

Buğdayın (*Triticum aestivum* L.) Gelişme Dönemleri ve Yaprak Alan İndeksinin Matematiksel Modellenmesi*

Metin MÜJDECİ¹

Alhan SARIYEV²

Veysel POLAT³

Geliş Tarihi: 08.03.2005

Öz: Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi deneme alanında üç yıllık (2000-2002) tarla denemeleri yürütülmüştür. Seri-82 buğday (*Triticum aestivum* L.) çeşidi ile yürütülen bu çalışmada, gelişme dönemleri ve yaprak alan indeksinin matematiksel modellenmesi yapılmıştır. Gelişme dönemlerinin (çıkış, kardeşlenme, sapa kalkma, bayrak yaprak, başaklanma, çiçeklenme ve fizyolojik olum) simülasyon değerleri ile ölçüm değerlerinin karşılaştırılması ve uygulanan istatistiksel değerlendirmelerin göstergeleri; (korelasyon katsayıları: 0.99-1.00, determinasyon katsayıları: 0.97-0.99 ve nispi hatalar: 8-12), tahmin edilen ve gerçek değerlerin birbirleriyle uyumlu olduğunu ortaya koymuştur. Benzer şekilde yaprak alan indeksine ilişkin tahmin edilen ve gerçek değerler arasındaki karşılaştırma sonucu elde edilen korelasyon katsayıları: 0.97-0.99, determinasyon katsayıları: 0.92-0.99 ve nispi hatalar: 12-58 arasında bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: Simülasyon, matematiksel modelleme, yaprak alan indeksi

Mathematical Modelling of Growth Periods of Wheat (*Triticum aestivum* L.) and Leaf Area Index

Abstract: Field experiment were carried out to mathematical modelling of growth periods and leaf area index (2000-2002) for three years with Seri-82 wheat cultivar (*Triticum aestivum* L.) in the University of Çukurova, Faculty of Agriculture Experimental Area. The values of simulation and real experimental values of the growth periods (emergence, tillering, stem elongation, stag leaf, ear emergence, flowering, and physiological ripening,) were compared to and applied statistical evaluations indications; (correlation constants 0.97-1.00, determination constants 0.92-0.99 and relative deviations 8-58 were found. The model results and measurement values for growth periods were correlated well with each other. Similarly, correlation constants, determination constants and relative deviations between the values of simulation and real experimental values of the leaf area index were found 0.97-0.99, 0.92-0.99, 12-58, respectively.

Key Words: Simulation, mathematical modelling, leaf area index

Giriş

Buğdayın toplam tarlada kaldığı süre, yazlık çeşitlerde 100-130 gün, kışlık çeşitlerde ise 180-250 gündür (Doorenbass ve Kassam 1979). Buğdayın gelişme dönemlerinin dikkatli bir şekilde izlenmesi, ilaç ve gübre uygulama zamanlarının daha doğru bir şekilde belirlenmesini sağlaması yanında verimle ilgili tahminlerin yapılmasına da yardımcı olmaktadır.

Fotosentezin büyük çoğunluğunun yapıldığı organ olan yaprakların ışıktan yararlanma oranı ve verim, yaprak alan indeksi ile yakından ilgilidir. Diğer çevre koşullarının sınırlı olmadığı bir ortamda, bitkisel üretim (madde birikimi), bitkinin yaşamı boyunca kullanabildiği ışık enerjisi miktarı tarafından belirlenmektedir. Yapraklar tarafından ne kadar enerjinin tutulabileceği ise yaprak alanının büyüklüğüyle de ilgilidir.. Bitki tür ve çeşidine göre farklılık gösteren yaprak alan indeksi, aynı zamanda bitki gelişme süresi boyunca da değişmektedir. Lawless ve ark. (2004), yaprak alanının zamanla değişimini simüle etmişlerdir.

Simülasyon, gerçek bir sistem için bir model kurma süreci olup, amacı ya sistemin davranışını anlamak veya sistemin işletilmesindeki farklı stratejileri değerlendirmektir (Sezgin 1999). Tüm bilim dallarında çeşitli matematiksel modeller ve simülasyon teknikleri geliştirilerek, yapılması zor ve fazla zaman alacak problemlerin çözümünde yararlanılmaktadır.

