

RAPOR

Konu: Ankara Çevresinde Özellikle ODTÜ Atatürk Ormanındaki Anadolu Karaçam (*Pinus nigra* Arnold ssp. *Pallasiana* (Lamb.) Holmboe)'larında Görülen Kurumaların Nedenlerinin Belirlenmesi

Emir: İç Anadolu Ormancılık Araştırma Müdürlüğü'nün 02.04.2002 tarih ve PPI B.Gen.80-242 sayılı emirleri gereğince, Orman Mühendisi Orhan ÇELİK (Silvikültür), Orman Mühendisi Dr. Akkın SEMERCİ (Ağaç Fizyoloğu), Ziraat Yüksek Mühendisi Bahadır ŞANLI (Fitopatolog), Ziraat Yüksek Mühendisi Berna BELİNDİR (Toprak Uzmanı) ve Ziraat Mühendisi Özlem GEDİK (Entomolog) tarafından bir komisyon oluşturulması ve bu komisyonun konu ile ilgili bir rapor düzenlemesi

Ankara çevresi özellikle ODTÜ arazisi içerisindeki Atatürk Ormanında bulunan Anadolu karaçamlarında meydana gelen kurumaların nedenlerini araştırmak üzere Şubat ayından itibaren değişik tarihlerde arazi çalışmaları yapılmıştır. Kurumaların nedenlerinin belirlenmesi amacıyla toprak, ibrelerdeki besin maddesi içerikleri, zararlı, hastalık ve son olarak ta iklim konularında yapılan arazi, laboratuvar ve büro çalışmaları aşağıda açıklanmıştır.



Eymir Gölü Çevresinde Kurumalardan Genel Görünüm

1. TOPRAK ANALİZLERİ:

Öncelikle açılacak toprak profilleri için uygun yerler belirlenmiştir. Daha sonra açılan profillerden toprak örnekleri alınmıştır. Ayrıca Eymir Gölü alanından daha önce AÜ Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü'nce 19.03.2002 tarihinde alınan ve değerlendirilen toprak örneklerinden de yararlanılmıştır. Dolayısıyla bu alandan toprak örneği alınmamıştır.

ODTÜ-Kampüs alanında 4 ayrı yerde profil açılmış ve Tablo 1'de belirtilen derinliklerden toprak örnekleri alınmıştır. 4. Profilde ana kayaya kısa sürede ulaşıldığı için toprak örneğinin alındığı derinlik 60 cm. ile sınırlı kalmıştır.

Alınan toprak örnekleri aynı gün İç Anadolu Ormancılık Araştırma Müdürlüğü Ekoloji ve Toprak Araştırmaları Bölüm Başmühendisliği Laboratuvarlarına getirilmiş, analizlerine başlanmıştır.

Toprak örneklerinde fiziksel (tekstür) ve kimyasal analizler (pH, kireç, organik madde, total azot, değişebilir katyonlar-Ca, Mg, Na, K-, EC, tuz) yapılmıştır. Analizler Orman Bakanlığı Eskişehir Orman Toprak Laboratuvar Müdürlüğü Laboratuvar Teknikleri Kitabı'nda yer alan yöntemlere göre yapılmış ve toprak analiz sonuçları Tablo 1, AÜ Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü'nce Eymir Gölü alanı için yapılan toprak analizleri Tablo 2'de verilmiştir.

Profiller açılırken yapılan gözlemlerde derinlere inildikçe daha sert ve geçirimsiz bir tabakanın varlığı göze çarpmıştır. Ayrıca derinlerde kireç miktarının arttığı ve yer yer drenaj bozukluğundan kaynaklanan paslara da rastlanmıştır.

Toprak ağır bünyeli (kil) olup geçirgenliği azdır. Toprak reaksiyonu derinlere inildikçe hızla artmaktadır ki karaçam için en ideal pH'nın 5.0-5.5 olduğu düşünülürse bu değerler (7.83-9.04) tür için oldukça yüksektir.

Her bitki türünün normal bir pH isteği vardır. Reaksiyon bu normal isteklerin altına indiğinde ya da üstüne çıktığında, toprakta bulunan besin maddelerinin o bitkiye yararlılığı azalır ve bazıları da zararlı etki yapacak duruma gelirler. Örneğin (bu alanın topraklarında da

Profil 2	10-30	32,36	8,4	59,28	Kil	7,92	7,80	0,972	0,049	15488	1564,8	41,4	499,2	0,19	Tuzsuz
Profil 2	30-60	28,36	10,4	61,28	Kil	8,25	7,80	0,536	0,027	15972	2944,8	253,0	429,0	0,20	Tuzsuz
Profil 2	60-90	23,36	12,4	64,28	Kil	8,53	13,47	0,302	0,015	12100	1927,2	690,0	343,2	0,24	Tuzsuz
Profil 3	0-10	31,64	14,4	54	Kil	7,85	5,67	2,814	0,141	15488	1843,2	27,6	670,8	0,17	Tuzsuz
Profil 3	10-30	30,64	29,5	56	Kil	7,89	7,09	1,206	0,060	19360	912	41,4	514,8	0,17	Tuzsuz
Profil 3	30-60	28,64	11,4	60	Kil	8,11	9,22	0,670	0,034	15488	729,6	78,2	429,0	0,17	Tuzsuz
Profil 3	60-90	21,64	14,4	64	Kil	8,32	16,31	0,335	0,017	12584	1636,8	220,8	265,2	0,20	Tuzsuz
Profil 4	0-10	55,64	20,4	24	Kumlu Killi Balçık	7,77	7,80	2,479	0,124	11616	825,6	18,4	335,4	0,20	Tuzsuz
Profil 4	10-30	39,64	18,4	42	Kil	7,76	6,38	1,541	0,077	12584	523,2	23,0	335,4	0,18	Tuzsuz
Profil 4	30-60	36,36	16,4	47,28	Kil	8,12	7,80	0,804	0,040	13552	499,2	18,4	124,8	0,13	Tuzsuz

Tablo 2: ODTÜ Atatürk Ormanı Eymir Gölü Alanı Toprak Analizleri*

Örnek Alınan Yer	pH	EC	Organik Madde (%)	CaCO ₃ (%)	Kum (%)	Kil (%)	Silt (%)	P ppm	K ppm	N (%)
Eymir Gölü 0-30	7.8	0.18	3.26	1.9	30.8	37.62	31.58	38	120	0.16
Eymir Gölü 30-60	7.7	0.31	2.68	23.4	47.84	20.47	31.69	28	70	0.21
Eymir Gölü 60-90	8.0	0.64	1.65	3.7	75.32	13.34	11.34	35	53	0.14

