

Buğdayda Çiçeklenme Dönemindeki Yaprak Alanı İndeksi ile Verim Arasındaki İlişkinin Çukurova Koşullarındaki Durumu

Müjde KOÇ, Celaleddin BARUTÇULAR
Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Adana-TÜRKİYE

Geliş Tarihi: 27.01.1999

Özet: Buğdayda çiçeklenme dönemindeki yaprak alanı indeksi (YAI) ile verim arasında genel olarak ikinci dereceden azalan bir ilişki mevcuttur. Optimum YAI, genotip ve çevre koşullarına göre değişebilmektedir. Başak ve dane büyümesinin çok hızlı bir şekilde gerçekleştiği Çukurova'da bu ilişkinin seyriyi saptamak amacıyla üç yıl süreyle tarla denemeleri yürütülmüştür. Denemelerde, YAI değerlerinde yeterince değişkenlik sağlamak için farklı genotipler ele alınarak değişik azot dozu ve ekim sıklığı uygulamaları yapılmıştır.

Polinomial regresyon analizleri, çiçeklenmedeki yaprak alanı indeksi (YAI) artışına bağlı olarak biyolojik verim (BV), dane verimi (DV) ve dane sayısının (DS) başlangıçta hızlı, daha sonra giderek azalan oranda bir artış göstererek 6.5-7.0 dolaylarında optimuma ulaşmış, daha yüksek YAI değerlerinde ise düşmüş olduklarını göstermiştir (R^2 değerleri sırasıyla 0.46**, 0.35** ve 0.39**). Dane ağırlığı (DA) ise YAI değişimlerinden önemli derecede etkilenmemiştir ($R^2=0.041$).

YAI-DV ilişkisinin, DS'nin bayrak yaprak alan indeksi (BYAI) değişimlerine bağlı olarak gösterdiği değişimlerden ($R^2=0.50$ **); yüksek BYAI değerlerinde DS'de ortaya çıkmış olan düşüşlerin ise, başak başına daneli başakçık sayısının azalmasından kaynaklandığı saptanmıştır. BYAI'deki artışlar DA'yı etkilememiştir ($R^2=0.035$).

Bulgular, yaprak büyümesinin aşırı bir şekilde teşvik edildiği koşullarda, başak büyümesinin olumsuz etkilenmesi sonucunda yeterince dane oluşturulamadığı için, belirli bir seviyeden sonraki yaprak alanından etkin bir şekilde yararlanılmadığını göstermiştir.

Relationship Between Leaf Area Index at Anthesis and Yield in Wheat Under Çukurova Conditions

Abstract: Wheat yields are closely related to leaf area index (LAI) at anthesis. The optimum leaf area index differs according to genotype and location conditions. Three field experiments were conducted to determine the pattern of the relationship between LAI at anthesis and yield in Çukurova, a region with an accelerated ear and grain growth. Different genotypes, seeding density and nitrogen doses were used to create a range of LAI.

Biological yield (BY) and grain yield (GY) increased quadratically in response to LAI values, with greater responses for BY ($R^2=0.46$ ***) than for GY ($R^2=0.35$ **). As LAI increased above 6.5-7.0 no more BY and GY increases occurred. The nature of the response of grain number (GN) to changes in LAI were similar to BY and GY. There was no remarkable relationship between grain weight (GW) and LAI ($R^2=0.041$ n.s.).

The relationship between LAI and GY was related to the relationship between the flag leaf area index (FLAI) and GN ($R^2=0.50$ **). GW was not significantly affected by FLAI values ($R^2=0.035$). The GN-reduction at higher FLAI values seems to be a result of a steady decrease in fertile spikelet number per ear.

The results show that when excessive leaf growth is promoted, leaf area cannot be used effectively after a certain level because insufficient grains develop as a result of ear growth towards anthesis being negatively affected.

Giriş

Yapraklar, ışık enerjisinin yakalandığı ve bitki büyümesi için gerekli olan metabolitlerin üretiminde kullanıldığı en önemli organlardır. Diğer çevre koşullarının sınırlı olmadığı bir ortamda, bitkisel üretim (madde birikimi), bitkinin yaşamı boyunca yakalayabildiği ışık enerjisi miktarı tarafından belirlenmektedir (1,2). Yapraklar tarafından ne kadar enerjinin tutulabileceği ise yaprak alanının büyüklüğüne bağlıdır. Bitki

popülasyonlarında yaprak alanının ölçüsü, bitki tacı toplam yaprak alanının, bitkiler tarafından kaplanmış olan toprak alanına oranı olan yaprak alanı indeksidir (3).

Buğday bitkisinde yaprak alanı indeksi (YAI), çıkıştan itibaren önce yavaş daha sonra ise hızlı bir şekilde artarak çiçeklenmeden 2-3 hafta önce en yüksek değerine ulaşır. Daha sonraki dönemlerde ise yaşlanma ile oluşan yaprak kayıpları sonucu giderek azalır. Buğdayda YAI ile bitki popülasyonunun net fotosentez hızı arasındaki ilişki genel

olarak bir doyum eğrisi şeklinde seyrederek (4, 5) düşük YAİ değerlerinde, net topluluk fotosentez hızı YAİ'ye paralel bir şekilde artar, daha yüksek değerlerde artış giderek azalan oranlarda gerçekleşir. Belirli bir aşamadan sonra ise yaprakların birbirini gölgelemesi, solunum kayıpları gibi nedenlerle YAİ artışları net fotosentezde daha fazla artış sağlayamaz. Benzer bir durum, çiçeklenme dönemindeki YAİ ile dane verimi arasında da geçerlidir. Optimum YAİ değeri çevre koşulları, çeşit ve uygulanan tarım tekniklerine göre değişmektedir (4, 5). Austin (6, 7) tarafından İngiltere'de kışlık buğday için yapılan hesaplamalar, su ve bitki besin elementlerinin kısıtlı olmadığı koşullarda çiçeklenme dönemindeki YAİ değerlerinin mevcut değerlerin aşağı yukarı iki katına (10-12) çıkarılabileceğini ve böylece hektara 12-14 tonluk dane verimine ulaşılacağı göstermektedir.

