazinin farklı noktalarında 150 cm derinliğe kadar açılan 1x2 m ölçülerinde profil çukurları kullanılmıştır. Örneklerin alınmasında USSLS (1954)'de verilen esaslara göre 100 cm^3'lik çelik silindirler kullanılmıştır.

3.1.3. İklim Özellikleri

Araştırmanın yapıldığı yörede Akdeniz iklimi hüküm sürmekte olup, yazlar sıcak ve kurak, kışlar ılık ve yağışlıdır. Çalışmanın yürütüleceği alana ait uzun yıllık iklim verileri Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğüne bağlı Adana Bölge Müdürlüğü kayıtlarından; araştırma yıllarına ait veriler ise deneme alanında bulunan Bowen sisteminde bulunan otomatik kaydedici iklim gözlem istasyonundan alınmıştır (Çizelge 3.3).

Çukurova'da buğday yetiştirme döneminde (Kasım-Haziran) uzun yıllık ortalama sıcaklıklarda minimum ve maksimum sıcaklıklar Ocak ve Mayıs aylarında gözlemlenmiş olup 9.4-21.5 ^oC arasında değişmekte iken, 2009-2010 döneminde de Ocak ve Mayıs aylarında gözlemlenmiş olup 11-21.6 ^oC arasında değişmektedir. Sıcaklık verilerinin bitki gelişim döneminde uzun yıllar ortalaması 14.6 ^oC olup, deneme yılında ise 15.4 ^oC olarak gözlemlenmiştir.

Bölgenin bitki gelişim dönemine denk gelen uzun yıllık minimum ve maksimum oransal nem verileri sırasıyla Kasım % 58.5 – Şubat % 69.2, deneme yılında ise bu değerler Aralık %59.3 ve Şubat %69.1 olarak gözlemlenmiştir.

Bölgede uzun yıllık ortalama yağış miktarı 555.3 mm dolaylarındadır. Ancak bölgenin yağışın homojen yayılım gösterdiği Avrupa ülkelerine kıyasla boylamsal olarak sıcak kuşağa yakın oluşundan ötürü yağışın % 90'ı kış aylarında gerçekleşmektedir. Yağışın aylara göre dağılımı incelendiğinde deneme yılı döneminde gözlemlenen en fazla yağış 134 mm ile Aralık ayında, en az yağışın Mayıs ayında görülmüş olup hiç yağış düşmemiştir. Çalışma yılındaki bitki gelişim dönemindeki yağış, uzun yıllık dönemde düşen yağışa oranla % 0.60 düşüş göstermiş olup, toplam yağış ortalaması 552 mm olarak ölçülmüştür.

Çizelge 3.3.Araştırma Yöresinde Büyüme Dönemindeki Uzun Yıllık ve 2009-2010 Yılı İklim Verileri

Yıl	İklim Öğeleri	AYLAR						
		Kasım	Aralık	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs
Uzun Dönem	Sıcaklık, ^{o}C (*Yıl:1930-2008*)	19.9	10.9	9.4	10.8	12.8	17.1	21.5
	Oransal Nem, % (*Yıl:1930-2008*)	58.5	61.9	68	69.2	65.8	65	62.2
	Yağış, mm (*Yıl:1932-2007*)	74.1	121.1	108.8	90.9	63.2	51.4	45.8
	Rüzgar hızı, m/s (*Yıl:1929-1990*)	1.3	1.5	1.7	1.7	1.8	1.8	1.8
	Güneşlenme şid. MJ/m^2gün (*Yıl:1969-2002*)	9.4	8.3	9.3	11.1	14.8	20.1	19.8
	Buharlaşma, mm *(Yıl:1975-2007*)	65.4	45.8	45.1	54.6	81.1	112.8	162.8
	Buhar Basıncı Açığı, mb (*Yıl:1929-1990*)	6.3	4.5	4.1	4.3	5.1	6.0	8.4
2009-2010	Sıcaklık, ^{o}C	14.7	14.5	11.0	12.1	15.0	18.0	22.6
	Oransal Nem, %	59.4	59.3	65.9	69.1	67.6	67.5	66.4
	Rüzgar hızı, m/s	0.9	1.0	1.3	1.0	0.8	0.7	1.0
	Yağış, mm	130.0	134.0	124.0	59.0	29.0	76.0	0.0
	Güneşlenme şid. MJ/m^2gün	9.7	10.2	5.9	8.9	14.2	20.3	21.5
	Buharlaşma, mm	61.1	40.7	35.7	57.4	71.8	105.2	131.7
	Buhar Basıncı Açığı, mb	7.0	6.7	4.5	4.4	5.4	6.9	9.4

Bölgenin uzun yıllar metre kareye düşen ortalama günlük güneşlenme şiddeti 13.2 MJ olup, deneme yılında ise bu ortalama 12.9 MJ'e düşmüştür. Rüzgar hızı ise uzun yıllar için 1.7 m/s olup, çalışmanın yapıldığı mevsimde ortalama olarak yaklaşık 1 m/s olarak hesaplanmıştır.

Buharlaşma verileri bitki gelişme dönemi içerisinde incelendiğinde uzun yıllar için toplam 567.6 mm iken deneme yılında ise bu değer toplam 503.6 mm olarak gözlemlenmiştir. Böylelikle ortalama aylık buharlaşma miktarı uzun dönem verilerine göre %11.2'lik düşüşle 71.9 mm olarak hesaplanmıştır.

Ayrıca bitki gelişim dönemi uzun yıllık buhar basıncı açığı ortalama 5.5 mb iken deneme yılına ait ortalaması 6.3 mb'dir.

3.1.4. Bitki Çeşidi

Denemede, 2009 yılında, ekmeklik *Vorana-CNO79/Kauz* buğday çeşidi kullanılmıştır. Kışlık bir buğday çeşidi olup, 38 g. bin dane ağırlığında boy olarak 144 cm yükselliğe ulaşabilen morfolojik özelliklere sahiptir (Sharma ve ark., 2009). *Vorana-CNO79/Kauz,* Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi tarafından tescillenmiş, yöreye uygun, kuraklığa ve pas hastalığına dayanıklı, dane verim oranı yüksek ekmeklik buğday çeşididir.

3.1.5. Araştırmada Kullanılan Aygıtlar

3.1.5.1. Bowen Sistemi

Çalışmanın amacı doğrultusunda tartılı lizimetre üzerine Bowen sistemi Şekil 3.2'de gösterildiği gibi konumlandırılmıştır.



Şekil 3.2. Lizimetre yakınına konumlandırılmış Bowen sisteminin genel görünümü

Tartılı lizimetre üzerine yerleştirilen Bowen sisteminde;

- Solar radyasyonun ölçümünde kullanılmak üzere bir adet pyranometre (Model L1200X, Campbell Scientific, Inc.),
- Sıcaklık ve nem ölçümlerinde iki adet sıcaklık ve nem algılayıcısı (Model CS500, Campbell Scientific, Inc.),
- Net radyasyonun ölçümünde bir adet net radyasyon ölçer (Model Q-7.1, Campbell Scientific, Inc.),
- Rüzgâr hızlarının ölçümünde bir adet rüzgâr hızı ölçer (Model 03001 Campbell Scientific, Inc.),
- Toprak ısısının ölçümünde ise, iki adet toprak ısı akısı ölçeri kullanılmıştır.

Ayrıca, sistemin enerjisi (12 volt) güneş panelinden sağlanmıştır. Ölçümlerin kaydedilmesinde CR10X veri kaydedicisi (data logger) ve verilerin bilgisayara aktarılmasında ise bir adet dizüstü bilgisayar kullanılmıştır.

3.1.5.2. Tartılı Lizimetre

2009-2010 Buğday çalışmasında çok kısa dönemli evapotranspirasyon ölçümlerinin belirlenmesi için arazinin ortasına konumlandırılmış tartılı lizimetre kullanılmıştır.

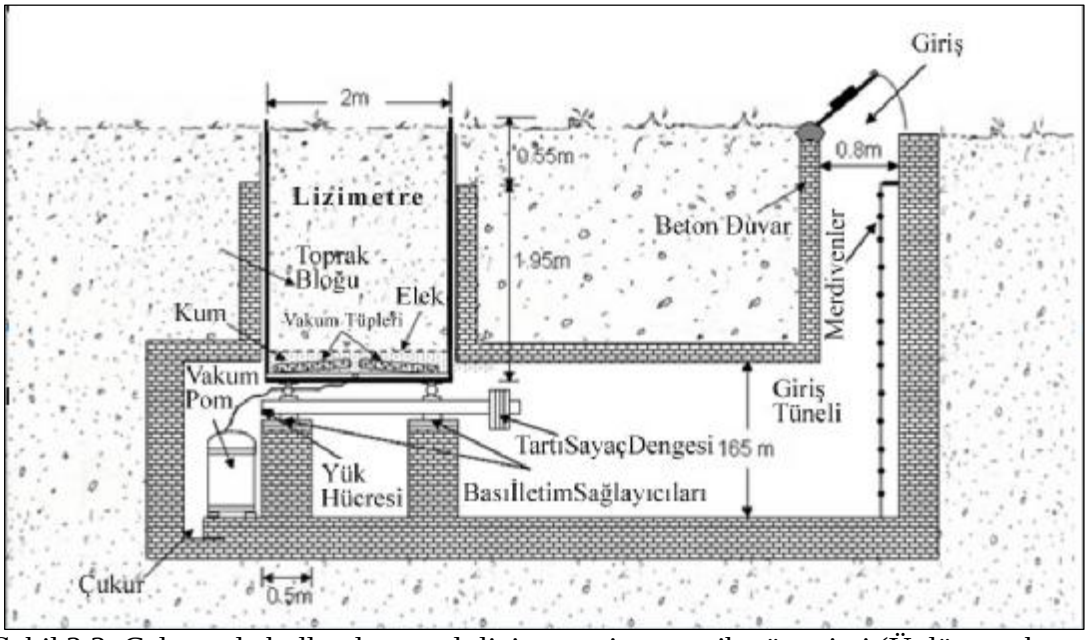
Denemede kullanılan tartılı lizimetre ile ilgili teknik özellikler aşağıda verilmiştir.

- Tartılı Lizimetrenin boyutları 2.0x2.0x2.5 m boyutlarındadır (Derinlik 2.5 m'dir).
- Kazılan alanının yan duvarları (perde duvar) 0.30 m kalınlığında betonarme duvar; tabanı ise 0.10 m kalınlığında blokaj ve üstünde 0.20 m kalınlığında betonarmeden yapılmıştır.
- Lizimetre sisteminin zemininde bir drenaj çukuru (0.5×0.5×0.5 m boyutlarında) olup, drenaj suları (lizimetre iç tankından vakum sonucu gelen ve çevreden sızabilen) toplanıp dışarı atılmaktadır. Bu amaçla 33.0 kPa'lık emme, 101.0 kPa basma özelliği uygulayabilen bir pompa kullanılmıştır. Gerekli güç, elektrik motoru ile sağlanmıştır.

- Dış tank Φ5 mm çelik levhalardan (2.02x2.02x1.00 m boyutlarında, 316 krom nikel özel paslanmaz gemi sacı), iç tank (toprak tankı) ise Φ10 mm'lik çelik levhalardan (316 Krom nikel özel paslanmaz gemi sacı ve 2.00x2.00x2.50 m boyutlarında) yapılmıştır. İç tank tabanı Φ10 mm'lik çelik levhalarla (Φ10 mm, 316 Krom nikel özel paslanmaz gemi sacı) inoxaw+CB kaynak elektrotu ile argon kaynağı kullanılarak 316 krom nikel paslanmaz çeliğe uygun Gazaltı kaynak teli ile kaynatılarak kapatılmıştır.
- İç tankın kapatılan tabanına, toprak ağırlığı nedeniyle herhangi bir bozulmayı önlemek için, 0.40 m aralıklar ile Φ20.3 mm kalınlığında çelik kirişler, 316 Krom nikel özel paslanmaz gemi sacına, inoxaw+CB kaynak elektrotu ile argon kaynağı kullanılarak 316 krom nikel paslanmaz çeliğe uygun Gazaltı kaynak teliyle kaynatılmıştır.
- Dış ve iç tanklar arasındaki boşluk, her bir kenarda 0.015 m'yi geçmeyecek şekilde bırakılmış, böylece iç ve dış tankın birbirine sürtünmeden rahatlıkla hareket edebilmeleri sağlanmıştır.
- Toprak tankı içerisine, üstten itibaren 0.23 m derinliğe, yanal akışı önleyici çelik yakalıklar yapılmıştır. Yakalıklar, tank içerisine koyulmuş olan toprağın, kenarlardan itibaren 0.15 m eninde ve 0.25 m derinliğinde kaldırılarak, buraya 0.102 m eninde ve 0.01 m kalınlığında yatayla aşağı doğru 5^{o} lik açı yapacak şekilde inoxaw+CB kaynak elektrotu ile argon kaynağı kullanılarak 316 krom nikel paslanmaz çeliğe uygun Gazaltı kaynak teliyle kaynatılarak, yapılmıştır.
- Dış ve iç tankların toprak yüzeyinde kalan kenarları, özel plastik örtülerle kapatılarak yağış ve sulama suyu girişleri önlenmiştir. Ayrıca, lizimetre siteminde sızma testleri yapılarak tam sızdırmazlığın sağlandığı belirlenmiştir.
- Lizimetre iç tankının doldurulması işleminde aynı araziden lizimetrenin hemen yakınından 30 cm'lik katmanlar halinde alınan, ayrı ayrı yerlerde istiflenen ve doğal açık hava şartlarında kurutulan bozulmuş topraklardan

yararlanılmıştır. Alınan topraklar arazideki dizilişlerine göre tankın tabanından yukarı doğru yine 30 cm'lik katmanlar halinde doldurulmuştur.

