



Effects of climate changes on phenological periods of apple, cherry and wheat in Turkey

Türkiye’de iklim değişikliğinin elma, kiraz ve buğdayın fenolojik dönemlerine etkileri

Necla Türkoğlu¹
Serhat Şensoy²
Olgu Aydın³

Abstract

It is known that the increase in air temperature from 1980 to present has dramatically changed the phenological periods of the plants in a large part of the world. In this study, the relationships between phenological periods of wheat plant, apple and cherry trees planted large areas in Turkey and climate change were investigated. In this study, the climate and phenological data for 1971-2012 period belonging to the General Directorate of Meteorology were used. The correlation coefficients between temperature and phenological data were calculated, and their trends were examined using Mann-Kendall trend analysis. In Turkey, positive temperature anomalies have been observed since 1994 until present days. Negative relationships were found between phenological periods of apple, cherry and wheat and the average temperatures of February-May period when the plants grow faster. This situation shows that the plants shift their phenological periods to the earlier times in response to the increasing temperatures. The trend calculated for harvest times of apple, cherry, and wheat are -25, -22, -40 days/100 years respectively. It was calculated that an increase of 1.0°C in the temperatures of the February-May period will shift the harvest times of apple, cheery and wheat by 5, 4 and 8 days earlier respectively.

Özet

1980’lerden günümüze hava sıcaklıklarındaki artış, Dünya’nın büyük bir bölümünde bitkilerin fenolojik dönemlerini önemli ölçüde değiştirmiştir. Bu çalışmada Türkiye’de geniş alanlar kaplayan buğday, elma ve kiraz bitkilerinin fenolojik dönemleri ile iklim değişikliği arasındaki ilişkiler araştırılmıştır. Çalışmada Meteoroloji Genel Müdürlüğü’ne ait 1971-2012 döneminin iklim ve fenolojik verileri kullanılmıştır. Sıcaklık ile fenolojik veriler arasındaki korelasyon katsayıları hesaplanmış ve Mann-Kendall trend analizi ile eğilimlerine bakılmıştır. Türkiye’de 1994 yılından bu yana pozitif sıcaklık anomalileri bulunmuştur. Elma, kiraz ve buğdayın fenolojik dönemleri ile bitki gelişiminin fazla olduğu şubat-mayıs ortalama sıcaklıkları arasında negatif ilişki saptanmıştır. Bu durum bitkilerin artan sıcaklıklara tepki olarak fenolojik dönemlerini erkene kaydardıklarını göstermektedir. Elma, kiraz ve buğdayın hasat tarihleri için hesaplanan trend sırasıyla -25, -22, -40 gün/100 yıl şeklindedir. Şubat-mayıs arası sıcaklıklarda 1.0°C’lik artışın anılan bitkilerin hasat tarihlerini sırasıyla 5, 4 ve 8 gün erkene kaydıracağı hesaplanmıştır.

¹ Ph.D., Assoc. Prof., Ankara University, Faculty of Humanities, Department of Geography, nturkoglu@ankara.edu.tr

² M.Sc., Engineer, Turkish State Meteorological Service, ssensoy@dmi.gov.tr

³ Ph.D., Asst. Prof., Ankara University, Faculty of Humanities, Department of Geography, oyaydin@ankara.edu.tr

Keywords: Phenology; apple; cherry; wheat; Turkey

Anahtar Kelimeler: Fenoloji; elma; kiraz; buğday; Türkiye

[\(Extended English abstract is at the end of this document\)](#)

1. Giriş

Küresel iklim değişikliği 21. yüzyılda insanoğlunun yüz yüze kaldığı en büyük problemlerden biridir. İklim değişikliğinin en önemli etkisi, hava paternlerindeki değişikliğin yanı sıra ekstrem olayların frekansı ve şiddetini artırmasıdır. Türkiye’nin de içinde yer aldığı orta enlemlerde bulunan ülkeler bu değişikliklerden daha fazla etkilenecektir.

Orta kuşakta bitki gelişimi büyük oranda hava sıcaklığına bağlıdır (Chmielewski, vd., 2002). İlkbaharda kış uykusundan sonra ortaya çıkan yüksek sıcaklıklar, fenolojik fazların erkene kaymasına neden olmaktadır. Dünyada 1980’lerden sonra meydana gelen belirgin sıcaklık artışları bitki fenolojileri üzerinde etkili olmaktadır (Chmielewski, vd., 2002). Doğal bitki örtüsü ile sıcaklıklardaki değişimler arasındaki ilişkiyi ortaya koyan birçok çalışma bulunmaktadır (Schwarz ve Reiter, 2000; Defila ve Clot, 2001; Müller, 2002; Bradley, vd., 1999; Beaubien ve Freeland, 2000; Sparks, 2000; Schmerbach, 2000; Chmielewski ve Rötzer, 2001, 2002). Buna karşılık tarımsal ürünlerle iklim değişikliği arasındaki ilişkiyi konu alan çok az sayıda çalışma bulunmaktadır (Schelling, 2000; Chmielewski, vd., 2004). Türkiye’de 1990’lardan sonra görülen belirgin sıcaklık artışlarının tarla ve bahçe bitkilerinin fenolojik dönemlerini öne kaydardığı düşünülmektedir. 1°C’lik sıcaklık artışı insanların günlük yaşamlarında çok büyük değişikliklere neden olmazken, bitki gelişiminde bu değer 2 ayda 60 gün/dereceye karşılık gelmekte ve fenolojik dönemlerin kaymasına neden olabilmektedir. Cosmulescu vd. (2010) Romanya’nın Oltenia bölgesinde yetiştirilen erik türünün fenolojik değişikliklerini inceledikleri çalışmada, erken ilkbaharda yüksek sıcaklıkların görüldüğü yıllarda fenolojik dönemlerin normal yıllara göre çok daha erken başladığını ortaya koymuşlardır. Bradley vd. (1999) Güney Wisconsin’de yaptıkları çalışmada 61 yıllık verileri değerlendirmiş ve fenolojik dönemlerde 55 fenofazın regresyon ortalamasına göre 0.12 gün/yıl erkene kaydığını tespit etmişlerdir. Japonya’nın kuzeyinde elmanın uzun yıllık fenolojik dönemleri ile sıcaklık değişimi arasındaki ilişkiyi inceleyen Fujisawa vd. (2010), elmanın çiçek açma tarihlerinin 0.21-0.35 gün/yıl erkene kaydığını ortaya koymuşlardır.

Sıcaklıklardaki artış fenolojik dönemlerde kışın yanında ürün kalitesini de etkilemektedir. Dalu vd. (2013) Orta İtalya’da şarap kalitesinin iklim değişikliğinden nasıl etkilendiğini araştırmışlar ve son kırk yılda artan sıcaklık ve azalan yağışların şarap kalitesini artırdığını bulmuşlardır. Sugiura vd. (2013) Japonya’da küresel ısınmanın elmanın tadı ve yapısına

yaptığı etkiyi araştırdıkları çalışmalarında, elmada asit konsantrasyonunun, meyve sağlamlığının ve özsu gelişiminin küresel ısınma ile birlikte azaldığını vurgulamışlardır. Chmielewski vd., (2002) büyüme sezonu uzunluğunun artmasının, tarla bitkileri ve bağcılıkta tür seçimi, münavebe gibi pozitif etkileri olabileceği gibi, kısalan gelişme döneminin, tahıllarda tane doluluğu ve yoğunluğu, başak başına tane sayısı ve tane ağırlığı üzerine negatif etkileri olduğunu ortaya koymuştur. Gerçekleştirilen bir iklim indisi çalışmasında Türkiye’de büyüme sezonu uzunluğunun yüz yılda ortalama 21 gün arttığı tespit edilmiştir (Şensoy, vd., 2013). Artan sıcaklıklar orta kuzey enlemlerde bitki gelişimini hızlandırmaktadır (Kadıoğlu ve Şaylan, 2000).

Bu çalışmanın amacı, küresel iklim değişikliğine paralel olarak Türkiye ikliminde gözlenen değişikliklerin, bitkilerinin fenolojik dönemleri üzerine yapacağı olası etkilerin neler olacağını araştırmaktır. Bu amaçla çalışmada tarla bitkilerinden, Türkiye’nin ekonomisinde, halkın beslenmesinde önemli bir yere ve stratejik öneme sahip buğday bitkisi, meyve ağaçlarından ise yine Türkiye’de geniş bir alanda üretimi yapılan, ekonomik değeri yüksek kiraz ve elma ağaçları ele alınmıştır.

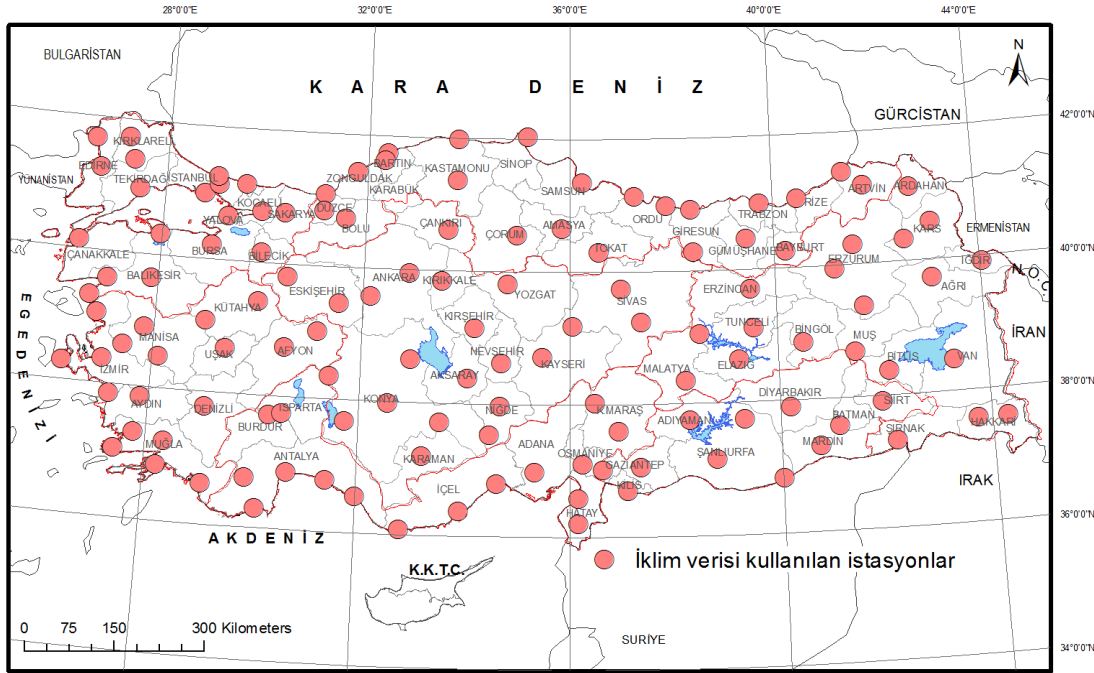
Buğday bitkisi yetiştirme döneminin ilk devrelerinde düşük sıcaklık ve bol nemli hava istemektedir. Özellikle çıkış ve kardeşlenme sırasında buğday 5-10°C sıcaklık ve %60 nispi neme ihtiyaç duymaktadır. Sapa kalkma döneminde 10-15°C sıcaklık ve %65 nispi nem isteği olmaktadır (Süzer, 2007). Serin iklim tahıllarından olan buğday kışa oldukça dayanıklıdır (Süzer, 2007). Türkiye’de ağırlıklı olarak İç Anadolu, Trakya ve Güneydoğu Anadolu’da olmak üzere Türkiye’nin tamamında buğday tarımı yapılmaktadır.