Çukurova'da ışık enerjisi miktarı, İngiltere'ye göre daha yüksek (6, 7, 8 ve 9' daki değerlerin karşılaştırılması) olmasına rağmen, dane veriminde yukarıda belirtilen değerlerin ancak yarısına ulaşabilmektedir. Girdi (gübre, ilaç, tohumluk miktarı v.b.) kullanımının oldukça yoğun olduğu, ancak su ihtiyacının tümünün yağışlardan karşılandığı Çukurova koşullarında ışık enerjisi kullanım etkinliğinin düşük oluşu nedenleri üzerinde durulmalıdır.

Sunulan bu çalışmada, dane verimi ile çok yakın ilişki gösteren, çiçeklenme dönemindeki YAİ ile biyolojik verim ve dane verimi arasındaki ilişkiler üzerinde durularak Çukurova koşullarında ışık enerjisinin maddeye dönüşümündeki kısıtlayıcı faktörlerin irdelenmesine çalışılmıştır.

Materyal ve Metod

Tarla denemeleri Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü deneme alanında yürütülmüştür. Denemelerin yürütülmüş olduğu taban arazinin toprakları kumlu-tınlı tekstüre sahip, alkali özellikte, çok kireçli, organik madde içeriği düşük topraklardır (10).

Akdeniz ikliminin hüküm sürdüğü Adana ili için, meteoroloji bültenlerinde denemelerin yürütüldüğü yıllara ait günlük enerji verileri elde edilememiştir. Ancak tartışmalarda literatürle iyi bir karşılaştırma olanağı sağlayan Emrahoğlu (9) tarafından ölçülmüş olan değerler esas alınmıştır. Denemelerin yürütüldüğü 1989-90 ve 1990-91 yetiştirme mevsimlerinde sıcaklıklar, uzun yıllar ortalamasına yakın seyretmiştir. 1988-89'da ise sıcaklıklar mart ayından itibaren diğer yıllar ve uzun yıllara göre daha yüksek olmuştur. Genel olarak mart

ayından önce gerçekleşen yağışların miktar ve seyri ise yıllara göre değişmiştir. Yağışlar ikinci yılda uzun yıllara benzerlik göstermiştir. Diğer iki yılda ise (ilk yılda şubat ayından itibaren üçüncü yılda ise sürekli olarak) daha kurak geçmiştir.

Ön ürün olarak sürekli pamuk yetiştirilmiştir. Pamuk hasadından sonra yapılan tohum yatağı hazırlığı sırasında toprağa hektara 50 (1990-91'de 100) kg P₂O₅ (% 42'lik Triple süper fosfat) karıştırılmıştır. Farklı miktarlarda uygulanan azot ise Amonyum nitrat (%26) formunda, dörde bölünerek 10, 21, 30 ve 50 Zadoks büyüme dönemlerinde verilmiştir.

Tarla denemeleri, 1988-89, 1989-90 ve 1990-91 yetiştirme mevsimlerinde iki ekmeçlik (Standart: Cumhuriyet-75, İleri Hat: ÇÜZTF10004) ve iki makarnalık (Standart: Balcalı-85, İleri Hat: ÇÜZFT00006) buğday genotipi ile yürütülmüştür. Genotipler farklı azot ve ekim sıklıklarında yetiştirilmiştir.

1988-89 ve 1989-90 yetiştirme mevsimlerinde uygulamalar bölünen bölünmüş parseller deneme desenine göre azot dozu (120 kg N ha⁻¹, 160 kg N ha⁻¹ ve 200 kg N ha⁻¹) ana parsel, ekim sıklığı (450 tohum m⁻², 650 tohum m⁻² ve 850 tohum m⁻²) alt parsel, çeşitler ise mini parsel olarak üç (1988-89) ve dört (1989-90) tekrarlamalı olarak kurulmuştur. 1991 yetiştirme mevsiminde ise deneme iki azot (120 kg N ha⁻¹ ve 200 kg N ha⁻¹) ve dört genotip ile (ekim sıklığı: 450 tohum m⁻²), tesadüf blokları faktöriyel deneme deseninde dört tekrarlamalı olarak kurulmuştur. Ekim, 10 Aralık 1988, 5 Aralık 1989 ve 27 Kasım 1990 tarihlerinde, sıra arası mesafesi 14.5 cm olan 8 sıralı parsel mibzeri ile 5 m boyundaki parsellere yapılmıştır.

Yürütülen bu çalışmalar sonucunda elde edilen biyolojik verim, dane verimi ve verim öğeleri ile ilgili bulgular Koç (11) tarafından daha önce yayınlanmıştır.

Sunulan bu çalışmada ise yaprak alanı ile verim arasındaki ilişkiler üzerinde durulmuştur. Ancak yaprak alanı ölçümlerinin çok fazla zaman alması nedeniyle denemelerde ele alınan konular ve tekerrürlerin tümünde yaprak alanı ölçümleri yapılamamıştır. Bu nedenle bu çalışma kapsamındaki değerlendirmelerde, sadece yaprak alanının ölçülebildiği konular (1988-89 ve 1989-90'da S450: 450 tohum m⁻², S850: 850 tohum m⁻², N120: 120 kg N ha⁻¹, N200: 200 kg N ha⁻¹; 1990-91'de ise S450, N120, N200) ve tekerrürler (üç) göz önüne alınmıştır.

Çalışma kapsamında yürütülen gözlem ve ölçümler, Coombs ve ark. (3) ile Bell ve Fisher (12) tarafından açıklanan yöntemler esas alınarak yapılmıştır.