*(AÜ Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü tarafından alınmıştır)

görüldüğü gibi) CaCO₃ (kireç)den dolayı pH' sı yükselen topraklarda fosfor, kalsiyum fosfat halinde bağlanarak güç çözümlü duruma geçer. Toprağın pH değeri 4.5 den 7.5-8.0' a doğru yükseldikçe demir, magnezyum, manganez, çinko ve fosfor gibi besin elementlerinin topraktaki eriyebilirlikleri gittikçe azalarak, bileşikler haline geçmek suretiyle bitkiler tarafından güç alınır ya da alınmazlar. Toprağın pH değeri 6.5-7.0 üzerinde ise, amonyum tuzları daha çabuk ve kolay alınır. Toprak reaksiyonunun 8.2'den fazla, yani kuvvetli bazik olması, sodyum karbonat gibi bitkiler için çok zararlı etki yapan bileşiklerin oluşmasına neden olabilir. Bu gibi topraklarda bol bulunan mikroorganizmalar, toprağın azot kaynaklarını tüketir ve bitkilerin gelişmesini önler. Yağışı bol ve yeterli drenajı olan bölgelerde pH' dan korkulmadığı halde Ankara ve çevresi gibi yıllık ortalama yağışı düşük ve yağışın büyük bir kısmı vejetasyon dönemi dışında düşen kurak ve yarı-kurak bölgelerde pH bir problemidir. Orman ağaçlarının kayaları ve sert toprakları delmek suretiyle toprak derinliklerindeki, besin maddelerine ve suya ulaşabilmeleri, köklerinin meydana getirdiği karbonik asit salgıları sayesinde mümkün olmaktadır. Ankara çevresindeki arazinin toprak reaksiyonu, dikilen ağaçların normal isteklerinden çok fazla bazik olduğundan, salgi asitlerinin etkisini gidermektedir. (Aydemir H., 1975).

Toprak örneklerinde tespit edilen kireç derinlere indikçe artmıştır. Kireç değerleri tüm profiller için %4.25-%17.02 arasında değişmektedir. CaCO₃ (kireç) dan dolayı pH da artmıştır. Bu değerler karaçam için oldukça yüksektir. Toprak örneklerinde tespit edilen kireç değerleri 'çok zengin kireçli' aralığına girmektedir.

Toprak örneklerinde elde edilen organik madde değerleri oldukça düşüktür (%0.302-%2.814). Toprak türü göz önüne alındığında bu değerler 'çok fakir toprak' aralığına girmektedir ki bu aralık hem ağaçlandırma sahaları hem de doğal ormanlar için oldukça düşük değerlerdir. Dolayısıyla Total Azot içinde aynı şey geçerlidir, yani N değerleri de düşüktür.

Suda değişebilir katyonlar incelendiğinde, değerler karaçam için yeterli düzeydedir. Ca (11616-19360 ppm) ve Mg (499.2-2944.8 ppm) değerleri yeterli olup, Na ve K değerleri için ise; Na (18.4-1794 ppm) derinliklere inildikçe artarken, K (124.8-725.4 ppm) derinliklere inildikçe azalmaktadır. Bu değerler İç Anadolu toprakları için normaldir.

Toprak örneklerinde tespit edilen EC değerleri (0.11-0.94 mS/cm) çok düşüktür, dolayısıyla tuz görülmemiştir.

Bu saptamalara göre; ODTÜ Atatürk Ormanından alınan toprak örneklerinin analiz sonuçlarında toprağın alkaliliği Anadolu karaçamı için yüksek değerlerdedir. CaCO₃ (kireç) değerleri de derinlerde fazlaşmış, bu da direkt olarak alkaliliği arttırmıştır. Yağış yetersizliği, yağışın aylara dağılışının düzensiz olması, uzun süren sıcak ve kurak yaz dönemi bu durumu problem haline getirmiş ve ağaçların yetişmesine olumsuz etki yapmıştır. Besin elementleri açısından bir problem görülmemiştir. Ancak toprak ağır bünyeli olduğundan, toprağın alt katmanlarında kompaktlaşma görülmüştür. Bu durum yan köklerin fazlaşmasına ve geniş bir alana yayılmasına neden olmuştur. Yukarı da belirtildiği gibi, yağışın az olması, besin maddeleri yeterli düzeyde olsa da bu maddelerin çözünürlüğü düşük olacağından bitkiler tarafından kolay alınmaz. Bununla birlikte yine yağışın az olması durumunda da çeşitli bileşikler oluşturan elementler bitkiler için toksik etki yapabilir.

Toprak açısından yapılan değerlendirmeler sonucunda, kurumaların görüldüğü alanlarda aşırı alkalilikten ve yağış yetersizliğinden dolayı bitki besin elementlerinin alımında güçlükler olabileceği söylenebilir. Ancak, bitki beslenmesinde görülen bu güçlüğün kurumaların asıl nedeni olamayacağı sonucuna varılabilir. Özetle; kurumaların direkt olarak topraktan kaynaklanmadığı söylenebilir.



Anadolu Karaçamlarında Yan Köklerin Genel Görünüşü

2. İBRE ANALİZLERİ:

Kurumaların görüldüğü Anadolu karaçamlarından ibre (canlı, yarı kurumuş, tamamen kuru) örnekleri ile mukayese açısından sağlıklı bir sedirden de ibre örneği alınmıştır.

Alınan bu ibre örnekleri aynı gün analizleri yapılmak üzere Eskişehir Toprak ve Ekoloji Araştırmaları Enstitüsü Laboratuvarına gönderilmiştir.