Modellemeye yönelik araştırmalarda gerçek değerlerin tahmininde başarılı sonuçlar alınmaktadır. Aksoy ve Sarıyev (1997), Çukurova koşullarında Diyarbakır-81 buğday çeşidinde potansiyel verimlilik ve aktif transpirasyon değerlerini belirlemek amacıyla, Cropsyst bitki gelişim modelini kullanmışlardır. Çalışma sonucunda, modelde belirlenen potansiyel verimlilik, yaprak alan indeksi, spesifik yaprak alanı, sap-yaprak oranı, solar radyasyondan yararlanma katsayısı gibi parametrelerde Cropsyst modeli hassas bulunmuştur. Çukurova ve Harran ovası koşullarında buğdayda azot-su-verim ilişkilerini belirleyen ve CERES-Wheat bitki büyüme

* Bu çalışma Doktora Tezinden alınmıştır.

¹ Süleyman Demirel Üniv. Ziraat Fak. Toprak Bölümü-Isparta

² Çukurova Üniv. Ziraat Fak. Toprak Bölümü, Balcalı-Adana

³ Çukurova Üniv. Adana Meslek Yüksek Okulu-Adana

modelini test eden Sezen (2000), modelin çiçeklenme ve fizyolojik olgunluk değerlerini gerçek değerlere yakın tahmin ettiğini belirtmiştir. Maksimum yaprak alan indeksini çiçeklenmeden önce pik değere ulaşmış ve tane dolum süresince giderek sıfıra doğru azalmıştır.

Bu çalışmada bitki gelişme dönemleri ve yaprak alan indeksinin modellenmesiyle; stoma iletkenliği, fotosentez hızı, transpirasyon hızı ve biyomas miktarının simülasyonla belirlenmesi sağlanarak yönetime ilişkin uygulamaların önceden planlaması ve bitkisel üretimde başarının artırılması amaçlanmıştır.

Materyal ve yöntem

Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü deneme alanında (37° 01' 08"-37° 01' 18" kuzey-35° 21' 45"-35° 21' 33" doğu) Menzilat serisi Alüviyal ana materyal üzerinde oluşmuş Entisol ordosunun Typic Xerofluvent alt ordosunda sınıflandırılan bir toprakta üç yıllık (2000-2002) tarla denemeleri yürütülmüştür. Tesadüf blokları deneme desenine göre 4 tekerrürlü olarak yürütülen denemede Seri-82 ekmeleklik buğday çeşidi materyal olarak kullanılmıştır.

Gelişme dönemleri, Zadoks büyüme skalasına (ZBS) göre belirlenmiştir (Zadoks ve ark. 1974). Buna göre parseldeki bitkilerin %80'i temel alınarak gelişme dönemlerinin (çıkış, kardeşlenme sapa kalkma, bayrak yaprak, başaklanma, çiçeklenme ve fizyolojik olum (hasat zamanı)) gerçekleştiği süreler belirlenmiştir. Bu verilerden yararlanılarak her döneme ilişkin ekimden itibaren geçen sıcaklık toplamları hesaplanmıştır. Bunun için $\sum(T-T_b)$ eşitliğinden yararlanılmıştır. Eşitlikte T: Günlük ortalama sıcaklık, T_b: Bazal sıcaklık=0 olarak değerlendirilmiştir.

Yaprak alan indeksi, birim alandan farklı zamanlarda alınan bitki örneklerinde belirlenmiştir. Yaprak yakacağından kesilerek elde edilen yaprak ayalarının iz düşüm alanı, LI-3200 (Licor, Inc.) cihazıyla ölçülerek saptanmıştır.

Modelin sayısal çözüm yöntemleri: Bitki gelişim modeli için DELPHI 5.0 bilgisayar programı kullanılmıştır. Program; meteorolojik veriler (maksimum hava sıcaklığı, minimum hava sıcaklığı, ortalama hava sıcaklığı), bitki türü, ekim tarihi, fizyolojik olum tarihi, maksimum yaprak alan indeksi, minimum yaprak alan indeksi ve yaprak alan indeksi sabitesi değerlerinin girilmesi sonrasında istenilen zaman diliminin seçilerek gelişme dönemleri ve yaprak alan indekslerinin belirlenmesi esasına göre çalışmaktadır.

Meteorolojik verilerin matematiksel modelle belirlenmesi için Poluektov ve ark., (1989) ve Sarıyev (1991) tarafından geliştirilen SIMONA bitki gelişim modeli kullanılmıştır.