- Tank tabanına, 0.10 m derinliğe, vakum drenaj sistemi yerleştirilmiştir. Vakum drenaj sistemi 16 adet paslanmaz çelik filtre tüplerden oluşmuştur. Tüpler, 760 mm boyunda, 38 mm çapında ve 0.5 mμ delik açıklığındadır.
- Her dört filtre tüpü bir birleri ile birleştirilerek 33.0 kPa değerini geçmeyecek vakum uygulanmıştır. Bunun için bir elektro-pompaj biriminden yararlanılmıştır.
- İç tankın (toprak tankı) üst kenarı toprak yüzünden 0.07 m yukarıda olacak şekilde yerleştirilmesine dikkat edilmiştir.
- Lizimetre sistemi, tartım mekanizması için, 15 ton kapasiteli elektronik ve mekanik tartım sistemi yapılmış olup, 100 gram hassasiyetle tartım yapabilme özelliğine sahiptir.
- Tartım sistemi, elektronik olarak ölçtüğü verileri her 5 dakikada doğrudan doğruya data logger (veri kaydedici) ye kaydedebilecek biçimde bütün alet, ekipmanları içermektedir.



Şekil 3.3. Çalışmada kullanılan tartılı lizimetrenin şematik gösterimi (Ünlü ve ark., 2010)

3.2. Metod

3.2.1. Bitki Su Tüketiminin Belirlenmesi

3.2.1.1. Bowen Oranı Enerji Dengesi (BREB) Yöntemi

Çalışmada buğday bitkisi yüzeyinden atmosfere aktarılan su buharı akısının ya da başka bir deyişle gerçek su tüketiminin belirlenmesi amacıyla Bowen oranı enerji dengesi (BREB) yöntemi kullanılmıştır.

BREB yöntemi buharlaşma yüzeyi üzerine gelen ve kaybolan enerjinin dengesine dayanır. Bowen (1926) tarafından geliştirilen Bowen oranı eşitliği aşağıdaki eşitlikle hesaplanmıştır.

$$b = \frac{H}{LE} \tag{1}$$

Eşitlikte;

β: Bowen oranı

H: Duyumsanır ısı akısı ($W.m^{-2}$)

LE: Buharlaşma gizli ısı akısı ($W.m^{-2}$)

Toprak, bitki, atmosfer sisteminin enerji dengesi aşağıdaki gibi yazılabilir.

$$R_n = G + H + LE \tag{2}$$

Eşitlikte;

R_n: Net radyasyon ($W.m^{-2}$)

G: Toprak ısı akısı ($W.m^{-2}$)

H: Duyumsanır ısı akısı ($W.m^{-2}$)

LE:Buharlaşma gizli ısı akısı ($W.m^{-2}$)

Enerji dengesi eşitliğindeki terimlerin tümü, doğrudan yüzeye olan akı için pozitif, yüzeyden uzaklaşan akı için negatif olarak işaretlenir. Fakat bu çalışmada yüzeyden uzaklaşan LE akılarının yönleri buharlaşma gizli ısı akılarının net radyasyona bağlı olarak değişimlerinin daha kolay anlaşılabilmesi için pozitif olarak işaretlenmiştir.

1 ve 2 numaralı eşitliklerden yararlanılarak buharlaşma gizli ısı akısı aşağıdaki şekilde yazılmıştır.

$$LE = \frac{R_n - G}{1 + b} \tag{3}$$

Çalışmada Bowen oranı aşağıdaki eşitlik aracılığıyla hesaplanmıştır.

$$b = g\frac{\Delta T}{\Delta e} \tag{4}$$

Eşitlikte;

ΔT: Sıcaklık farkı(^oC)

Δe: Buhar basıncı farkı (kPa)

γ : Psikometrik katsayı

Eşitlikteki G, R_n, Δe ve ΔT Bowen sistemiyle ölçülmüştür. (Şekil 3.2) ve Eşitlik 3 kullanılarak buğday gerçek su tüketimi hesaplanmıştır.

BREB yaklaşımının çözümlenmesi için gerekli ölçümler aşağıda verildiği şekilde yapılmıştır.

(i) Sıcaklık ve Nem Ölçümü:Sıcaklık ve nem ölçümleri bitki örtü yüzeyinde iki farklı yükseklikte yapılmıştır. Ölçümlerde sıcaklık ve nem algılayıcıları kullanılmıştır. Algılayıcılar 0.5 m aralıklarla konumlandırılmış; ilk sıcaklık ve nem ölçer algılayıcısı , bitki örtü yüzeyinden 30 cm; ikincisi ise 80 cm yüksekliğe yerleştirilmiştir (Held ve ark., 1990). Bitki boylarının zaman içerisinde artmasıyla

algılayıcıların yükseklikleri değiştirilerek algılayıcılar arasındaki düşey uzaklık korunmuştur.

(ii) Net Radyasyon Ölçümü: Net radyasyon net radyasyon ölçer kullanılarak belirlenmiştir.Alet bitki örtü yüzeyinden 1 m yüksekliğe, yere paralel ve algılayıcı başlık güney yönüne gelecek şekilde yerleştirilmiştir (Held ve ark., 1990).

Net radyasyon ölçerin rüzgar ve yağışlardan korunması amacıyla, algılayıcı noktası üzerine 0.25 mm kalınlığında polietilen koruyucu, yerleştirilmiştir (Campbell, 1995).

(iii) Toprak Isı Akısı Ölçümü: Toprak ısı akısının ölçülmesi amacıyla, içerisinde sıcaklık algılayıcıları bulunan 2 adet plaka kullanılmıştır (Campbell, 1991). Isı akısı plakaları toprağın 2-3 cm derinliğine yerleştirilmiştir.

Bowen sisteminde ölçümler her saniyede yapılmış ve 5'er dakikalık ortalamalar şeklinde otomatik olarak kaydedilmiştir.

3.2.1.2. Tartılı Lizimetre Yöntemi

Lizimetrelerde ET ölçümleri için su bütçesi eşitliği kullanılmıştır. Çevreden yalıtılmış bir lizimetre tankı için su bütçesi eşitliği aşağıdaki gibi yazılabilir.

$$(P + I + Cp + Rfc) - (ET + Dp + Rfo) = \pm W \quad (5)$$

Eşitlikte ilk ayracın içerisindeki simgeler, giren su akımını (*P*, yağış; *I*, sulama suyu; *Cp*, kılcal yükseliş; *Rfc*, yüzey akış); ikinci ayraç içerisindekiler ise çıkan su akışını (*ET*, bitki su tüketimi; *Dp*, derine süzülme veya drenaj suyu; *Rfo*, yüzey akış). ΔW, ise toprak suyu içeriğindeki değişmeleri göstermektedir. Lizimetrelerde genellikle Cp, Rfc ve Rfo değerleri sıfırdır. Bu durumda eşitlik ET için çözülürse,

$$ET = P + I \pm \Delta W \quad (6)$$

Tartılı lizimetre sisteminde Eşitlik 6'daki terimler otomatik olarak sistem tarafından tartılarak kaydedilmektedir. İki tartım arasındaki değer doğrudan su tüketimini vermektedir.

3.2.2. Kıyas Bitki Su Tüketimine İlişkin Ampirik Model

Çalışmada kıyas bitk su tüketiminin belirlenmesinde FAO-56-Penman Monteith (FAO-56-PM) eşitliği kullanılmıştır.

(i) FAO-56-Penman Monteith Eşitliği:Doorenbos ve Pruitt (1977) tarafından verilen Penman eşitliği, sonradan toplanan bir uzmanlar grubu tarafından Penman-Monteith eşitliğine göre düzeltilmiştir. Anılan eşitlik FAO-56-PM diye tanınmaktadır (Allen ve ark., 1994).

$$ET_0 = \frac{0{,}408\Delta(R_n - G) + g\,\frac{900}{T+273}U_2(e_s - e_a)}{\Delta + g\,(1 + 0{,}34U_2)} \qquad (7)$$

Eşitlikte;

T: Ortalama hava sıcaklığı, (^oC);

U_2*:* 2 m yükseklikte ölçülen rüzgar hızı, ($m.s^{-1}$)

$(e_s\text{-}e_a)$*:* Havanın buhar basıncı açığı, (kPa);

Δ: Sıcaklık- doygun buhar basıncı eğrisinin eğimi ($kPa.^oC^{-1}$)

3.2.3.Tarımsal İşlemler

3.2.3.1. Tarla Hazırlığı

Buğday çalışmasının yürütüleceği deneme yeri, sonbaharda derin sürümden sonra kültivatör ve tapan çekilerek tohum yatağı hazırlanmıştır. Toprak 10 gün sonra gobre-disk ile sürülmüş, kultivatör ve tapan çekilerek tohum yatağı hazırlanmıştır (Şekil 3.4, 3.5). Ayrıca Lizimetrenin üzeri elle temizlenerek tohum yatağı hazırlanmıştır.



Şekil 3.4. Buğday bitkisi için tapan çekme



Şekil 3.5. Buğday bitkisi için loğ çekme

3.2.3.2. Ekim

Deneme yılında açık alan ve lizimetre üzerine buğday ekimi, 19.11.2009 tarihinde, dekara 30 kg tohum düşecek şekilde, fırfırla yapılmıştır. Ekimden sonra loğ çekilmiştir.

Lizimetre üzerine buğday ekim işlemi (2m×2m'lik alan) ise, elle yapılmış ve ekimden sonra toprak elle sıkıştırılmıştır. Denemede, ekmeklik *Vorana CN079/Kauz* buğday çeşidi kullanılmıştır.

3.2.3.3. Gübreleme

Lizimetre üzeri ve tarlada yürütülen buğday çalışmasında uygulanan gübre miktarları, çeşidi ve uygulama biçimi Çizelge 3.4'de verilmiştir.

Açık alanda yürütülen buğday çalışmasında saf madde olarak 8.2 kg/da P_2O_5 ve 3.2 kg/da N (DAP, 18-46-0) gübresi fırfırla ve ekimle birlikte uygulanmıştır. Ayrıca, kardeşlenme döneminde 17 kg/da N (%33'lük Amonyum Nitrat) fırfır yardımıyla üst gübre olarak verilmiştir. Lizimetrede ise saf madde olarak 8.2 kg/da P_2O_5 ve 3.2 kg/da N (DAP, 18-46-0) ve 17 kg/da N (%33'lük Amonyum Nitrat) elle serpilmiştir.

Çizelge 3.4. Lizimetre ve tarlada buğdaya uygulanan gübre miktarı, çeşidi, uygulama biçimi ve zamanı (2009-2010 yetiştirme mevsimi)

Deneme yeri	Tarih	Gelişme Dönemi	Gübre çeşidi ve miktarı	Uygulama biçimi	Amaç
Açık alan	26.11.2009	Ekim	8.2 kg/da P_2O_5 ve 3.2 kg/da N (DAP, 18-46-0)	Fırfır	Taban gübresi
	12.01.2010	Kardeşlenme	17 kg/da N (%33'lük (Amonyum Nitrat)	Fırfır	Üst gübre
Lizimetre	26.11.2009	Ekim	8.2 kg/da P_2O_5 ve 3.2 kg/da N (DAP, 18-46-0)	Elle serpme	Taban gübresi
	12.01.2010	Kardeşlenme	17 kg/da N (%33'lük (Amonyum Nitrat)	Elle serpme	Üst gübre

3.2.3.4. İlaçlama ve Bakım

Buğday tohumları ekimden önce tohum ilacı ile toprak altı zararlılarına karşı ilaçlanmıştır. Buğday çalışmasında kardeşlenme dönemi sonunda yabancı otlara karşı dekara 100 ml Assert 250 SC atılmıştır. Gerektiğinde zararlı otlar elle de temizlenmiştir. Deneme süresince başka hastalık ve zararlı görülmemiştir.

3.2.3.5. Hasat

Buğday hasadı 25.05.2010 tarihinde yapılmış olup, bitkilerin hasat olgunlukları, sap ve yaprakların sararması ve danelerin olgunlaşmasının tespitiyle gerçekleştirilmiştir. Lizimetre üzeri el ile biçilerek hasat yapılmıştır.

3.2.4. Bitki Gelişimine İlişkin Gözlem ve Ölçümler

Denemede gözlem ve ölçümlere buğdayın çıkışıyla birlikte başlanmış ve bitki gelişiminin tamamen sona erdiği fizyolojik olgunluğa kadar, belli aralıklarla devam edilmiştir. Ayrıca, çalışmada açık alan ve lizimetre üzerinde buğday bitkisinin gelişimi bir birine oldukça yakın bir tavır sergilediğinden dolayı bitki gelişimi ile ilgili ölçümler araziyi temsil eden alanlardan alınmıştır.

3.2.4.1. Bitki Boyu

Yaprak alan indeksini ve kuru madde miktarını belirlemek amacıyla alınan bitki örneklerinden başaklanmadan önceki dönemde rastgele 10 sap seçilmiş ve boyları ölçülmüştür. Başaklanmadan sonra ise, kök boğazı ile başak ucundaki son başakçığın ucu (kılçıklar hariç) arasındaki uzunluk cm olarak ölçülerek 10 bitkinin ortalaması alınmıştır.

3.2.4.2. Yaprak Alan İndeksi (LAI)

Bu amaçla denemede bitki sıralarının 1 m'lik uzunlukları kullanılmıştır. Anılan uzunluk üzerindeki bitkiler, toprak yüzeyinden kesilmiş; örneğin içerdiği yaprakların tümünün bir yüzeylerinin alanları, optik yaprak alan ölçer kullanılarak ölçülmüştür. Elde edilen yaprak alanların toplamı, alınan bitkilerin temsil ettiği alana oranlanarak yaprak alan indeksleri hesaplanmıştır (Mitchell, 1970).

3.2.4.3. Kuru Madde Miktarları (Biyokütle)

Biyokütle değerleri, yaprak alan indeksinin belirlenmesinde kullanılan bitki örneklerinde saptanmıştır. Yaprak alanları ölçüldükten sonra, yaprak dahil, tüm bitki kısımları küçük parçalara ayrılarak, kağıt torbalar içinde 65-68 ^{0}C'lik etüvde sabit ağırlığa ulaşıncaya kadar kurutulmuştur (Roberts ve ark., 1985). Kurutulan örnekler tartılmış ve anılan bitki örneğinin temsil ettiği alana oranlanarak birim alana düşen kuru madde miktarı hesaplanmıştır (Gardner ve ark., 1985).

