BUHAR BASINÇ AÇIKLIĞININ UYDU VERİLERİYLE HESAPLANMASI

Mehmet ŞAHİN A[1],B.Yiğit YILDIZ B[1],H.Mustafa KANDIRMAZ C[1], Vedat PEŞTEMALCI D[1], Ozan ŞENKAL E[2]

[1] Çukurova Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Fizik Bölümü,
sahanmehmet2000@yahoo.com, yildizy@cu.edu.tr, mkandirmaz@cu.edu.tr, vedatp@cu.edu.tr
[2] Çukurova Üniversitesi Karaisalı Meslek Yüksek Okulu, osenkal@cu.edu.tr

ÖZET

Bu çalışmada, 2002 yılı Şubat, Nisan, Haziran, Temmuz, Ağustos ve Ekim aylarına ait NOAA–12, NOAA–14 ve NOAA–15 uyduları AVHRR verileri kullanılarak Adana için buhar basınç açıklığı(VPD) değerleri tahmin edilmiştir. İlk olarak Split-Window algoritması (Ulivieri ve arkadaşları(1992)) kullanılarak yer yüzey sıcaklığı değerleri hesaplanmıştır. Bu değerler yardımıyla buhar basınç açıklığı değerleri hesaplanmış ve yer ölçümleriyle karşılaştırılmıştır. Kök ortalama kare hatası(RMSE) ve korelasyon katsayısı(r) değeri sırasıyla 3.876mb ve 0.987 olarak bulunmuştur. Bu çalışma bize, yer ölçümü yapılmayan alanlar için buhar basınç açıklığının NOAA uydu görüntüleri kullanılarak küçük bir hata oranı ile tahmin edilebileceğini göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: *Yayınırlık, Split-Window Algoritması, Buhar Basınç Açıklığı*

CALCULATION OF VAPOR PRESSURE DEFICIT BY USING SATELLITE DATA

ABSTRACT

In this study, vapor pressure deficit(VPD) values were estimated for Adana using the AVHRR data of NOAA–12, NOAA–14 and NOAA–15 satellites corresponding to the months February, April, June, July, August and October. First, land surface temperature values were calculated using the Split-Window algorithm (Ulivieri at all (1992)). With the help of these values vapor pressure deficit values were calculated and compared with the ground-measured values. The root mean square error (RMSE) and correlation coefficient(r) values have been found as 3.876mb and 0.987, respectively. This study has shown us that, vapor pressure deficit values can be estimated with a low error rate for the areas where no ground-measurement exists.

Key Words: *Emissivity, Split-Window Algorithm, Vapor Pressure Deficit*

1. GİRİŞ VE ANA BÖLÜMLER

Global ekosistemin karışık olması, ölçülen veya hesaplanan meteorolojik özelliklerin farklılaşmasını ortaya çıkarmıştır. Hesaplanan özellikler genellikle belirli noktaların değerlerin belirlenmesinde yeterli olmasına rağmen inceleme yapılan alanların tamamında yetersiz kalmaktadır. Bu nedenle tamamen inceleme yapılan alanda istenilen meteorolojik özelliklerin hesaplamasına olanak veren çalışmaların yapılmasında ve gerekli olan algoritmaların geliştirilmesinde fayda vardır(Prince ve ark., 1998). Günümüzde geniş alanlara ait meteorolojik çalışmalar uydulardan faydalanılarak yapılmaktadır. Uydularla yapılan çalışmalar, meteorolojik istasyonlara bağlı olarak yapılan çalışmalara göre zaman, çalışma alanının büyüklüğü, verilerin elde edilme hızı, enerji ve kısa zamanda çalışmanın sonlandırılması bakımından avantajlıdır.

Uydu radyometreleri görünür, kızılötesi ve termal kızılötesi spektral bölgelerde yeryüzünü tarayarak veri akışını sağlarlar. Elde edilen veriler kullanılarak deniz ve yer yüzey sıcaklığı(Price,1984; Becker ve Li, 1990; Ulivieri ve ark.,1992; Sobrino ve ark., 1994) , buhar basınç açıklığı(Hay ve Lennon, 1999; Green ve Hay, 2002), atmosferik sütunda yağışa dönüşebilen su miktarı ve çiğ nokta sıcaklığı yer verilerine yakın değerde hesaplanabilmektedir. Hesaplanan bu meteorolojik değerler bitki yetiştiriciliği(Leonardi ve ark., 2000; Cunningham, 2006), atmosferdeki enerji ve CO_2 (Kellner, 2001; Xue ve ark.,2004) döngüsü, kuraklık analizi çalışmalarında kullanılmaktadır.

Çalışmada buhar basınç açıklığı uydu verilerine bağlı olarak hesaplanmış ve yer değerleriyle istatistiksel açıdan karşılaştırılmıştır.

1.1. AVHRR Algılayıcısının Termal Kanallarının Kalibrasyonu

NOAA/AVHRR algılayıcısının 4. ve 5. kanalarının(termal kanallar) kalibrasyonu, her kanal için parlaklık sıcaklık değerlerini bulunmak için yapılmaktadır. Bu amaçla, termal kanalların her bir ***i*** kanalı için ölçülmüş radyans enerji değeri, veri setinin level-1b formatında olmasından dolayı giriş verilerinin bir lineer fonksiyonu olarak eşitlik (1)'deki gibi yazılabilir.

$$E = A \times R_{LİN} + B \times R_{LİN}^2 + C \quad (1)$$

Burada E radyans enerji değeri, $R_{LİN}$ lineer radyans değeri, A, B ve C kanallara ait katsayılardır. Söz konusu katsayılar tablo 1, tablo 2 ve tablo 3 'te verilmiştir.