Çiçeklenme döneminde yaprak alanı ölçülmüş; yaprak alanı İndeksi (YAI), Bayrak Yaprak Alan İndeksi (BYAI) ve Alt Yapraklar Alan İndeksi (AYAI) hesaplanmıştır. Yaprak alanı ölçümleri, her parselin ortadaki dört sırası üzerinde 50 cm'lik uzunluktan (4x50 cm), toprak yüzeyinden kesilerek alınan bitki materyalinde yapılmıştır. Yeşil olan yaprakların tek yüzeylerinin alanı, yapraklar kesildikten sonra, yaprak alanı ölçme aletiyle (AAM-5, Hayashi-Denko, Tokyo) ölçülüp; tüm örnek için bayrak yapraklar, alt yapraklar ve toplam yaprak alanı bulunmuştur. Bu değerler, örneklerin alınmış olduğu alana oranlanarak indeks değerleri hesaplanmıştır.

Olgunluk döneminde biyolojik verim(BV), dane verimi(DV) ve verim ögeleri belirlenmiştir. Her parselde, çiçeklenme döneminde örnek alınırken hiç dokunulmamış olan bölümün ortadaki dört sırasından alınan 50 cm' lik bitki örneklerinde, başaklar ve rastgele seçilen başaklarda (15-20) da başakcıklar sayıldıktan sonra, materyal 70°C'de 48 saat kurutularak ağırlık belirlenmiştir.

Harmanlama işleminden sonra elde edilen dane ürününden verim; alınan dane örnekleri üzerinden de dane ağırlıkları (DA) saptanmıştır. Dane sayısı (DS) ise verimin dane ağırlığına bölünmesiyle hesaplanmıştır.

YAI ile incelenen özellikler arası ilişkiler, bitki büyümesini tanımlamada yaygın olarak kullanılan Linear ($y=a+bx$) ve Polinomial ($y=ax^2+bx+c$) Regresyon eğrileri ile uyumları yönünden incelenmiştir. Varyans analizleri MSTATC, Regresyon analizleri ise StatView istatistik paket programı kullanılarak yapılmıştır.

Bulgular ve Tartışma

Buğdayda dane veriminin düzeyi, bitkinin ne kadar üretebildiğine, ürettiğinden ne kadarını tükettiğine, geriye kalanı hangi oranda ne kadar sayıda daneye, hangi hız ve sürede taşıyabildiğine bağlıdır. Bu nedenle bitkinin yetiştirildiği ortamda üretim, tüketim, taşınma ve kullanım (veya depolama) ilişkilerini optimize edebilecek koşulların sağlanması gerekmektedir. Koşulların, çiçeklenmeden önce yeterli sayıda dane ve optimal büyüklükte asimilasyon alanının oluşturulmasına; çiçeklenmeden sonra ise mevcut asimilasyon alanının etkin bir şekilde çalışabilmesine elverişli olması gerekmektedir.

Dane verimi (DV) ile çiçeklenme dönemindeki yaprak alanı indeksi (YAI), bayrak yaprak alan indeksi (BYAI) ve alt yaprakların alan indeksi (AYAI) ile ilgili bulgular Tablo 1'de verilmiştir. Dane verimi ile ilgili bulgular üzerinde; bu bulguların, Tablo 1'de belirtilmiş olan uygulamalar dışındaki uygulama (N160, S650) ve tekerrürlerin de göz önüne alınarak kapsamlı bir şekilde

daha önce yayınlanmış (11) olması nedeniyle, ayrıntılı bir şekilde durulmamıştır. Ele alınan uygulama koşullarında genotipler arasında verim yönünden net farklar ortaya çıkmazken azotun olumlu etkisi önemsiz düzeyde kalmış, ekim sıklığının olumsuz etkisi ise sadece ikinci yılda istatistiksel yönden önemli bulunmuştur.

YAI değerleri yıllara göre büyük değişim göstermiştir (Tablo 1). Denemenin ilk yılında, ele alınan dört genotipten iki ıslah hattında diğer iki ticari çeşide göre daha yüksek YAI değerleri saptanmıştır. İkinci yıldaki, nedeni net olarak açıklanamayan interaksiyonlara rağmen genotipler diğer iki yılda da benzer eğilimler göstermiştir. Azot dozu ve ekim sıklığındaki artışların YAI' de, istatistiksel yönden her zaman önemli olmasa da, artışlara neden olduğu; yüksek azot dozunda sıklığın etkisinin ortadan kaybolduğu belirlenmiştir. YAI'de saptanan ilişkiler, BYAI ve AYAI'de genel olarak benzer kalmıştır. YAI yönünden ortaya çıkmış olan farkların verime birebir yansımaysı, yaprak alanı-verim ilişkilerinin irdelenmesi gereğini göstermiştir.

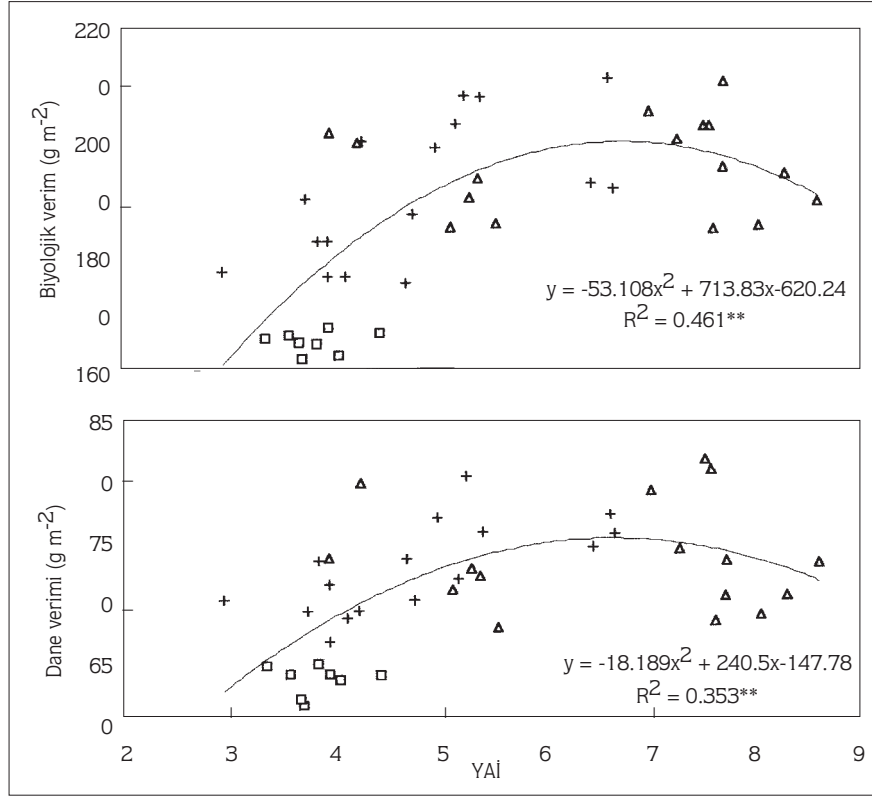
Tablo 1'den görüldüğü gibi, çalışma kapsamında saptanmış olan yaprak alanı indeksi değerleri, yaprak alanı indeksi-verim ilişkilerinin tartışılmasına olanak sağlayabilecek kadar geniş sınırlar arasında değişmiştir. Ayrıca çeşitler ele alınarak ayrı ayrı yürütülen testler (sonuçlar verilmemiştir), yaprak alanı ile verim ve ögeleri arasındaki ilişkiler yönünden çeşitlerin eğilimlerinin, çalışma kapsamında ele alınan genel eğilimlere benzer olduğunu göstermiştir.