3.2.4.4. Hasat İndeksi

Birim alandan elde edilen kuru madde miktarına karşı elde edilen verim değerinin oranı olarak adlandırılan hasat indeks değerleri, çalışma yılı için, aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplanmıştır (Hsiao, 1993).

$$Hasatindeksi(HI) = \frac{Verim(g/m^2)}{Biyokütle(g/m^2)} \quad (8)$$

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Buğday Bitkisinin Gelişme Dönemleri

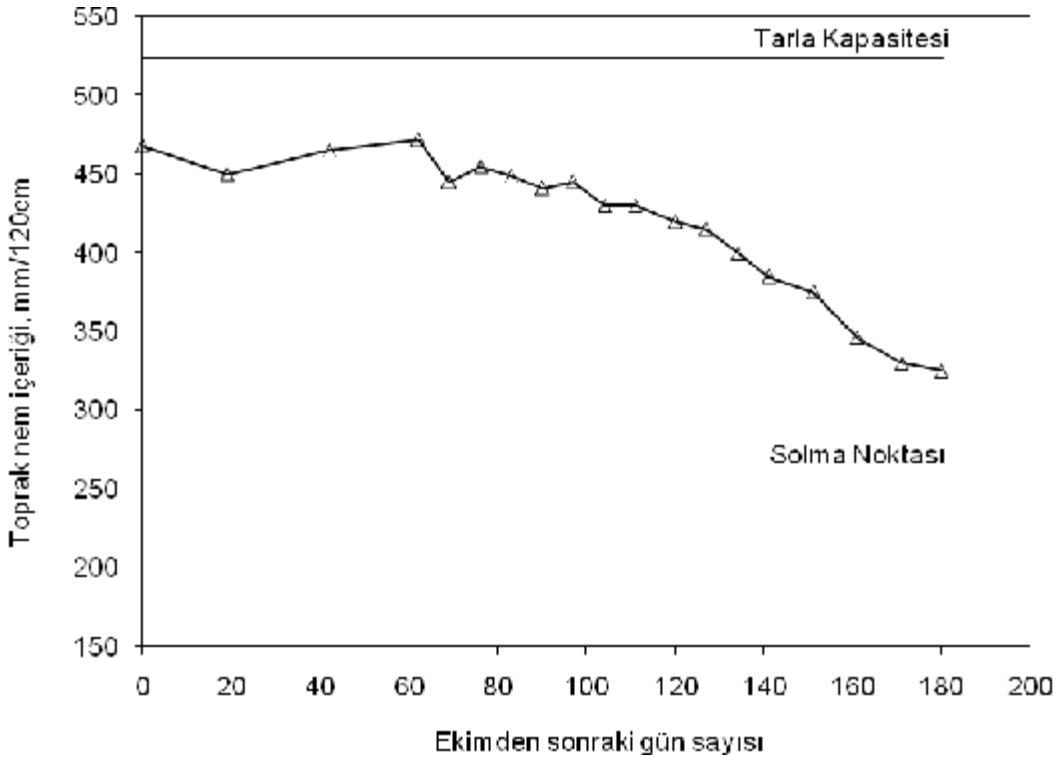
Çalışmada 2009-2010 buğday yetiştirme mevsiminde yürütülen denemenin, kimi fenolojik gelişme dönemleri ve tarihleri Çizelge 4.1'de verilmiştir. Anılan çizelgeden görüleceği gibi, 19.11.2009 tarihinde ekilen buğday, 187 günlük yetiştirme süresine sahip olup, 06.12.2009 tarihinde çimlenmeye, 18.03.2010 tarihinde başaklanmaya, 13.05.2010 tarihinde fizyolojik olgunluğa erişerek 25.05.2010 tarihinde de hasat edilmiştir.

Çizelge 4.1. Buğday Bitkisinin Kimi Fenolojik Gelişme Dönemleri ve Tarihleri

Gelişme Dönemleri	Tarih
Ekim	19.11.2009
Çıkış	06.12.2009
Başaklanma	18.03.2010
Fizyolojik Olgunluk	13.05.2010
Hasat	25.05.2010
Yetiştirme süresi, gün	187

4.2. Toprak Su Kapsamı Değişimi

Denemede gravimetrik yöntemle belirlenen toprak suyu kapsamının zamanla değişimi Şekil 4.1'de verilmiştir. Şekil 4.1'de görüldüğü gibi buğday bitkisinin büyüme döneminin büyük bir bölümünde toprak su içeriği 120 cm toprak profiline göre hesaplanan tarla kapasitesi (TK) ile solma noktası (SN) değerleri arasında kalmıştır. Bitki büyüme döneminin büyük bir bölümünde toprakta bitkinin yararlanabileceği elverişli nem miktarı mevcut kalmıştır. Şekilden de görüldüğü gibi ekimden sonra nem değişimleri artan ve azalan bir eğilim göstermekte iken, ekimden 120 gün sonra (başaklanma dönemi) ile azalan bir eğilim göstererek 430-325 mm arasında değişmiştir.

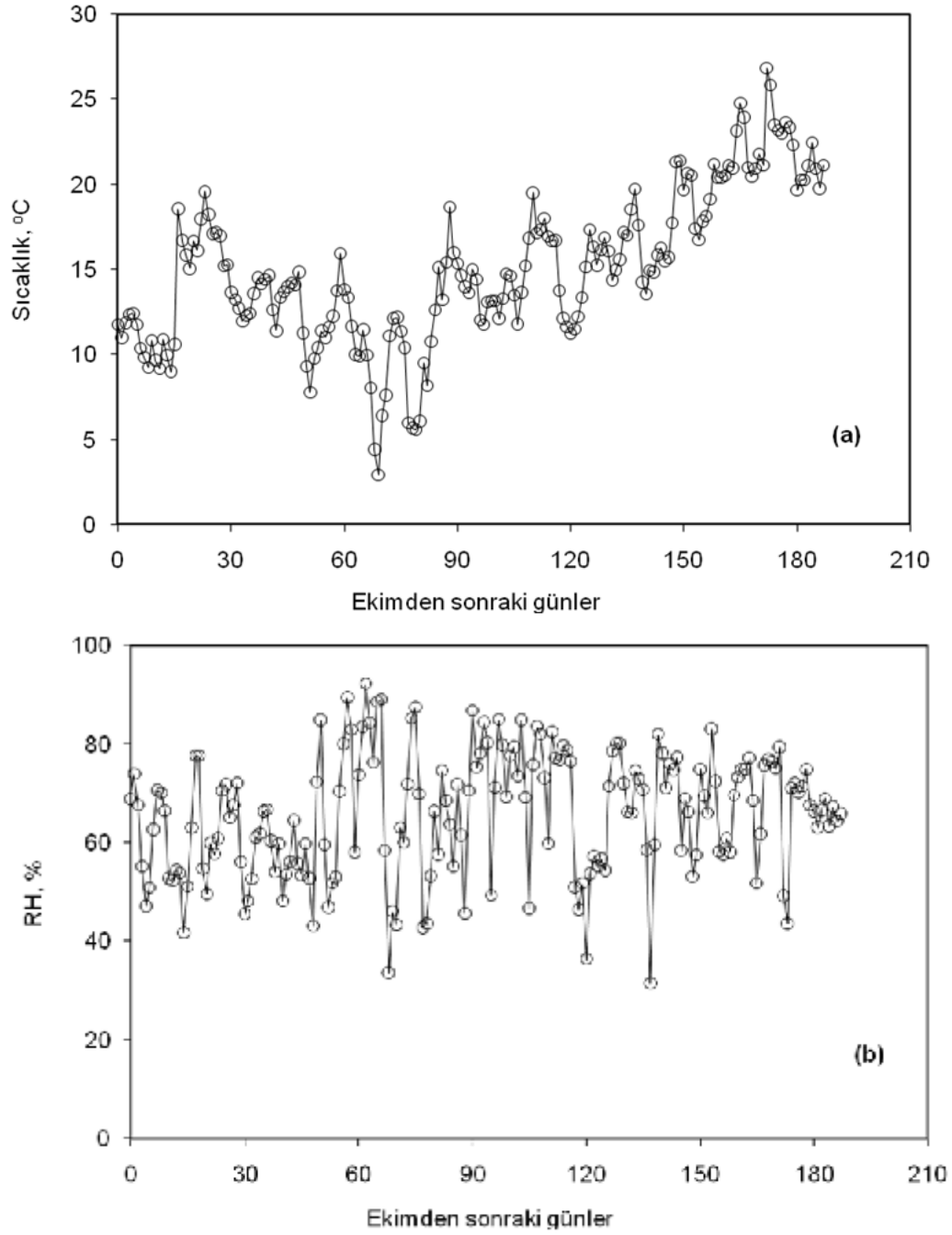


Şekil 4.1.Toprak Nem İçeriğinin Değişimi

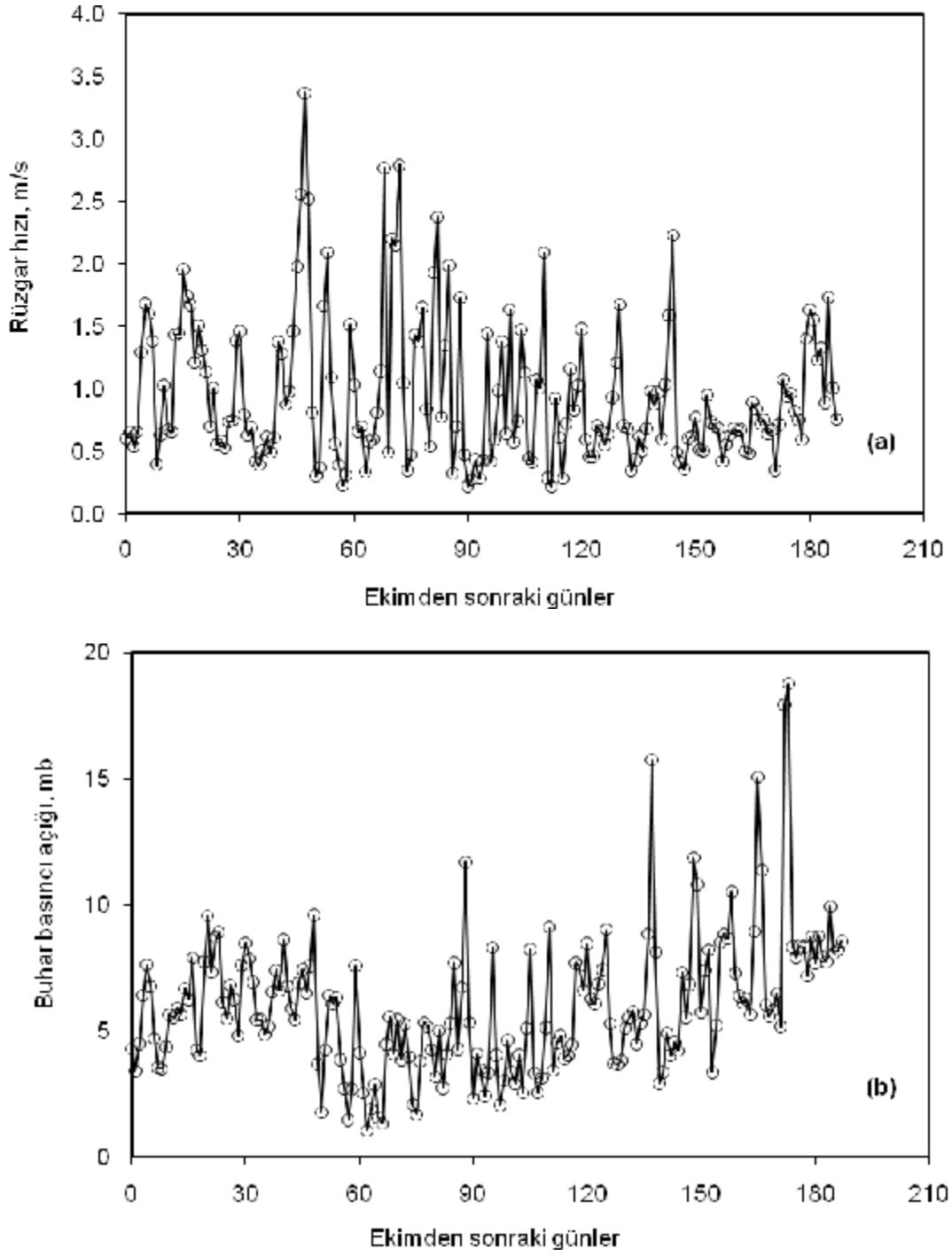
4.3. İklim Parametrelerinin Değişimi

Araştırma süresince Bowen sistemiyle 2 metredeki hava sıcaklığı, rüzgar hızı ve oransal nem değerleri ölçülmüştür. Anılan ölçüm değerleri ile Rosenborg ve ark. (1983) ve Jones (1983) yaklaşımları kullanılarak havanın buhar basıncı açığı (VPD) değerleri hesaplanmıştır. Sözü edilen iklim öğelerinin zamansal değişimi Şekil 4.2 ve Şekil 4.3'de gösterilmiştir.

Şekil 4.2a'da görüldüğü gibi mevsim boyunca günlük ortalama sıcaklık değeri 2.95 °C ile en düşük Ocak ayında, 26.80 °C ile en yüksek Mayıs ayında görülmüş olup, mevsim boyunca ortalama sıcaklık 15.4 °C olarak hesaplanmıştır. Şekil 4.2b'de mevsim boyunca ortalama RH değerinin yaklaşık olarak %65 olarak hesaplandığı, bu değerlerin %31.5 ile Nisan ayında, %89.5 ile Ocak ayında görüldüğü saptanmıştır.