İbre örneklerinde makro ve mikro element (N, P, K, Ca, Mg, Na, S, Fe, Mn, Zn, Cu) analizleri yapılmıştır. Analiz sonuçları Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 3: ODTÜ Atatürk Ormanından Alınan İbre Analiz Sonuçları

Örnekle İlgili Açıklamalar	N	P	K	Ca	Mg	Na	S	Fe	Mn	Zn	Cu
	%	%	%	%	%	%	%	ppm	ppm	ppm	ppm
Karaçam (Canlı)	1.54	0.10	0.27	0.52	0.07	0.01	0.14	264	7.5	22	5.0
Karaçam (Yarı Kuru)	1.07	0.10	0.27	0.54	0.19	0.02	0.22	274	24.5	24	6.5
Karaçam (Tam Kuru)	0.96	0.11	0.25	0.79	0.13	0.01	0.22	423	51.5	26	7.0

Sedir (Canlı)	1.24	0.11	0.32	0.73	0.17	0.02	0.41	255	1.0	17	6.5
----------------------	------	------	------	------	------	------	------	-----	-----	----	-----

Yapılan ibre analizlerinin sonucuna göre elementleri ve etkilerini tek tek inceleyelim;

Azot (N): Sağlıklı fertlerden (canlı) alınan ibre örneklerinde N değeri %1.54, kurumuş örnekte ise %0.96 çıkmıştır ki, sağlıklı karaçamalarda araştırmacıların yaptığı çalışmalarda bulunan N değerleri %0.9-1.7 arasındadır (Irmak-Çepel, 1959, 1969.; Wittich 1961). Buna göre kurumuş ve sağlıklı karaçamların ibrelerindeki N değerleri arasında önemli bir fark yoktur. Buna dayanarak meydana gelen kurumlarda N durumunun bir etkisi olmadığı sonucuna varılabilir.

Fosfor (P): Sağlıklı ve kurumuş olan fertler arasında bir fark yoktur. Irmak ve Çepel (1969)' in sağlıklı karaçam iğne yapraklarında tespit ettikleri P değerleri % 0.14-0.18 arasındadır. Genel olarak bitkilerde P miktarları kuru madde esasına göre %0.05-0.43 arasındadır. Buna dayanarak analiz sonuçlarına da bakıldığında P açısından bir problem görülmemektedir.

Potasyum (K): Sağlıklı ve kurumuş olan fertler arasında bir fark yoktur. Irmak ve Çepel (1969)' in sağlıklı karaçam iğne yapraklarında tespit ettikleri K değerleri % 0.52-0.88 arasındadır. Analiz sonuçlarına da bakıldığında K açısından sağlıklı ve kurumuş fertler arasında bir fark görülmemiş olmasına rağmen her ikisinde de K miktarı düşüktür. K noksanlığında bitkinin alt ve orta yapraklarının kenarları ve uç kısımları sararır ve sonra kurumalar görülür. Noksanlığın sürmesi halinde belirti genç ibrelerde de kendisini gösterir. Fakat bu semptomlar ODTÜ arazisindeki kurumlarda uyuşmamaktadır. Bu yüzden kurumaların nedeninin K olmadığı kanısına varılabilir.

Kalsiyum (Ca): Sağlıklı ve kurumuş olan fertler arasında bir fark yoktur. Irmak ve Çepel (1969)' in sağlıklı karaçam iğne yapraklarında tespit ettikleri Ca değerleri % 0.14-0.44 arasındadır. Genel olarak bitkilerde Ca miktarları kuru madde esasına göre %0.1-10 arasındadır. Buna dayanarak Ca açısından bir problem görülmemektedir.

Magnezyum (Mg): Sağlıklı ve kurumuş olan fertler arasında bir fark yoktur. Irmak ve Çepel (1969)' in sağlıklı karaçam iğne yapraklarında tespit ettikleri Mg değerleri % 0.17-0.21 arasındadır. Genel olarak bitkilerde Mg aralığı %0.002-2.50' dir. Mg açısından bir problem görülmemektedir.

Sodyum (Na): Bitkilerin Na içeriği genellikle % 0.01-10.0 arasındadır. Karaçam ibre örneklerinde sağlıklı ve kurumuş olan fertler arasında bir fark yoktur Buna dayanarak Na açısından bir problem görülmemektedir.

Kükürt (S): Kükürt'ü daha çok hava kirliliği açısından değerlendirmek gerekecektir. Değişik kaynaklara göre kükürt miktarı %0.1 (1000 ppm)-%0.5 (5000 ppm)'e kadar tehlikeli değildir. Besin maddesi olması bakımından %0.15' den düşük değerler yetersiz kabul edilir. Bu element açısından da bir problem olmadığı görülmüştür.

Demir (Fe): Bitkideki Fe genelde 7-1300 ppm arasında değişmektedir (Jackson 1960). Sağlıklı ve kurumuş olan fertlerin demir içeriği bu aralıkta bulunmuştur. Buna dayanarak Fe açısından bir problem görülmemektedir.

Mangan (Mn): Genellikle Mangan kapsamları 20 ppm' den az olduğu durumlarda bitkilerde noksanlık belirtileri görülmekte, 20-500 ppm çoğunlukla yeterli olmakta ve 500 ppm den fazla Mangan bitkilerde zehir etkisi göstermektedir. Mangan noksanlığında bitkilerde; fotosentez iyi işlemez ve kloroz meydana gelir (Mayer ve ark. 1961). Buna göre kurumuş fertlerden alınan ibrelerdeki Mn içeriği yeterli düzeydedir.

Çinko (Zn): Analiz sonuçlarına göre Zn bakımından bir problem görülmemektedir.

Bakır (Cu): Analiz sonuçlarına göre Cu bakımından bir problem görülmemektedir.

3. ZARARLI:

Arazi içerisinden tamamen kurumuş, yarı kurumuş ve sağlıklı Anadolu karaçamı ve sağlıklı Toros sediri ağaçları incelenmiştir. Kurumuş ve yarı kurumuş ağaçlardan dal ve ibre örnekleri daha detaylı incelenmek üzere Entomoloji laboratuvarına getirilmiştir.

Yapılan inceleme sonucunda ibrelerde bol miktarda aphid (yaprak biti) ve kabuklu bit tespit edilmiştir. Kabuklu bit teşhisi için %70'lik alkol içine alınarak Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümüne götürülmüştür. Kabuklu bitin Homoptera takımı Coccoidea üst familyasına ait Diaspididae familyasından '*Leucaspis pini*' olduğu saptanmıştır.