Sıcaklık Aralığı (ºK)	Kanal 4 (cm^{-1})	Kanal 5 (cm^{-1})
190-230	920.0158	836.6847
230-270	920.5504	837.0251
270-310	921.0291	837.3641
290-330	921.2741	837.5612

Tablo 1: NOAA-12/AVHRR algılayıcısının termal kanallarının merkezi dalgaboyu

Sıcaklık Aralığı (ºK)	Kanal 4 (cm^{-1})	Kanal 5 (cm^{-1})
190-230	928.2603	834.4496
230-270	928.8284	834.8066
270-310	929.3323	835.1647
290-330	929.5878	835.374

Tablo 2: NOAA-14/AVHRR algılayıcısının termal kanallarının merkezi dalgaboyu

	[15] KANAL 4	[16] KANAL 5
[17] A Katsayı	[18] 0.92378	[19] 0.96194
[20] B Katsayı	[21] 0.0003822	[22] 0.0001724
[23] C Katsayı	[24] 3.72	[25] 2.00

Tablo 3: NOAA-14/AVHRR algılayıcısının 4. ve 5. bantları için radyans düzeltme katsayıları

Radyans enerji değerlerinden parlaklık sıcaklığı değerlerine geçiş ters Planck ışıma eşitliği yardımıyla yapılmaktadır.

$$T = \frac{C_2 V}{\ln\left(1 + \frac{C_1 V^3}{E}\right)} \quad (2)$$

Burada T, E radyans değerine karşılık gelen ^{0}K cinsinden sıcaklık, V ölçüm yapılan kanalının merkezi dalgaboyudur (cm^{-1}). Bu değerler, NOAA–12 uydusu için tablo 1' de ve NOAA–14 uydusu için tablo 2' de yer almaktadır. Ayrıca C_1=1.1910659x10^{-5} mW/(m^2-sr-cm^{-1}) ve C_2=1.438833 cm-^{0}K değerlerinde birer sabittir. NOAA–12 ve NOAA–14 uyduları için tablo 1, tablo 2 ve tablo 3'deki değerler eşitlik (1) ve eşitlik (2)'de kullanılarak T değeri elde edilir. Elde edilen bu değere ayrıca sıcaklık düzeltmesi uygulanmaz ve bulunan değer her kanal için parlaklık sıcaklığı değeridir.

	Merkezi dalgaboyu	A	B
Kanal 4	925.4075	0.337810	0.998719
Kanal 5	839.8979	0.304558	0.999024

Tablo 4: NOAA-15 AVHRR uydusu için sıcaklık düzeltme ve merkezi dalgaboyu katsayıları

NOAA–15 uydusunun 4. ve 5. kanalları için parlaklık sıcaklığı değerini elde etmek için öncelikle T değeri elde edilmelidir. Eşitlik (2)' den elde edilen T değerine düzeltme uygulanması yapılmalıdır. Bu maksatla eşitlik (3) kullanılmaktadır. Eşitlik (3) için gerekli sabitler tablo 4'te verilmiştir. Burada en son, her termal kanal için elde edilen T_E değeri NOAA–15 uydusunun AVHRR/3 için elde edilen parlaklık sıcaklığı değeridir (Kidwell, 2008).

$$T_E = \frac{T - A}{B} \quad (3)$$

1.2.Yüzey Yayınırlık Değerlerinin Belirlenmesi

Yüzey yayınırlığı bir cismin ısı enerjisini cisimden dışarı ışık enerjisi olarak çevirebilme yeteneğidir ve 0 ile 1 arasında birimsiz olarak değer alabilir. Laboratuarlarda 8 ile 14 µm dalgaboyu aralığında yapılan birçok çalışmalara rağmen, genel olarak doğal yüzeylerin spektral yayınırlık dereceleri pek belli değildir. Bunun sebepleri ise NOAA-AVHRR verilerinde yayınırlık tespitinin zorluğu, verideki bir pikselin dünya yüzeyinde 1.1 x 1.1 km' lik bir alanı göstermesi ve bu alandaki yüzey bitki örtüsünün ve doğal olarak bitki örtüsüne bağlı olarak yayınırlık değerlerinin farklı olmasıdır(Wan ve Dozier, 1995). Yayınırlığının belirlenmesi ve ölçülmesinde kullanılan en başarılı metot, NDVI yardımı ile yayınırlığın belirlenmesidir. NDVI kavram olarak normalize edilmiş bitki indeksi demektir. Aşağıdaki şekilde formüle edilir(Srivastana ve ark., 1997).

$$NDVI = \frac{CH_2 - CH_1}{CH_2 + CH_1} \quad (4)$$

Buradaki CH_1 ve CH_2 değerleri NOAA uydusunun üzerindeki AVHRR sensörünün sırayla birinci ve ikinci kanal değerleridir. NDVI ve yayınırlık arasındaki bağıntıyı elde etmek için yapılan deneyler sonunda aşağıdaki logaritmik fonksiyon elde edilmiştir.

$$\varepsilon = a + b\log(\text{NDVI}) \quad (5)$$

Buradaki ε yayınırlık olmak üzere a ve b bağıntı sabitleri 8 – 14 µm aralığındaki spektral bölge için belirlenmiştir ve değerleri sırasıyla 1.0094 ve 0.047' dir (Van de Griend ve Owe, 1993).Yapılan çalışmalarda elde edilen sonuçlara göre yüzey sıcaklığının belirlenmesinde ortalama bir yayınırlık değerinin alınmasının gerektiği ve bu değerin 0.975 olduğu , 4. ve 5. bantların yayınırlık farkının ise -0.005 olduğu tespit edilmiştir (Caselles ve ark.,1997). Bu durumda iki farklı eşitliği elde etmek mümkündür.

$$\varepsilon = (\varepsilon_4 + \varepsilon_5)/2 = 0.975 \quad (6)$$

$$\Delta\varepsilon = (\varepsilon_4 - \varepsilon_5) = -0.005 \quad (7)$$

Yukarıdaki eşitlikler çözüldüğünde ε_4=0.9725 ve ε_5=0.9775 olarak bulunmaktadır. Bulunan bu değerlerle yer yayınırlığının, uzaktan algılama verileriyle yer yüzey sıcaklığı ve buhar basınç açıklığının hesabının doğruluğu üzerinde önemli bir etkisi vardır.