Şekil 4.2. Bowen sistemiyle ölçülen ortalama günlük hava sıcaklıkları (a), ortalama günlük oransal nemin (b) zamana bağlı olarak değişimleri



Şekil 4.3. Bowen sistemiyle ölçülen ortalama günlük rüzgar hızı (a), buhar basıncı açıklığının (b), zamana bağlı olarak değişimleri

Ayrıca Şekil 4.3 a ve b'de görüldüğü üzere mevsim boyunca ortalama rüzgar hız değerleri 0.2 m/s ile 3.4 m/s arasında, buhar basıncı açığı değerlerinin ise 1.7 mb ile 18.8 mb arasında değiştiği anlaşılmıştır. En düşük

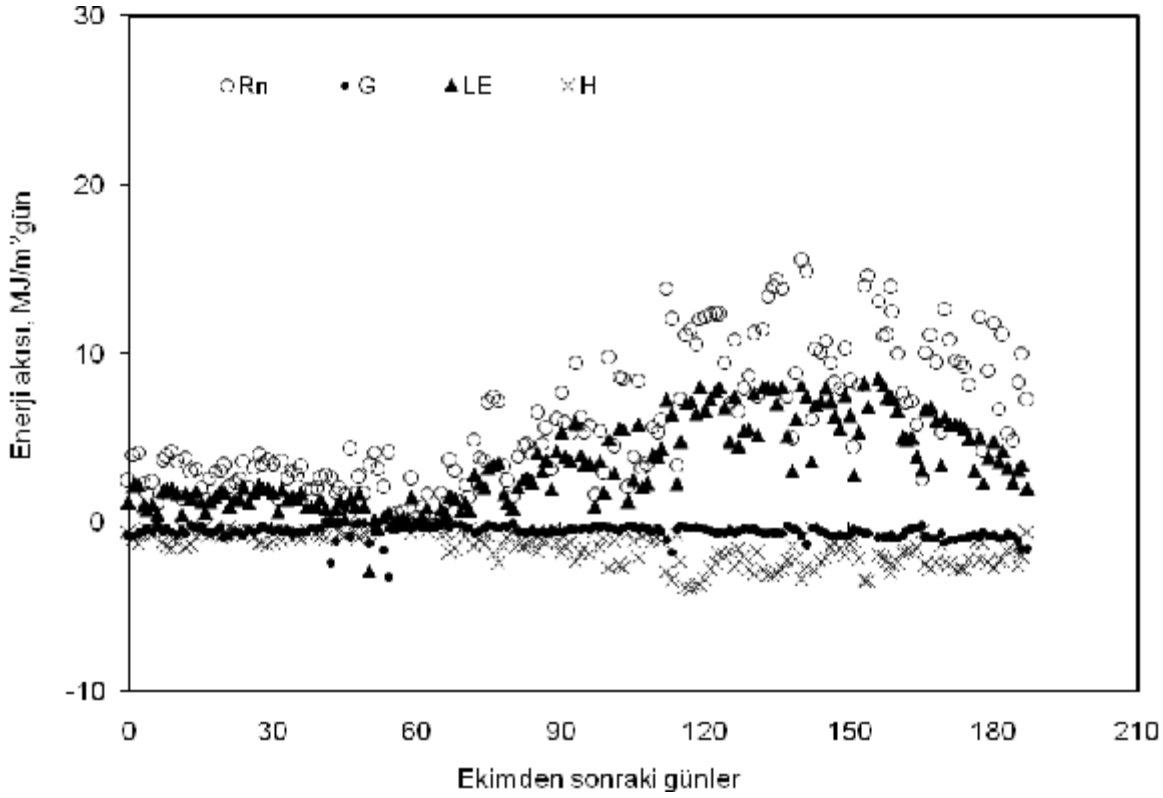
rüzgar hızı değerine Şubat ve Mart aylarında, en yüksek rüzgar hızı değeri ise Ocak ayı içerisinde gözlemlenmiş olup, yetiştirme mevsim boyunca ortalama rüzgar hızı değeri 0.9 m/s olarak hesaplanmıştır. Mevsim boyunca ortalama buhar basıncı açığı değerleri 6.3 mb olarak hesaplanmış olup, buhar basıncı açığının belirli bir artış eğilimi içerisinde olduğu söylenebilir.

4.4. Bitki Su Tüketimi

4.4.1. Bowen Oranı Enerji Dengesi (BREB) Yöntemi

4.4.1.1. Enerji Dengesi Bileşenlerinin Değişimi

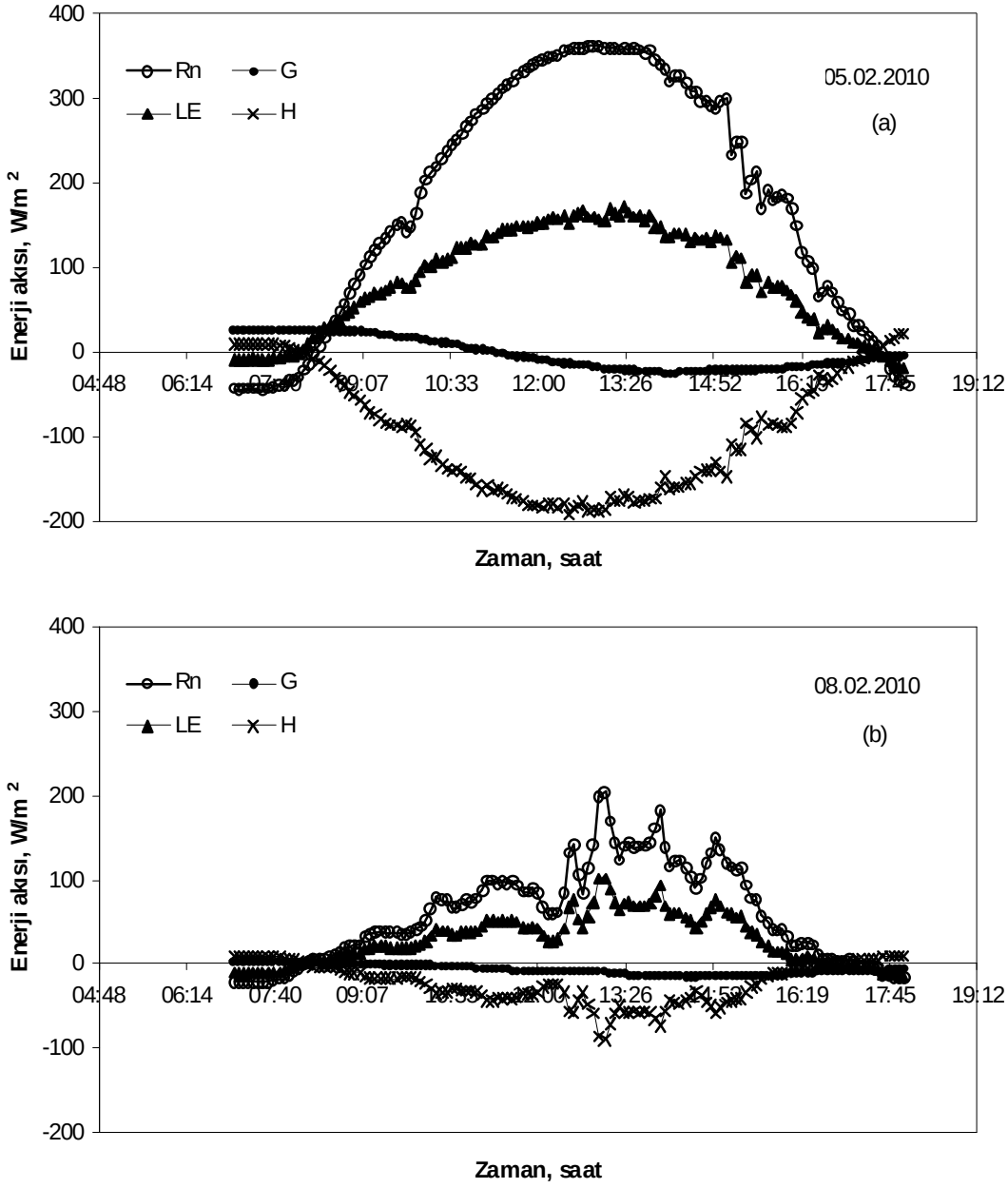
Çalışmada Bowen sistemiyle elde edilen enerji dengesi bileşenlerinin mevsim boyunca değişimleri Şekil 4.4'de gösterilmiştir. Şekil 4.4'de görüldüğü gibi net radyasyon miktarı (R_n) hava durumuna bağlı olarak, -0.1 ile 15.5 MJ/m^2gün arasında değişimler göstermiş olup, mevsim boyunca yaklaşık ortalama değeri 6 MJ/m^2gün olarak hesaplanmıştır. Buharlaşma gizli ısı akı değerleri (LE) net radyasyona bağlı olarak benzer bir tavır sergilemiş olup, Ocak ve Şubat aylarında küçük değerlerdeyken, daha sonra giderek artmış ve Nisan ayında oldukça yüksek değerlere ulaşmıştır.



Şekil 4.4. Enerji dengesi bileşenlerinin mevsim boyunca değişimleri

Araştırmada enerji dengesi bileşenlerinin açık ve kapalı günlerdeki değişimleri de Şekil 4.5'de gösterilmiştir. Şekil 4.5a'da görüldüğü gibi net radyasyon akısı (R_n) açık gökyüzü koşullarında güneşin doğuşuyla birlikte artış göstermiş, öğle saatlerinde 362.3 W/m^2 değerine ulaşmış, daha sonra güneşin batışına kadar azalan bir tavır sergilemiştir. Benzer şekilde buharlaşma gizli ısı akısı (LE) değeri de öğle saatlerinde pik düzeye ulaşıp, 168.89 W/m^2 olarak ölçülmüştür.

Şekil 4.5b'de görüldüğü gibi kapalı gökyüzü koşullarında ise R_n, LE ve H değerlerinde sürekli sapmalar olmuş, toprak ısı akı değerleri ise benzer tavır sergilemiştir.

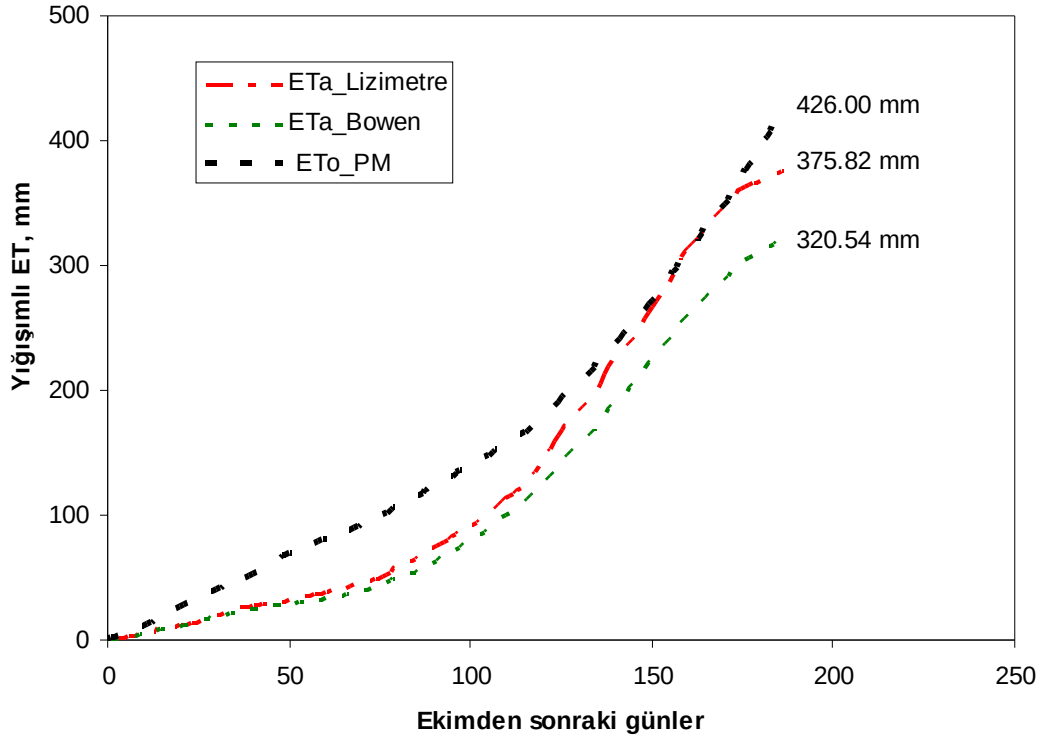


Şekil 4.5. Enerji dengesi bileşenlerinin değişimi, (a) açık ve (b) kapalı gökyüzü Koşulları

4.4.1.2 Bitki Su Tüketim Ölçüm Sonuçları

Çalışmada lizimetre yöntemiyle elde edilen buğday bitkisinin yığışımlı gerçek su tüketimi, $ET_{a_Lizimetre}$ ve Bowen oranı enerji dengesi yöntemi kullanılarak ölçülen, ET_{a_Bowen} değerleri ile FAO56_Penman Monteith yöntemine göre

belirlenmiş yığışımlı çim kıyas su tüketimi değerlerinin (ETo_PM) zamana bağlı olarak değişimleri aşağıdaki Şekil 4.6'de gösterilmiştir.



Şekil 4.6. Lizimetre ve Bowen oranı enerji dengesi yöntemlerine göre belirlenen buğdayın mevsimlik su tüketim değerleri ile yığışımlı çim kıyas su tüketimi değerlerinin (ETo_PM-56) zamana bağlı olarak değişimleri

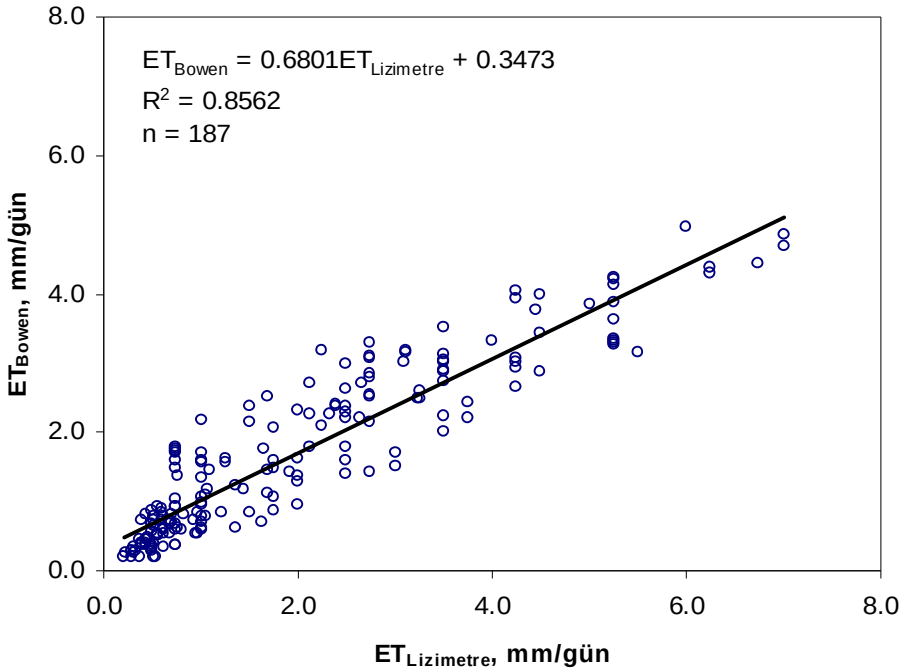
Şekil 4.6'dan anlaşılacağı gibi buğday bitkisinin lizimetre yöntemi ile belirlenen yığışımlı mevsimlik su tüketim değeri 376 mm olarak belirlenmiştir. Anılan çizelgeden görüleceği gibi, Bowen oranı enerji dengesi yöntemi kullanılarak elde edilen buğday bitkisinin yığışımlı mevsimlik su tüketim değeri 321 mm olarak belirlenmiştir. Aynı çalışma döneminde elde edilen yığışımlı çim kıyas su tüketimi değerleri ise 426 mm olarak elde edilmiştir.