Diaspididae familyası kalkanlı koşniller veya kabuklu koşniller yada kabuklu bitler şeklinde isimlendirilir. *Coccoidea* üst familyasına ait zararlıların üreme güçleri çok fazladır. Zarar şekli bitki özsuğunu emmek şeklinde olur. Bitkilerin kök, dal ve ibrelerinde zarar yapabilirler. Ayrıca salgıladıkları toksik madde ile bitki dokularında renk değişikliklerine neden olabilirler. Ancak söz konusu alanlardaki kurumlara etkileri sekonderdir. Primer zararlılar, sağlıklı bir ağaca direk olarak zarar veren canlılardır. Sekonder zararlılar ise herhangi bir etmen nedeniyle zayıf düşmüş ağaçlara zarar veren canlılara denir. Yani sekonder zararlılar sağlıklı ağaçlara direk olarak zarar vermezler. Ancak herhangi bir etmen nedeniyle zayıf düşmüş ağaçları tercih ederler. Söz konusu alanlardaki zararlı sekonder etkili olup, kurumaların asıl nedeni değildir.



Kurtboğazi Baraj Gölündeki Kurumalardan Genel Görünüm

4. HASTALIK:

Kurumaların Başlangıç Safhası

Metin Kutusu:

Metin Kutusu:



Ankara çevresinde görülen kurumalara yönelik gözlem ve incelemeler yapılmıştır. Arazide kuruyan fertler üzerinde yapılan gözlemlerde, kurumaların daha çok uç ve tepe sürgünlerinden başlayıp aşağıya doğru devam ettiği ve zaman içerisinde ağacın tüm ibrelerini kurutacak bir şekilde geliştiği görülmüştür. Ancak kuruyan fertler üzerinde herhangi bir hastalık belirtisi görülmemiştir. Kurumaların görüldüğü Anadolu karaçamlarından alınan ibre, dal, gövde ve kök örnekleri izolasyon çalışmalarında kullanılmak amacıyla etiketlenerek polietilen torbalarda laboratuara getirilmiştir. Örnekler ilk olarak musluk suyunda yıkanarak canlı ve kuruyan kısımları içerecek şekilde 5-6 mm küçük parçalara ayrılmıştır. Bu parçalar %2'lik NaOCl ile 4 dakika yüzey dezenfeksiyonuna tabi tutularak 1-2 dakika steril suda bekletilmiştir. Daha sonra bu parçalar içerisinde PDA (Patates Dekstroz Agar) besin ortamında bulunan petri kaplarına yerleştirilerek herhangi bir hastalık etmeni (fungus, bakteri) gelişimi olup olmadığını görmek amacıyla 22-24 °C'ye ayarlı inkübatörde 7 gün süreyle inkübasyona bırakılmıştır. Bunun yanı sıra Anadolu karaçamlarında kurumalara neden olabilecek fungusun vejetatif (misel yapısı) veya generatif (spor yapısı) organlarını görebilmek amacıyla örnekler % 2'lik NaOCl ile dezenfekte edildikten sonra nemli hücreye alınmıştır.

Laboratuara getirilen örnekler üzerinde yapılan izolasyon neticesinde; PDA ortamında saprofitik funguslar *Alternaria* sp. ve *Stemphylium* sp. tespit edilmiştir. Nemli hücrede ise herhangi bir fruktifikasyon organı (spor ve misel) gelişmemiştir.

Ankara çevresindeki (ODTÜ Atatürk Ormanı, Eymir Gölü, Kurtboğazi, Çayyolu, Etimesgut) ağaçlandırma sahalarından alınan örnekler üzerinde yapılan

makroskobik ve mikroskobik incelemelerde karaçamlarda kurumalara neden olabilecek fungal yada bakteriyel hastalık etmeni tespit edilmemiştir.

5. İKLİM:

Yeryüzünde kuraklık bitki örtüsünün yayılışını ve gelişimini sınırlayan en önemli etkidir. Kuraklık için Dünya Meteoroloji Örgütü (WMO) tarafından pek çok tanım yapılmıştır. Bu tanımlar yalnız başına ya da bir kombinasyon içinde kullanılan bir çok değişkeni içeren çok sayıda kritere göre sınıflandırılabilir. Yağış, sıcaklık, nem, serbest su yüzeylerinden buharlaşma (evaporasyon), bitkilerden terleme (transpirasyon), toprak nemi ve sıcaklığı, rüzgar, akarsu akım değerleri ve bitki koşulları sözü edilen değişkenlerin belli başlılarıdır. Yalnızca yağışa dayalı kuraklık tanımı 'meteorolojik kuraklık' olarak nitelenmektedir. Ancak tek başına yağışa bakılarak bir yerin kuraklığı konusunda fikir yürütmek bitkilerle uğraşan ormancılar ve tarımcılar için yeterli bilgiyi vermez. Zira bitkilerin su ekonomisinde yağış sadece girdi kısmını göstermektedir. Oysaki bitkideki su dengesi, yalnızca girdi tarafından değil aynı zamanda bitki yüzeyinden oluşan su kaybının (transpirasyon) yani çıktının büyüklüğü ile de ilişkilidir. Transpirasyonun miktarını ise bitkinin morfoloji ve fizyolojisi yanında özellikle havanın sıcaklığı ve su buharı içeriği etkilemektedir. Bu nedenle ODTÜ çevresindeki Anadolu karaçamı ağaçlandırmalarında görülen kurumaların iklimle ilişkili olup olmadığı araştırmak için Erinç İndisinden ve Thornthwaite yöntemlerinden yararlanılmıştır. Erinç yöntemi ile Ankara meteoroloji istasyonunun uzun yıllar (1925-1990), son 11 yılın ayrı ayrı her yılı ve her yılın vejetasyon mevsimleri için Erinç İndisleri hesaplanmış ve bu devrelerin yağış etkinliği bakımından kıyaslanması yapılmıştır. Thornthwaite yöntemi ile de bu istasyonun aynı yıllardaki su bilançosu ortaya konulmuştur.