Çiçeklenme dönemindeki YAI ile biyolojik verim (BV), dane verimi (DV), dane verim ögeleri dane sayısı (DS) ve ağırlığı (DA) arasındaki ilişkileri tanımlayabilmek için linear ve polinomial regresyon eğrileri ayrı ayrı test edilmiştir. Yukarıda söz konusu edilen ilişkilerin tümünde ikinci dereceden azalan bir ilişki, doğrusal ilişkiye göre daha yüksek bir uyum sağladığından değerlendirmelerde ikinci dereceden ilişkiler üzerinde durulmuştur.

Çiçeklenme dönemindeki YAI ile BV ve DV arasındaki Şekil 1'de verilmiş olan ikinci dereceden ilişkilerden de görüldüğü gibi 4.5-5.0'den küçük YAI değerlerinde biyolojik verim ve dane verimi, YAI değerlerindeki artışa paralel olarak artmıştır. Daha sonraki artışlar azalan oranlarda gerçekleşmiş, 6.5-7.0'de optimum değerlere ulaşılmıştır. DV'ye göre BV, YAI değişimlerine daha büyük tepki göstermiştir (DV: $R^2=0.35^{**}$, BV: $R^2=0.46^{**}$). İlişkilerin quadratik bir seyir izlemesi, çalışmada YAI değerlerinin yeterince yüksek değerlere ulaşabildiğini ve dolayısıyla optimum YAI değerlerini yakalama olanağının sağlandığını göstermektedir. YAI değerleri için bu çalışmada saptanmış olan en yüksek değerler,

Tablo 1. Denemelerin yürütüldüğü 1988-89, 1989-90 ve 1990-91 yetiştirme mevsimlerinde iki farklı azot dozu ve ekim sıklığında incelemeye alınan dört buğday genotipinde verim ve yaprak alanı indeksi ile ilgili değerler.