Koç (2004), Çukurova koşullarında, yetiştirilen buğday için mevsimlik su tüketim değeri 477 mm olarak belirlemiştir.

4.4.2. Bitki Su Tüketim Yöntemlerinin Karşılaştırılması

Araştırmada lizimetre yöntemiyle elde edilen günlük gerçek buğday su

tüketimi $ET_{a_Lizimetre}$ ile Bowen oranı enerji dengesi yöntemi kullanılarak belirlenen günlük gerçek buğday su tüketimi ET_{a_Bowen} değerleri arasındaki ilişki Şekil 4.7'de gösterilmiştir. Şekil 4.7'de görüldüğü gibi $ET_{a_Lizimetre}$ ile ET_{a_Bowen} değerleri arasında R^2= 0.86 olan istatistiksel olarak önemli doğrusal bir ilişki bulunmuştur

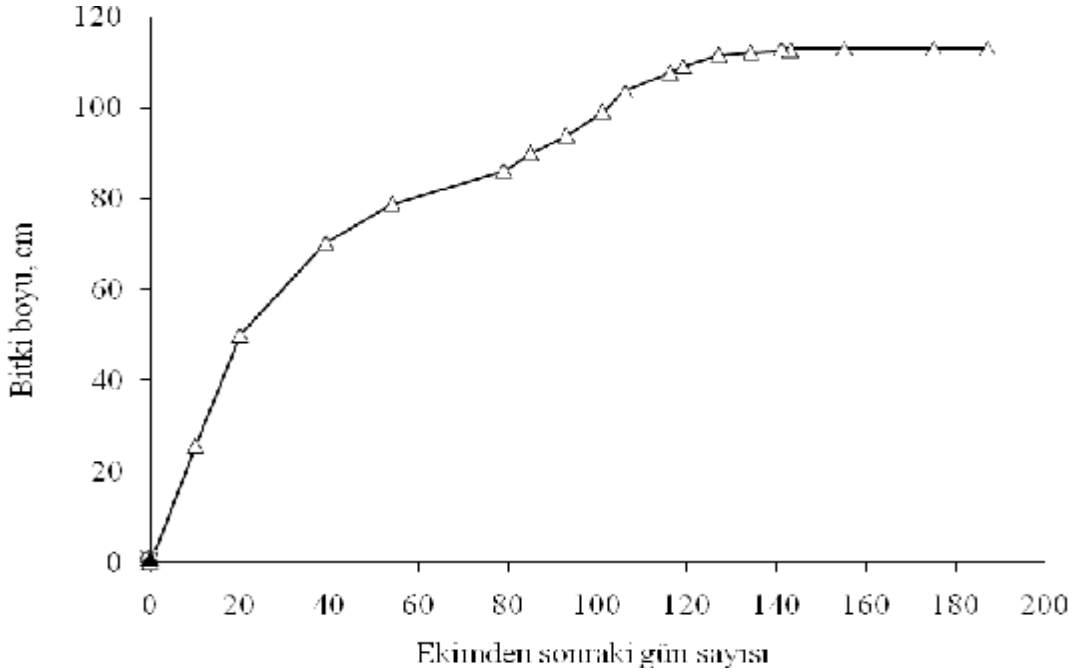


Şekil 4.7. Farklı yöntemlerle belirlenen buğday su tüketimi değerleri arasındaki ilişkiler

4.5. Bitki Büyümesi

4.5.1 Bitki Boyu

Çalışmadan elde edilen buğday bitki boylarının zamana göre değişimi Şekil 4.8'de gösterilmiştir. Denemede bitki boyları ekimden 141 gün sonraya dek hızla artmış; daha sonra hasada dek yaklaşık 113 cm dolaylarında sabit kalmıştır.



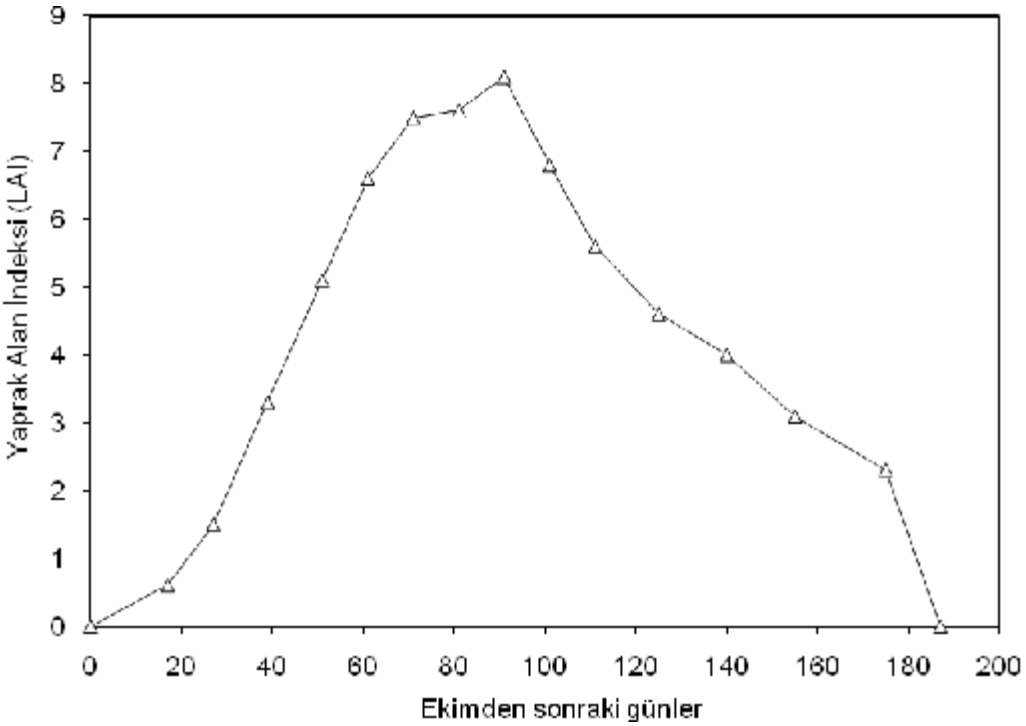
Şekil 4.8. Bitki boylarının değişimi

Keklikçi ve ark. (2004), Adana-99 buğday çeşidinde kuru koşullarda bitki boyunun ortalama 100 cm ile 106 cm arasında değiştiğini rapor etmiştir. Koç (2004)'de yapmış olduğu bir çalışmada, Çukurova koşullarında yetiştirilen Adana-99 buğday çeşidinde, bitki boylarının ekimden 164 gün sonraya dek susuz ve sulanan konuda hızla arttığını, daha sonra hasada dek sabit kaldığını belirlemiş olup, susuz konuda bitki boyunun 89.5 cm; sulanan konuda ise, 96 cm'ye dek ulaştığını belirlemiştir

4.5.2 Yaprak Alan İndeksi (LAI)

Deneme konusuna ilişkin yaprak alan indekslerinin (LAI) zamana göre değişimi Şekil 4.9'da gösterilmiştir.

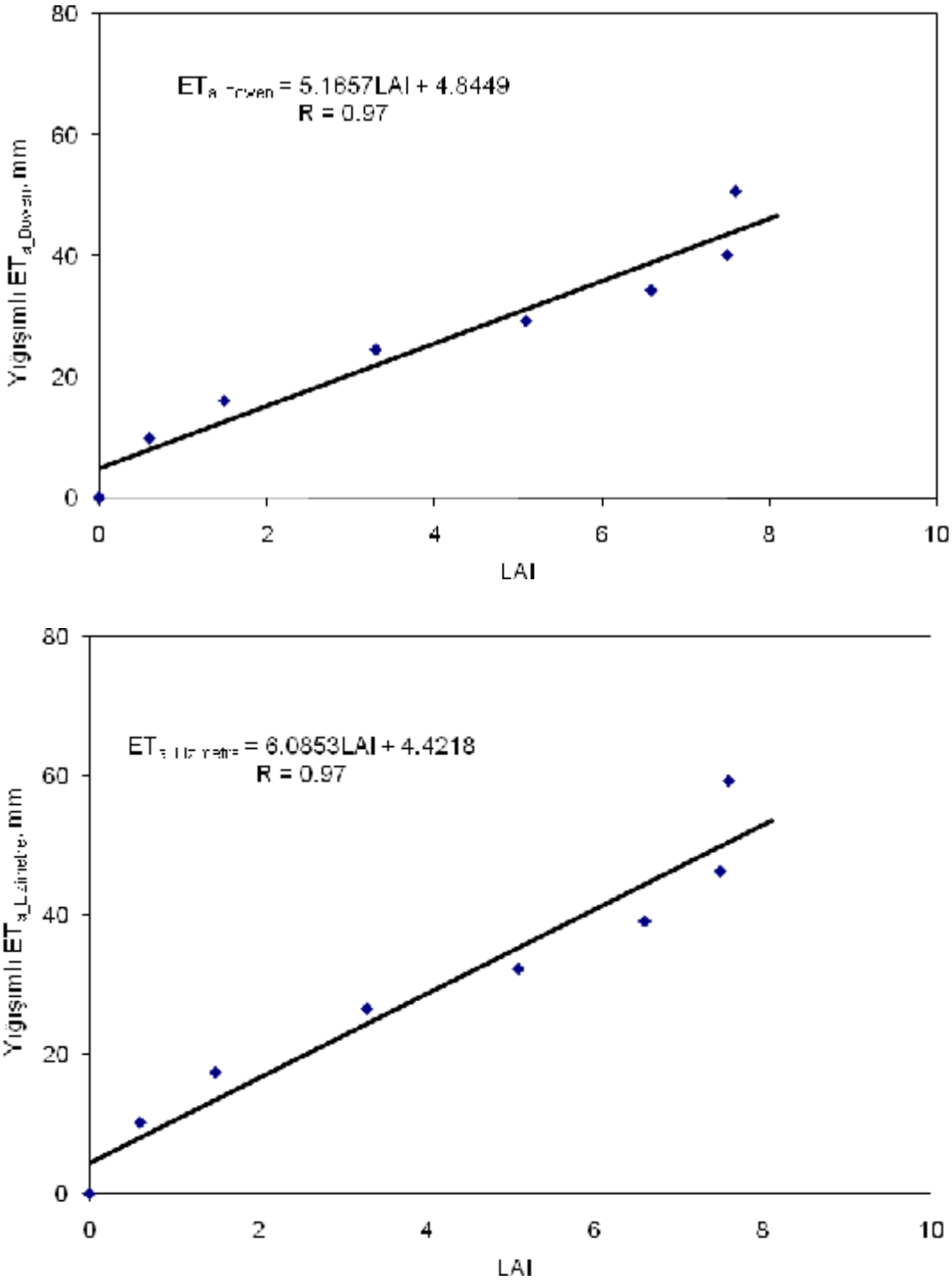
En yüksek LAI değerine 91 gün sonra başaklanmadan önce ulaşılmış ve 8.1 olarak belirlenmiştir. Benzer şekilde Koç (2004), en yüksek LAI değerine sulamaların başlamadığı 106 gün sonra çiçeklenmeden önce ulaşmış ve 7.82 olarak belirlemiştir. Kim ve ark., (1989) buğday bitkisinde en yüksek LAI değerini 6.5 olarak çiçeklenmeden önce ölçmüşlerdir.



Şekil 4.9. Yaprak alan indekslerinin değişimi

4.5.3. Yaprak Alan İndeksi ile Su Tüketim İlişkisi

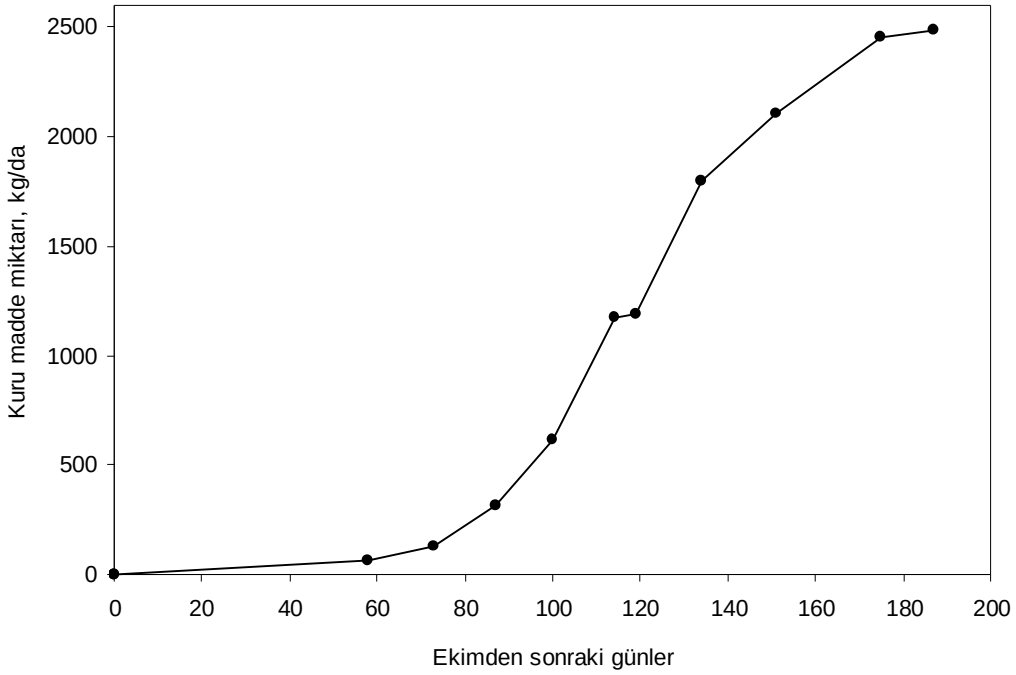
Araştırmada saptanan yaprak alan indeksi değerleri ile ET_{a_Bowen}, $ET_{a_Lizimetre}$, değerleri arasındaki ilişkiler Şekil 4.10'de verilmiştir. Şekilden de görüldüğü gibi, yaprak alan indeksi ile bitki su tüketimi arasında çok yakın doğrusal bir ilişkinin olduğu belirlenmiştir (R=0.97). Şekilde yaprak alan indekslerinin artmasıyla bitki su tüketimlerinin de buna bağlı olarak arttığı görülmektedir. Bitkilerde terlemenin oluştuğu temel organlar olan yaprakların, kuramsal olarak yüzey genişliğinin artması terleme ile kaybedilen suyun da artmasına neden olmuştur (Steduto ve Hsiao, 1998: Ünlü 2000'den).