Buğdayın ekim tarihinden fizyolojik oluma kadar geçen sürede günlük sıcaklık ve her dönem için gerekli

bazal sıcaklık değerleri kullanılarak her farklı gelişme döneminin modellenmesi gerçekleştirilmiştir (Bichle ve ark. 1980). Bu amaçla

$$\sum t(\tau) = \sum_{j=1}^{\tau} (t_j - t_0) \text{ eşitliği kullanılmıştır.}$$

Eşitlikte; t_j: j gününün ortalama hava sıcaklığı, τ: fizyolojik olgunluğa kadarki gün sayısı, t₀: faz değişimi için eşik sıcaklığını (t₀=0°C) .belirtmektedir.

Buğdayın arazi yüzeyini kaplamasından başlayarak maksimum yaprak alanı indeksine ulaşıldığı döneme (çiçeklenme dönemi) kadar geçen süreye ilişkin yaprak alanı indeksinin modellenmesinde; Poluektov (1991)

tarafından geliştirilen $\frac{dL}{dt} = rL(1 - \frac{L}{K})$ eşitliği temel alınmış ve bazı değişikliklerle elde edilen

$$L_t = \frac{L_{\max} * L_{\min} * e^{r_{\max} * t}}{L_{\max} + L_{\min} * (e^{r_{\max} * t} - 1)} \text{ eşitliğinden}$$

yararlanılmıştır.

Eşitlikte; t: gün sayısı, L_{max}: maksimum yaprak alan indeksi (m² m⁻²), L_{min}: minimum yaprak alan indeksi (m² m⁻²), r_{max}: yaprak alanı sabitesini (2000, 2001 ve 2002 yılları için sırasıyla 0.0855, 0.0155, 0.0555) .belirtmektedir.

Maksimum yaprak alan indeksine ulaşılmamasından sonraki döneme ilişkin yaprak alan indeksinin belirlenmesinde ise

$$L_t = \frac{L_{\max} * L_{\min} * e^{r_{\min} * t}}{L_{\min} + L_{\max} * (e^{r_{\min} * t} - 1)} \text{ eşitliğinden}$$

yararlanılmıştır.

Eşitlikte; r_{min}: maksimum yaprak alanına ulaşılmamasından sonrası için kullanılan sabite (0.0002199).

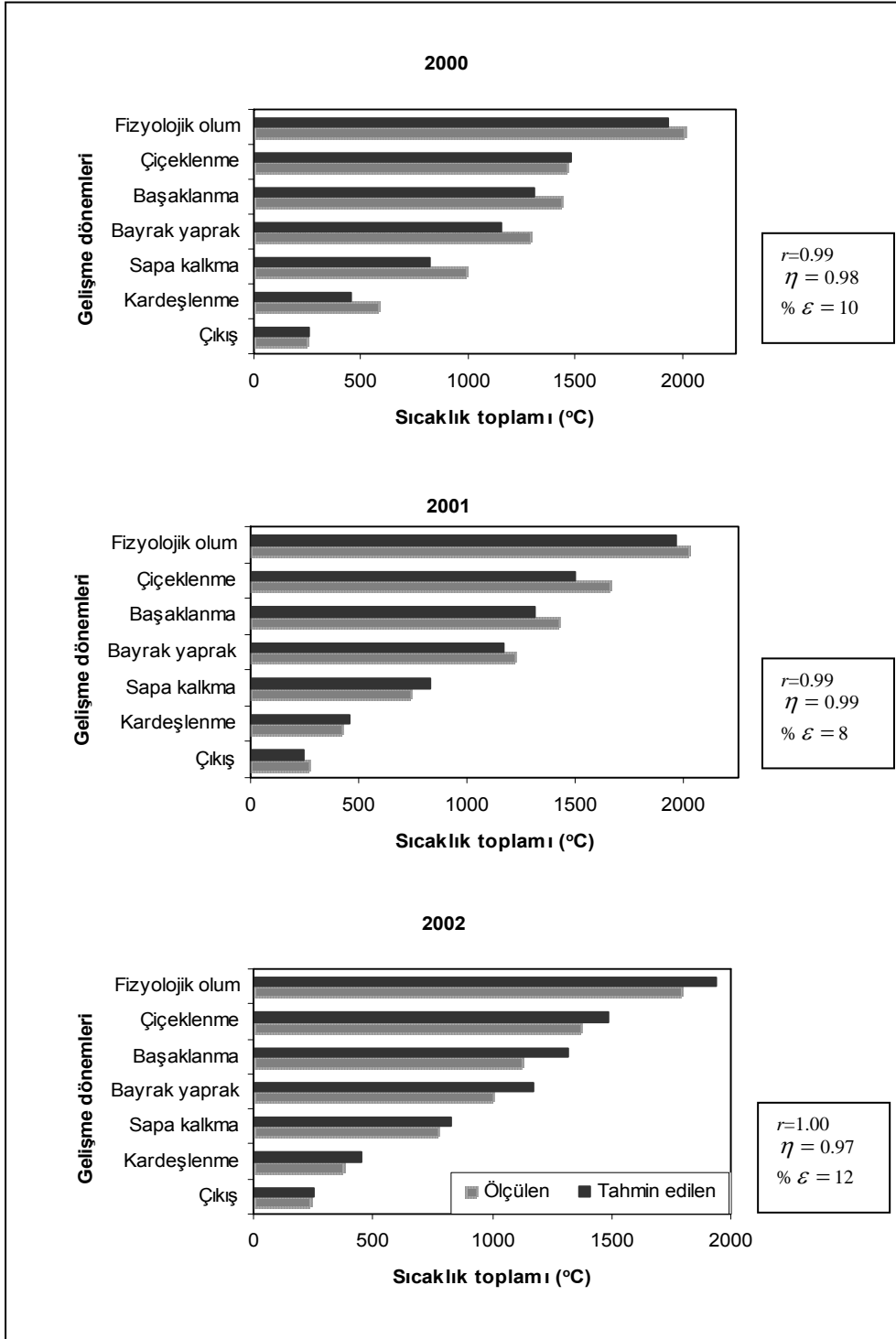
r_{max} ve r_{min} değerleri model değerlerinin ölçüm değerleri ile karşılaştırılması sonucu elde edilmiştir. r_{min} değerinin eşitlikte sonuca katkısı göz önüne alındığında her yıl için ayrı belirlenmesi anlamlı olmadığından ortalama bir değer kullanılmıştır.