1.3. $T_{\text{Ulivieri-ark-1992}}$ Yer Yüzey Sıcaklığı Hesaplama Algoritması

Bu algoritma teorik olarak elde edilmiş Split-Window(SW) algoritmasıdır. Katsayılar uydunun kaydettiği yer yüzey radyans simülasyonundan elde edilmiştir. Düşey su buhar içeriği(W)<3 g cm^{-2} olduğu kabul edilerek algoritma aşağıdaki gibi yazılmıştır(Ulivieri ve ark, 1992).

$$T_{Ulivieri-ark-1992} = T_4 + 1.8(T_4 - T_5) + 48(1-\varepsilon) - 75\Delta\varepsilon \quad (8)$$

1.4.Buhar Basınç Açıklığının Hesaplanması

Atmosferdeki su buharına nem denir. Havadaki nem en çok buharlaşma ve kısmen de bitkilerdeki terleme ile oluşur. Atmosferde nemliliğin dağılışını etkileyen etmenleri buharlaşma, sıcaklık, yükseklik ve basınç olarak sıralamak mümkündür. Her sıcaklık değerinde buharlaşma gerçekleşse de sıcaklığın etkisi ile havanın nem alma kapasitesi artmaktadır. Dolayısıyla havanın daha fazla kütlede nem taşıma olanağı olacaktır. Basınçta nem miktarını önemli ölçüde etkileyen faktörlerdendir. Yüksek basınç alanlarında alçalıcı hava hareketi buharlaşmayı engeller. Çünkü alçalan havanın yoğunluğunun artması su buharının yükselmesini önler. Alçak basınç alanlarında ise yükselen havanın yoğunluğu daha az olacağı için buharlaşma daha kolaydır.

Atmosferdeki su buharının gaz halden sıvı ya da katı hale geçmesine yoğunlaşma denir. Yoğunlaşmanın temel nedeni sıcaklığın düşmesidir. Yoğunlaşma sırasında havanın soğukluğuna ve bölgenin iklimine bağlı olarak sis, çiğ, yağmur, dolu ve kar şeklinde yağış meydana gelir. Atmosferdeki buhar basınç açıklığının hesaplanması yer ve uydu verilerine bağlı olarak iki kısma ayrılmıştır.

1.4.1. Buhar Basınç Açıklığının Yer Verileriyle Hesaplanması

Belli bir sıcaklık değerinde, buharlaşma ve terleme yoluyla atmosfere karışan su buharı atmosferde kümelenmeye başlar ve buharlaşmaya veya terlemeye başladığı yüzey üzerine basınç uygular. Bu basınca buhar basıncı(VP), herhangi bir sıcaklıkta yüzey üzerinde buharlaşan ve yoğunlaşan sıvı miktarı biribirine eşit olduğunda, var olan buhar basıncına doyma buhar basıncı(SVP), buhar basıncı ile doymuş buhar basıncı arasındaki farka doyma açıklığı(SD) denmektedir. Söz konusu terimler arasındaki ilişki aşağıdaki şekilde formülüze edilmiştir(Unwin, 1980).

$$\log_{10} SVP = 9.24349 - \frac{2305}{T} - \frac{500}{T^2} - \frac{100000}{T^3} \quad (9)$$

$$SD = SVP - VP \quad (10)$$

Eşitlik (9)'daki T Kelvin derecesi cinsinden ölçüm yapılan bölgedeki toprak üstü hava sıcaklık değeridir. Bu denklem kullanılarak doyma buhar basınç(SVP) değeri hesaplanır. Çıkan sonuç, birim olarak milibar(mb) cinsindendir. Daha sonra SVP değeri ve buhar basıncı(VP) değerleri eşitlik (10) ' da kullanılarak doyma açıklığı(SD) hesaplanmış olur. Doyma açıklığı birimi mb olarak bulunur. Doyma açıklığına, aslında formülden de anlaşılacağı üzerine buhar basınç açıklığı(VPD) da denmektedir. Buhar basınç açıklığının tanımı yapılmak istenirse, nesne ve onu çevreleyen atmosfer arasındaki nem eksikliğinin ölçüsü olarak tarif edilebilir(Green ve Hay, 2002).

1.4.2. Buhar Basınç Açıklığının Uydu Verileriyle Hesaplanması

Eş zamanlı olarak kaydedilen AVHRR algılayıcısının parlaklık sıcaklıkları arasındaki farkla($Ch_4 - Ch_5$), atmosferik sütunda toplam yağışa dönüşebilecek su miktarı(U) arasında lineer bir ilişki olduğu gözlenmiş olup aşağıdaki şekilde formülüze edilmiştir(Eck ve Holben, 1994).

$$U = A + B(Ch_4 - Ch_5) \quad (11)$$

Buradaki A ve B sırasıyla değerleri 1.337 ve 0.837 olan sabitlerdir. Buradan elde edilen toplam yağışa dönüşebilen su miktarı değeri, yüzeye yakın bölgede çiğ nokta sıcaklığını elde etmek için kullanılır. Çiğ nokta sıcaklığı, doymuş haldeki atmosferin, basınç ve nem miktarı değişmeden, meydana gelen serinleme neticesinde nemin sis ve çiğ formunu alması sırasındaki sıcaklı değeridir. Çiğ nokta sıcaklığı eşitlik (12) yardımıyla bulunur(Smith, 1966).