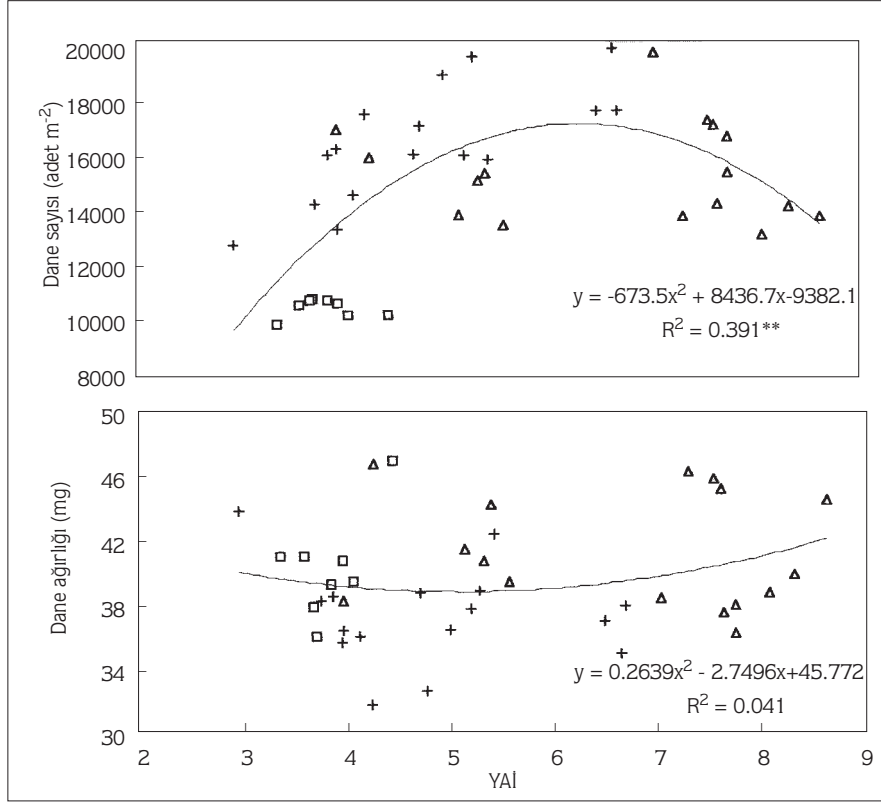
Genitopler	1989						1990						1991				
	N 120		N 200		S 450	S 850	N 120		N 200		S 450	S 850	N 120		N 200		
	S 450	S 850	S 450	S 850			S 450	S 850	S 450	S 850			S 450	S 850	\bar{x}	\bar{x}	
Dane vermi (g m ⁻²)																	
Cumhuriyet-75	520	532	685	533	602	533	567	619	505	610	552	614	529	571	445	389	417
Balcalı-8	553	575	660	616	606	596	601	741	606	759	566	750	586	668	428	446	437
ÇÜZFT 10004	482	549	751	633	616	591	604	588	521	726	510	657	516	586	378	420	399
ÇÜZFT 00006	613	656	686	583	650	620	635	628	560	775	551	702	576	639	427	428	428
\bar{x}	542	578	695	591	619	585		644	558	718	545	681	551		420	421	
	560		643					601		631							
E.G.F _{0,05}	ö.d.						S: 98.7						ö.d.				
Bayrak yaprak alanı indeksi (BYAI)																	
Cumhuriyet-75	1.79	1.58	1.61	1.79	1.69	1.69	1.69	1.14	2.11	2.61	2.88	1.88	2.50	2.19	0.99	1.26	1.13
Balcalı-8	0.98	1.53	1.91	1.76	1.45	1.65	1.55	1.25	2.52	1.82	1.27	1.54	1.89	1.71	0.72	0.71	0.71
ÇÜZFT 10004	1.27	1.70	1.73	2.33	1.50	2.02	1.76	1.80	3.54	1.77	2.68	1.79	3.11	2.45	0.94	1.08	1.01
ÇÜZFT 00006	1.27	2.58	2.23	1.83	1.75	2.21	1.98	1.87	1.48	1.81	2.65	1.84	2.07	1.95	1.09	1.06	1.08
\bar{x}	1.33	1.85	1.87	1.92	1.60	1.89		1.52	2.41	2.00	2.37	1.76	2.39		0.94	1.03	
	1.59		1.90					1.97		2.19							
E.G.F _{0,05}	ö.d.						S: 0.388, G: 0.412, NxG: 0.583, SxG: 0.584, NxSxG: 0.825						ö.d.				
Alt yaprak alanı indeksi (AYAI)																	
Cumhuriyet-75	2.32	2.16	3.37	2.44	2.85	2.30	2.57	2.81	3.45	5.11	4.83	3.96	4.14	4.05	2.36	2.42	2.39
Balcalı-8	1.96	2.42	3.50	2.94	2.73	2.68	2.70	3.00	6.09	5.78	3.85	4.39	4.97	4.68	2.86	3.14	3.00
ÇÜZFT 10004	2.68	3.05	3.54	4.14	3.11	3.60	3.35	3.59	4.51	5.24	4.94	4.42	4.73	4.57	2.76	2.98	2.87
ÇÜZFT 00006	2.59	4.08	4.39	3.35	3.49	3.72	3.60	5.41	3.83	5.72	5.66	5.57	4.74	5.16	3.35	2.89	3.12
\bar{x}	2.39	2.93	3.70	3.22	3.04	3.07		3.71	4.47	5.46	4.82	4.59	4.65		2.83	2.86	
	2.66		3.46					4.09		5.14							
E.G.F _{0,05}	G: 0.575						NxS: 0.675, NxSxG: 1.886						ö.d.				
Yaprak alanı indeksi (YAI)																	
Cumhuriyet-75	4.11	3.74	4.98	4.23	4.55	3.98	4.27	3.96	5.56	7.73	7.72	5.84	6.64	6.24	3.36	3.68	3.52
Balcalı-8	2.95	3.95	5.41	4.69	4.18	4.32	4.25	4.28	8.61	7.59	5.12	5.93	6.87	6.40	3.58	3.84	3.71
ÇÜZFT 10004	3.95	4.76	5.27	6.46	4.61	5.61	5.11	5.40	8.05	7.01	7.62	6.21	7.84	7.02	3.70	4.05	3.88
ÇÜZFT 00006	3.86	6.67	6.63	5.18	5.25	5.93	5.58	7.29	5.31	7.53	8.31	7.41	6.81	7.11	4.44	3.96	4.20
\bar{x}	3.72	4.78	5.57	5.14	4.65	4.96		5.23	6.88	7.47	7.19	6.35	7.04		3.77	3.88	
	4.25		5.36					6.05		7.33							
E.G.F _{0,05}	G: 0.929						S: 0.543, NxS: 0.768, NxG: 1.487, NxSxG: 2.103						ö.d.				



Şekil 1. Çiçeklenme dönemindeki yaprak alanı indeksi (YAI) ile biyolojik verim ve dane verimi arasındaki ilişki (+, 1989; □, 1990; △, 1991). **, 0.01 olasılık düzeyinde önemli.

denemelerin yürütüldüğü koşullarla karşılaştırılabilecek İtalya koşullarında sap ve başak alanı da hesaplanarak elde edilmiş olan değerlerden daha yüksek bulunmuştur (12,13,14). Sunulan çalışmada başak alanı ölçülmemiş; sadece ikinci deneme yılında hesaplanan sap alanı indeksi ise 1.25 ile 1.89 arasında değişmiştir. Başak alanı da göz önüne alındığında fotosentetik alan indeksinin daha da yüksek olduğu ortaya çıkmaktadır. Austin (6, 7)'nin giriş bölümünde değinilen hesaplamaları esas alındığında, saptanmış olan yaprak alanı değerlerinde hektara rahatlıkla 10-12 tonluk bir verime ulaşılabileceği görülmektedir. Teorik hesaplamalara göre en azından 10-12 ton dane için yeterli olabilecek asimilasyon alanı bulunmasına rağmen, verimin 6.5 tonun (maksimum 7.75 ton) üzerine çıkamayışı koşulların yaprak alanını oluşturmaya elverişli olduğu halde, mevcut yaprak alanından etkin bir şekilde yararlanabilecek koşulların mevcut olmadığını göstermektedir. Değişik ekolojilerde yürütülmüş olan çalışmalarda yaprak alanı, biyolojik verim ve dane verimi değerlerinin karşılaştırılması da Çukurova koşullarında yaprakların yeterince etkin kullanılmadığını vurgulamaktadır (5, 15, 16,).