Kiraz kış mevsiminde belli bir süre dinlenmeye, iklim bakımından sıcak bir büyüme sezonuna ve yağmursuz bir hasat dönemine ihtiyaç duyar. Kiraz ağaçlarının gövde ve ana dalları -26 -28°C’ye dayanabildiği halde çiçeklenme döneminde bu sınır -2.0°C’dir (MEB, 2013; URL-1, 2015). İlkbaharın geç donları kirazlarda zararlara sebep olmaktadır. Kirazda çiçeklenme ve meyve teşekkülü sırasındaki yağış, döllenmeyi olumsuz yönde etkilemektedir. Türkiye’nin batı, güney ve kuzeyi ağırlıklı olmak üzere tüm illerde kiraz yetiştiriciliği yapılmaktadır.

Elma ağacı soğuk ılıman iklimin en önemli meyvesidir. Kışın çok düşük sıcaklıklara dayanıklı olmasına rağmen, gelişimini yavaşlattığı için yüksek yaz sıcaklıklarından hoşlanmaz. Soğuklama isteği 7°C’nin altında 2300-2700 saattir (URL-2, 2015). İlkbaharda 9°C’den sonra çiçek açmaya başlar. Soğuğa dayanım, ilkbahar aylarda azalır ve tomurcukların kabarma devresinde bitki soğuğa en duyarlı halini alır. Yüksek ışık yoğunluğu elmada çok iyi renk oluşumunu sağlar. Türkiye’de başta İç Batı Anadolu, Göller Yöresi, Güney Marmara, Taşeli Platosu, Amasya ve Niğde olmak üzere, Güneydoğu Anadolu Bölgesi hariç, Türkiye’nin birçok yerinde elma üretimi yapılmaktadır.

2. Veri ve Yöntem

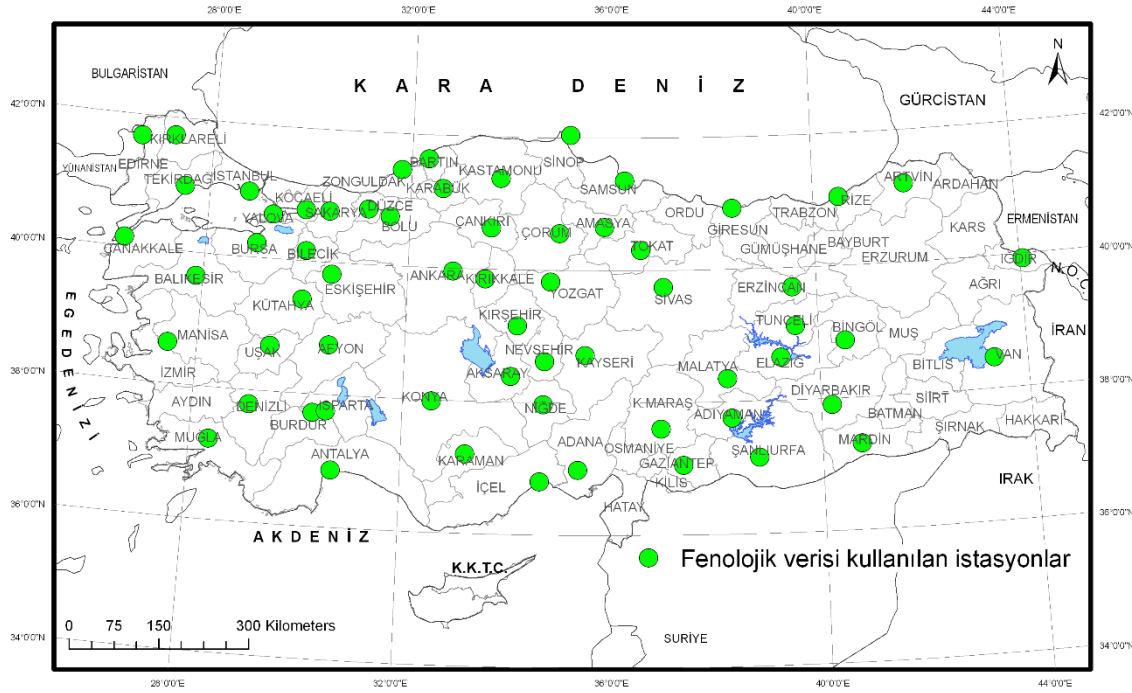
Çalışmada Meteoroloji Genel Müdürlüğü’ne (MGM) ait 1971-2012 dönemini kapsayan ve il merkezleri ile büyük ilçe merkezlerinden oluşan 130 istasyonun ortalama sıcaklık verisi kullanılmıştır. Sıcaklık verisi kullanılan istasyonlar tüm Türkiye’yi temsil edecek şekilde seçilmiştir (Şekil 1).



Şekil 1. Çalışmada iklim verisi kullanılan istasyonlar

Çalışmada MGM’den temin edilen 1979–2010 dönemine ait fenolojik veri kullanılmıştır. MGM’de 2010 yılına kadar fenolojik kayıt bulunmasından dolayı bu dönem seçilmiştir. Buğday için 77, elma için 70 ve kiraz için 83 istasyonun fenolojik verisinden faydalanılmıştır (Şekil 2).

Sıcaklık ve fenolojik veriler Excel ortamında düzenlenip her fenolojik dönem için gereken gün sayıları hesaplanmış ve yılın günü şeklinde kaydedilmiştir. Trend analizi “Mann-Kendall trend analiz yöntemi” ile, eğim tahminleri, “Sen eğim tahminleri” ile yapılmıştır (Salmi, vd., 2002). Doğrulanmış ve ilişkilendirilmiş veri setlerinin grafikleri ve haritaları hazırlanmıştır. Haritalar Surfer ve Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) yazılımları kullanılarak üretilmiştir.



Şekil 2. Çalışmada fenolojik verisi kullanılan istasyonlar

Büyümenin gerçekleştiği şubat-mayıs arası ortalama sıcaklıklar ile fenolojik veriler arasındaki korelasyon katsayıları Pearson çarpım-moment korelasyon katsayısı ile aşağıdaki formül yardımıyla hesaplanmıştır (URL-3, 2015).

$$r_{XY} = \frac{\sum(X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{(n - 1)S_X S_Y}$$

Burada, \bar{X} ve \bar{Y} , X_i ve Y_i için örneklem (sıcaklık ve fenolojik veriler) aritmetik ortalamaları; S_X ve S_Y , X_i ve Y_i için örneklem standart sapmaları ve toplam $\sum i = 1$ ile n arasındadır.

Hem noktasal hem Türkiye geneli korelasyon katsayıları (r) hesaplanmıştır. Korelasyonun açıklaması Tablo 1’e göre yapılmıştır.

Tablo 1. İlişki düzeyi ve yönü

Korelasyon	Negatif	Pozitif
Düşük	-0.29- -0.10	0.10- 0.29
Orta	-0.49- -0.30	0.30- 0.49
Yüksek	-0.50- -1.00	0.50- 1.00

Kaynak: URL-3, 2015.

3. Analiz ve Bulgular

3.1. Türkiye ortalama sıcaklıklarındaki değişimler

Sıcaklıkların fenolojik dönemleri nasıl etkilediğini değerlendirebilmek için öncelikle Türkiye ortalama sıcaklıklarındaki değişimler sorgulanmıştır (Şekil 3).



Şekil 3. Türkiye'nin yıllık ortalama sıcaklıkları ve trendleri (1971-2012)

Türkiye’de 1971-2012 periyodunda sıcaklıklardaki eğilim artma yönündedir. Artış trendi 3.3°C/yüzyıl şeklindedir ve bunun 1.3°C’lik kısmı (14.1-12.8) zaten gerçekleşmiştir. Mann-Kendall trend analizi ile yapılan çalışmada Türkiye’de tüm aylardaki sıcaklık eğilimlerinin pozitif olduğu izlenmektedir (Tablo 2).

Tablo 2. Türkiye 1971-2012 ortalama sıcaklıklarının eğim istatistikleri

Zaman Serisi	İlk Yıl	Son Yıl	n	Mann-Kendall Trend		Sen Eğim Tahminleri				
				Test Z	Önemlilik	Q	Qmin99	Qmax99	Qmin95	Qmax95
Ocak	1971	2012	42	1.15		0.037	-0.04	0.11	-0.02	0.08
Şubat	1971	1012	42	0.61		0.017	-0.06	0.09	-0.04	0.07
Mart	1971	2012	42	0.76		0.019	-0.04	0.08	-0.02	0.07
Nisan	1971	2012	42	1.19		0.021	-0.03	0.07	-0.02	0.06
Mayıs	1971	2012	42	1.86	+	0.024	-0.01	0.06	0.00	0.05
Haziran	1971	2012	42	4.64	***	0.048	0.02	0.07	0.03	0.06
Temmuz	1971	2012	42	4.25	***	0.052	0.03	0.08	0.03	0.07
Ağustos	1971	2012	42	4.60	***	0.065	0.03	0.10	0.04	0.09
Eylül	1971	2012	42	2.41	*	0.031	0.00	0.06	0.01	0.05
Ekim	1971	2012	42	2.04	*	0.038	-0.01	0.09	0.00	0.07
Kasım	1971	2012	42	1.24		0.027	-0.03	0.09	-0.02	0.07
Aralık	1971	2012	42	1.69	+	0.043	-0.02	0.10	0.00	0.08
Yıllık	1971	2012	42	4.53	***	0.033	0.02	0.05	0.02	0.05

Not: Trendlerdeki önemlilik düzeyleri: *** $p < 0.001$, ** $p < 0.01$, * $p < 0.05$, + $p < 0.01$

Özellikle yaz mevsimi ile yıllık sıcaklıklardaki artış eğilimlerinin %99.9 seviyesinde ($p < 0.001$), eylül ve ekim ayı sıcaklık trendlerinin %95 seviyesinde, mayıs ve aralık ayı sıcaklık trendlerinin ise %90 seviyesinde önemli olduğu görülmüştür. Yıllık sıcaklık verisindeki doğrusal trend 0.33°C/10 yıl şeklindedir. Çalışmada ele alınan 1971-2012 döneminde ortalama sıcaklıklar

yaklaşık 1.3°C artmıştır. Türkiye sıcaklıklarındaki bu değişiklikler, küresel sıcaklık değişimleri ile de uyumludur (Şensoy, vd., 2007).