Model değerleri ile ölçülen değerlerin karşılaştırılması ve uyumluluğun test edilmesinde korelasyon katsayısı (r), determinasyon katsayısı (η) ve nispi hata (% ε) verilerinden yararlanılmıştır (Kılıçbay 1986, Kleinbaum ve ark. 1998).

Bulgular ve Tartışma

Gelişme dönemleri: Ekim denemenin ilk yılında 10.12.1999, ikinci yılında 27.11.2000 ve üçüncü yılında 17.01.2002 tarihlerinde yapılmıştır. Çıkış ilk yıl ekimden 19 gün, ikinci yıl 18 gün ve üçüncü yıl 22 gün sonra gerçekleşmiştir. Buğday, denemenin ilk yılında 158, ikinci

yılında 149 ve üçüncü yılda 119 günde fizyolojik oluma gelmiştir. Üçüncü yıl deneme geç ekildiği için fizyolojik olum daha önce gerçekleşmiştir. Gelişme dönemlerine ilişkin bu sonuçların Doorenbas ve Kassam (1979) ve Sezen (2000) ile uyumlu olduğu görülmüştür. 2000-2002 buğdayın farklı gelişme dönemleri için ölçülen ve tahmin edilen değerler arasındaki ilişkiler Şekil 1'de gösterilmiştir.