$$Td(°F) = \frac{\ln U - ((0.113 - \ln(\mu + 1))}{0.0393} \quad (12)$$

Eşitlik (12)'deki $Td(°F)$, $°F$ cinsinden çiğ nokta sıcaklığı, μ enlem fonksiyonu olup Smith(1966) tarafından yapılan çalışmada 0 ile ±40 derece enlemleri arasında μ değeri 2.99 olarak bulunmuştur. Çiğ nokta sıcaklığı bulunduktan sonra sıcaklık birimi ºK cinsine çevrilmelidir. Eşitlik (13) kullanılarak buhar basınç açıklığı(VPD) hesaplanabilir. Fakat burada elde edilen VPD değerinin birimi kilopascal(kPa) olup yer verisi ile karşılaştırma yapmak için mb birimine çevrilmelidir(Prince ve Goward, 1995).

$$VPD = 0.611\left[\exp\left(17.27\frac{T_p - 273}{T_p - 36}\right) - \exp\left(17.27\frac{T_d - 273}{T_d - 36}\right)\right]$$

(13)

Yukarıdaki eşitlikte T_d, $°K$ cinsinden çiğ nokta sıcaklığı değeri ve T_p ise $°K$ cinsinden yer yüzeyi sıcaklığı hesaplama algoritmasıdır. Bu alanda günümüze kadar NOAA/AVHRR algılayıcısından faydalanılarak yapılan araştırmada(Hay ve Lennon, 1999; Green ve Hay, 2002) T_p için Price(1984) Split-Window algoritması kullanılmıştır. Fakat daha sonra yapılan araştırmalarda, Ulivieri ve arkadaşlarının(1992) geliştirdiği algoritmanın Price(1984) algoritmasına göre yer yüzey sıcaklığının hesaplanmasında daha iyi sonuç verdiği görülmüştür.

1.5.Uydu Verilerinin Değerlendirilmesi

Hesaplanan her büyüklük, baz alındığı bir birimin kaç katı olduğuna göre ifade edilerek sayısal özellik kazanır. Hesaplanan değerlerin, standart ölçütlere göre kritiği yapılarak değerlendirilmeleri yapılır. Değerlendirme neticesine göre hesaplanan değerlerin, ölçüm yapılan disiplinin niteliğine göre istenilen amaca ulaşılıp ulaşılmadığının kararına varılır.

Uydu çalışmalarında, uydudan elde edilen görüntüler çalışmanın özelliğine göre ön düzeltme çalışması yapıldıktan sonra çeşitli matematiksel algoritmalardan veya formülasyondan geçirilir. Formül kullanılarak elde edilen görüntünün değeri hesaplanan değerdir. Hesaplanan değer, yer değeri ile karşılaştırılır. Karşılaştırma yapmak için çeşitli istatiksel kurallar geliştirilmiştir. Bu kuralları aşağıdaki gibi sıralamak mümkündür:

1. $i = 1.....n$, olmak üzere v_i yer değerlerinin, e_i hesaplanan değerlerin oluşturduğu küme, $\bar{v}$ yer ve $\bar{e}$ hesaplanan değerlerin ortalaması, σ_v yer ve σ_e hesaplanan değerlerin standart sapmaları olmak üzere $\bar{v}$ ile $\bar{e}$ arasındaki fark eğilim(bias) olarak adlandırılır(Laurent ve ark., 1998).
2. Lineer korelasyon katsayısı r, aşağıdaki şekilde formülüze edilir(Kendall ve Stuart, 1963). Korelasyon katsayısı hesaplanan değerle, yer değeri arasındaki ilişkiyi gösterir. Bu ilişkiye göre yeni formüller üretilebilir. Fakat hesaplamada başarının değerlendirilmesi için yeterli değildir. Çünkü birinci hesaplamada elde edilen hata oranı oldukça yüksek olsa da, diğer hesaplamalarda de benzer hata oranı ile karşılaşılıyorsa korelasyon katsayısı oldukça başarılı sonuç verir.

B.

C. $$r = \frac{\sum_{i=1}^{n}(v_i - \bar{v})(e_i - \bar{e})}{n\sigma_v\sigma_e}$$

(14)

D.

3. Kök ortalama kare hatasının(RMSE) matematiksel ifadesine, hesaplanan değer ile yer değeri arasındaki uzaklaşmanın kesin ölçümü olarak bakılır. Aşağıdaki formülde elde edilen değerin az olması hesaplanan değerin o kadar başarılı olduğunun kanıtıdır. Genellikle kısa dönem çalışmalarının doğruluk analizinde kullanılır. Çalışmalarda kullanımı oldukça yaygındır(Laurent ve ark., 1998).

E.

F. $$RMSE = \left[\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(e_i - v_i)^2\right]^{\frac{1}{2}}$$

(15)