3.2. İklim ve fenolojik veriler arasındaki ilişki katsayıları

Çalışmada seçilen bitkilerin tüm fenolojik dönemlerine ait veri bulunmadığından her bir bitki için belirli dönemler incelenmiştir. Ayrıca, analiz için karşılaştırılabilir bir zaman periyodunun geçmesi gerektiğinden ekim ya da dikim tarihleri gibi başlangıç tarihleri alınmamıştır. Bu nedenlerle verisi bulunan fenolojik devreler çalışmaya dâhil edilmiştir. Buna göre buğday için başaklanma ve hasat, kiraz ve elma için çiçeklenme, meyve, hasat tarihleri dikkate alınmıştır.

Türkiye geneli olarak büyümenin gerçekleştiği şubat-mayıs arası ortalama sıcaklıkları ile fenolojik veriler arasında negatif ilişkiler bulunmuştur (Tablo 3).

Tablo 3. Fenolojik dönemler ile şubat-mayıs ortalama sıcaklıkları arasındaki korelasyon katsayıları

Enlem	Boylam	İstasyon	Buğday Başak	Buğday Hasat	Kiraz Çiçek	Kiraz Meyve	Kiraz Hasat	Elma Çiçek	Elma Meyve	Elma Hasat
36.98	35.35	Adana	-0.11	-0.18						
37.75	38.28	Adıyaman	0.19	0.39						
38.75	30.53	Afyonkarahisar	-0.33	0.12	-0.28	-0.33	-0.96	0.33	-0.04	0.08
38.38	34.05	Aksaray	-0.37	-0.37				0.34	0.20	-0.04
40.65	35.85	Amasya	-0.77	-0.05	-0.84	-0.43	-0.98	-0.80	-0.82	0.09
39.95	32.88	Ankara	-0.34	-0.46	-0.84	-0.83	-0.52	-0.20	0.08	-0.59
36.87	30.70	Antalya	-0.13	0.41						
41.18	41.82	Artvin	-0.02	0.54	0.75	0.23	-0.04	-0.16	-0.09	0.20
39.65	27.87	Bahkesir	0.20	-0.27				0.08	0.29	0.10
41.63	32.33	Bartın	-0.36	-0.56				0.03	-0.82	-0.42
40.15	29.98	Bilecik	-0.09	-0.07	-0.59	-0.51	-0.66	0.15	-0.12	0.65
38.87	40.50	Bingöl	-0.20	-0.37				-0.22	-0.44	-0.28
40.73	31.60	Bolu	-0.10	-0.06	0.23	0.35	0.49	-0.17	-0.03	0.19
37.72	30.30	Burdur	-0.13	-0.20	0.10	-0.54	-0.36	0.56	0.79	-0.41
40.22	29.00	Bursa	-0.51	-0.64	-0.26	-0.16	-0.43			
40.13	26.40	Çanakkale	-0.28	-0.17	-0.41	-0.59	-0.43	0.07	0.20	-0.05
40.62	33.62	Çankırı	-0.39	-0.13				0.22	-0.02	-0.05
40.55	34.97	Çorum	0.16	-0.20						
37.78	29.08	Denizli	-0.70	-0.65	-0.52	-0.28	-0.61	-0.64	-0.30	0.26
37.90	40.20	Diyarbakır	-0.20	0.06						
40.83	31.17	Düzce	0.17	0.58	-0.57	-0.59	-0.77	0.14	-0.11	-0.59
41.68	26.55	Edirne	-0.02	-0.17	-0.86	-0.58	-0.91	-0.09	-0.09	-0.33
38.65	39.25	Elazığ	-0.14	-0.28	-0.55	-0.81	-0.33	-0.63	-0.32	0.34
39.70	39.52	Erzincan	-0.15	0.05	-0.77	-0.90	-0.72	-0.33	-0.27	-0.45
39.82	30.52	Eskişehir	-0.32	-0.47				0.26	0.34	0.43
37.05	37.35	Gaziantep	-0.39	0.05				-0.31	-0.64	0.59
40.92	38.38	Giresun						-0.55	-0.63	0.03
39.92	44.05	İğdır	-0.41	-0.06				-0.22	-0.18	-0.33
37.75	30.55	Isparta	-0.72	-0.72	-0.96	-0.97	-0.93			
40.98	28.78	İstanbul						0.29	0.16	-0.13
37.60	36.93	Kahramanmaraş	0.17	0.27						
41.19	32.63	Karabük	-0.61	-0.82	-0.77	-0.96	-0.89	-0.35	-0.35	0.24
37.20	33.22	Karaman	-0.36	-0.33				-0.43	-0.47	0.40
41.37	33.78	Kastamonu	-0.15	0.02	-0.27	-0.03	0.17	0.15	0.25	-0.10
38.72	35.48	Kayseri	-0.14	0.10				-0.29	-0.40	-0.09
39.85	33.52	Kırıkkale	0.05	0.35						
41.73	27.22	Kırklareli	-0.66	-0.05	-0.73	-0.30	-0.25	-0.22	-0.10	-0.46
39.15	34.17	Kırşehir	0.07	0.07	0.01	-0.25	0.08			
40.77	29.93	Kocaeli	0.04	0.24	-0.50	-0.32	-0.63	-0.37	-0.27	-0.01
37.98	32.55	Konya	-0.10	0.41				-0.57	-0.15	-0.75
39.42	29.97	Kütahya	0.10	0.24	-0.52	-0.74	-0.38	0.62	0.50	0.77
38.35	38.22	Malatya	-0.25	-0.11						
38.62	27.43	Manisa			-0.46	-0.36	0.16			
37.30	40.73	Mardin	0.08	-0.19						
36.80	34.63	Mersin	-0.03	0.11						
37.22	28.37	Muğla	-0.07	-0.25	0.44	-0.74	-0.76	-0.48	-0.14	0.16

Tablo 3’ün devamı

38.62	34.70	Nevşehir	-0.28	-0.08				0.37	0.75	0.11
37.97	34.68	Niğde	-0.28	-0.51	-0.61	-0.81	-0.26	-0.56	-0.48	-0.33
41.03	40.50	Rize			-0.36	-0.25	-0.08	0.15	0.05	-0.23
40.77	30.40	Sakarya	0.28	0.35				-0.56	-0.58	0.23
41.35	36.25	Samsun	-0.08	0.10				0.54	0.77	0.63
42.03	35.17	Sinop	-0.38	-0.55	-0.41	0.32	0.74			
39.74	37.00	Sivas	-0.81	-0.80				0.41	0.36	0.31
37.15	38.78	Şanlıurfa	-0.42	-0.58						
40.98	27.50	Tekirdağ	0.08	-0.18	-0.35	-0.62	-0.27	-0.29	-0.41	0.55
40.30	36.57	Tokat	0.12	-0.19	-0.52	-0.74	-0.54	0.19	-0.60	-0.57
39.12	39.55	Tunceli	-0.94	-0.67	-0.72	-0.76	-0.79			
38.68	29.40	Uşak	0.06	-0.13						
38.47	43.35	Van	0.24	-0.10	-0.13	-0.78	-0.75	-0.65	-0.49	-0.26
40.67	29.28	Yalova	-0.43	-0.21				-0.63	-0.61	-0.02
39.82	34.80	Yozgat	-0.33	-0.59				-0.25	0.15	-0.28
41.45	31.80	Zonguldak	0.06	0.55	-0.43	-0.33	-0.31	-0.19	-0.23	0.30

Not: İlişkinin derecesi ise 0-0.29 düşük, 0.30-0.49 orta derecede, 0.50-1.00 yüksek ilişki şeklindedir.

Hem noktasal hem de Türkiye geneli olarak kirazın meyve ve hasat dönemleri ile sıcaklıklar arasında yüksek negatif ilişkiler söz konusudur ($r = -0.98$, Amasya). Kirazın çiçek ve buğdayın hasat verilerinin sıcaklıkla ilişkisi orta derecede, elmanın tüm fenolojik dönemleri ile buğdayın başaklanma verilerinin sıcaklıkla ilişkisi ise düşük çıkmıştır. Bunda negatif ve pozitif ilişkilerin birbirlerini nötrlemesi de etkindir.

3.3. Fenolojik dönemlerle ilgili trendler ve eğim tahminleri

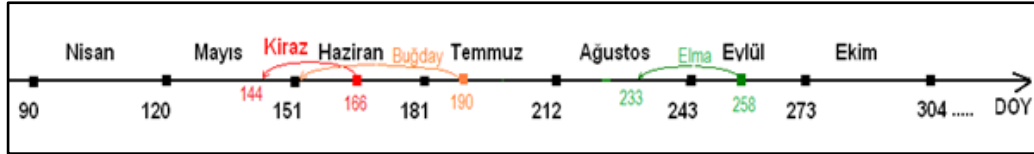
Gerçekleştirilen Mann-Kendall trend analizine göre bitki gelişiminin başladığı şubat-mayıs dönemi sıcaklıklarındaki $0.5^{\circ}\text{C}/10$ yıl şeklindeki artış (%95 seviyesinde önemli), fenolojik olayların tarihlerinde fark edilir bir şekilde negatif trend olarak adlandırılabilir ve erkene kayma ile sonuçlanacak değişikliklere sebep olmuştur (Tablo 4). Özellikle kışlık buğdayın başaklanma ve hasat tarihlerinde yüz yılda 40 gün öne kayma eğilimi hesaplanmıştır ve bu trend %99.9 seviyesinde önemlidir.

Tablo 4. Türkiye’de fenolojik dönemlerle ilgili trendler ve eğim tahminleri

Fenolojik Dönemler	İlk Yıl	Son Yıl	n	Mann-Kendall Trend		Sen Eğim Tahminleri				
				Test Z	Önemlilik	Q	Qmin99	Qmax99	Qmin95	Qmax95
Kış uykusu uzunluğu	1971	2010	32	-1.41		-0.38	-1.13	0.31	-0.95	0.13
Elma çiçek	1971	2010	32	-1.76	+	-0.20	-0.47	0.10	-0.41	0.00
Elma meyve	1971	2010	32	-1.22		-0.13	-0.46	0.17	-0.36	0.08
Elma hasat	1971	2010	32	-2.02	*	-0.25	-0.59	0.10	-0.50	0.00
Kiraz çiçek	1971	2010	32	-0.52		-0.26	-1.09	0.68	-0.89	0.40
Kiraz meyve	1971	2010	32	-1.70	+	-0.12	-0.33	0.07	-0.29	0.01
Kiraz hasat	1971	2010	32	-1.36		-0.22	-0.60	0.31	-0.53	0.14
Buğday başak	1971	2010	32	-4.58	***	-0.40	-0.58	-0.24	-0.53	-0.29
Buğday hasat	1971	2010	32	-4.52	***	-0.40	-0.56	-0.20	-0.53	-0.25
Şubat-mayıs ortalama sıcaklığı	1971	2010	32	2.29	*	0.05	0.00	0.09	0.01	0.09

Not: Trendlerdeki önemlilik düzeyleri: *** $p < 0.001$, ** $p < 0.01$, * $p < 0.05$, + $p < 0.01$.