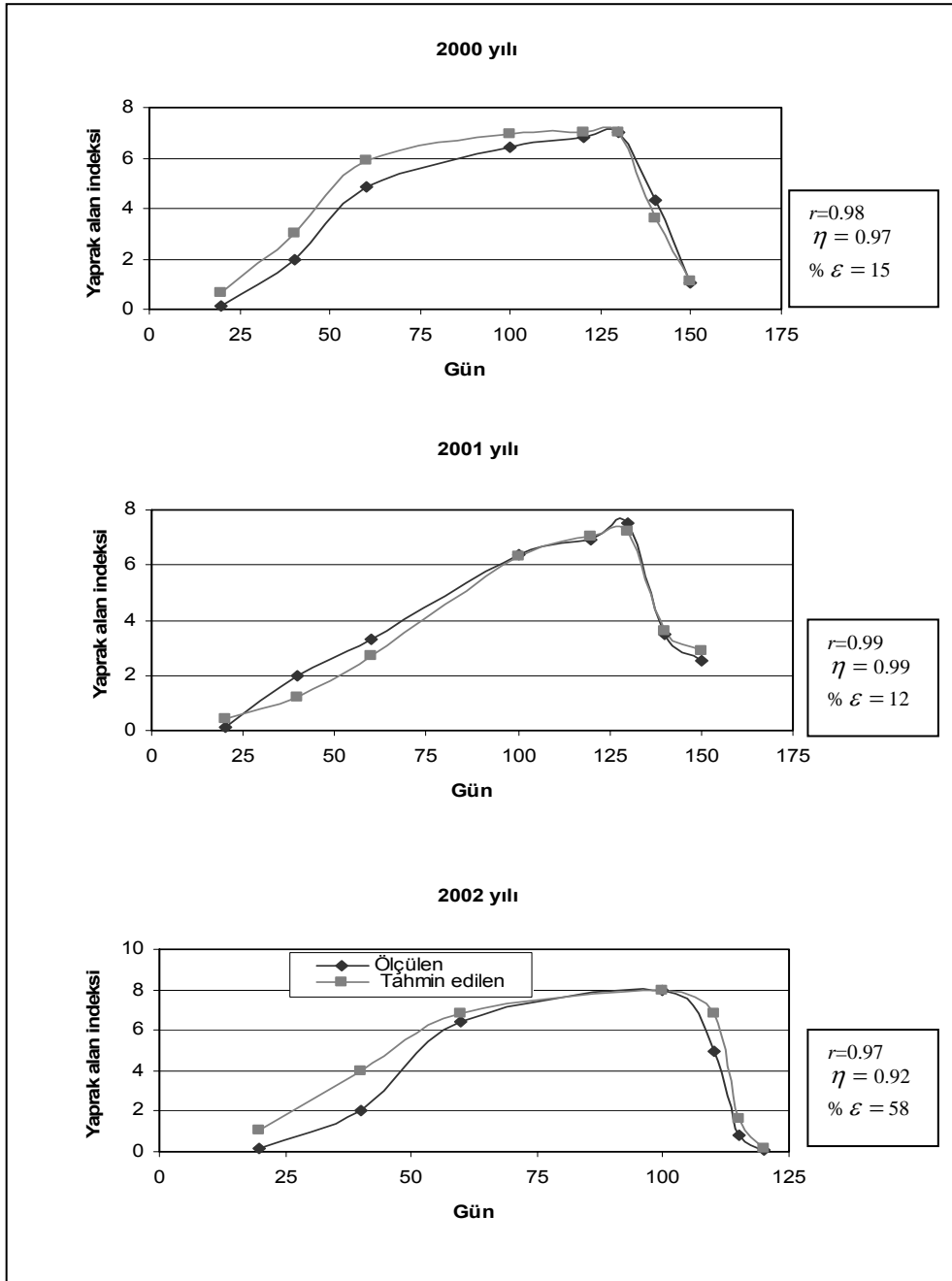
Şekil 1. Ölçülen ve tahmin edilen sıcaklık toplamı değerleri arasındaki ilişkiler

Farklı gelişme dönemleri için yıllara ilişkin ölçülen ve tahmin edilen sıcaklık toplamı değerleri arasındaki korelasyon katsayıları (r) 0.99, 0.99 ve 1.00, determinasyon katsayıları (η) 0.98, 0.99 ve 0.97 ve nispi hataları ($\% \varepsilon$), 10, 8 ve 12 olarak belirlenmiştir. Bu sonuçlara göre kullanılan modelin gelişme dönemlerinin tahmininde doğruya oldukça yakın değerler verdiği ifade edilebilir.

Yaprak alan indeksi: 2000- 2002 yıllarında buğday vejetasyon dönemlerine ilişkin yaprak alan indeksinin günlük değişimleri için ölçülen ve tahmin edilen değerler

arasındaki ilişkiler Şekil 2'de verilmiştir. Söz konusu değerler arasındaki korelasyon katsayıları (r) yıllar itibarıyla sırasıyla 0.98, 0.99 ve 0.97 ve determinasyon katsayıları (η) 0.97, 0.99 ve 0.92 olarak belirlenmiştir. Her üç yılda da tahmin edilen ilk değerlerin (20. günden önceki) yüksek olması nedeniyle bu değerlerin dışarda tutulmasıyla hesaplanan nispi hatalar ($\% \varepsilon$) sırasıyla 15, 12 ve 58 olarak bulunmuştur.