Şekil 4.10. Bitki su tüketimi-LAI ilişkisi

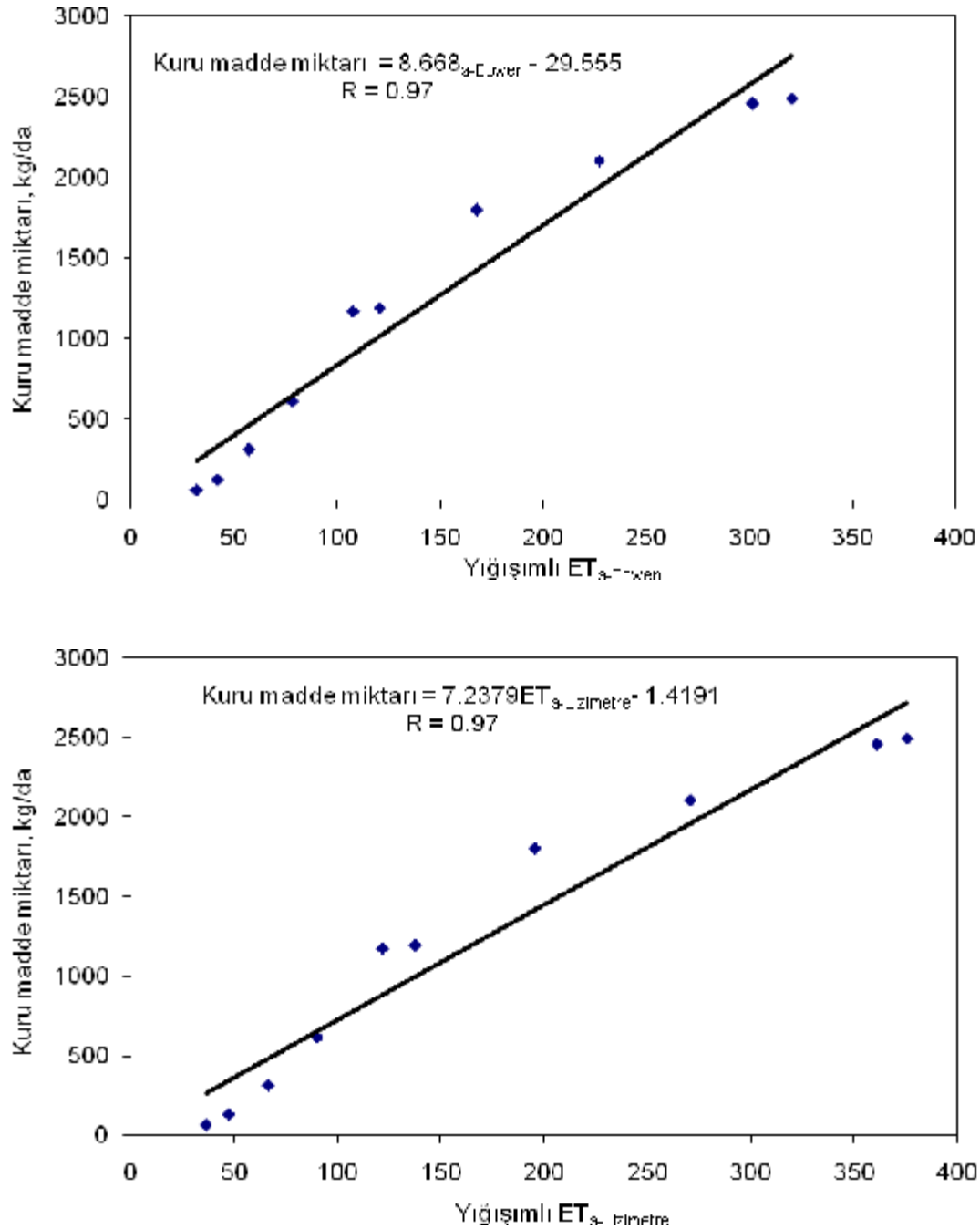
4.5.4 Kuru Madde Miktarı (Biyokütle)

Çalışmadan elde edilen kuru madde miktarlarının zamana göre değişimi Şekil 4.11'de gösterilmiştir. Denemede yığışımlı kuru madde miktarı 2489 kg/da olarak belirlenmiştir. Koç (2004), Adana-99 çeşidiyle yaptığı çalışmada yığışımlı kuru madde miktarını susuz konuda 1779 kg/da; sulanan konuda 1645 kg/da olarak belirlemiştir.



Şekil 4.11. Kuru Madde Miktarının Değişimi

Çalışma konularında kuru madde miktarları ile yığışımlı su tüketim değerleri arasında ilişki elde edilerek Şekil 4.12'de gösterilmiştir. Şekil 4.12'de görüldüğü gibi kuru madde miktarları ile Bowen ve lizimetre yığışımlı su tüketimleri arasında R=0.97 olan çok yakın doğrusal ilişkiler elde edilmiştir.



Şekil 4.12. Kuru madde miktarları ile yığışımlı su tüketim değerleri Arasındaki ilişkiler

4.5.5. Dane Verimi Ve Hasat İndeksi

Çalışmada buğday bitkisinin dane verimi yaklaşık 480 kg/da olarak bulunmuştur.

Ay (2003), yapmış olduğu iki yıl süren çalışmasında aynı azot dozlarının ve farklı sulama konularının uygulandığı Adana-99 çeşidi buğdayda kuru konuda buğday verimini ortalama 707.9 kg/da; sulu konuda ortalama 702.5 kg/da olarak belirlemiştir. Araştırmacı bu durumun buğday çeşidinden kaynaklandığını ;sıcaklık ve yağış gibi iklim etmenlerinin sulamanın yarayışlığını etkilediği şeklinde açıklamıştır. Keklikçi ve ark. (2004), Adana-99 buğday çeşidiyle yaptıkları bir çalışmada dane veriminin 422-636 kg;/da arasında değiştiğini bulmuşlardır.

Birim alandan elde edilen dane ağırlığının, toprak üstü toplam kuru madde miktarına oranı olarak tanımlanan hasat indeks (HI) değerleri 0.19 olarak bulunmuştur.

Koç (2004), Adana-99 buğday çeşidiyle yaptığı çalışmada hasat indeks (HI) değerlerini susuz ve sulanan konuda sırasıyla 0.37 ve 0.33 olarak bulmuştur. Keklikçi ve ark. (2004), Adana-99 buğday çeşidiyle yaptıkları çalışmada HI değerlerinin 0.35-0.46 arasında değiştiğini bulmuşlardır. Musick ve Porter (1991), yüksek verimli çeşitlerde HI değerlerinin 0.38-0.60 arasında değiştiğini bulmuşlardır.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

5.1.Sonuçlar

Bowen oranı enerji dengesi ve tartılı lizimetre yöntemleriyle buğday bitkisinin su tüketiminin belirlenmesi amacıyla yürütülen çalışmadan elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenerek verilmiştir.

Araştırma boyunca sulama uygulaması yapılmamış, doğal yağış koşullarında yetiştirilen buğday bitkisinin su tüketim değerleri her iki yöntem için hesaplanmıştır.

Çalışmada mevsim boyunca ortalama rüzgar hızı değerleri 0.2 m/s ile 3.4 m/s arasında, buhar basıncı açığı değerleri ise, 1.7 mb ile 18.8 mb arasında değişmiştir. Ayrıca, mevsim boyunca ortalama RH değerleri %31.5 ile %89.5 arasında değişme göstermiş olup, ortalama RH değeri yaklaşık olarak %65 olarak hesaplanmıştır. Günlük ortalama sıcaklıklar ise, 2.95 °C ile 26.80 °C arasında değişmiş olup, bitki büyüme dönemi boyunca gravimetrik yöntemle belirlenen toprak su içerikleri değerleri ise, 325-468 mm arasında, bitkinin yararlanabileceği elverişli nem miktarlarında ölçülmüştür.

Çalışma boyunca ölçülen net radyasyon (Rn), duyumsanır ısı akısı (H) ve toprak ısı akısı değerleri enerji dengesi eşitliğinde yerine koyularak BREB yöntemine göre buğday su tüketimi belirlenmiştir. BREB yöntemi ile belirlenen mevsimlik su tüketimi 321 mm, Lizimetre yöntemi kullanılarak elde edilen buğday bitkisinin yığışımlı mevsimlik su tüketim değeri 376 mm olarak hesaplanmıştır.

Lizimetre yöntemiyle elde dilen gerçek buğday su tüketimi ile Bowen oranı enerji dengesi yöntemi kullanılarak belirlenen günlük buğday su tüketim değerleri arasında R^2=0.86 olan doğrusal bir ilişki bulunmuştur.

Çalışmada Bowen sistemiyle elde edilen enerji dengesi bileşenlerinin açık ve kapalı gökyüzü koşullarındaki değişimleri ile mevsimlik değişimleri belirlenmiştir. Mevsim boyunca net radyasyon miktarı (R_n), havanın açık veya kapalı olmasına bağlı olarak değişmeler göstermiş olup ve ortalama değeri

yaklaşık olarak 6 MJ/m^2gün olarak hesaplanmıştır. Ayrıca, anılan R_n değerleri, Ocak ve Şubat ayında küçük değerlerdeyken daha sonra giderek artmış ve Nisan ayında oldukça yüksek değerlere ulaşmıştır.

Buharlaşma gizli ısı akı (LE) değerleri net radyasyona bağlı olarak benzer bir tavır sergilemiştir. Açık gökyüzü koşullarında (R_n) gün boyu hiç sapma göstermeden güneşin doğusuyla birlikte artış gösterip, öğle saatlerinde 362.3 W/m^2 değerine ulaşmış ve daha sonra güneşin batışına kadar azalan bir tavır sergilemiştir. Kapalı gökyüzü koşullarında R_n, LE, ve H değerlerinde sürekli sapmalar olmuş, toprak ısı akı değerleri ise benzer tavır sergilemiştir.

Araştırmada bitki boyları ekimden sonra hızla artmış, 141 gün sonra 113 cm olarak hasada dek sabit kalmıştır. En yüksek LAI değerine başaklanmadan önce, ekimden 91 gün sonra ulaşılmış ve 8.1 olarak belirlenmiştir. Yaprak alan indeksi değerleri ile ET_{A-BR} değerleri arasında çok yakın doğrusal bir ilişkinin olduğu belirlenmiştir (R=0.97)

Yığışımlı kuru madde miktarı 2489 kg/da olarak belirlenmiştir. Dane verimi, yaklaşık 480 kg/da olarak bulunmuştur. HI değerleri ise 0.19 olarak hesaplanmıştır.

Kuru madde miktarları ve lizimetre ve Bowen yığışımlı su tüketimleri arasında R=0.97 olan çok yakın doğrusal ilişkiler elde edilmiştir.

Lizimetre ve Bowen yöntemlerine göre ölçülen bitki su tüketim değerleri arasında istatistiksel olarak %99 güvenle yakın ilişkiler elde edilmiştir (R=0.93).

5.2. Öneriler

Bu çalışmadan elde edilen sonuçlar doğrultusunda aşağıdaki öneriler yapılabilir.

Bitki su tüketimi çalışmalarında kullanılan su bütçesi yönteminde derine sızma kayıplarının ölçülmesindeki güçlüklerden dolayı tartılı lizimetre ve mikrometeorolojik yöntemlerden Bowen oranı enerji dengesi yöntemleri kullanılarak bitkiye zarar vermeden bitki su tüketiminin belirlenmesinde kullanılabileceği söylenebilir.

Çalışmada lizimetre ve Bowen yöntemlerine göre ölçülen bitki su tüketim değerleri arasında istatistiksel olarak %99 güvenle yakın ilişkiler elde edilmiştir. Bu durumda, oldukça pahalı ve sabit sistemler olan tartılı lizimetreler yerine daha ucuz ve taşınabilir nitelikte olan Bowen sisteminin bitki su tüketim ölçümlerinde güvenle kullanılması önerilebilir.

KAYNAKLAR

ABOUKHALED, A., ALFARO A., and SIMITH M., 1982. Lysimeters. Food and Agricultural Organization of the United Nations, FAO, Irrigation and Drain. Rome Paper, 39: 68p.

ALAGÖZ, H., 1959. Evapotranspirometre Tankları ile Mısır Bitkisinin Su Sarfiyatı Üzerinde Araştırmalar. E.Ü. Ziraat Fakültesi Yay. 34, 4, İzmir, 22s.

_____., 1969. Yonca Su Sarfiyatı Üzerinde Araştırmalar. Ege Ü. Zir. Fak. Yay. No.151, İzmir,42s.

ALLEN, R. G., and PRUİTT, W. O., 1991. FAO-24 Reference Evapotranspiration Factors. J. of Irrig. And Drain. Engin., 117 (5):758-773.

ALLEN, R. G., SMITH, M., PERKIER, A., and PEREIRA, L. S., 1994. An Update for the Definition of Reference Evapotranspiration. ICID Bull., 43(2): 1-34,35-92.

ALLEN R. G., and WRIGHT J. L., 2004. Evaporation Component of ET Estimated from Daily Lysimeter Measurement at Kimberly, Idaho. Technical Note, Univ. Idaho, Kimberly, Idaho.

ALVES I., PERRIER A., and PEREIRA L. S., 1996. Penman–Monteith equation: how good is the 'big leaf' In: Camp CR, Sadler EJ, Yoder RE (Eds.), Evapotranspiration and Irrigation Scheduling, Proceedings of the International Conference, San Antonio, TX, 3-6 November. Am. Soc. Agric. Eng., St. Joseph, MI, pp. 599-605.