Elmanın hasat tarihinde 25 gün/100 yıl şeklinde erkene kayma eğilimi bulunmuştur. Bu trend de %95 seviyesinde önemlidir. Ayrıca elmanın çiçeklenme ve kirazın meyve oluşumu tarihlerinde de sırasıyla 20 ve 12 gün/100 yıl olmak üzere erkene kayma eğilimi bulunmuştur. Bu iki trend de %90 seviyesinde önemlidir. Diğer fenolojik dönemlerde de erkene kaymanın arttığı görülmüştür fakat bunlar istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır (Tablo 4). Elma, kiraz ve buğdayın hasat tarihlerinde beklenen trend sırasıyla -25, -22, -40 gün/100 yıldır (Şekil 4).



Şekil 4. Yılın günleri ile kiraz, buğday ve elmanın hasat tarihlerindeki değişimler

3.4. Fenolojik dönemlerin hava sıcaklığına hassasiyeti

Beklendiği üzere bütün fenolojik dönemlerin şubat-mayıs ortalama hava sıcaklıkları ile ilişkili olduğu saptanmıştır. Bulgular, bitkilerin kış dinlenmesinden sonra, ilkbaharda artan sıcaklıkların, bitki gelişim proseslerini hızlandırdığını ve ilkbahar fenolojik dönemlerini öne kaydardığını göstermektedir. Bulunan regresyon katsayısı şubat-mayıs arası ortalama sıcaklıklarda 1.0°C’lik artışın elmanın çiçeklenme, meyve ve hasat tarihlerini sırasıyla 2, 2.6 ve 5 gün, kirazın çiçeklenme, meyve ve hasat tarihlerini sırasıyla 5.2, 2.4 ve 4.4 gün; buğdayın başaklanma ve hasat tarihlerini ise 8 gün erkene kaydıracağını göstermektedir (Tablo 5). Buğdaydaki trendler %99.9 seviyesinde istatistiksel olarak önemlidir.

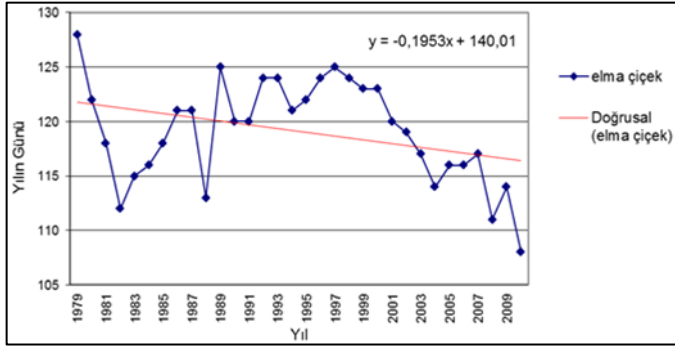
Tablo 5. Türkiye’de 1979-2012 şubat-mayıs ortalama sıcaklıkları (T) ile fenolojik dönemler (P) arasındaki korelasyon katsayısı (r). Fenolojik dönemin hava sıcaklığına hassasiyeti ($\Delta P/\Delta T$), hata ihtimali *** $p < 0.001$, ** $p < 0.01$, * $p < 0.05$, + $p < 0.01$

Fenolojik dönem (P)	$r(P, T)$	Sıcaklık cevabı ($\Delta P/\Delta T$)
Kış uykusu uzunluğu	-0.43	-3.8/0.5 = -7.6 gün/°C
Elma çiçeklenme tarihi	-0.18	-2.0/0.5 = -2.0 gün/°C+
Elma meyve oluşum tarihi	-0.23	-1.3/0.5 = -2.6 gün/°C
Elma hasat tarihi	-0.18	-2.5/0.5 = -5.0 gün/°C*
Kiraz çiçeklenme tarihi	-0.41	-2.6/0.5 = -5.2 gün/°C
Kiraz meyve oluşum tarihi	-0.66	-1.2/0.5 = -2.4 gün/°C+
Kiraz hasat tarihi	-0.57	-2.2/0.5 = -4.4 gün/°C
Buğday başaklanma tarihi	-0.26	-4.0/0.5 = -8.0 gün/°C***
Buğday hasat tarihi	-0.31	-4.0/0.5 = -8.0 gün/°C***

3.5. Elmanın fenolojik dönemlerindeki değişimler

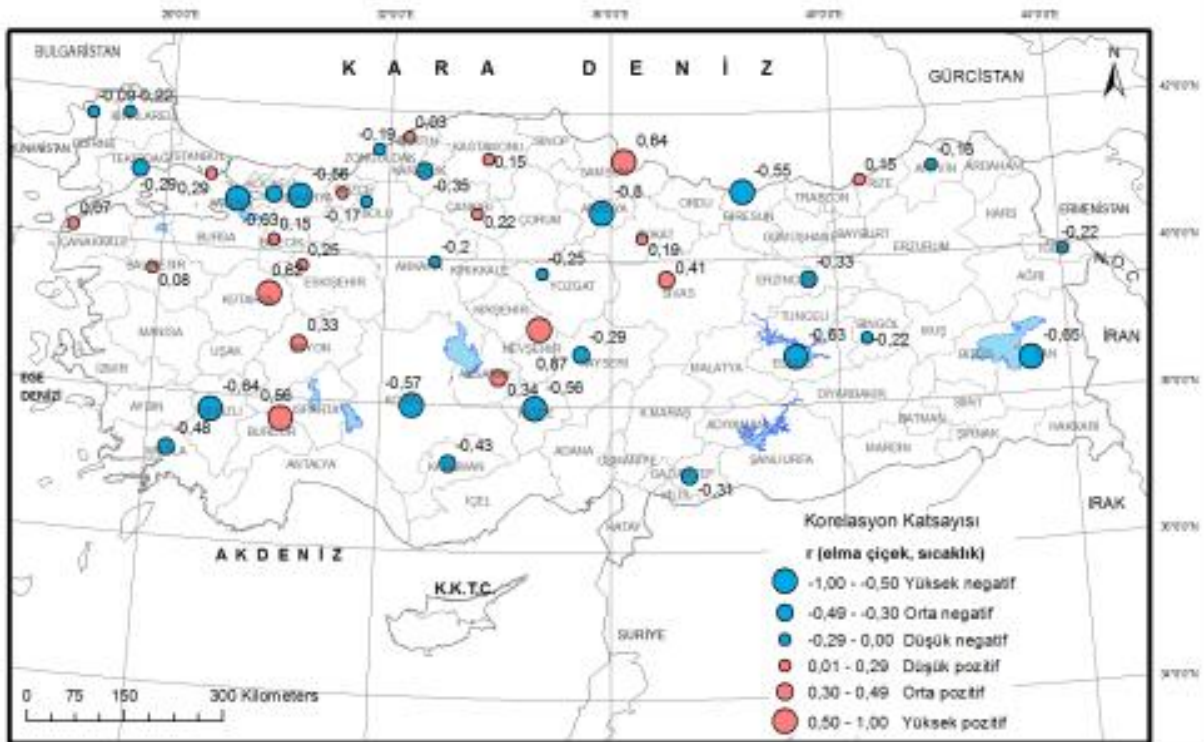
Elma ağaçlarında çiçeklenmenin en erken görüldüğü yerler; Düzce, Adapazarı, Nevşehir, Mersin, Adana ve Hatay iken, en geç çiçeklenmenin görüldüğü yerler ise Şebinkarahisar, Kars, Ağrı

ve Iğdır civarlarıdır. Elmanın çiçeklenme döneminde 20 gün/100 yıl erkene kayma eğilimi görülmektedir (Şekil 5).



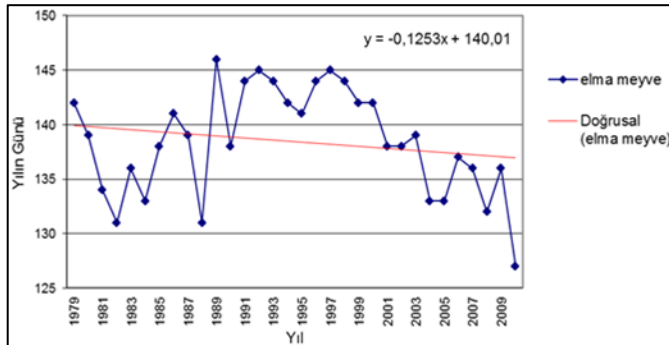
Şekil 5. Türkiye genelinde yıllara göre elmanın çiçeklenme tarihlerindeki değişimler (1979-2009)

İstasyon bazında elma çiçek açma tarihleri ile ortalama sıcaklıklar arasındaki korelasyon katsayılarına göre 26 istasyonda negatif, 18 istasyonda pozitif ilişki görülmektedir. Özellikle Amasya, Van, Denizli, Yalova, Elazığ, Sakarya, Niğde, Konya ve Giresun’da yüksek derecede negatif ilişki söz konusudur (r , -0.50 ile -1.00 arasında). Negatif ilişkilerin fenolojiye yansımaları artan sıcaklıklar ile fenolojik devrelerin erkene kayması şeklindedir ve bu beklenen bir durumdur. Buna karşın Nevşehir, Samsun, Kütahya ve Burdur’da yüksek pozitif ilişkiler bulunmuştur (r , 0.50 ile 1.00 arasında). Fakat genel olarak bakıldığında hem istasyon bazında hem de ilişkinin derecesi açısından negatif ilişkilerin baskın olduğu dikkati çekmektedir (Şekil 6).



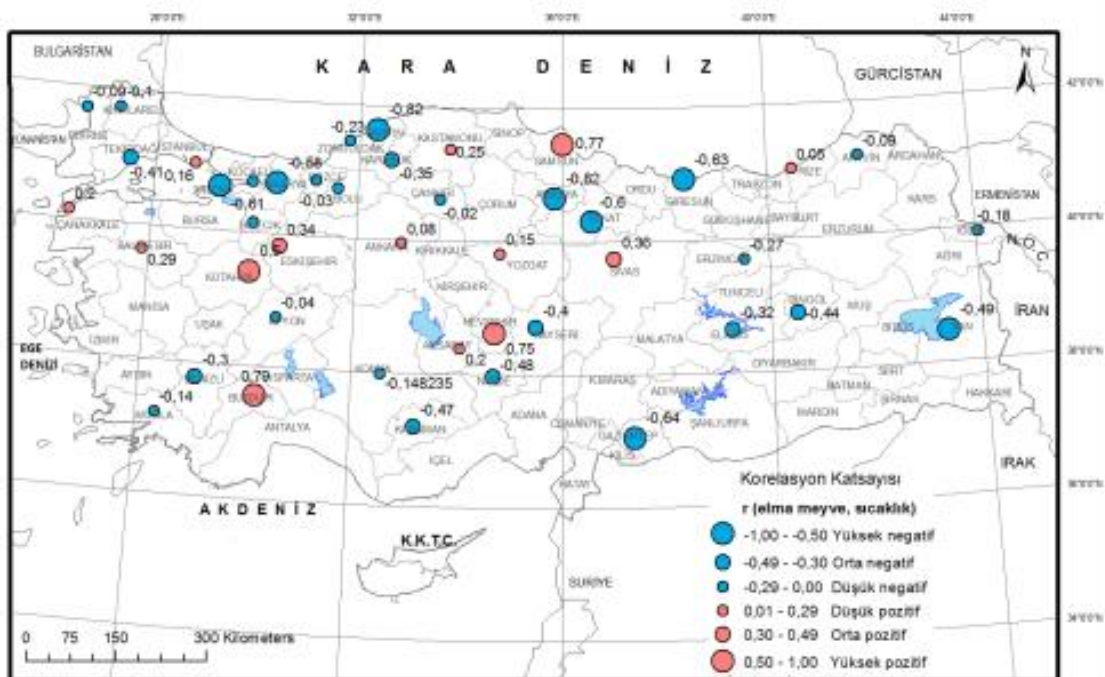
Şekil 6. Elma çiçek açma tarihleri ile şubat-mayıs ortalama sıcaklıklar arasındaki korelasyon katsayıları

Elma ağaçlarında meyve teşekkülünün en erken görüldüğü yerler Akdeniz ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi ile Edirne, Düzce, Ankara, Samsun ve Artvin civarı iken, en geç meyve teşekkülünün görüldüğü yerler Kars, Ağrı ve Iğdır civarlarıdır. Türkiye genelinde elmanın meyve oluşum tarihlerinde 13 gün/100 yıl şeklinde erkene kayma eğilimi bulunmuştur (Şekil 7).