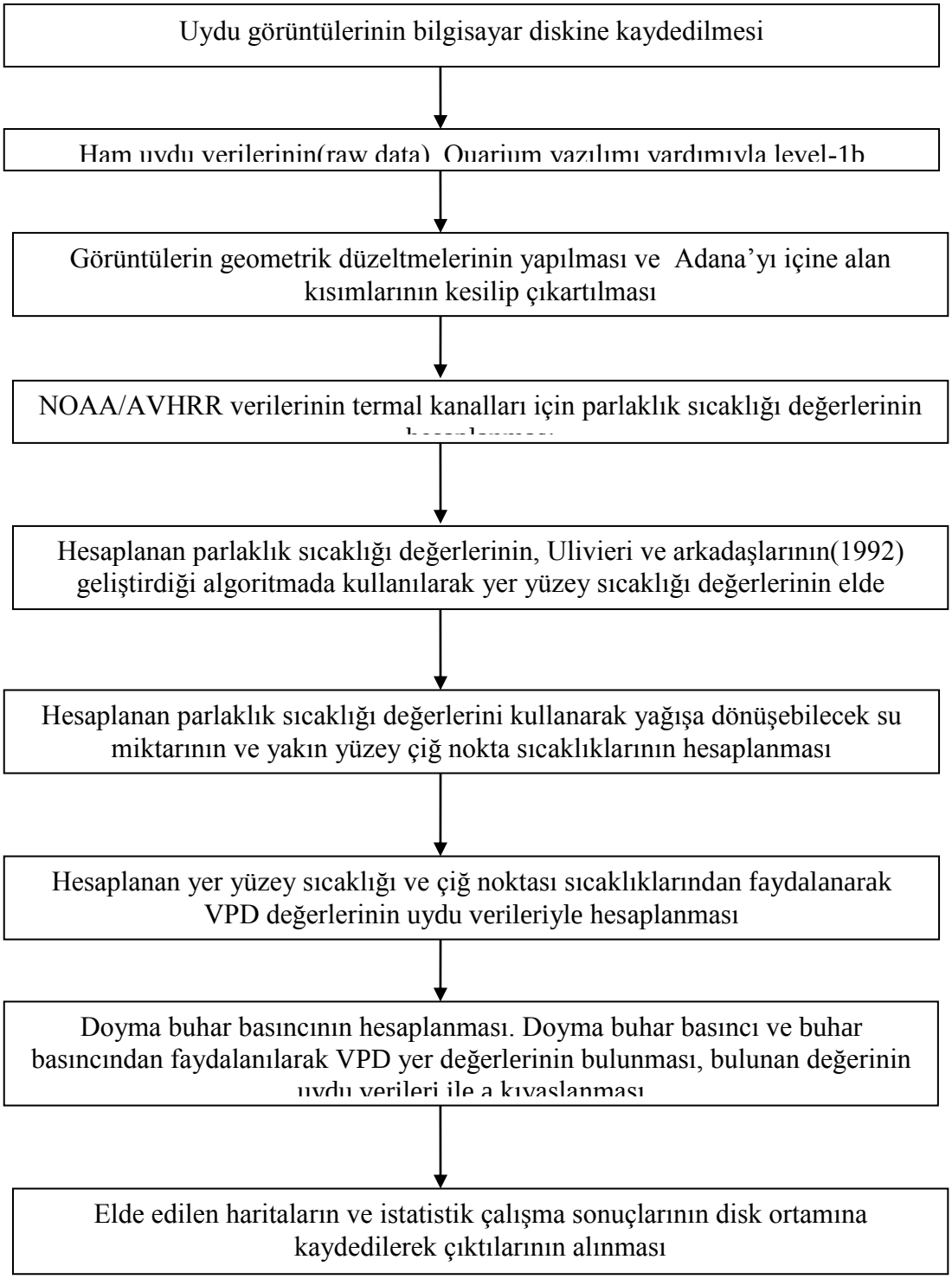
G.

2. SONUÇLAR

Buhar basınç açıklığının hesaplanmasında 2002 yılı seçilmiştir. Yıl içerisinde Şubat, Nisan, Haziran, Temmuz, Ağustos ve Ekim aylarına ait aylık bir görüntü, toplamda ise altı NOAA–12, NOAA–14 ve NOAA–15 görüntüsü çalışmada kullanılmıştır. Uydudan elde edilen görüntüler ham verileridir. Ham veriler öncelikli olarak Quarium yazılımı yardımıyla level-1b formatına dönüştürülmüştür. Görüntülerin geometrik düzeltmeleri yapılarak Adana'yı kapsayacak şekilde görüntüler kesilmiştir. Elde edilen görüntüden faydalanarak ve eşitlik (1),(2) ve (3)'ün kullanılmasıyla 4. ve 5. kanallar için parlaklık sıcaklığı değerleri elde edilmiştir. Parlaklık sıcaklığı değerleri eşitlik (8)'de kullanılarak Ulivieri ve arkadaşlarının(1992) geliştirdiği ($T_{Ulivieri-ark-1992}$)algoritmadan faydalanılarak yer yüzey sıcaklığı haritaları elde edilmiştir.

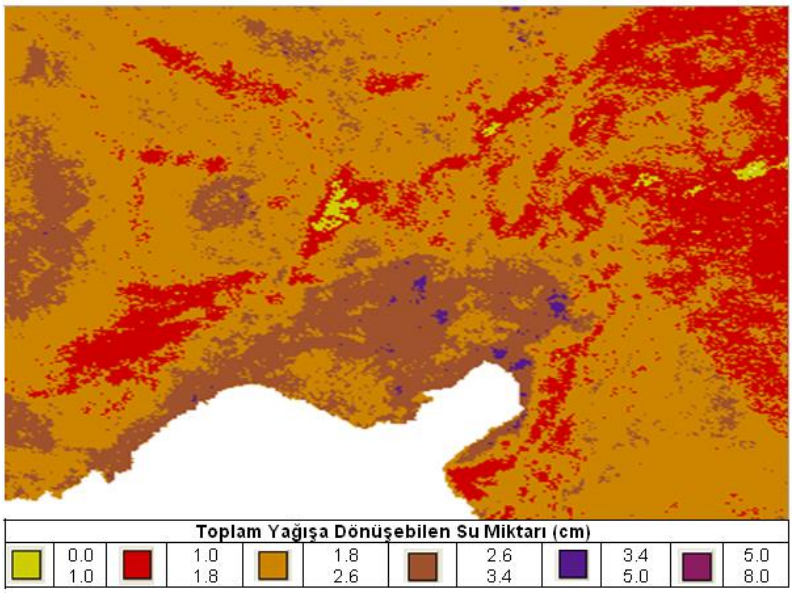
Termal kanallar için elde edilen parlaklık sıcaklık değerleri eşitlik (11)'de kullanılarak, atmosferik sütunda toplam yağışa dönüşebilecek su miktarı(U), eşitlik (12) yardımıyla yakın yüzey çiğ nokta sıcaklığı haritaları elde edilmiştir. Hesaplanan çiğ nokta sıcaklık birimi $°F$ cinsinden olduğu için $°K$ cinsine çevrilmiştir. VPD değerini hesaplamak için son aşamada, eşitlik(13) kullanılarak buhar basınç açıklığı(VPD) haritaları oluşturulmuştur.