Erinç İndisi Türkiye'nin kuraklık sorununu ve kurak/nemli alanlarını ve devrelerini gösterebilmek amacıyla, çeşitli zamanlarda bir çok araştırmacı tarafından çok kullanılan bir indistir. Erinç, gelir kaynağı olarak yağışa ve buharlaşmayla su kaybına yol açan esas etmen olarak maksimum sıcaklığa dayanmış ve aşağıdaki yağış etkinliği ya da kuraklık indisi eşitliğini önermiştir. Bu eşitlik:

$$I_m = P/T_{om}$$

Eşitlikte I_m : yağış etkinliğini, P: yıllık yağış tutarını (mm) ve T_{om} : yıllık ortalama maksimum sıcaklığı ($^{\circ}C$) gösterir. I_m 'in hesaplanmasında evapotranspirasyon ile kayıp çok az olması nedeniyle, aylık ortalama maksimum sıcaklığın $0^{\circ}C$ 'den düşük olduğu aylar göz önüne alınmaz. Böylece evapotranspirasyonun etkili olmadığı donlu ayların sıcaklık ortalamasını düşürücü ve bu nedenle de yağış etkinliği bakımından aldatici etkileri ortadan kaldırılmış olur. Buna karşılık aynı aylarda düşen ve bir bölümü sonraki aylarda evapotranspirasyona uğrayan kar ve buz olarak tutulmuş yağışların olumlu etkisini göstermek mümkün olmaktadır.

Erinç, indis sonuçlarını vejetasyon formasyonlarının yayılış alanları ile karşılaştırarak, yağış etkinliği bakımından aşağıdaki sınıflara ayırmıştır:

I_m	Sınıf	Vejetasyon
<8	TamKurak (TK)	Çöl
8-15	Kurak (K)	Çölümsü Step
15-23	Yarıkurak (YK)	Step
23-40	Yarınemli (YN)	Park Görünümlü Kuru Orman
40-55	Nemli (N)	Nemli Orman
55<	Çoknemli (ÇN)	Çok Nemli Orman

Erinç formülünü herhangi bir süre ya da mevsim için kullanmak olasıdır. Bu durumda elde edilecek indis değerinin yağış etkinliği sınıflarından hangisine girdiğini saptamak için, bunlar süreye göre değişen katsayılar ile çarpılır. Örneğin bir aylık indis 12, iki aylık indis 6, üç aylık indis 4, dört aylık indis 3 ve altı aylık indis 2 ile çarpılır. Bu çalışmada da vejetasyon mevsimi için Erinç İndisi hesaplanmıştır. Ayrıca düşük ve yüksek sıcaklıktan kaynaklanan zararların olasılığı da göz önüne alınarak maksimum ve minimum sıcaklıklara da bakılmıştır (Tablo 4).

Tablo 4: Erinç İndisleri ve Bazı Meteorolojik Elemanlar

	Yıllık Yağış (mm)	Vejetasyon Mevsiminde Yağış (mm)	Yıllık Erinç İndisi	Vej. M. Erinç İndisi	Donlu Günler Sayısı	Minimum Sıcaklık ($^{\circ}C$)	Maksimum Sıcaklık ($^{\circ}C$)	Buharlaşma (mm)
Uzun Yıllar	377.6	190.1	21 (YK)	13 (YK)	85	-24.9	40.0	1350

1991	403.3	239.7	24 (YN)	10 (K)	74	-14.4	36.0	1162
1992	330.0	184.2	19 (YK)	7.8 (TK)	110	-14.2	35.5	1108
1993	300.3	147.1	16 (YK)	6 (TK)	95	-14.2	36.5	1320
1994	289.8	119.3	16 (YK)	5 (TK)	68	-10.6	36.6	1527
1995	525.5	304.6	30 (YN)	13 (K)	67	-8.8	34.2	1209
1996	478.6	257.4	27 (YN)	11 (K)	43	-9	38.6	812
1997	548.1	376.2	33 (YN)	17 (YK)	91	-14.6	34.6	-
1998	442.3	240.3	24 (YN)	9.6 (K)	68	-11	37.0	-
1999	435.3	196.7	23 (YK)	8 (K)	66	-7	37.8	1247
2000	346.6	176.9	19 (YK)	7 (TK)	106	-15.2	40.8	1191
2001	437.4	173.1	23 (YK)	7 (TK)	57	-9.8	38.1	1267

YK: Yarı Kurak, K: Kurak, TK: Tam Kurak, YN: Yarı Nemli

Eriñç indisi yardımıyla yapılan hesaplamalar sonucunda kurumaların ortaya çıktığı 2002 yılı öncesindeki 1999, 2000 ve 2001 yıllarında Ankara çevresinde yarıkurak (YK) üç yılın ard arda yaşandığı görülmüştür. Ağaçlar kurumalarında stres etmeni olan kuraklığın şiddeti kadar süresinin de önemli olduğu dikkate alınrsa, Anadolu karaçamlarının uzun süre yarıkuraklıkla mücadele ettiği görülmektedir. Bitkiler suya en fazla ihtiyacı aktif olarak büyüdükleri dönemde yani vejetasyon döneminde ihtiyaç duymaktadırlar. Ağaçlar vejetasyon döneminde çap ve boy büyümesi yapmaktadırlar. Bunun anlamı hücrelerin bölünme ve büyümelerini asıl yaptıkları dönemdir. Hücre bazında bakıldığında büyüme ve bölünme ise ancak yeterli suyun var olması durumunda yapılabilir. Kuraklığın şiddetine ve süresine bağlı olarak büyüme kayıpları veya kurumalar olabilmektedir. Ankara civarında da vejetasyon dönemi 2000 ve 2001 yılında 'tamkurak' (TK) geçmiştir. Bu durum hücrelerin susuzluk sonucu kurumalarına, bunun sonucu olarak da Anadolu karaçamlarının kurumalarına neden olabilir. Ayrıca 2000 yılının yazı çok sıcak (40.8°C), kışı ise son 11 yılın en soğuk (-15.2) kışı olmuştur. Bu şekilde ekstrem hava koşullarında bitki büyümesi ve gelişmesi bakımından olumsuz koşullar olarak nitelenebilir. Yine 2000 yılında donlu günler sayısı 106'dır ve bu değer uzun yıllar ortalaması olan 85 günün oldukça üzerinde bir değerdir. Bu nedenle 2000 yılı kışında uzun süreli olarak fizyolojik kuraklık yaşanmış olabilir. Fizyolojik kuraklık durumunda toprakta su vardır. Ancak bu suyun donmuş olması veya köklerin su geçirgenliğinin düşük sıcaklık nedeniyle azalması gibi sebeplerden dolayı bitki bu sudan yararlanamaz. Yapraklı türler yapraklarını döktüklerinden fizyolojik kuraklıktan daha az etkilenmektedirler ancak ibreliler fizyolojik kuraklık sırasında topraktan suyu alamamakta, ve ibrelere aracılığıyla azda olsa su kaybetmektedirler. Bu nedenle kurumalarda sert geçen kış mevsiminde oluşan fizyolojik kuraklığında etkili olduğu söylenebilir.