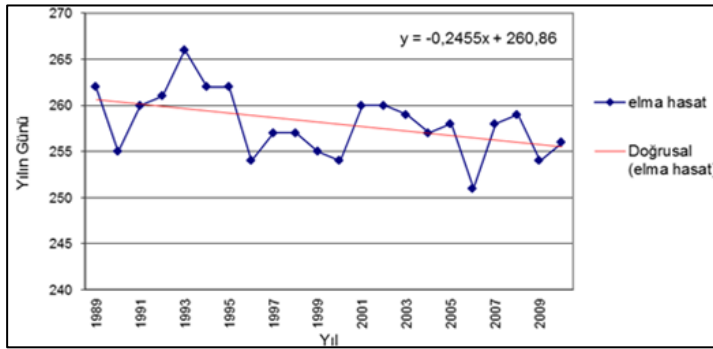
Şekil 7. Türkiye genelinde yıllara göre elmanın meyve oluşum tarihlerindeki değişimler (1979-2009)

Elma meyve oluşum tarihleri ile ortalama sıcaklıklar arasındaki korelasyon katsayılarına bakıldığında 30 istasyonda negatif ilişkiler söz konusu iken, 14 istasyonda pozitif ilişki katsayıları bulunmuştur. Özellikle Gaziantep, Giresun, Amasya, Tokat, Bartın, Yalova ve Sakarya’da yüksek derecede negatif ilişki dikkati çekmektedir (r , -0.50 ile -1.00 arasında). Negatif ilişkilerin fenolojiye yansımaları artan sıcaklıklar ile fenolojik devrelerin erkene kayması şeklindedir. Buna karşın Burdur, Samsun, Nevşehir ve Kütahya’da yüksek pozitif ilişki bulunmuştur (r , 0.50 ile 1.00 arasında) (Şekil 8).



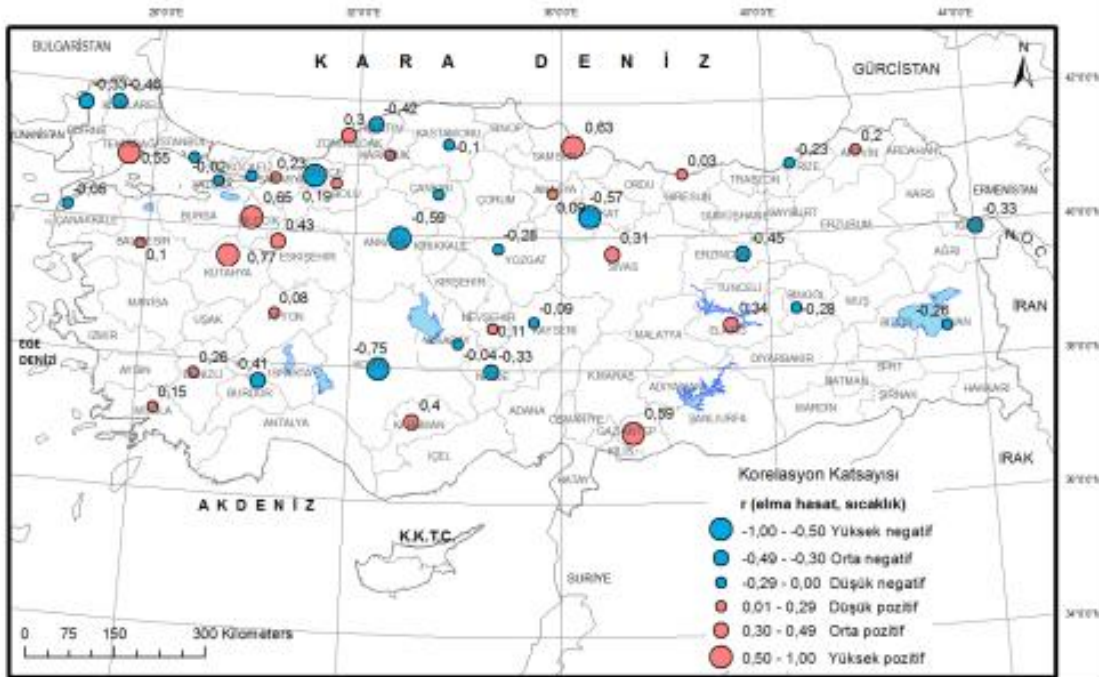
Şekil 8. Elma meyve tarihleri ile şubat-mayıs ortalama sıcaklıklar arasındaki korelasyon katsayıları

Elma ağaçlarında hasadın en erken görüldüğü yerler erkenci çeşitlerin yetiştirildiği Van, Bingöl, Erzurum, Bayburt ve Sivas civarıdır. Diğer yerlerde Golden, Starking ve Fiji gibi geç çeşitler yetiştirildiğinden hasat genellikle eylül ve ekim aylarında gerçekleşmektedir. Verideki düzensizlik nedeniyle elma hasat tarihleri 1989 yılından itibaren alınmıştır. Türkiye genelinde elmanın hasat tarihlerinde 25 gün/100 yıl şeklinde erkene kayma eğilimi bulunmuştur (Şekil 9).



Şekil 9. Türkiye genelinde yıllara göre elmanın hasat tarihlerindeki değişimler (1979-2009)

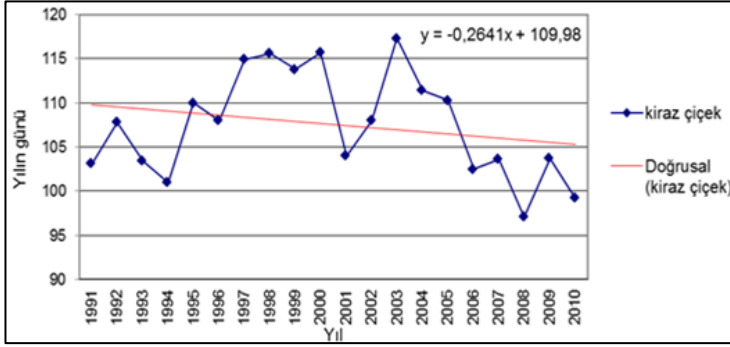
Elma hasat tarihleri ile ortalama sıcaklıklar arasındaki korelasyon katsayılarına göre 23 istasyonda negatif, 21 istasyonda pozitif ilişki katsayıları hesaplanmıştır. Özellikle Konya, Düzce, Ankara ve Tokat'ta yüksek derecede negatif ilişkiler söz konusudur (r , -0.50 ile -1.00 arasında). Buna karşın Kütahya, Bilecik, Samsun, Gaziantep, Tekirdağ ve Gaziantep'te ise yüksek pozitif ilişki bulunmuştur (r , 0.50 ile 1.00 arasında) (Şekil 10). Türkiye’de elmanın hasat tarihleri genellikle eylül ve ekim ayları olduğu için şubat-mayıs sıcaklıkları ile yüksek ilişki vermemesi beklenen bir durumdur.



Şekil 10. Elma hasat tarihleri ile şubat-mayıs ortalama sıcaklıkları arasındaki korelasyon katsayıları

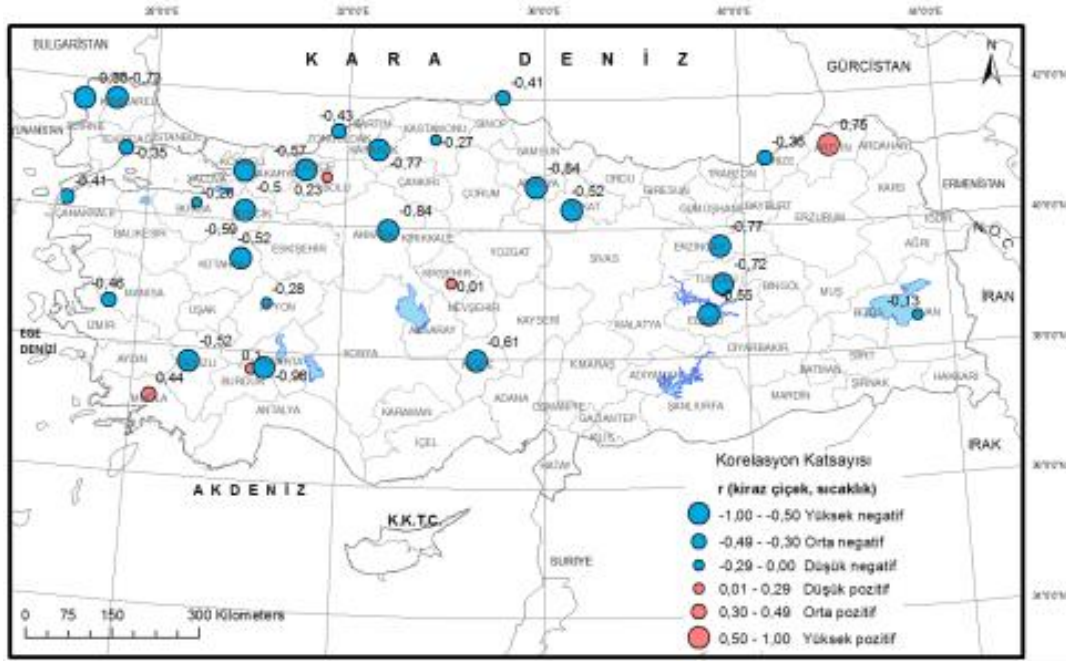
3.6. Kirazın fenolojik dönemlerindeki değişimler

Kiraz ağaçlarında çiçeklenmenin en erken görüldüğü yerler; Ege ve Akdeniz kıyıları, İstanbul, Zonguldak iken, en geç çiçeklenmenin görüldüğü yerler Van civarlarıdır. Verideki düzensizlik nedeniyle kiraz çiçek açma tarihleri 1991 yılından itibaren alınmıştır. Türkiye genelinde kirazın çiçek açma tarihlerinde 26 gün/100 yıl şeklinde erkene kayma eğilimi bulunmuştur (Şekil 11).