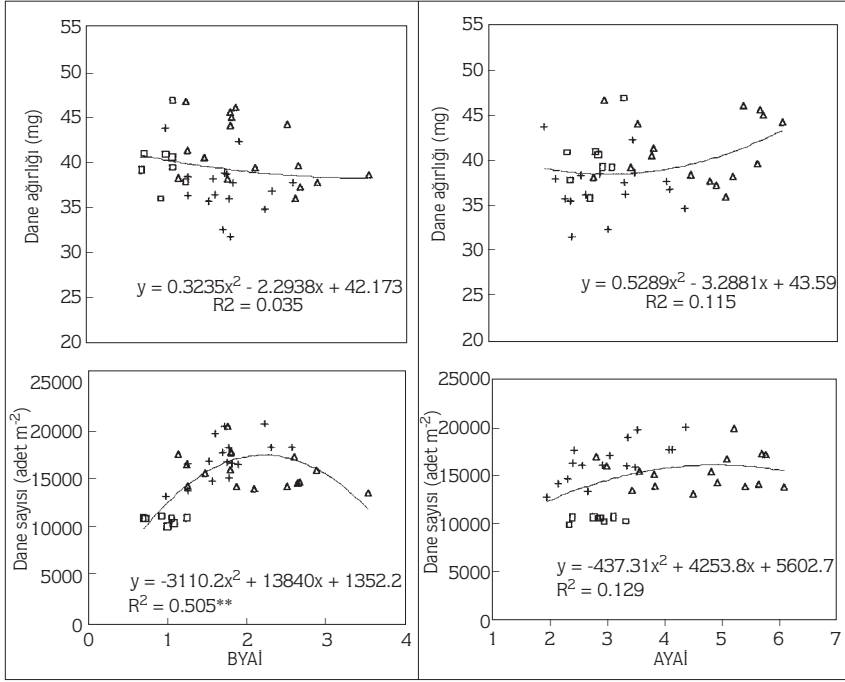
Verim ögeleri, dane sayısı ve dane ağırlığının YAI ile ilişkisi incelendiğinde, YAI değerleri ile DS arasındaki ilişkinin, YAI ile DV arasındaki ilişkiye büyük bir paralellik gösterdiği; buna karşılık DA'nın YAI'ye bağlı olmadığı görülmektedir (Şekil 2.). Yüksek YAI değerlerinde DS'de belirgin bir şekilde düşüşler gerçekleşirken; DA'da önemli bir değişim olmamıştır. Dane dolumunda kullanılan asimilatların en önemli kaynağı olan bayrak yaprağının alan indeksi (BYAI) ve alt yaprakların alan indeksi (AYAİ) ayrı ayrı ele alındığında YAI-DV ilişkisinde, BYAI-DV ilişkisinin belirleyici olduğu ortaya çıkmıştır (Şekil 3.). DA ise bayrak yaprağı indeksindeki değişimlere önemli bir tepki göstermemiştir. Buna karşılık DS, başlangıçta BYAI değerlerinin artışına paralel olarak giderek azalan oranda artarak 2.0-2.5'ta optimuma ulaşmış; daha yüksek BYAI değerlerinde ise düşüş göstermiştir. Bu durum, çiçeklenmedeki yaprak alanının belirli bir büyüklükten sonra, verimde etkili olmayışında dane büyümesi için gerekli asimilat miktarının kısıtlı olmasından çok, dane sayısı tarafından belirlenen depolama kapasitesinin yetersiz olduğunu göstermektedir.



Şekil 2. Çiçeklenme dönemindeki yaprak alanı indeksi (YAI) ile dane sayısı ve dane ağırlığı arasındaki ilişki (+, 1989; ., 1990; □, 1991). **: 0.01 olasılık düzeyinde önemli.

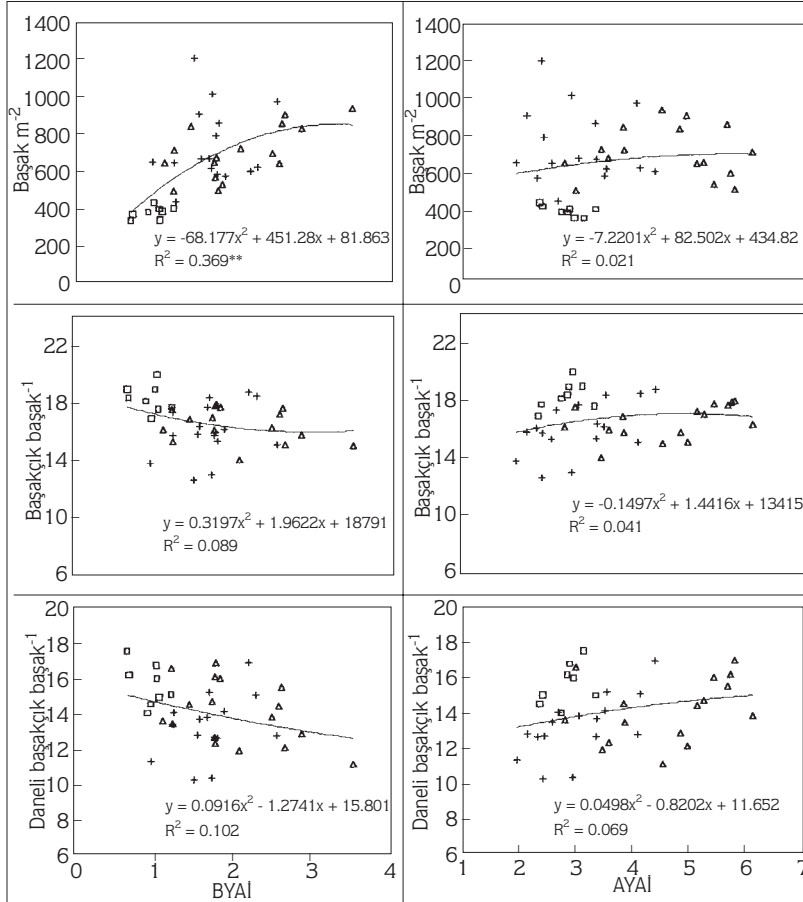
Yüksek BYAI değerlerinde dane sayısında ortaya çıkan bu düşüşlerin nedenini irdeleyebilmek için, dane sayısını etkileyen komponentlerle, BYAI arasındaki ilişkiler de incelenerek en iyi uyum gösteren eğri veya doğrular Şekil 4.'de verilmiştir. Şekilden de görüldüğü gibi birim alandaki başak sayısı, başlangıçta BYAI değerlerine paralel olarak artış gösterdikten sonra sabitleşme eğilimine girerken başakta oluşan başakçık sayısı, özellikle de dane tutmuş başakçık sayısı, BYAI değerleri arttıkça sürekli şekilde azalma göstermiştir. Bu da başak büyümesinin gerçekleştiği başaklanma öncesi ve onu izleyen dane tutma döneminde BYAI'nin yüksek olduğu ortamlarda elverişsiz koşulların mevcut olduğunu göstermektedir. BYAI değerlerine bağlı olarak saman verimindeki değişimlerin ($R^2=0.49^{**}$) de benzer seyir göstermesi, BYAI değerlerinin yüksek olduğu koşullarda başakların büyümemesi ve dane tutma oranının düşük olmasında, bitkide büyümede kullanılacak kaynakların sınırlı olduğunun bir göstergesidir. BV'nin DV'ye göre çiçeklenme dönemindeki YAI ile daha sıkı bir ilişki göstermesi de bu durumu vurgulamaktadır. Daha önce yapılmış olan çalışmalarda, başaklanma öncesindeki