Maksimum yaprak alan indeksi değerlerine, her üç yılda da çiçeklenmeden önce ulaşılmış ve tane dolum süresince azalarak sıfıra yaklaşmıştır. Maksimum yaprak



Şekil 2. Ölçülen ve tahmin edilen yaprak alan indeksi değerleri arasındaki ilişkiler

alan indeksi ilk yıl 7, ikinci yıl 7.5 ve son yıl 8 olarak belirlenmiştir. Elde edilen bu değerlerin Aksoy ve Sarıyev (1997), Sezen (2000) ve Lawless ve ark. (2004) ile uyumlu olduğu görülmüştür.

İlk yıl ve ikinci yılda maksimum yaprak alan indeksi değerine 130 günde ulaşılırken son yıl sözkonusu değere ulaşılma süresi 100 gün olarak gerçekleşmiştir. Bazı dönemlerde yaprak alan indeksi değerinin ölçüm değerleri ile uyumluluğu oldukça zayıftır. Bu durum modelde sadece L_{max} , L_{min} ve r_{max} parametrelerinin kullanılmasıyla ilişkilendirilmektedir. Dolayısıyla modele biomas-yaprak alan indeksi ilişkisinin de dahil edilmesi daha doğru bir yaklaşım olarak değerlendirilmektedir.

Sonuç olarak, gelişme dönemlerinin ve yaprak alan indeksinin tahminine yönelik kullanılan modelin büyük çoğunlukla ölçülen değerlere çok yakın değerler verdiği ortadadır. Diğer taraftan yaprak alan indeksinin belirlenmesinde biomas-yaprak alan indeksi ilişkisinin de dahil edilmesiyle modelin hassasiyetinin artırılması mümkün olacaktır.

Kaynaklar

- Aksoy, H. ve A. Sarıyev. 1997. Çukurova bölgesinde Arık ve Menzilat toprak serilerinde Cropsyst modeli aracılığıyla Diyarbakır-81 buğday çeşidinde potansiyel verimliliğin hesaplanması. Çukurova Üniv. Fen Bilimleri Enstitüsü Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi 8:151-158.
- Bichle, S. H, H. A. Moldau and J. K. Ross. 1980. Mathematical Modeling of Plant Transpiration and Photosynthesis under Soil Moisture Stress. Gidrometoizdat.
- Brejnev, K. 1992. Kocene sutocnix norm prixodyasiy korotnovolnovori solnecnoy radiacii. Leningrad, AFI 76:28-31.
- Doorenbass, J. and A. H. Kassam. 1979. Yield Response to Water. Irrigation and Drainage Paper: 33, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy.
- Kılıçbay, A. 1986. Ekonometrinin Temelleri. İ.Ü. İktisat Fak. Yayınları.
- Kleinbaum, D. G., L. L. Kupper, K. E. Muller and A. Nizam. 1998. Applied Regression Analysis and Other Multivariable Methods. ISBN:0-534-209106, Duxbury Press, London.
- Lawless, C., M. A. Semenov and P. D. Jamieson. 2005. A wheat canopy model linking leaf area and phenology. European Journal of Agronomy 22: 19-32.
- Poluektov, R. A. 1991. Simulasyon of Agroecosystem Dinamics p.312, Gidrometoizdat, St-Petersburg, Russia.
- Poluektov, R. A., G. V. Kobilyanski, L. N. Kotovich and A. L. Sarıyev. 1989. Matematakal modelling energy and mass transfer in systems soil-plant-atmosphere. Naucno-Techniceskiy Bülletinpo Agronomiceskoy Fizike AFI 76: 3-18.
- Sezen, S. M. 2000. Çukurova ve Harran Ovası Koşullarında Buğdayda Azot-Su-Verim İlişkilerinin Belirlenmesi ve CERES-Wheat V3 Bitki Büyüme Modelinin Test edilmesi. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı, Doktora Tezi (yayınlanmamış) Adana.
- Sezgin, F. 1999. Simülasyon tekniği ve tarımda uygulanaşı. 3. Tarımda Bilgisayar Uygulamaları Sempozyumu (TBUS-3), 4-6 Ekim 1999, Çukurova Üniversitesi, Adana.
- Zadoks, J. C., T. T. Chang and C. F. Konzak. 1974. A decimal code for the growth stages of cereals. Weed Res.14: 415-421.

İletişim adresi:

Metin MÜJDECİ

Süleyman Demirel Üniv. Ziraat Fak. Toprak Bölümü-Isparta

e-posta: mujdecici@ziraat.sdu.edu.tr