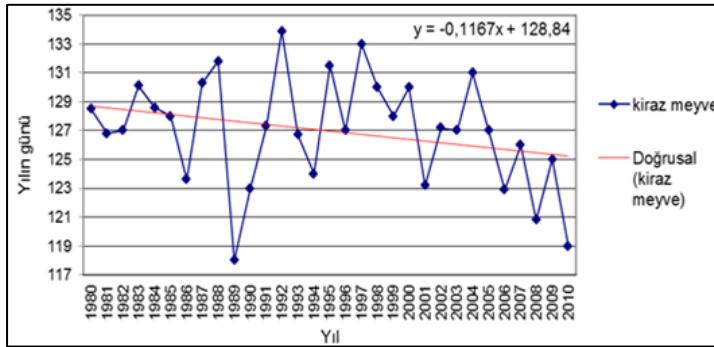
Şekil 11. Türkiye genelinde yıllara göre kiraz çiçeklenme tarihlerindeki değişimler (1991-2010)

Kiraz çiçek açma tarihleri ile ortalama sıcaklıklar arasındaki korelasyon katsayılarına bakıldığında, 26 istasyonda negatif, 5 istasyonda ise Artvin hariç düşük pozitif ilişki bulunmuştur. Özellikle Kırklareli, Edirne, Denizli, Isparta, Kocaeli, Bilecik, Düzce, Kütahya, Karabük, Ankara, Amasya, Tokat, Niğde, Erzincan, Tunceli ve Elazığ’da yüksek derecede negatif ilişki söz konusudur (r , -0.50 ile -1.00 arasında). Sadece Artvin’de yüksek pozitif ilişki bulunmuştur ($r = 0.75$). Negatif ilişkilerin fenolojiye yansımaları artan sıcaklıklar ile fenolojik devrelerin erkene kayması şeklindedir. Genel olarak bakıldığında hem istasyon bazında hem de ilişkinin derecesi açısından negatif ilişkilerin baskın olduğu görülmektedir (Şekil 12).



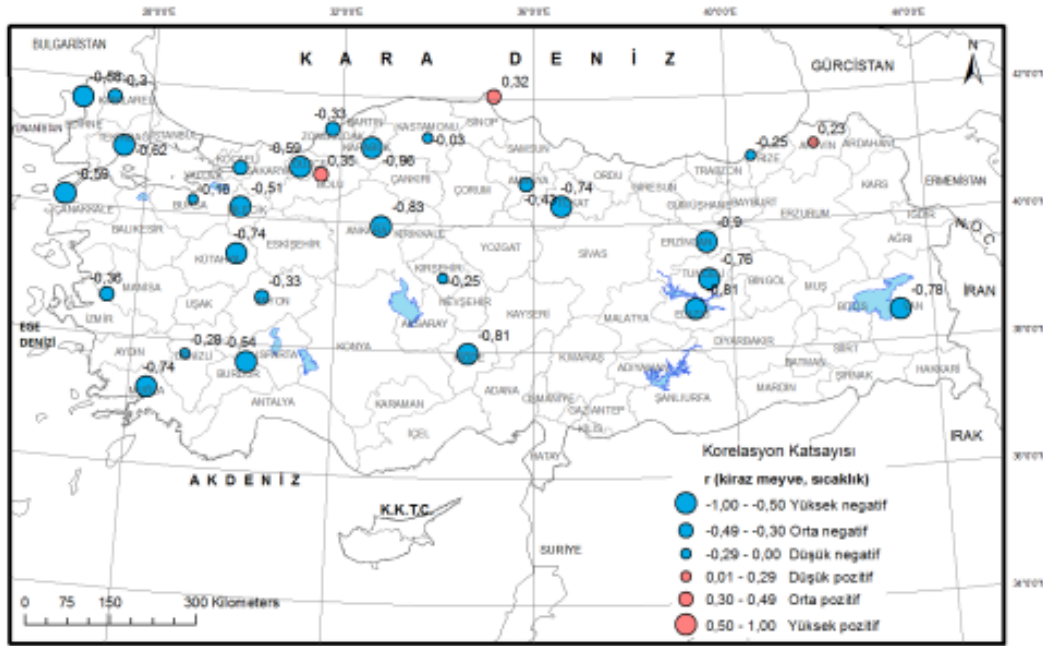
Şekil 12. Kiraz çiçek açma tarihleri ile şubat-mayıs ortalama sıcaklıklar arasındaki korelasyon katsayısı

Türkiye’de kiraz ağaçlarının ilk meyve oluşturmaya başladığı yerler Ege ve Akdeniz kıyıları ile Sinop civarlarıdır. En son meyve teşekkülü Doğu Anadolu Bölgesi’nde görülmektedir. Türkiye genelinde kiraz meyve oluşum tarihlerinde 12 gün/100 yıl şeklinde erkene kayma eğilimindedir (Şekil 13).



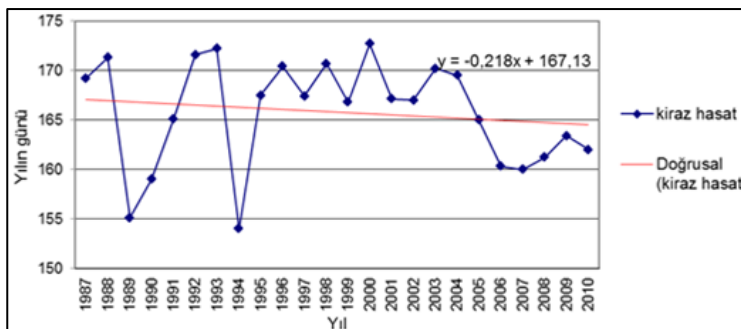
Şekil 13. Türkiye genelinde yıllara göre kiraz meyve oluşum tarihlerindeki değişimler

Kiraz meyve oluşum tarihleri ile ortalama sıcaklıklar arasındaki korelasyon katsayılarına bakıldığında, 28 istasyonda negatif ilişkiler söz konusu iken, 3 istasyonda ise orta ve düşük derecede pozitif ilişkiler bulunmuştur. Özellikle Çanakkale, Edirne, Tekirdağ, Muğla, Isparta, Bilecik, Kütahya, Düzce, Karabük, Ankara, Niğde, Tokat, Erzincan, Tunceli, Elazığ ve Van’da yüksek derecede negatif ilişki söz konusudur (r , -0.50 ile -1.00 arasında). Negatif ilişkilerin fenolojiye yansımaları artan sıcaklıklar ile fenolojik devrelerin erkene kayması şeklindedir ve bu beklenen bir durumdur. Genel olarak bakıldığında hem istasyon bazında hem de ilişkinin derecesi açısından negatif ilişkilerin baskın olduğu görülmektedir (Şekil 14).



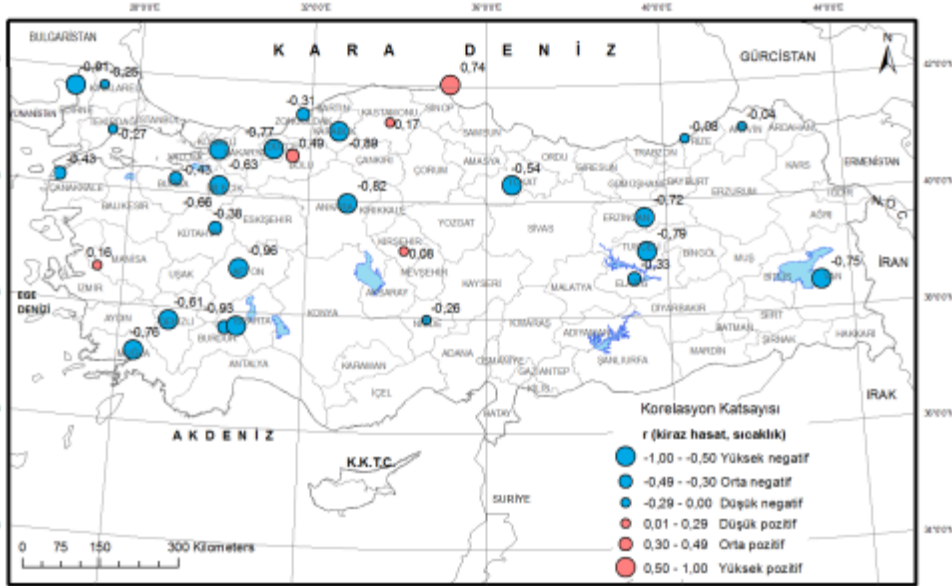
Şekil 14. Kiraz meyve oluşum tarihleri ile şubat-mayıs ortalama sıcaklıklar arasındaki korelasyon katsayıları

Türkiye’de yetiştirilen kiraz çeşitlerinin çoğu haziran ayında hasat edilmektedir. Hasadın erken yapıldığı yerler; Mersin, Antakya, Ege ve Akdeniz kıyıları, Güneydoğu Anadolu Bölgesi ile Ankara, Tokat ve Sinop civarlarıdır. En son hasat ise Van ve Kastamonu civarında yapılmaktadır. Türkiye genelinde kiraz hasat tarihlerinde 22 gün/100 yıl şeklinde erkene kayma eğilimi olduğu gözlenmektedir (Şekil 15).



Şekil 15. Türkiye genelinde yıllara göre kiraz hasat tarihlerindeki değişimler

Kiraz hasat tarihleri ile ortalama sıcaklıklar arasındaki korelasyon katsayılarına bakıldığında, 26 istasyonda negatif, 5 istasyonda pozitif ilişki katsayıları bulunmuştur. Özellikle Amasya, Afyonkarahisar, Isparta, Edirne, Karabük, Ankara, Tunceli, Düzce, Muğla, Van, Erzincan, Bilecik, Kocaeli, Denizli ve Tokat’ta yüksek derecede negatif ilişkiler söz konusudur (r , -0.50 ile -1.00 arasında). Sadece Sinop’ta yüksek pozitif ilişki bulunmuştur ($r = 0.74$). Negatif ilişkilerin fenolojiye yansımaları artan sıcaklıklar ile fenolojik devrelerin erkene kayması şeklindedir (Şekil 16).