Uydu tarafından hesaplanan buhar basınç açıklığının kıyaslanması yapılması için yer değerlerinin bilinmesi gerekmektedir. Bu nedenle eşitlik (9) ve (10) kullanılarak buhar basınç açıklığının(VPD) yer değeri hesaplanmıştır. Bulunan uydu ve yer değerlerinin istatistiksel kıyaslamasını yapmak için Adana ili baz alınmıştır. İstatistiksel kıyaslama yapabilmek içinde eşitlik (14) kullanılarak, VPD' nin yer ve uydu değerleri arasındaki korelasyon katsayısı hesaplanmıştır. Ayrıca eşitlik (15) kullanılarak kök ortalama kare hata(RMSE) değeri bulunmuştur. Tüm çalışmalarda uydu verileri ile buhar basın açıklığını hesaplamak için Envi 4.3 ve İdrisi Andes görüntü işleme paket programları kullanılmıştır.

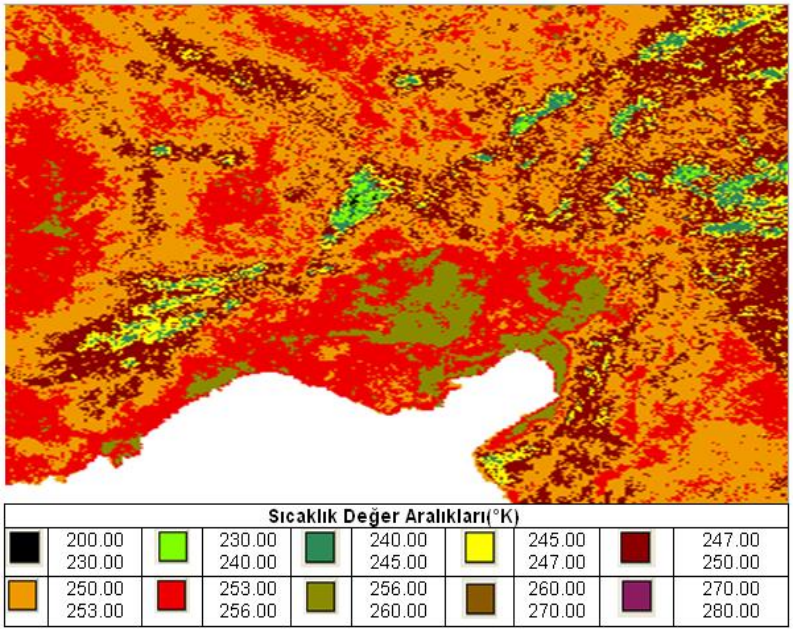


Şekil 1:VPD değerinin hesaplanmasındaki akış şeması

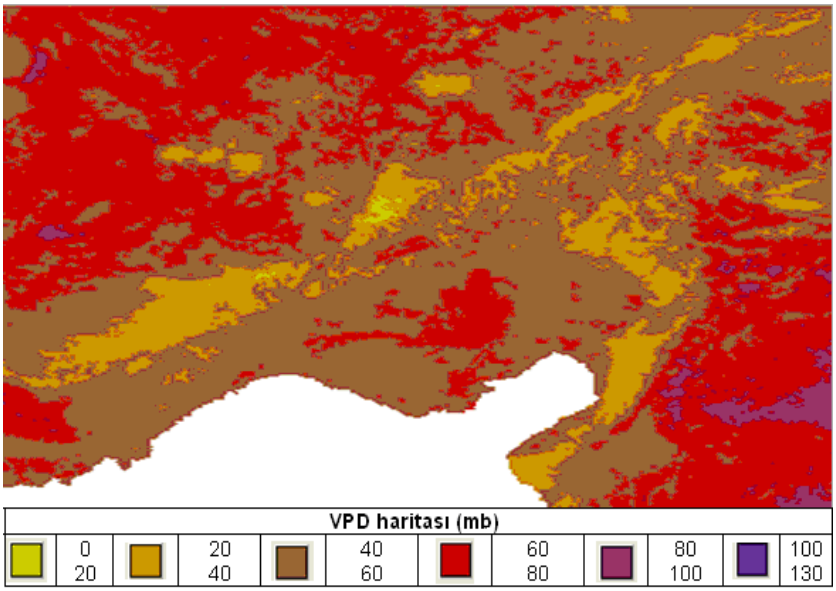
Şekil 1'deki sıra takip edilerek 11.08.2002 tarihinde yerel saatle 15:41' de elde edilen NOAA–12/AVHRR görüntüsünün kullanılmasıyla; toplam yağışa dönüşebilen su miktarı için elde edilen harita şekil 2'de, çiğ nokta sıcaklığı için elde edilen harita şekil 3'de ve buhar basın açıklığı(VPD) haritası şekil 4'te verilmiştir.