Diğer taraftan Thornthwaite'a göre uzun yıllar (65 yıllık) ortalaması, ve son 11 yılın ayrı ayrı her yılı için 'Su Bilançosu' çıkarılmış, uzun yıllar ile son 11 yılın her yılı için su açıkları Grafik 1'de, dikkat çekici durumda olan 1993,1994,2000,2001 yıllarının tablo ve grafikleri; Tablo 5,6,7,8,9, Grafik 2,3,4,5,6'da verilmiştir. Meteorolojik verilerden elde edilen verilere göre Ankara'nın ortalama yağışı uzun yıllar için 377.6 mm dir. Son 11 yılın ortalama yağış miktarı yıllar itibari ile 1991-403.0 mm, 1992-330.0 mm., 1993-300.3 mm, 1994-289.8 mm, 1995-525.5 mm, 1996-478.6 mm, 1997-548.1 mm, 1998-442.3 mm, 1999-435.3 mm, 2000-301.6 mm, 2001-437.4 mm dir(Tablo 4). Bu yağış miktarlarına karşın su açığı; uzun yıllar için 329.2 mm dir. Son 11 yılın su açığı miktarları yıllar itibari ile 1991-383.3 mm, 1992-325.2 mm, 1993-467.5 mm, 1994-462.9 mm, 1995-243.3 mm, 1996-280.3 mm, 1997-267.9 mm, 1998-277.1 mm, 1999-344.2 mm, 2000-419.7 mm, 2001-472.8 mm çıkmıştır (Grafik 1).

Grafik 1: Ankara uzun yıllar ve son 11 yılın su açığı



Tablo 5: Ankara Meteoroloji İstasyonuna ait Uzun Yıllar (1925-1990) Ortalaması

Thornthwaite Su Bilançosu

Depo Kapasitesi (mm): 100													
Enlem: 41													
İstasyon Adı: Ankara													
1925-1990 ortalaması													
	AYLAR												
Bilanço Elemanları	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	TOPLAM
Sıcaklık	-0,1	1,3	5,4	11,2	15,9	19,8	23,1	23,0	18,4	12,8	7,3	2,3	12,6
Sıcaklık İndisi	0,00	0,13	1,1	3,39	5,76	8,03	10,15	10,08	7,19	4,15	1,77	0,31	52,09
Düzeltilmemiş PE	0,0	2,3	15,5	40,8	64,9	86,9	106,7	106,1	78,9	48,7	23,1	5,0	
Düzeltilmiş PE	0,0	2,0	16,0	45,0	79,8	107,5	133,8	124,5	81,8	47,0	19,5	4,1	660,9
Yağış	40,5	34,9	35,6	40,3	51,6	32,6	13,5	10,3	17,4	24,4	30,9	45,6	377,6
Depo Değişikliği	40,5	6,6	0,0	4,7	28,2	67,1	0,0	0,0	0,0	0,0	11,4	41,5	
Depolama	93,4	100,0	100,0	95,3	67,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11,4	52,9	
Ger. Evapotran.	0,0	2,0	16,0	45,0	79,8	99,7	13,5	10,3	17,4	24,4	19,5	4,1	331,6
Su noksanı	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,8	120,3	114,2	64,4	22,6	0,0	0,0	329,2

Su fazlası	0,0	26,3	19,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	46,0
Yüzeysel akış	0,0	13,2	23,0	9,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	46,0
Nemlilik oranı	0,0	16,8	1,2	-0,1	-0,4	-0,7	-0,9	-0,9	-0,8	-0,5	0,6	10,1	

Grafik2: Uzun Yıllar Ortalaması Thornthwaite Su Bilançosu Grafiği



Metin Kutusu:



Tablo 6: Ankara Meteoroloji İstasyonuna ait 1993 Yılı Thornthwaite Su Bilançosu

Depo Kapasitesi (mm):	100												
Enlem:	41												
İstasyon Adı:	Ankara												Yıl: 1993
	AYLAR												
Bilanço Elemanları	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	TOPLAM
Sıcaklık	-4,0	-0,7	5,7	10,0	15,3	20,0	22,9	23,1	19,3	15,0	4,1	4,0	12,6
Sıcaklık İndisi	0,00	0,00	1,2	2,86	5,44	8,16	10,01	10,15	7,73	5,28	0,74	0,71	52,29
Düzeltilmemiş PE	0,0	0,0	16,5	35,0	61,6	88,0	105,4	106,6	83,9	60,0	10,7	10,3	
Düzeltilmiş PE	0,0	0,0	17,0	38,6	75,6	108,8	132,1	125,1	87,0	57,9	9,0	8,5	659,7
Yağış	28,8	33,4	22,4	28,1	88,6	13,1	3,5	11,1	0,9	1,8	35,6	33,0	300,3
Depo Değişikliği	28,8	20,1	0,0	10,5	13,0	13,0	0,0	0,0	0,0	0,0	26,6	24,5	

Depolama	79,9	100,0	100,0	89,5	13,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	26,6	51,1	
Ger. Evapotr..	0,0	0,0	17,0	38,6	75,6	26,1	3,5	11,1	0,9	1,8	9,0	8,5	192,2
Su noksanı	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	82,7	128,6	114,0	86,1	56,1	0,0	0,0	467,5
Su fazlası	0,0	13,3	5,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	18,6
Yüzeysel akış	0,0	6,6	9,3	2,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	18,6
Nemlilik oranı	0,0	0,0	0,3	-0,3	0,2	-0,9	-1,0	-0,9	-1,0	-1,0	3,0	2,9	

Grafik3: 1993 Yılı Thornthwaite Su Bilançosu Grafiği



Metin Kutusu:



Tablo 7: Ankara Meteoroloji İstasyonuna ait 1994 Yılı Thornthwaite Su Bilançosu

Depo Kapasitesi (mm):	100												
Enlem:	41												
İstasyon Adı:	Ankara												
													Yıl: 1994
	AYLAR												
Bilanço Elemanları	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	TOPLAM
Sıcaklık	3,8	4,8	6,8	14,0	17,0	21,0	24,2	23,5	22,8	16,0	5,6	0,5	12,6
Sıcaklık İndisi	0,66	0,94	1,6	4,75	6,38	8,78	10,89	10,41	9,95	5,82	1,19	0,03	61,39