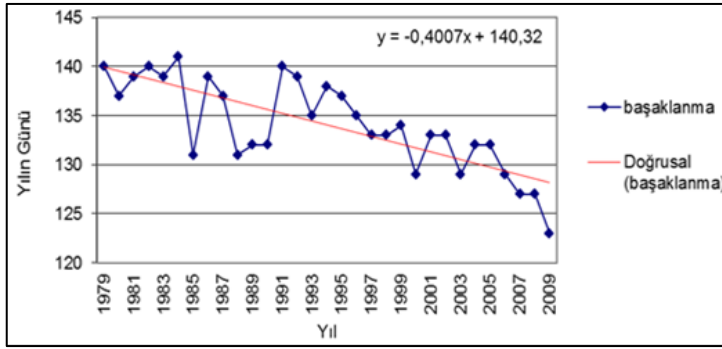


Şekil 16. Kiraz hasat tarihleri ile şubat-mayıs ortalama sıcaklıklar arasındaki korelasyon katsayıları

3.7. Buğdayın fenolojik dönemlerindeki değişimler

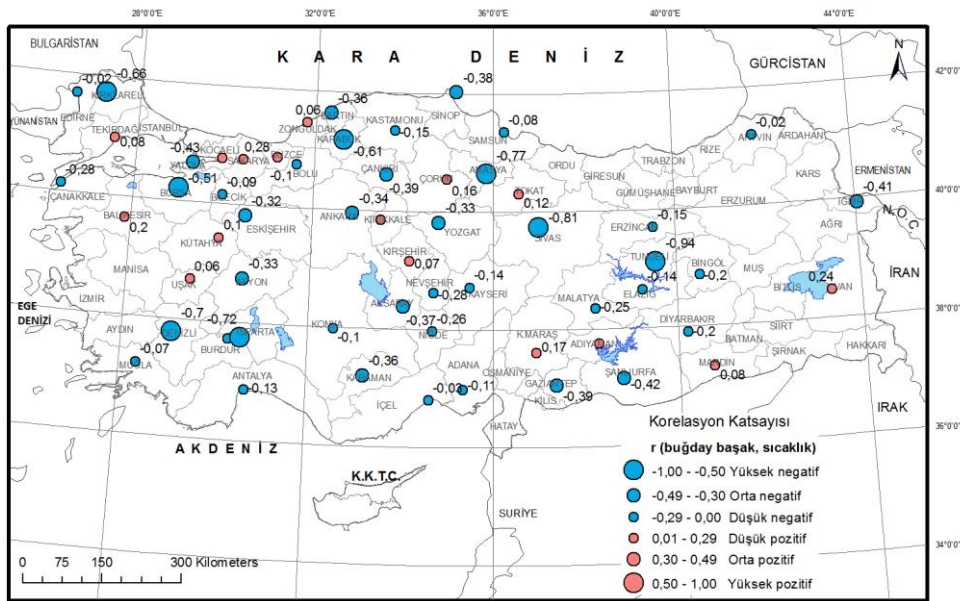
Türkiye’de büyük ölçüde iklimsel nedenlere bağlı olarak buğdayın en erken başaklanmaya başladığı yerler Ege ve Akdeniz kıyıları ile Güneydoğu Anadolu Bölgesi’dir. En geç başaklanan yerler ise Sivas, Gümüşhane ve Van civarlarıdır.

Türkiye genelinde buğdayın başaklanma tarihlerinde 40 gün/100 yıl şeklinde erkene kayma eğilimi bulunmuştur (Şekil 17).



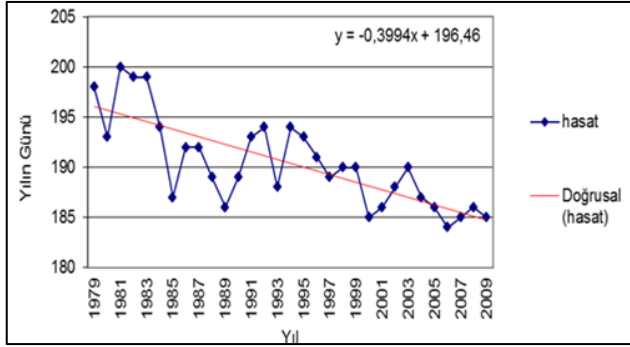
Şekil 17. Türkiye genelinde yıllara göre buğday başaklanma tarihlerindeki değişimler

Buğdayın başaklanma tarihleri ile ortalama sıcaklıklar arasındaki korelasyon katsayılarına bakıldığında, 42 istasyonda negatif ilişkiler söz konusu iken, 16 istasyonda düşük derecede ($r < 0.29$) pozitif ilişkiler bulunmuştur (Şekil 18). Kırklareli, Denizli, Bursa, Isparta, Karabük, Amasya, Sivas ve Tunceli’de yüksek derecede negatif ilişkiler söz konusudur (r , -0.50 ile -1.00 arasında).



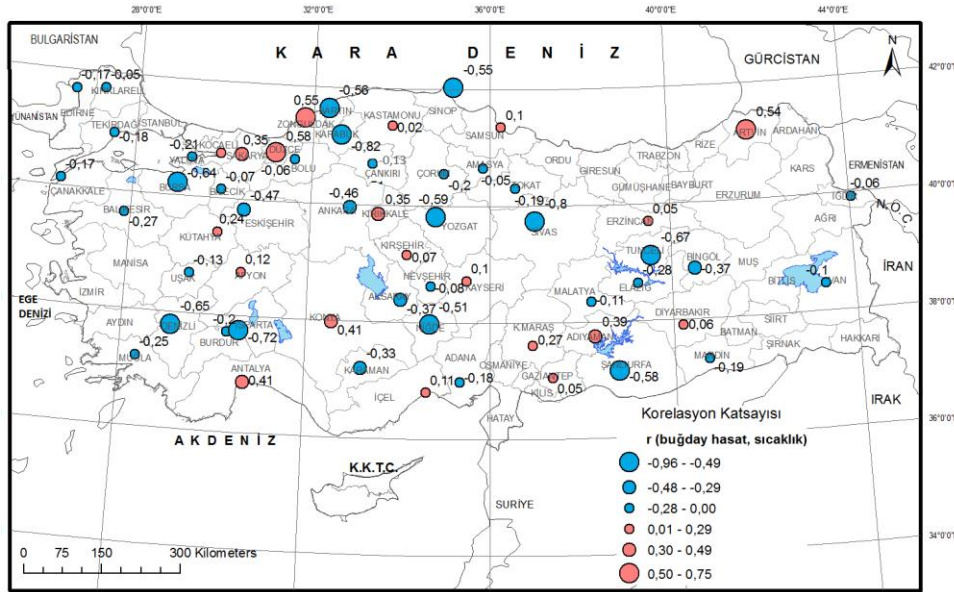
Şekil 18. Buğdayın başaklanma tarihleri ile şubat-mayıs ortalama sıcaklıklar arasındaki korelasyon katsayıları

Türkiye’de buğdayın en erken hasat edildiği yerler Akdeniz, Güneydoğu Anadolu ve Ege bölgeleridir. En geç hasat ise Sivas ve Van civarındadır. Türkiye genelinde buğdayın hasat tarihlerinde 40 gün/100 yıl şeklinde erkene kayma eğilimi bulunmuştur (Şekil 19).



Şekil 19. Türkiye genelinde yıllara göre buğday hasat tarihlerindeki değişimler

Buğdayın hasat tarihleri ile ortalama sıcaklıklar arasındaki korelasyon katsayılarına bakıldığında, 38 istasyonda negatif, 20 istasyonda ise pozitif ilişkiler bulunmuştur. Özellikle Bursa, Denizli, Isparta, Bartın, Karabük, Sinop, Yozgat, Niğde, Sivas, Tunceli ve Şanlıurfa’da yüksek derecede negatif ilişki söz konusudur (r , -0.50 ile -1.00 arasında). Düzce, Zonguldak ve Artvin’de ise yüksek pozitif ilişki bulunmuştur (r , 0.50 ile 1.00 arasında). Bu durum artan sıcaklıkların fenolojik devreleri erkene kaydırıldığını göstermektedir (Şekil 20).



Şekil 20. Buğdayın hasat tarihleri ile şubat-mayıs ortalama sıcaklıklar arasındaki korelasyon katsayıları

4. Sonuç

Türkiye’de 1994 yılından itibaren (1997 yılı hariç) pozitif sıcaklık anomalileri görülmektedir. Ortalama sıcaklıklardaki artış eğilimleri bütün aylarda görülmekle birlikte, yaz aylarındaki eğilim tahminleri daha yüksek ve istatistiksel olarak önemli artışlara işaret etmektedir. Bu durum bitki fenolojik dönemlerini etkilemektedir. Orta ve yüksek enlemlerde bitki gelişimi büyük ölçüde hava sıcaklığı tarafından kontrol edilir. Türkiye’de son yirmi yıllık süreçte hava sıcaklıklarındaki belirgin

değişiklikler bitkilerin fenolojik dönemleri üzerine belirgin etkiler yapmış, gerek doğal vejetasyon gerekse meyve ağaçları ve tarla bitkilerinin fenolojik dönemleri belirgin şekilde öne kaymıştır.

Bazı iklim projeksiyonlarına göre 21. Yüzyılda beklenen sıcaklık artışı, 20. Yüzyılda gözlenenenden çok daha fazla olacaktır (Akçakaya, vd., 2013). Türkiye için oluşturulan iklim projeksiyonlarına göre sıcaklıklardaki artış 3-4°C/100 yıldır (RCP 4.5), (Akçakaya, vd., 2013). Buna bağlı olarak yüzyılın sonlarına doğru bitkilerin fenolojik devrelerinde önemli değişiklikler olması beklenmektedir. Türkiye için gerçekleştirilen iklim indisi çalışmalarının sonuçları, sıcaklıkla ilişkili yaz günleri, tropik geceler, sıcak günler ve geceler ile büyüme sezonu uzunluğunda artış eğilimi olduğunu göstermektedir. Büyüme sezonu uzunluğu, hali hazırda yüksek olan kıyı kesimleri dışında Trakya, İç Anadolu ve Doğu Anadolu’da artmaktadır Bu çalışmadan elde edilen bulgular da bu durumu destekler niteliktedir.

Elma, kiraz ve buğdayın fenolojik dönemleri ile bitki gelişiminin fazla olduğu şubat-mayıs ortalama sıcaklıkları arasında negatif ilişkiler bulunmuştur. Bu durum bitkilerin kış dinlenmesinden sonra ilkbaharda artan sıcaklıklara tepki olarak bitki gelişme proseslerini hızlandırdığını ve fenolojik dönemlerini erkene kaydardıklarını göstermektedir. Elmanın çiçeklenme, meyve oluşumu ve hasat olmak üzere her 3 fenolojik döneminde de sırasıyla 20, 13 ve 25 gün/100 yıl, kirazın çiçeklenme, meyve oluşumu ve hasat olmak üzere her 3 fenolojik döneminde de sırasıyla 26, 12 ve 22 gün/100 yıl, buğdayın başaklanma ve hasat olmak üzere her iki fenolojik döneminde de 40 gün/100 yıl şeklinde erkene kayma eğilimi saptanmıştır.