Şekil 2: Toplam yağışa dönüşebilen su miktarı



Şekil 3: Çiğ noktası sıcaklığı



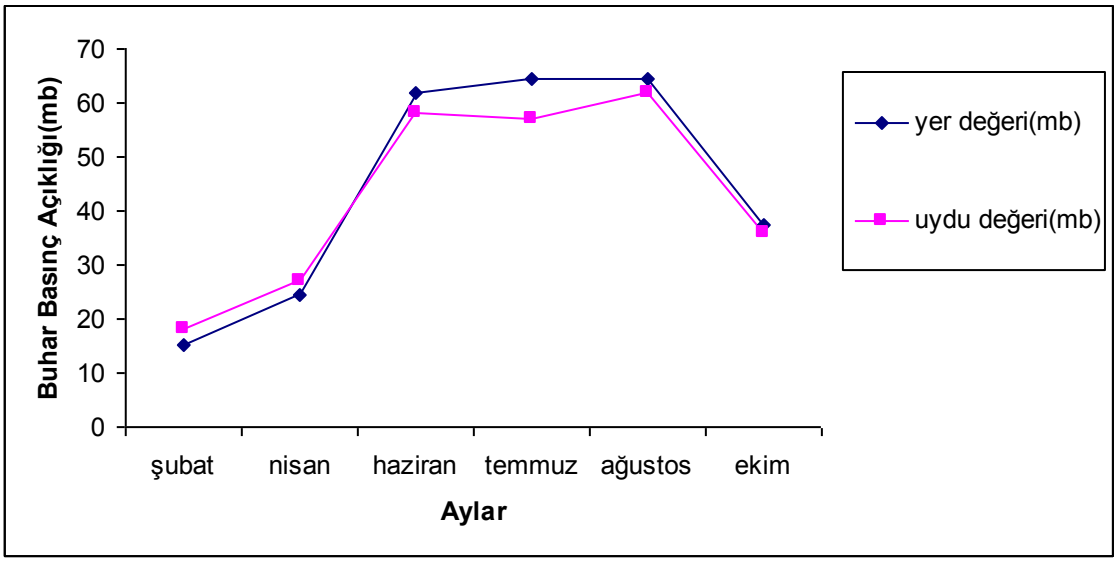
Şekil 4: VPD haritası

Ağustos ayı için yapılan çalışmalara Şubat, Nisan, Haziran, Temmuz, Ekim aylarından Adana'yı içine alacak şekilde birer görüntü daha seçilerek toplamda altı görünü ile çalışma yapılmıştır. Çalışmalarda kontrol noktalarına bağlı olarak elde edilen VPD' nin aylık değerleri tablo 5'te verilmiştir.

Aylar	Yer Değeri(mb)	Uydu Değeri(mb)
Şubat	15.22	18.00
Nisan	24.51	27.00
Haziran	61.70	58.00
Temmuz	64.38	57.00
Ağustos	64.46	62.00
Ekim	37.42	36.00

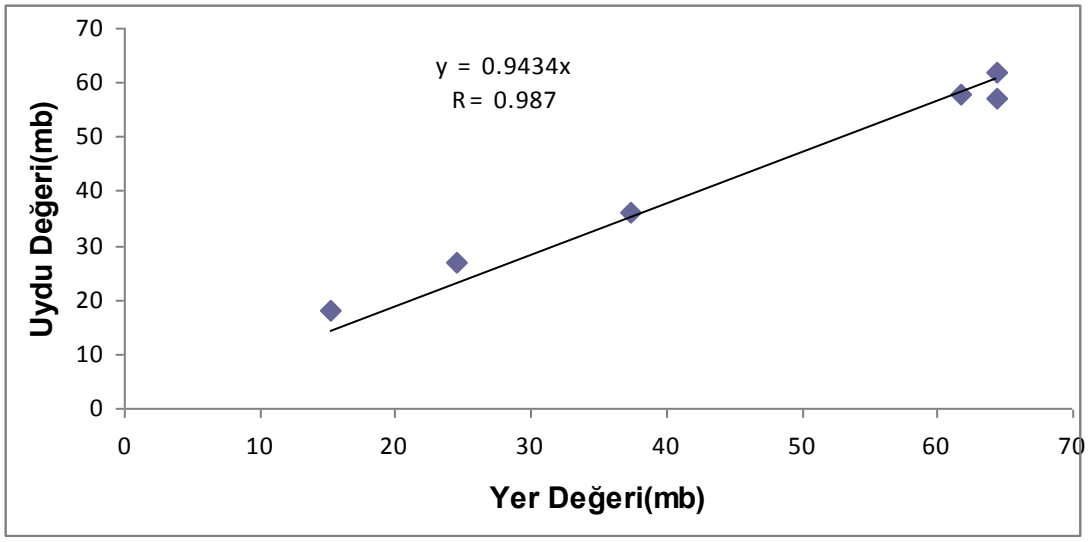
Tablo 5:VPD' nin yer ve uydu değerleri

Tablo 5'teki değerlerin kullanılmasıyla aylara bağlı olarak buhar basın açıklığının yer ve uydu değerlerinin değişimi izlenmiş ve şekil 5 oluşturulmuştur.



Şekil 5: VPD değerinin aylara göre değişimi

VPD değerinin yer ve uydu değerlerinin aylık bazda değişimi, incelendiğinde grafik değerlerinin birbirini yakın değerde takip ettiği görülmüştür. VPD değerinin uydu ve yer değerlerine bağlı olarak değişimini istatistiksel olarak incelemek için tablo 5'deki değerler kullanılarak, korelasyon katsayısı 0.987 olarak bulunmuştur.



Şekil 6: Atmosferik nem açıklığının uydu ve yer değerlerine bağlı değişimi

Ulaşılan bu sonuç, VPD değerinin hesaplanmasında uydu verileri ile yer verileri arasında güçlü bir ilişkinin olduğunu göstermektedir. Ayrıca yapılan çalışmada hata miktarını bulmak için RMSE değerinin hesaplanması gerekmektedir. Hesaplanan RMSE değeri 3.876 olarak bulunmuştur. Elde edilen bu değer, uydu verileriyle 3.876mb hata ile VPD değerinin hesaplanabileceğini göstermektedir.