Düzeltilmemiş PE	7,3	10,2	17,2	50,0	66,6	91,1	112,4	107,6	102,9	60,9	12,9	0,4	
Düzeltilmiş PE	6,2	8,6	17,7	55,2	81,8	112,7	140,9	126,3	106,7	58,8	10,9	0,3	725,9
Yağış	30,2	33,8	18,4	30,7	39,0	6,6	5,0	1,1	6,3	30,6	67,5	20,6	289,8
Depo Değişikliği	23,1	0,0	0,0	24,5	42,8	32,7	0,0	0,0	0,0	0,0	56,6	20,3	
Depolama	100,0	100,0	100,0	75,5	32,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	56,6	76,9	
Ger. Evapotransp.	6,2	8,6	17,7	55,2	81,8	39,3	5,0	1,1	6,3	30,6	10,9	0,3	262,9
Su noksanı	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	73,3	135,9	125,2	100,4	28,2	0,0	0,0	462,9
Su fazlası	1,0	25,2	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	26,9
Yüzeysel akış	0,5	13,1	13,0	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	26,9
Nemlilik oranı	3,9	2,9	0,0	-0,4	-0,5	-0,9	-1,0	-1,0	-0,9	-0,5	5,2	68,3	

Grafik4: 1994 Yılı Thornthwaite Su Bilançosu Grafiği



Metin Kutusu:



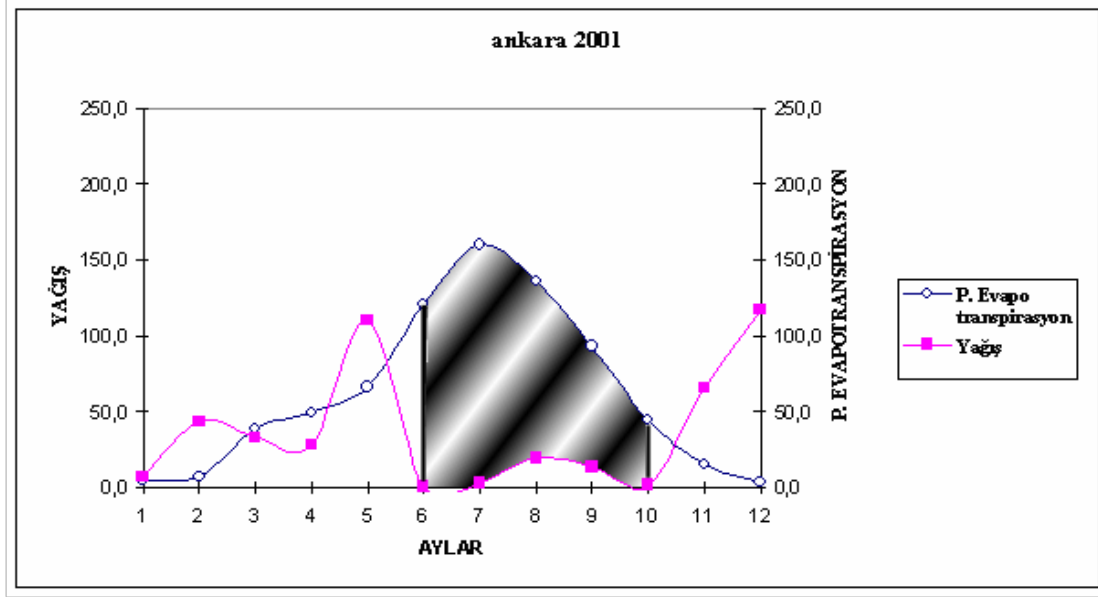
Tablo 8: Ankara Meteoroloji İstasyonuna ait 2000 Yılı Thornthwaite Su Bilançosu

Depo Kapasitesi (mm):	100												
Enlem:	41												
İstasyon Adı:	Ankara											Yıl: 2000	
	AYLAR												
Bilanço Elemanları	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	TOPLAM
Sıcaklık	-3,4	-1,1	4,5	13	15,5	20	26,5	22,8	18,9	12,2	8,7	2,2	12,6
Sıcaklık İndisi	0,00	0,00	0,9	4,25	5,55	8,16	12,49	9,95	7,49	3,86	2,31	0,29	55,19
Düzeltilmemiş PE	0,0	0,0	11,1	48,0	61,2	87,0	134,8	104,2	80,5	44,0	27,6	4,2	
Düzeltilmiş PE	0,0	0,0	11,5	53,0	75,2	107,6	169,1	122,4	83,4	42,5	23,3	3,4	691,4
Yağış	47,3	42,6	41,4	75,6	17,3	34,6	0	24,4	4,5	20,5	7,4	31	346,6
Depo Değişikliği	0,0	42,6	10,1	0,0	57,9	42,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	27,6	
Depolama	0,0	42,6	72,5	95,1	37,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	27,6	
Ger. Evapotransp.	0,0	0,0	11,5	53,0	75,2	71,8	0,0	24,4	4,5	20,5	7,4	3,4	271,7
Su noksanı	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	35,8	169,1	98,0	78,9	22,0	15,9	0,0	419,7
Su fazlası	47,3	0,0	19,8	22,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	89,7
Yüzeysel akış	23,7	23,7	9,9	21,2	11,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	89,7
Nemlilik oranı	0,0	0,0	2,6	0,4	-0,8	-0,7	-1,0	-0,8	-0,9	-0,5	-0,7	8,0	

Grafik5: 2000 Yılı Thornthwaite Su Bilançosu Grafiği

Nemlilik oranı	0,6	5,5	-0,1	-0,4	0,7	-1,0	-1,0	-0,9	-0,9	-1,0	3,5	36,4	

Grafik6: 2001 Yılı Thornthwaite Su Bilançosu Grafiği



Buradan hareketle su açıkları 1993-1994 ve 2000-2001 yıllarında ard arda çok büyük miktarlarda seyretmiş, bunun sonucunda 1995 yılında ve 2002 yıllarında Ankara çevresinde kurumalar görülmüştür. Karaçamlarda kurak bir yıldan sonra, yağışın ve su açığının nispeten ortalamaya yakın seyreden bir yıla takip etmesi durumunda kurumaların gözlenmediği ancak kurak yılların birbirini takip ettiği (en az iki yıl) zamanlarda kurumalar görülmüştür. Özellikle 2000 yılındaki 419,7 mm ve arkasından takip eden 2001 de 472.8 mm ile dikkat çekmektedir. 2001 yılındaki su açığı, uzun yıllar ortalaması su açığından 142.8 mm daha fazla bir başka ifade ile uzun yıllar su açığının 1.43 katıdır.