yaprak ve popülasyon net fotosentez hızı ile başak büyümesi ve verim arasında olumlu ilişkilerin mevcut olduğu saptanmıştır (16, 17). Yeterince yaprak alanı mevcut olduğuna göre birim alanın fotosentetik etkinliğinin düşmüş olduğu ortaya çıkmaktadır. Denemelerin yürütüldüğü koşullarda bitki tacına ulaşan ışık miktarının oldukça yüksek, söz konusu olan yaprakların en üst yapraklar ve buğday bitkisinin bir C₃ bitkisi olduğu göz önüne alındığında, etkinliğin düşüşünde ışıklanmadan çok, ışıktan yararlanabilme koşullarının etkili olduğu akla gelmektedir. Çalışmada, oldukça yüksek miktarlarda azot kullanılmış olduğundan, sınırlayıcı faktör olarak düşünülebilecek ilk olasılık yaprak alanının yüksek olduğu koşullarda artan su tüketimi sonucunda su geriliminin ortaya çıkmış olabileceğidir. Su tüketiminin çok fazla olduğu sapa kalkma ile çiçeklenme arasındaki dönemde, hava nem açığının da hızla yükselmesiyle topraktan su kaybının arttığına literatürde de değinilmektedir (18). Daha önceki çalışmalar (14, 19) ayrıca, topraktan su tüketiminin yaprak alanına bağlı olarak arttığını göstermiştir. Frederick ve Camberato (20) ise su eksikliğinin, yaprak alanının yüksek olduğu



Şekil 3.

Çiçeklenme dönemindeki yaprak alanı indeksi (BYAI) ve alt yaprakların alan indeksi (AYAI) ile dane ağırlığı (DA) ve Dane sayısı (DS) arasındaki ilişki (+, 1989; ., 1990; □, 1991), **, 0.01 olasılık düzeyinde önemli.



Şekil 4.

Çiçeklenme dönemindeki bayrak yaprağı alan indeksi (BYAI) ve alt yaprakların alan indeksi (AYAI) ile m²'deki başak, başakta başakçık ve başakta daneli başakçık sayıları arasındaki ilişki (+, 1989; ., 1990; □, 1991), **, 0.01 olasılık düzeyinde önemli.

koşullarda (yüksek azot), yaprak alanının daha küçük olduğu koşullara (düşük azot) göre, yaprak net fotosentez hızında daha fazla düşüşe neden olduğunu saptamışlardır.

Çalışmada topraktaki su değişimi ölçülmediği için tartışılan bu durum hakkında kesin yargıda bulunmak güçleşmektedir. Ancak bilindiği gibi yaprak alanı indeksi, fotosentetik kapasite yanında transpirasyonla su kaybını da belirleyen biyofiziksel bir büyüklük olup (21), su geriliminin bulunmadığı koşullarda serinletici etkisi nedeniyle sıcak koşullarda verimi olumlu yönde bile etkileyebilmektedir (22, 23). Çalışma sonuçları olumlu değil de olumsuz bir etkiye işaret ettiğine göre; aşırı büyüklükteki yaprak alanının su kaybını artırarak bitkide su gerilimi yaratmış olabileceği olasılığı daha da güçlenmektedir. Tipik Akdeniz iklimi özellikleri gösteren Çukurova Bölgesi'nde erken vejetatif gelişme döneminde hava oldukça serin ve yağışlı geçerken; başak büyümesinin gerçekleştiği ilkbahar aylarında hava sıcaklıkları hızla yükselirken yağış azalmaktadır. Bu koşulların ise, önce yaprak alanının, daha sonra da transpirasyonun teşvik edilmesine elverişli olduğu görülmektedir. Başak büyümesi ve dane tutma döneminde aşırı sıcaklığın doğrudan olumsuz etkisi de söz konusu olabilmektedir

(7). Ancak kurak dönemlerde yüksek sıcaklığın olumsuz etkisi, yaprak alanının yüksek olduğu koşullarda, yaprak alanının düşük olduğu koşullara göre, sıcaklığın olumsuz etkisine, su kaybı üzerinden dolaylı etkisi de eklendiği için daha da artmaktadır.