ANONYMOUS, 2004a. http://cine-tarim.com.tr/dergi/arsiv31/index.htm (Erişim tarihi: 3 Ocak 2010)

ANONYMOUS, 2004b. http://www.fao.org/ag/agl/aglw/cropwater/wheat.stm (Erişim tarihi: 3 Mart 2010)

ANONYMOUS, 2010. http://www.dmi.gov.tr/veridegerlendirme (Erişim tarihi: 5 Nisan 2010)

APAN, M., DEMİR Y., ÖZTÜRK T., ve KARA T., 2005. Kültürteknik. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ders Kitabı No: 12 (3. Baskı), Samsun.

ARDAHANOĞLU, O., YILMAZ, H., SEVİM, Z., ve EVREN, S., 1996. Lizimetrelerde Buğday İçin Drenaj Kriterlerinin Belirlenmesi. Köy Hizmetleri Gen. Müd. Araşt. Projesi No: 96230K01, Erzurum, 11s.

AVÇİN, A., 1997. Türkiye Buğday Üretimindeki Gelişmeler, Türkiye Tarım Dergisi 1(1):13-16.

AY, H., 2003. Çukurova Koşullarında Bazı Ekmeklik Buğday Çeşitlerinde Sulama ve Farklı Azot Dozlarının Verim, Verim Unsurları ve Bazı Kalite Özellikleri Üzerine Etkisi. Tarla Bitkileri Anabilim Dalı Doktora Tezi. Adana, 174s.

AYDINŞAKİR, K., ve BÜYÜKTAŞ, D., 2003. Antalya Yöresinde Çim Kıyas Bitki Su Tüketimini Veren Bazı Ampirik Eşitliklerin Tarla ve Lizimetre Koşullarında Kalibrasyonu. Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi 2003, 16(1): 107-119.

AYDINŞAKİR, K., ve BÜYÜKTAŞ, D., 2005. Lizimetreler ve Bitk Su Tüketimi Çalışmalarında Kullanımı. BAYEM Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Dergisi. Cilt: 22, Sayı: 1, Antalya.

BALCI, A., 1973a. Lizimetre Şartlarında Yerfıstığı Bitkisinin Su Tüketimi Üzerinde Araştırmalar. E.Ü. Zir. Fak. Derg. 10:1, 154.

_____, 1973b. Bornova İklim Şartlarında Kış Yağışlarının Toprağın Su Dengesine Etkileri Üzerinde Bir Lizimetre Araştırması. E.Ü. Zir. Fak. Yay., 252, s. 1-3.

BENAMI, A., ve DISKIN, M. H., 1965. Design of Sprinkler Irrigation, Lowdermilk Faculty of Agriculture Engineering Inst. Israel, 23s.

BENLİ, B., KODAL S., ILBEYİ A. A., ve USTUN H., 2006. Determination of evapotranspiration and basal crop coefficient of alfalfa with a weighing lysimeter. Agric. Water Manage. 81: 358-370.

BERGSTRÖM, L., 1990. Use of Lysimeters to Estimate Leaching of Pesticides in Agricultural Soils. Environ. Poll. 67:325-347.

BEYCE, Ö., MADANOĞLU, K., ve AYLA, Ç., 1975. Tartılı Lizimetreyle Su Bütçesi, Mahsullerin Su Tüketimlerinin Tesbiti ve Deneysel Neticelerin Teorik Modellerle Mukayesesi. Mrk. TOPRAKSU Araş. Ens. Rap. Özet (1962-1974). Genel Yay. No:34, 213, Ankara.

BLAD, B. L., and ROSENBERG, N. J., 1974. Evapotranspiration by Subirrigated Alfalfa and Pasture In East Central great Plains. Agron. J. 66:248-252.

BOWEN, I. S., 1926. The Ratio of Heat Losses by Conduction and by Evaporation from any Water Surface. Phys. Rev., 27:779-787.

BUNYOLA, A., MUNYINDA, K., ve KARAMANOS, R. E., 1985. The Effect of Water and Nitrogen on Wheat Yield on a Zambian Soil. II. Evaluation of Irrigation Schedules. Comm. Soil Sci. Plant Anal. 16:43-53.

BURMAN, R. D., ve POCHOP L. O., 1994. Evaporation, Evapotranspiration and Climatic Data. Development in Atmospheric Science. Elsevier, the Netherlands, 22:278.

CAMPBELL, S., 1991. Campbell Scientific Bowen Ratio System Instruction Manual. 14-20 Field Street. Shepshed, Leics., LE12 9 AL, UK.. 16s.

CAMPBELL, S., 1995. Campbell Scientific Q-7 Net Radiometer User Guide. 14-20 Field Street, Shepsed, Leics., LE12 9 AL, UK., 12s.

CARGNEL, M. D., ORCHANSKY A. L., BREVEDAN R. E., LUAYZA, G., and PALAMO, R., 1996. Evaptranspiration measurements over a soybean crop. In: Camp CR, Sadler EJ, Yoder RE (Eds.), Evapotranspiration and Irrigation Scheduling, Proceedings of the International Conference, San Antonio, TX, 3-6 November. Am. Soc. Agric. Eng., St. Joseph, MI, pp. 304-308.

CELLİER, P., and OLİOSO, A., 1993. A simple system for automated Long-term Bowen Ratio measurement. Agric. For. Meterol. 66: 81-92.

CENTINARI, M., PONI S., FILIPPETTI I., MAGNANINI E., and INTRIERI C., 2009. Evaluation of an open portable chamber system for measuring cover crop water use in a vineyard and comparison with a mini-lysimeter approach. Agric. For. Meteorol. 149: 1975-1982.

ÇELİK, S., ve BALÇIN, M., 1995. Yozgat Yöresinde Buğday Su Tüketimi. K.H. Tokat Araşt. Enst. Genel Yayın No: 135.

DELİBAŞ, L., 1996. Sulama. Trakya Üniversitesi, Tekirdağ Ziraat Fakültesi YayınNo: 213, Ders Kitabı No:24,Tekirdağ.

DICKINSON, A., 1981. Lysimeter Design and Construction. Rota, London, 91s.

DOORENBOS, J., and PRUITT, W. O., 1977. Crop Water Requirements. Irrig. and Drain. Paper, FAO. Rome, 24:144.

EHLİNG, D. F., and LEMERT, R. D., 1976. Water use and productivity of wheat under five irrigation treatments. Soil Sci. Soc. Am. J. 40:750-755.

ERIE, L. J., FRENCH, O. F., BUCKS, D. A., and HARRIS, K., 1983. Consumptive Use of Water by Major Crops in the Southern United States. U.S.. Agric. Res. Serv. Conserv. Res. Rep. 29.

ERTAŞ, M. R., 1976. Konya Ovası Koşullarında Lizimetrelerde Bitki Su Tüketimleri.Topraksu Araşt. Enst. Yay. 43/30, Konya, 58 s.

_____, 1980. Konya Ovasında Buğdayın ve Şekerpancarının Lizimetrede Saptanan Su Tüketimleri. Konya Bölge Topraksu Araşt. Enst. Müd. Yayınları, 71/57, Konya.

EVREN, S., 1995. Iğdır Ovası Koşullarında Buğday Su Tüketimi ve Su-Verim İlişkileri. K.H. Erzurum Araşt. Enst. Genel Yayın No:55.

FAO, 1992. Production Yearbook 1991. Rome. 45.

FRİTSCHEN, L. J., 1966. Evapotranspiration rates of field crops determined by the Bowen ratio method. Agron J. 58, 339342.

FUCHS, M., and TANNER, C.B., 1970. Error Analysis of Bowen Ratio Measured by Differential Psychrometry. Agric. MeteoroL, 7:329-334.

GARDNER, F. P., PEARCE, R. B., and MITCHELL, R. L., 1985. Physiology of Crop Plants. lov/a Srate Univ. Press. 327 s.

GRANT, D. A., and MEÎNZER F. C., 1991. Regulation of Transpiration in Field-Grown Sugarcane: Evaluation of the Stomatal Response to Humidity with the Bowen Ratio Technique. Agric.For. Meteoro.53:169-183.

GÜNBATILI, F., 1980. Tokat-Kazova Koşullarında Buğdayın Su Tüketimi. K.H. Tokat Araştırma Enst. Genel Yayın No:45.

GÜNGÖR, H., ve ÖĞRETİR, K., 1979. Eskişehir Koşullarında Lizimetrede Yetiştirilen Şekerpancarı, Buğday, Mısır ve Patetesin Su Tüketimleri, Topraksu Genel Müdürlüğü Eskişehir.

GÜNGÖR, H., 1985. Lizimetreler. Topraksu Araşt. Ana Projesi. No.433'e Ek Talimat No. 5.1.2, Eskişehir, 16 s.

HARROLD, L. L., and DREİBELBİS, F. R., 1967. Evaluation of Agricultural Hydrology by Monolith Lysimeters. Tech. Bull. No: 1367. USDA-Washington, DC. 123 s.

HEATHERLY, L. G., MCMİCHAEL, B. L., and GİNN, L. H., 1980. Aweighing Lysimetere for Use in Isolated Field Areas. Agron. J. 72:845-847.

HELD, A., STEDUTO, P., ORGAZ, F., MATISTA, A., and HSIAO, T. C., 1990. Bowen Ratio Energy-Balance Tecnique for Estimating Crop Net CO2 Assimilation, and Cmparison with a Canopy Chamber. Theaor. Appl. Climatol. 42:203-213.

HILLEL, D., GAİRON, S., FALKENFLUG, V., and RAWİTZ, E., 1969. New Design of A low-Cost Hydraulic Lysimeter System for Field Measurement of Evapotranspiration. Israel J. Agric.Res. 19(2):57-63.

HOWELL, T. A., SCHNEİDER, A. D., and JENSEN, M. E., 1991. History of Lysimeter Design and Use for Evapotranspiration and Measurements. "In Lysimeters for Evapotranspiration Measurements" IR Div/ASCE/Honululu, HI/July 23-25, Ayrı Basım, 9.

HOWELL, T. A., STEINER, J. L., SCHNEIDER, A. D., EVETT, S. R., and TOLK, J. A., 1997. Seasonal and Maximum Daily Evapotranspiration of Irrigated Winter Wheat, Sorghum, and Corn-Southern High Plains. ASAE 40(3):623-634.

HSIAO, T. C., 1993. Plant Athmosphere Interactions, Evapotranspiration, and irrigation Scheduling. Course I.C.A.M.A.S. Bari, Italy, 148 s.

JENSEN, M. E., BURMAN, R. D., and ALLEN, R. G., 1990. Evapotranspiration and Irrigation Water Requirements. ASAE Rep. No. 70, New York, 331s.

JONES, H. G., 1983. Plants and Microclimate. A Quantitative Approach to Environmental Plant Physiology. Cambridge University Pres, London. 323 s.

KABAKÇI Y., NACAR A. S., ve İLKHAN A., 2002. Gap Eğitim Yayım ve Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Şanlıurfa.

KANBER, R., 1977. Çukurova Koşullarında Bazı Toprak Serilerinin Değişik kullanılabilir Nem Düzeylerinde Yapılan Sulamaların Pamuğun Verim ve Su Tüketimine Etkileri Üzerinde Bir Lizimetre Araştırması. Topraksu Kartografya Müd. Basımevi. Ankara. 169s.

_____, 1997. Sulama. Çukurova Üniversitesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Genel Yayın No: 174, Ders Kitapları Yayın No: 52, Adana.

_____, 1999. Sulama Ders Kitabı. 2. Baskı, Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Yayınları Adana. 174 (52):530.

KANBER, R., BAŞBUĞ, R., KÖKSAL, H., ve EYLEN, M., 1991. Farklı Toprak ve Kültürel Uygulama Koşullarında Etkili Yağışın Lizimetrelere Belirlenmesi. Doğa-Tr.J. of Agric. And Forestry, 15, s. 105-120.

KANBER, R., STEDUTO, P., ÜNLÜ, M., ÖDEMİŞ, B., ve ÇETİNKÖKÜ, Ö., 1998. Bitki Taç Odacıkları (Canopy Chamber) Tekniği ile Bitki Su Tüketiminin Belirlenmesi ve Mikrometeorolojik Yöntemlerle Karşılaştırılması. Tarım ve Orman Meteorolojisi Sempozyumu. İstanbul, 34-42 s.

KANEMASU, E. T., WESELEY, M. L., HİCKS, B. B., and HEİLMAN, J. L., 1979. Techniques for calculating energy and mass fluxes. In:Modification of the Aerial Environment of Crops. (Eds: Barfield, B. L., Gerber, J. F.) ASAE, St. Joseph, Michigan, s. 156-182.

KANG, S., ZHANG, L., LIANG, Y., HU, X., CAI, H., and GU, B., 2002. Effects o; Limited Irrigation on Yield and Water Use Efficiency of Winter Wheat in the Loess Plateau of China. Agr. Water Manag. 55:203-216.

KANG, S., GU, B., TAISHENG, D., and ZHANG, J., 2003. Crop Coefficient and Ratio of Transpiration to Evapotranspiration of Winter Wheat and Maize in a Semi-Humid Region. Agric. Water Mang. 59(3):239-254.

KARAATA, H., 1987. Harran Ovasında Buğday Su Tüketimi. K.H. Şanlıurfa Araşt. Enst. Genel Yayın No: 42.

KEKLİKÇİ, Z., BARUT, H., ve SEMERCİOĞLU, T., 2004. Çukurova Bölgesinde Yaygın Olarak Yetiştirilen Bazı Ekmeklik Buğday Çeşitlerinde Fosfor İhtiyacının Belirlenmesi. Eco-Conference 2002 Novi Sad Yugoslavia.

KIM, J., VERMA, B. S., and ROSENBERG, N. J., 1989. Energy balance and Water Use of Cereal Crops. Agr. And Forest Met.. 48:135-147.

KIRTOK, Y., 1997. Genel Tarla Bitkileri. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Ders Kitabı No:30, Adana, 114s.

KOÇ, A., 1999. Acreage Allocation Model Estimation and Policy Evaluations for Major Crops in Turkey, 99 WP-220, USA.

KOÇ, D. L., 2004. Çukurova Koşullarında Bowen Oranı Enerji Dengesi Yöntemiyle Buğday Su Tüketiminin Belirlenmesi. Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi. Adana, 34-40 s.