Ankara ve çevresinde iklim verilerine göre Temmuz-Ekim ayları arasında yağış noksanı bulunmaktadır. Mayıs-Haziran aylarında düşen yağışlar ise sağanak halinde kısa sürede oluştuğundan, toprağa sızmaya vakit bulamadan, eğimli yerlerde yüzeysel akış ve düz yerlerde buharlaşma yoluyla kaybolmaktadır. Derinlere gidemeyen ve toprak yüzeyine yakın tabakalarda kalan rutubet de otsu bitkiler tarafından kısa bir zamanda harcandığından, orman ağaçları uzun yaz döneminde susuz kalmaktadır. Buna karşılık ağaçlarda evapotranspirasyon durmamakta, asimilasyon organları olan ibreleri vasıtasıyla devamlı surette su kaybetmektedirler. Bunların sonucunda, ibre hücrelerindeki su azalmakta, ibrelerden başlamak üzere kurumalar meydana gelmektedir. Bitkiler stomalarını büyük ölçüde kapatmak suretiyle evapotranspirasyonu kısmen önlemekte iseler de, bu tedbir kurumalarına engel olamamaktadır. Bu nedenle, Ankara çevresine dikilen ibrelilerde özellikle ve öncelikle ibre kuruması görülmektedir. İlk yıllarda ibreler kuruyup dökülmekle birlikte, ağaç henüz kurumadığından sağlam tomurcuklar ilkbaharda sürgün vererek, asimilasyon organı olan yeni ibreler çıkmaktadır. Bu nedenle tam kurumamış durumda olan fertler için beklemekte yani alandan çıkarmakta acele etmemekte (vegetasyon başlangıcını) yarar vardır. Bu fertlerden vegetasyon başlangıcında tomurcuklarını patlatabilenler hayatiyetlerini sürdürebilmektedirler.

Vejetasyon devresinin dışında kalan kış ve sonbahar aylarında normalin üstünde yağış düştüğü halde, vejetasyon devresinde yeterli miktarda yağış olmadığı zaman kuraklık ve onun zararları hissedilecektir. Buna örnek olarak 2001 yılında 437.4 mm. yağış olmuş ancak, bunun sadece 173.1 mm si vejetasyon mevsiminde olmuştur (Tablo 4). Bu yağışların büyük kısmının Ankara ve çevresinde vejetasyon mevsimi dışında gerçekleştiğini gösterir. Yine 2001 yılında uzun yıllar ortalaması (377.6 mm) üzerinde olan yağışa karşın, 472.8 mm lik su açığı ile karşımıza çıkması vejetasyon mevsimi dışındaki yağışın fazla olmasının su açığını gidermediğini göstermektedir ki bu su açığı 1925-2001 yılları arasında görülen en yüksek su açıklarındandır.

Kurak koşullarda yetişen bitkilerin genellikle gövde hacmi, kök sistemlerinden küçüktür. Böylece bitki tamamen toprak üstü su sarfiyatını karşılayabilmek için, yan köklerini toprak içinde mümkün olduğu kadar fazla bir alana yayar. Bu da bitkinin kuraklığa uyum sağlayabilmek için kök sistemini geliştirme eğiliminden ileri gelmektedir. ODTÜ sahasında çekilen fotoğraflarda karaçam fertlerinin yan köklerinin oldukça uzun olduğu (suya ulaşabilmek için) görülmektedir.

Bu bilgilerle orman kuraklık alt sınırında bulunan ODTÜ Atatürk Ormanı meydana gelebilecek ekstrem kuraklık koşullarından Ankara çevresinde en fazla etkilenecek yerlerden birisidir. Bu nedenle 1993-1994 ve 2000-2001 yıllarında arka arkaya görülen ekstrem değerler bu alanlarda bulunan karaçamlarda kurumalara neden olmuştur.

Özet olarak Erinç ve Thornthwaite yöntemlerine göre iklim verileri değerlendirildiğinde Ankara ve çevresinde görülen kurumaların yaşanan olumsuz iklim koşullarından kaynaklandığı söylenebilir. Zira, benzer olumsuz iklim koşulları, 1993 ve 1994 yıllarında da ard arda yaşanmış, bunun sonucunda da 1995 yılında Ankara ve çevresinde benzer şekilde kurumalar görülmüştür.

6. SONUÇ

Ankara ve çevresindeki Anadolu karaçamlarında görülen kurumaların, toprak ve ibre örneklerinde yapılan analiz sonuçlarından elde edilen olumsuz değerler de göz önüne alındığında kurumaların direkt olarak toprak özelliklerine ve bitki besin maddesi içeriklerine bağlı olmadığı sonucuna varılmıştır. Tespit edilen *Leucaspis pini* zararlısı sekonder etkili olup kurumaların asıl nedeni değildir. Yine hastalık bakımından söz konusu alanlarda yapılan gerek arazi gerekse laboratuvar çalışmalarında kurumlara sebep olabilecek herhangi bir fungal ya da bakteriyel hastalık etmeni bulunmamıştır.

Toprak, zararlı ve hastalık konusunda yapılan inceleme sonuçlarının ışığında ve yapılan iklim değerlendirmeleri sonucunda kurumaların iklimden kaynaklandığı, son yıllarda yaşanan yarı kurak koşullar, ekstrem sıcaklık değerleri ve özellikle vejetasyon mevsimindeki 'tam kurak' iklim koşullarının kuruma nedeni olduğu sonucuna varılmıştır.

Bu rapor tarafımızdan düzenlenmiştir.

30.05.2002..

Orhan ÇELİK	Dr. Akkın SEMERCİ	Bahadır ŞANLI
Orman Mühendisi	Orman Mühendisi	Ziraat Yüksek Mühendisi

G. Berna BELİNDİR	Özlem GEDİK
Ziraat Yüksek Mühendisi	Ziraat Mühendisi