Sonuç

Çalışmada elde edilen bulgular ve yapılan tartışmalar, Çukurova koşullarında buğdayda yaprak alanının belirli bir sınırdan sonra verime olumlu bir katkıda bulunamayışında en önemli engelleyici faktörün, başak büyümesi ve dane tutma dönemindeki su eksikliği olabileceğini göstermektedir. Bu nedenle aşırı miktarda yaprak alanının oluşmuş olduğu koşullarda artan su tüketimi nedeniyle su eksikliğinin söz konusu olabileceği göz önüne alınarak daha önceki olumlu koşullar ve kullanılan yüksek girdilerden daha etkin bir şekilde yararlanılabilmesi için sulama gerekebileceği göz ardı edilmemelidir. Sulama olanağının bulunmadığı koşullarda yaprak alanını teşvik edecek uygulamalarda dikkatli davranılmalıdır. Özellikle yaprak alanını aşırı bir şekilde teşvik eden şu andaki "çok azot=çok verim" veya "çok tohum=çok verim" anlayışından vazgeçilmeli; yaprak alanının gereğinden fazla teşvik edilmesi durumunda "çok su" gerekeceği gerçeği unutulmamalıdır.

Kaynaklar

1. Kanemasu, E.T., Asrar, G. and Fuchs, M., Application of remotely sensed data in wheat growth modelling. In: Wheat growth and modelling, Eds.: W. Day and R.K. Atkin. NATO ASI Series, Series A: Life Sciences, 86, 357-369, 1985.
2. Monteith, J.L., Does light limit crop production? In: Physiological processes limiting plant productivity, Ed., C.B. Johnson, London, Boston, Sydney, Wellington, Durban, Toronto. Butterworths, pp.23-38, 1981.
3. Coombs, J., Hall, D.O., Long, S.P. and Scurlock J.M.O., Techniques in bioproductivity and photosynthesis, 2nd Edition, Pergamon Press, Oxford, New York, Beijing, Frankfurt, Sao Paulo, Sidney, Tokyo, Toronto, 1987.
4. Evans, L.T., Wardlaw, I.F. and Fischer, R.A., Wheat. In: Crop physiology, Ed.: L.T., Evans, Cambridge, London, New York, Melbourne, 101-149, 1975.
5. Wall, G.W. and Kanemasu, E.T., Carbon dioxide exchange rates in wheat canopies. Part I. influence of canopy geometry on trends in leaf area index, light interception and instantaneous exchange rates. Agric. and Forest Meteor., 49,81-102, 1990.
6. Austin, R., B., Crop characteristics and the potential yield of wheat. Agric. Sci., Camb., 98,447-453, 1982.
7. Austin, R.B., Modelling the effects on grain yield of genetic variation in some crop characteristics. In: Wheat growth and modelling, Eds.: W. Day and R.K. Atkin. NATO ASI Series, Series A: Life Sciences, 86, 157-164, 1985.
8. Fischer, R.A., Number of kernels in wheat crops and the influence of solar radiation and temperature. J. Agric. Sci., Camb., 105, 447-461, 1985.
9. Emrahoğlu, N., 1978-1982 yılları arasında Adana'da ölçülen güneş ışınım verilerinin analizi. Yüksek Lisans Tezi. Ç.Ü. Fen Edebiyat Fakültesi Fizik Anabilim Dalı, Kod No:44. Adana, 1985.
10. Özbek, H., Dinç, U. ve Kapur, S., Çukurova Üniversitesi yerleşim sahası topraklarının detaylı etüd ve haritası. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları: 73, Bilimsel Araştırmalar ve İncelemeler: 8. Ankara Üniversitesi Basımevi, 1974.
11. Koç, M., Biomass production and grain yields of some genotypes of bread and durum wheat grown under mediterranean coastal climate conditions. Tr. J. Agric.& Forest. 19(3), 157-161, 1995.
12. Bell, M.A. and Fischer, R.A., Guide to plant and crop sampling: measurements and observations for agronomic and physiological research in small grain cereals. Wheat special reports No. 32. Mexico, D.F.: CIMMYT, 1994.

13. Canevara, M.G., Romani, M., Corbellini, M., Perenzin, M. and Borghi, B., Evolutionary trends in morphological, agronomical and qualitative traits of *Triticum aestivum* L. cultivars bred in Italy since 1900. *Eur. J. Agron.*, 3(3), 175-185, 1994.
14. Giunta, F., Motzo, R., and Daidda, M., Effects of drought on leaf area development, biomass production and nitrogen uptake of durum wheat grown in a mediterranean environment. *Aust. J. Agric. Res.*, 46, 99-111, 1995.
15. Masoni, A., Ercoli, L., Massantini, F., Relationship between number of days, growing degree days and photothermal units and growth in wheat (*Triticum aestivum* L.) according to seeding time. *Agr. Med.*, 120, 41-51, 1990.
16. Gent, M.P.N. and Kiyomoto, R.K., Canopy photosynthesis and respiration in winter wheat adapted and unadapted to Connecticut. *Crop Sci.* 32, 425-431, 1992.
17. Frederick, J.R., Camberato, J.J., Water and nitrogen effects on winter wheat in the southeastern coastal plain: II. physiological responses. *Agron. J.*, 87, 527-533, 1995.
18. Entz, M.H. and Fowler, D.B., Agronomic performance of winter versus spring wheat. *Agron. J.* 83, 527-532, 1991.
19. Nielsen, D.C. and Halvorson, A.D., Nitrogen fertility influence on water stress and yield of winter wheat. *Agron. J.*, 83, 1065-1070, 1991.
20. Frederick, J.R. and Camberato, J.J., Leaf net CO₂-exchange rate and associated leaf traits of winter wheat grown with various spring nitrogen fertilization rates. *Crop Sci.*, 34, 432-439, 1994.
21. Tanner, C.B. and Jury, W.A., Estimating evaporation and transpiration from a row crop during incomplete cover (Patatoes). *Agron. J.*, 68 (2): 239-243, 1976.
22. Entz, M.H. and Fowler, D.B., Differential agronomic response of winter cultivars to preanthesis environmental stress. *Crop.Sci.* 30, 1119-1123, 1990.
23. Martin, M., Miceli, F., Mosca, G., Zerbi, G., Influence of nitrogen level and timing of application on the yield of winter wheat varieties. *Agr. Med.*, 120, 129-137, 1990.