Sonuç olarak bu çalışma bize, yer ölçümü yapılmayan alanlar için buhar basınç açıklığının NOAA uydu görüntüleri kullanılarak küçük bir hata oranı ile tahmin edilebileceğini göstermiştir.

KAYNAKLAR

BECKER, F.; LI, Z. L. (1990), "Towards a Local Split Window Method over Land Surface", *International Journal of Remote Sensing*,Vol.8,(1509-1522).

CASELLES,V.;COLL,C.;VALOR,E.(1997), "Land Surface Emissivity and Temperature Determination in the Whole Hapex- Sahel Area from AVHRR Data", *International Journal of Remote Sensing*, Vol. 18, (1009- 1027).

CUNNINGHAM, S.C.(2006), "Effects of Vapour Pressure Deficit on Growth of Temperate and Tropical Evergreen Rainforest Trees of Australia", *Actaoecologica*, Vol.30,(399–406).

ECK,T.F.; HOLBEN,B.N.(1994), "AVHRR Split-Window Temperature Differences and Total Precipitable Water over Land Surfaces", *International Journal of Remote Sensing*,Vol.15,(567-582).

GREEN,R.M.;HAY,S.I.(2002), "The Potential of Pathfinder AVHRR Data for Providing Surrogate Climatic Variables Across Africa and Europe for Epidemiological Applications", *Remote Sensing of Environment*,Vol.79,(166-175).

GREEN,R.M.;HAY,S.I.(2002), "The Potential of Pathfinder AVHRR Data for Providing Surrogate Climatic Variables Across Africa and Europe for Epidemiological Applications", *Remote Sensing of Environment*,Vol.79,(166-175).

HAY,S.I.; LENNON,J.J.(1999), "Deriving Meteorological Variables Across Africa for The Study and Control of Vector-Borne Disease: A Comparison of Remote Sensing and Spatial Interpolation of Climate", *Tropical Medicine and International Health*,Vol.4,(58-71).

KELLNER, E.(2001), "Surface Energy Fluxes and Control of Evapotranspiration from A Swedish Sphagnum Mire", *Agricultural and Forest Meteorology* ,Vol.110,(101–123).

KENDALL, M.A.;STUART,A.(1963),*The Advanced Theory of Statistics*, Griffin(Ed.), (1730).

KIDWELL, K. B.(2008), "NOAA KLM User's Guide", http://www2.ncdc.noaa.gov/docs/klm/html/c7/sec7-1.htm(18.05.2008).

LAURENT,H.;JOBARD,I.; TOMA,A.(1998), "Validation of Satellite and Ground-Based Estimates of Precipitation over the Sahel", *Atmospheric Research*, Vol. 47-48,(651-670).

LEONARDIA, C.; GUICHARDB, S.; BERTINB, N.(2000),"High Vapour Pressure Deficit Influences Growth,Transpiration and Quality of Tomato Fruits", *Scientia Horticulturae*,Vol.84,(285-296).

PRICE, J.C.(1984), " Land Surface Temperature Measurements from the Split Window Channels of the NOAA 7 Advanced Very High Resolution Radiometer", *Journal of Geophysical Research*, Vol. 89 ,(7231-7237).

PRINCE, S.D.; GOETZ, S.J.; DUBAYAH, R.O.; CZAJKOWSKI, K.P.; THAWLEY, M.(1998), " Inference of Surface And Air Temperature, Atmospheric Precipitablewater and Vapor Pressure Deficit Using Advanced Very High-Resolutionradiometer Satellite Observations: Comparison with Field Observations", *Journal of Hydrology* ,Vol.212-213,(230–249).

PRINCE,S.D.;GOWARD,S.N.(1995),"Global Primary Production–A Remote Sensing Approach", *Journal of Biogeography*,Vol.22,(815-835).

SMITH,W.L.(1966), "Note on the Relationship Between Total Precipitable Water and the Land Surface Dew Point",*Journal of Applied Meteorology*,Vol. 5,(726-727).

SOBRINO,J.A.; LI,Z.L.; STOLL,Z.P.; BECKER,F.(1994), "Improvements in the Split-Window Technique for Land Surface Temperature Determination" *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, Vol. 32, Issue 2, (243–253).

SRIVASTAVA, S. K. ;JAYARAMAN ,V. ;RAO ,P. P. N.;MANIKIAM, B.; CHANDRASEKHAR, M.G.(1997), " Interlinkages of NOAA/AVHRR Derived Integrated NDVI to Seasonal Precipitation and Transpiration in Dryland Tropics", *International Journal of Remote Sensing*, Vol.18,(2931-2952).

ULIVIERI, C. M.; CARTRONOUVO, M.; FRANCIONI, R.; CARDILLO,A.(1992), "A Split-Window Algorithm for Estimating Land Surface Temperature from Satellites", *COSPAR*, Washington D.C.(USA),27 August-5 September.

UNWIN,D.M.(1980), *Humidity Calculations and Tables: In Microclimate Measurement for Ecologists*, London & Co, London, (71-82).

VAN de GRIEND,A.A.; OWE,M.(1993), "On the Relationship Between Thermal Emissivity and the Normalized Difference Vegetation Index for National Surfaces", *International Journal of Remote Sensing*,Vol.14,(1119-1131).

WAN,Z.;DOZIER,J.(1995), "A Viewing-Angle Dependent Split-Window Method for Retrieving Land-Surface Temperatures from Space", *Geoscience and Remote Sensing Symposium, Quantitative Remote Sensing for Science and Applicationsapos; International* ,Vol.2, (1177 – 1179).

XUEA, Q.; WEISS, A.; ARKEBAUER, T. J.; BAENZIGER, P. S.(2004), " Influence of Soil Water Status and Atmospheric Vapor Pressure Deficit on Leaf Gas Exchange in Field-Grown Winter Wheat", *Environmental and Experimental Botany*,Vol. 51,(167–179).