Elma, kiraz ve buğdayın hasat tarihleri için hesaplanan trend sırasıyla -25, -22, -40 gün/100 yıl şeklindedir. Şubat-mayıs arası sıcaklıklarda 1.0°C’lik artışın anılan bitkilerin hasat tarihlerini sırasıyla 5, 4 ve 8 gün erkene kaydıracağı hesaplanmıştır. Kısalan gelişme döneminin tahıllarda tane doluluğu, başak başına tane sayısı ve tane ağırlığı üzerine negatif etkileri söz konusudur. Meyve ağaçlarının erken çiçek açması geç don riskini artıracak, erken olgunlaşması, ürünlerin kalitesini bozacaktır. Ayrıca fenolojik dönemlerin erkene kayması beraberinde sulama sorununu da getirecektir. Kısacası iklim değişikliğinin bitkiler üzerine negatif etkileri pozitif etkilerinden fazla olacaktır. İklim değişikliğinin bitkiler üzerindeki etkilerini ortaya koyan çalışmaların artması kısa ve uzun vadeli tarımsal planlamalarda uygun bitkilerin seçilebilmesini mümkün kılacaktır.

Referanslar

- Akçakaya, A. Eskiöglü, E. Atay, H. & Demir, Ö. (2013). Yeni Senaryolarla Türkiye İçin İklim Değişikliği Projeksiyonları. Meteoroloji Genel Müdürlüğü Yayınları. URL: http://www.mgm.gov.tr/FILES/iklim/IKLIM_DEGISIKLIGI_PROJEKSIYONLARI.pdf. Erişim tarihi, 15 Mart 2015.
- Beaubien, E.G. & Freeland, H.J. (2000). Spring phenology trends in Alberta, Canada: Links to ocean temperature. *International Journal of Biometeorol*, 44, 53–59.

- Bradley, N.L., Leopold, A.C., Ross, J., & Huffaker, W., (1999). Phenological changes reflect climate change in Wisconsin. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 96, 9701-9704.
- Chmielewski, F.M., Müller, A., & Bruns, E., (2004). Climate changes and trends in phenology of fruit trees and field crops in Germany, 1961-2000, *Agricultural and Forest Meteorology*, 121, 69-78.
- Chmielewski, F.M., & Rötzer, T., (2001). Response of tree phenology to climate change across Europe. *Agricultural and Forest Meteorology*, 108, 101-112.
- Chmielewski, F.M., & Rötzer, T., (2002). Annual and spatial variability of the beginning of growing season in Europe in relation to air temperature changes. *Climate Research*, 19, 257-264.
- Cosmulescu, S., Baciu, A., Cichi, M., & Gruia, M., (2010). The effect of climate changes on phenological phases in plum tree (*Prunus domestica* L.) in South-Western Romania. *South Western Journal of Horticulture, Biology and Environment*, 1(1), 9-20.
- Dalu, J.D., Baldi, M., Marina, A.D., Orlandini, S., Maracchi, G., Dalu, G., Grifoni, D., & Mancini, M., (2013). Mediterranean climate patterns and wine quality in North and Central Italy. *International Journal of Biometeorol*, 57, 729-742.
- Defila, C., & Clot, B., (2001). Phytophenological trends in Switzerland. *International Journal of Biometeorol*, 45, 203-207.
- Fujisawa, M., & Kobayashi, K., (2010). Apple (*Malus pumila* var. *domestica*) phenology is advancing due to rising air temperature in northern Japan. *Global Change Biology*, 16, 2651-2660.
- Kadıoğlu, M., & Şaylan, L., (2000). Trends of growing degree-days in Turkey. *Water, Air, and Soil Pollution*, 126, 83-96.
- MEB, (2003). Bahçecilik, kiraz yetiştiriciliği, mesleki ve teknik eğitim modülü. URL: http://www.megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf/Kiraz%20Yeti%20C5%9Ftiricili%20C4%9Fi.pdf. Erişim tarihi, 15 Mart 2015.
- Müller, A., (2002). Zeitliche und räumliche Variabilität der Phänologie landwirtschaftlicher und obstbaulicher Kulturen in Deutschland. Diplomarbeit, Humboldt-Universität Berlin.
- Salmi, T., Määttä, A., Anttila, P., Ruoho-Airola, T., & Amnell, T., (2002). Detecting trends of annual values of atmospheric pollutants by the Mann-Kendall test and Sen’s Solpe Estimates the excel template application MAKESENS. *Ilmanlaadun Julkaisuja Publikationer om Luftkvalitet Publications on Air Quality*, 31, 1-35.
- Schelling, K., (2000). Aufbau eines operationellen fernerkundungsund GIS-gestützten Systems zur Zustandsbeschreibung, Ertragsund Qualitätsabschätzung von Braugerstenbeständen. Dissertation. Rheinische Friedrich-Wilhelms-Univ., Bonn.
- Schmerbach, M., (2000). Klimaerwärmung Diskussion phänologischer und meteorologischer Trends zwischen 1961 und 1999 im Raum Schönbuch und Glemswald. Diplomarbeit, Universität Stuttgart.
- Schwarz, M.D., & Reiter, B.E., (2000). Changes in North American spring. *International Journal of Climatology*, 20, 929-932.
- Sugiura, T., Ogawa, H., Fukuda, N., & Moriguchi, T., (2013). Changes in the taste and textural attributes of apples in response to climate change, *Scientific Reports*, 3, 1-7.
- Sparks, T.H., Jeffree, E.P., & Jeffree, C.E., (2000). An examination on the relationship between flowering times and temperature at the national scale using long-term phonological records from the UK. *International Journal of Biometeorol*, 44, 82-87.
- Süzer, S., (2007). Buğday Tarımı, Trakya Tarımsal Araştırma Enstitüsü.
- Şensoy, S., Peterson, T.C., Alexander, L.V., & Zhang, X., (2007). Enhancing Middle East climate change monitoring and indexes, *American Meteorological Society*, 88(8), 1249-1254.
- Şensoy, S., Türkoğlu N., Akçakaya, A., Ekici M., Demircan M., Ulupınar Y., Atay, H., Tüvan, A., & Demirbaş, H., (2013). Trends in Turkey climate indices from 1960 to 2010, 6th Atmospheric Science Symposium, 3-5 July 2013, ITU, Istanbul, Turkey.

TÜİK, (2012). Türkiye Tarım İstatistikleri, Türkiye Test Yıllığı. URL: <http://biruni.tuik.gov.tr/bitkiselapp/bitkisel.zul>. Erişim tarihi, 15 Mart 2015.

URL-1, <http://www.turkeyarena.net/bagbahce/49414-kiraz-hangi-iklimde-yetisir-kiraz-iklim-istegi>. Erişim tarihi, 15 Mart 2015.

URL-2, http://www.agri.ankara.edu.tr/bahce/1099_ekoloji3.pdf. Erişim tarihi, 15 Mart 2015.

URL-3, <http://tr.wikipedia.org/w/index.php?title=Korelasyon&oldid=15587012>. Erişim tarihi, 15 Mart 2015.

Extended English Abstract

Plant growth in the mid latitudes depends largely on weather conditions. The high temperatures occurring in spring after hibernation cause phenological phases to occur earlier. Apparent temperature increases occurring after the 1980s in the world have an impact on the phenology of plants. While an increase of 1.0°C in the temperature does not cause big changes in people's daily lives, this value is equal to 60 days-degree in 2 months in plant growth and can cause shifts of the phenological periods. Although there are numerous studies revealing the relationship between changes in temperature and natural vegetation, there are very few studies on the relationship between climate change and agricultural products.

According to some climate projections, the temperature increase expected in the 21st century will be much higher than that observed in the 20th century. According to the climate projections generated for Turkey, the increase in the temperature is 3-4°C/100 years (RCP 4.5). Accordingly, significant changes in the phenological cycles of the plants are expected towards the end of the century. The results of climate index studies conducted for Turkey suggest that there is an upward trend in the length of heat-related summer days, tropical nights, hot days and nights and growing season. The length of growing season is increasing in Thrace Region, Central Anatolia and Eastern Anatolia except the coastal areas where it is already high.

In Turkey, positive temperature anomalies have been observed since 1994 (except 1997). Although there is an upward trend in average temperature in all months, this trend indicate a higher and statistically significant increase in summer months. This situation affects plant phenology periods. Within the last twenty-year, significant changes in air temperature in Turkey had a significant effect on the phenological periods of the plants, and the phenological periods of both natural vegetation and fruit trees and field crops shifted significantly forward.

The purpose of this study is to investigate the potential effects of climate change in Turkey in parallel with the global climate change on the phenological periods of plants. For this purpose, the field crop wheat plant, and cherry and apple trees were discussed. These are grown in wide areas and have high economic value in Turkey. In the study, the average temperature data of 130 stations belonging to the General Directorate of Meteorology (MGM) that are located in the cities and big districts for 1971-2012 period were used. Stations, the temperature data of which were used, were selected to represent the whole Turkey. In this study, the phenological data for 1979-2010 period obtained from MGM were used. This period was selected, for MGM has phenological records until 2010. Phenological data of 77 stations were used for wheat, of 70 stations for apple and 83 stations for cherry.

Temperature and phenological data were analyzed in Excel. The number of days required for each phenological period was calculated and recorded as days of the year. The trend analysis was carried out using “Mann-Kendall trend analysis method”, and trend estimates were made using the “Sen Slope Estimator”. The graphs and maps of verified and associated data sets were prepared. Maps were produced using Surfer and Geographic Information System (GIS) software. The correlation coefficients between average temperatures and phenological data of February-May period, when the growth occurs, were calculated using Pearson product-moment correlation coefficient.

It was observed that within 1971-2012 period in Turkey, the trend is towards the increase of temperature. Studies conducted using Mann-Kendall trend analyses suggest that the temperature trends for all months in Turkey are positive. Particularly the increase trends for the summer season and annual temperatures were significant at the level of 99.9% ($p < 0.001$). Temperature trends for September and October were at the level of 95%, temperature trends for May and December were significant at the level of 90%. The linear trend in the annual temperature data is in the form of 0.33°C/decade. For the period 1971-2012 covered in the study, the average temperatures increased by about 1.3°C. These changes in Turkey's temperature are consistent with the global temperature changes.

Negative relationships were found between the phenological periods of apple, cherry and wheat and the average temperatures of February-May period when the plants grow faster. This situation shows that the plants accelerate the development processes in response to the rising temperatures in the spring after the winter dormancy and shift their phenological periods to earlier times. All three phenological periods of apple that are flowering, fruit formation and harvest were found to be tended to shift 20, 13 and 25 days/100 years earlier, respectively. The three phenological periods of cherry that are flowering, fruit formation and harvest were found to be tended to shift 26, 12 and 22 days/100 years earlier, respectively. Two phenological periods of wheat that are heading and harvest were found to be tended to shift 40 days/100 years earlier.

The trend calculated for harvest times of apple, cherry, and wheat are -25, -22, -40 days/100 years respectively. It was calculated that a 1.0°C temperature increase in the February-May period will slide the harvest times of apple, cheery and wheat mentioned above 5, 4 and 8 days earlier respectively. A shorter development period has negative effects on the fullness of grains, the number of grains per spike and grain weight in cereals. The early blossoming of fruit trees will increase the risk of late frost; early maturing will degrade the quality of the products. Also, the shift of phenological periods to the earlier times will bring along the irrigation problem.