KOHNKE, H., DREİBELBİS, F. R., and DAVİDSON, J. M., 1940. A Survey and Discussion of Lysimeters and a Bibliography on Their Construction and Performance. USDA Misc. Publ. No. 374, Washington DC, May. 68 s.

KRİSTENSEN, K. J., and ASLYNG, H. C., 1971. Lysimeters With Rainfall and Soil Water Control. Nordic Hydrol. 11:79-92.

KRUSE, E. G., CHAMPİON, D.F., CUEVAS, D. L., YODER, R. D., and YOUNG, D., 1993. Crop Water Use from Shallow Saline Water Tables. Trans. of the ASAE, 36(3), 697-707.

KÜN, E., 1988. Serin İklim Tahılları. Ankara Üniversitesi Ziraat Fak. Yayın No:î032, A.Ü. Basımevi, 322 s, Ankara.

LIN-LI, Y., YUAN CUI, J., HUI ZHANG, T., and ZHAO, H. L., 2003. Measurement of Evapotraspiration of Irrigated Spring Wheat and Maize in semi-Arid Region of North China. Agric. Water Manag. 61:1-12.

LIU, C., ZHANG, X., and ZHANG, Y., 2002. Determination of Daily Evaporation and Evapotranspiration of Winter Wheat and Maize by Large-Scale Weighing Lysimeter and Micro-Lysimeter. Agr. And Forest Meteor. 111:109-120.

LOPEZ-URREA, R., OLALLA, F. M., FABERIO, C., and MORATALLA, A., 2006. An evaluation of two hourly reference evapotranspiration equations for semiarid conditions. Agric. Water Manage. 86: 277-282.

LOVELLI, S., PIZZA, S., CAPONIO, T., RIVELLI, A. R., and PERNIOLA, M., 2005. Lysimetric determination of muskmelon crop coefficients cultivated under plastic mulches. Agric. Water Manage. 72: 147-159.

MALEK, E., BINGHAM, G. E., and MCCURDY, G. D., 1990. Evapotranspiration from the Magrin and Moist Playa of a Closed Desert Valley. Journal of Hydrology, 120:110-115.

MALEK, E., BINGHAM, G. E., and MCCURDY, G. D., 1992. Continuous Measurement of Aerodynamic and Alfalfa Canopy Resistances Using the Bowen Ratio-Energy Balance and Penman-Monteith Methods. Boundary-Layer Meteorol. 59:187-194.

MALEK, E., and BINGHAM, G. E., 1993. Growing Season Evapotranspiration and Crop Coefficient. Manegement of Irrigation and Drainage Systems Integrated Perspectives. Am. Soc. Civil Eng. New YORK, 961-968.

MATA, M., GIRONA, J., GOLDHAMMER, D., FERERES, E., COHEN, M., and JOHNSON, S., 1999. Water relations of lysimeter-grown peach trees are sensitive to deficit irrigation. California Agric. 53(4): 17-21.

MATHER, J. R., 1950. Manual of Evapotranspiration. Publ. In Climatology. Interm Rep., 10(3):1-29.

MCLORY, I. C., and ANGUS, D. E., 1963. The Aspendale Multiple Weighed Lysimeter Installation. Div. Meteo. Phys. Paper No. 14, CSIRO, Australia, 27 s.

MITCHELL, R. L., 197O. Crop Growth and Culture.Iowa Statet Univ. Pres. USA,349 s.

MUSICK, J. T., and PORTER, K. B., 1991. Irrigation of Agricultural Crops. B.A. Stewart and D.R. Nielsen. Am. Soc. Of Argon., Inc. Number 30, Madison, Wisconsin, USA s:598-632.

ORTEGA-FARIAS, S. O., CUENCA, R. H., and ENGLISH, M., 1993. Hourly Reference Evapotranspiration by Bowen Ratio and Penman Methods. Manegement of Irrigation and Drainage Systems Integrated Perspectives. Am. Soc, Civil Eng, New YORK, 969-976 s.

OYLUKAN, Ş., 1967. Lizimetre Metoduyla Yoncanın Su Sarfiyatının Tespit Denemesinin Sonuç Raporu. 1964-1966. Topraksu Araş. Enst., Yay. No. 30, Eskişehir, 31 s.

_____, 1972. Buğdayın Su İhtiyacının Tespiti K.H. Eskişehir Araşt. Enst. Genel Yayın No:95.

ÖZBEK, H., DİNÇ, U., ve KAPUR, S., 1974. Çukurova Üniversitesi Yerleşim Sahası Topraklarının Detaylı Etüt ve Haritası. Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Yayınlan. Adana, 23(8): 149.

ÖZTÜRK, T., 2004. Meteroloji. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ders Kitabı No:32 (2.baskı). Samsun.

PETERSEN, R. G., and CALVIN, L. D., 1965. Samling Methods of Soil Analysis. Part 1, Agronomy series, Amer.Society of Agric.9:54-72.

PRUEGER, J. H., HATFIELD, J. L., KRISTIAN ASEA, J., and PIKUL, J. L., 1997. Bowen- Ratio Comparisons with Lysimeter Evapotranspiration. Agron. J. 89: 730-736.

PRUITT, W. O., SWANN, B. D., HELD, A. A., SUTTON, B., MATISTA, A., and HSIAO, T. C., 1987. Bowen Ratio and Penman: Australian-California Tests. In: Irrigation Systems for the 21st Century. Eds. L.G., James; M.J., English. ASCE. Portland, Oregon, 149-158 s.

REICOSKY, B. C., and PETERS, D. B., 1977. A Portable Chamber for Rapid Evapotranspiration Measurements on the Field. Argon. J., 69:729-732.

REICOSKY, D. C., SHARRAT B. S., LJUNGKULL, J. E., and BAKER, D. G., 1983, Comparison of Alfalfa Evapotranspiration Measured by a Weighing Lysimeter and a Portable Chamber. Agric. Meteorol., 28:205-211.

ROBERTS, M. J., LONG, S. P., TIESZEN, L. L., and BEADLE, C. L., 1985. Measurement of Plant Biomass and Net Primary Production. Techniques In: Bioproductivity and Photosynthesis. Eds. J., Coombs; D.O., Hall; S.P., Long; J.M.O., Scurlock. England, 1:1-24.

ROSENBERG, N. J., BLAD, B. L., and VERMA, S. B., 1983. Microclimate: the Biological Environment. John Wiley and Sons; New York. NY. 495 s.

ROSENGRANT, M. W., AGCAOLLİ-SOMBİLLA, M., and PEREZ, N. D., 1995. Global Food Projections to 2020: Implications for Investment. IFPRI, Washington, D.C.

ROTH, D., and GUNTHER, R., 1992. Comparison of Measured and Estimated Potential Evapotranspiration. Zeitschrift fur Kulturtechnik und Landentwicklung. 33:1, 13-22.

SAYLAN, L., 1995. Soya'da Evapotranspirasyonun Belirlenmesinde Bowen Oranı Enerji Dengesi ve Eddy Korelasyon Metotlarının Karşılaştırılması. Türk Tarım ve Ormancılık Dergisi. Ankara, 19:17-22.

SEZER, I., KURT, O., KÖYCÜ, C., 1998. Samsun Ekolojik Koşullarında Buğdayda Verim ve Bazı Verim Unsurlarına Farklı Ekim Sıklıkları ile Azotlu Gübre Doz ve Uygulama Zamanlarının Etkisi. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 13, 61-73.

SHARMA, R. C., MORGOUNOV, A. I., BRAUN, J. B., AKIN, B., KESER, M., BEDOSHVILI, D., BAĞCI, A., MARTIUS, C., and VAN GINKEL, M., 2009. Identifying High Yielding Stable Winter Wheat Genotypes for Irrigated Environments in Central and West Asia. Springer Science + Business Media B.V., 12s.

SINGH, P., and KUMAR, R., 1993. Evapotranspiration from Wheat under a Semi-Arid Climate and Shallow Water Table. Agr. Water Manag. 23: 91-108.

STEDUTO, P., and HSİAO, T. C., 1998. Maize Canopies Vndcr Two Soil Water Regimes. II. Seasonal Trends of Evapotranspiration. Carbon Dioxide Assimilation and Canopy Conductance, and as Related to Leaf Area Index.Agric. For. Meteorol., 89:185-200.

STEDUTO, P., ve ÇETİNKÖKÜ, Ö., 1999. Bitki-Atmosfer ilişkilerine Dayalı Evapotranspirasyon Yöntemleri. Bitki Su Tüketimirin Belirlenmesinde Kullanılan Yöntem Bilimi: İnceleme ve Değerlendirmeler Konulu Ulusal Çalışma Toplantısı. Adana, 61-84 s.

TANNER, C. B., 1967. Measurement of Evapotranspiration. In: Irrigation of Agricultural Lands. Eds. R.M. Hagen, T.W. ASA Monograph. 11:534-576, 11: 879-886.

TEKİNEL, O., ve KANBER, R., 1975. Lizimetrelerin Doldurulmasında Bozulmuş Toprak Örneklerinin Kullanılması Yolu İle Arazideki Doğal Toprak Profilinin Sağlanması Olanağı Üzerinde Bir Araştırma. Ç.Ü. Zir. Fak. Yıllığı 6. 1: 1 –24.

TEKİNEL, O., ve KANBER, R., 1978. Çukurova Koşullarında Pamuk Bitkisinin Fenolojik Görüşüne Göre Sulama Zamanının Saptanması Üzerinde Bir Araştırma. Ç.Ü. Zir. Fak. Yıllığı 9(1): 32-44.

TEKİNEL, O., ve KANBER, R., 1985. Pamuk Sulamasında Islatma Derinliğinin Verim ve Su Tüketimi Üzerindeki Etkilerinin İrdelenmesi. Doğa, Seri D2. 9(2): 196-203.

THORNWAİTE, C. W., and MATHER, J. R., 1955. The Water Balance. Lab. Of Climatol. John Hopkins Univ. Centerton, NJ. 104 s.

TMO, 2008. Türkiyede Buğday Üretimi, 2008 Yılı Hububat Raporu, S:63, Ankara.

TODD, R. W., KLOCHE, N. L., and ARKEBAUER, T. J., 1996. Latent heat fluxes from a developing canopy partitioned by energy balance-combination models. In: Camp CR, Sadler EJ, Yoder RE (Eds.), Evapotranspiration and Irrigation Scheduling, Proceedings of the International Conference, San Antonio, TX, 3-6 November. Am. Soc. Agric. Eng., St. Joseph, MI, pp. 606-612.

TODD, R. W., EVETT, S. R., and HOWELL, T. A., 2000. Latent Heat flux of Irrigated Alfalfa Measured by Weighing Lysimeter and Bowen Ratio-Energy Balance.

TYAGI, N. K., SHARMA, D. K., and LUTHRA, S. K., 2000. Determination of Evapotranspiration and Crop Coefficients of Rice and Sunflower with Lysimeter. Agric. Water Manage. 45: 41-54.

USSLS., 1954. Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils. Agriculture Handbook. USA, 60:160s.

UZUNOĞLU, S., 1996. Ankara Yöresinde Buğdayın Gerçek Su Tüketimi. Toprak ve Gübre Araşt. Enst. Genel Yayın No: 183.

ÜNLÜ, M., 2000. Çukurova Koşullarında Mikrometeorolojik Yöntemlerle Pamuk Su Tüketiminin ve Bitki Katsayılarının Belirlenmesi. Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı Doktora Tezi. Adana, 106 s.

ÜNLÜ, M., KANBER, R., DİKER, K., ve STEDUTO, P., 2001. Comparing Cotton Evapotranspirations Estimated by Micrometeorological and Water Budget Methods. Turk. J. Agric. For. 25: 329-335.

ÜNLÜ, M., KANBER, R., ve KAPUR, B., 2010. Comparison of soybean evapotranspirations measured by weighing lysimeter and Bowen ratio-energy balance methods. African Journal of Biotechnology 9(30): 4700-4713.

VAN BAVEL, C. H. M., and MYERS, L. E., 1962. An Automatic Weighing Lysimeter. Agrio. Eng., 43, 580-583, 586-588.

WIGHT, J. R., HANSON, C. L., and WRIGHT, J.L., 1993. Comparing Bowen ratioenergy balance systems for measuring ET. In: Allen RG, Van Bavel CMU (Eds.), Management of Irrigation and Drainage Systems, Integrated Perspectives. Am. Soc. Civil Eng., New York, pp. 953-960.

YADON, S.I., GOPHER, A., and ABOO, S., 2000. The Cradle of Agriculture. Science. (Çeviri. Tarımın Kökeni. Bilim ve Teknik Dergisi. S.64-65. Eylül 2000).

YAĞDI, K., 2002. Bursa Koşullarında Yetiştirilen Ekmeklik Buğday (*Triticum aestivum L.*) Çeşit ve Hatlarının Stabilite Parametrelerinin Saptanması Üzerine Bir Araştırma. Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 16, 51- 57.

YANG, S. L., YANO, T., AYDIN, M., KITAMURA, Y., and TAKEUCHI, S. 2002. Short term effects of saline irrigation on evapotranspiration from lysimeter-grown citrus trees. Agric. Water Manage. 56: 131-141.

ZEGGAF, A. T., TAKEUCHI, S., DEHGHANISANIJ, H., ANYOJI, H., and YANO, T., 2008. A Bowen Ratio Technique for Partitioning Energy Fluxes between Maize Transpiration and Soil Surface Evaporation. Agron. J. 100(4): 988-996.

ZHANG, Y. C., ROSSOW, W. B., and LACİS, A. A., 2004. Calculation of radiative fluxes from the surface to top of atmosphere based on ISCCP and other global data sets: Refinements of the radiative transfer model and the input data, 1- 27.

ÖZGEÇMİŞ

15/11/1978 yılında Tarsus'da doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Tarsus'da tamamladı. 1998 yılında başladığı Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü'nden 2002 yılında mezun oldu ve aynı yıl Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü'nde yüksek lisansa başladı. 2004 yılında eğitimine ara vermek zorunda kaldı ve 2008 yılında çıkarılan 5806 Sayılı Yasa'dan faydalanarak yüksek lisansa geri döndü. 2006 yılından beri Tarım Kredi Kooperatifleri Mersin Bölge Birliği'ne bağlı 255 Sayılı Tarsus Tarım Kredi Kooperatifi'nde Ziraat Mühendisi olarak çalışmakta.