T.C.
ORMAN VE SU İŞLERİ BAKANLIĞI
METEOROLOJİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ
ARAŞTIRMA DAİRESİ BAŞKANLIĞI

DON HADİSESİ VE TÜRKİYE DON TAKVİMİ

ANKARA - 2017

T.C.
ORMAN VE SU İŞLERİ BAKANLIĞI
METEOROLOJİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ
ARAŞTIRMA DAİRESİ BAŞKANLIĞI

DON HADİSESİ
VE
TÜRKİYE DON TAKVİMİ

DR. OSMAN ŞİMŞEK
YÜKSEL NADAROĞLU
GÖKHAN YÜCEL
MURAT YILDIRIM
HALİS ERCİYAS

ZİRAİ METEOROLOJİ ŞUBE MÜDÜRLÜĞÜ

2017

Her türlü yayın ve telif hakları mahfuz olup, Meteoroloji Genel Müdürlüğü'ne aittir.

ÖNSÖZ

Türkiye gerek dünya üzerindeki konumu, gerekse fizikî coğrafya özellikleri nedeniyle don olaylarının sıkça yaşandığı bir ülkedir. Ülkemizin her bölgesinde, farklı sürelerde ve her yıl görülebilen don olayları, büyük ekonomik kayıplara neden olmaktadır.

Standart siper içi hava sıcaklığının 0 °C veya altına düşmesi, meteorolojide don hadisesi olarak adlandırılmaktadır. Don hadisesi başta tarım olmak üzere havacılık, inşaat ve adalet gibi birçok farklı sektörler için çok önemli bir meteorolojik hadisedir. Özellikle tarımda büyük miktarlarda ürün kayıplarına neden olan don hadisesi, tarımsal faaliyetlerin başlangıcından bu yana insanlık için bir problem olmuştur. Üretimin tüm faaliyetleri çok iyi bir şekilde yönetilse de bir gecelik don olayı tüm ürünün kaybedilmesine yol açabilir. Bu nedenle don hadisesi ile ilgili verilerin değerlendirilmesi, bu konuda alınacak önlemlere ışık tutacaktır.

Don hadisesinin seyri, sıklığı ve dağılımı hakkında bir fikir yürütebilmek için uzun yıllar sıcaklık verilerine ihtiyaç vardır. Gözlem süresi uzadıkça verilerin istatistiksel olarak değerlendirilmesi daha sağlıklı olur. Aynı zamanda ortalama ve uç değerlerin doğruluğu ve kullanılabilirliği artar. Bu doğru ve güvenilir değerler yardımıyla; bir bölgenin uygun tarım dönemi, etkili inşaat sezonu, ideal belediye hizmetleri için çalışma takvimi, turistik beldelerde en uzun turizm sezonunun belirlenmesi gibi birçok konuda hizmet sektörüne katkı sağlanır.

Bu kitapta ilkbahar en geç ve sonbahar en erken don tarihleri ile birlikte gözlem değerleri kullanılan merkezlerin don açısından riskli zaman dilimlerini gösteren grafikler, yıllık don dağılım grafikleri ve Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) kullanılarak hazırlanmış kapsamlı haritalar yer almaktadır. Bu kitabın hazırlanmasında emeği geçenlere teşekkür eder, kullanıcılara ve sektörlere yararlı olmasını dilerim.

İsmail GÜNEŞ

Genel Müdür

TEŞEKKÜR

Kitabın hazırlanması aşamasında eserlerinden yararlandığımız Sayın **Dr. Mücahit KARAOĞLU**'na ve Sayın **Özden DOKUYUCU**'ya,

Teknik destek sağlayan Sayın **Sefer KERVANKIRAN** ve Sayın **Osman ESKİOĞLU**'na,

Haritaların oluşturulmasında destek veren Sayın **Dr. Meral PEŞKİRCİOĞLU** ve Sayın **K. Aytaç ÖZAYDIN**'a,

Kitabın basımı için son şeklini veren redaksiyon kurulu üyeleri Sayın **Seyfullah ÇELİK**, **Nebi GÖRDEBİL**, **Dr. Nursel ÇETİN** ve **Hüdaverdi GÜRKAN**'a,

Desteklerini esirgemeyen tüm **kurum yöneticilerimize**

Teşekkür ederiz.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ ..... İ
TEŞEKKÜR ..... İİ
İÇİNDEKİLER ..... İİİ
ŞEKİLLER V
TABLOLAR ..... Vİ
SİMGELER VE KISALTMALAR ..... Vİİ
BÖLÜM 1 1
1. DON HADİSESİ, ÇEŞİTLERİ, KORUMA VE TAHMİN YÖNTEMLERİ 1
1.1. Don Hadisesi 1
1.1.1. Tanımlar 2
1.2. Don Hadisesi İle İlgili Fizyolojik Süreçler 5
1.2.1. Düşük sıcaklığın bitkiler üzerine zararlı etkisi 5
1.2.2. Düşük sıcaklığın bitkiler üzerine yararlı etkisi (Vernalizasyon) 6
1.2.3. Don kesmesi (Don kabarması) 6
1.2.4. Fotoperiyodizm 7
1.2.5. Termoperiyodizm 7
1.3. Don Hadisesi Çeşitleri 7
1.3.1. Oluşum nedenlerine göre donlar 7
1.3.1.1. Adveksiyon donları 8
1.3.1.2. Radyasyon donları 8
1.3.2. Sıcaklık ve rüzgâr hızına göre donlar 9
1.3.3. Bitkilerin gördüğü zarar durumuna göre donlar 10
1.4. Don Olayını Etkileyen Faktörler 10
1.5. Don Zararlarına Karşı Koruma Yöntemleri 11
1.5.1. Don zararının ekonomik önemi 11
1.5.2. Dondan korumanın tarihçesi 15
1.5.3. Don zararını engellemek için uygulanan yöntemler 16
1.5.3.1. Pasif koruma yöntemleri 17
1.5.3.1.1. Yer seçimi ve yönetimi 18
1.5.3.1.2. Soğuk hava drenajının sağlanması 19
1.5.3.1.3. Bitki seçimi 24
1.5.3.1.4. Örtü oluşturan ağaçlar 25
1.5.3.1.5. Bitki besleme yönetimi 25
1.5.3.1.6. Uygun budama 26
1.5.3.1.7. Çiçeklenmeyi geciktirmek için soğutma 26
1.5.3.1.8. Çiçeklenmeyi geciktirmek için kimyasal uygulama 27
1.5.3.1.9. Bitki örtüleri kullanma 27
1.5.3.1.10. Toprak işlemeden kaçınma 29
1.5.3.1.11. Sulama 30
1.5.3.1.12. Örtü ürünlerinin uzaklaştırılması (kaldırılması) 30
1.5.3.1.13. Toprak örtüleri 30
1.5.3.1.14. Ağaç gövdelerinin boyanması ve örtülerle sarılması 31

1.5.3.1.15. Bakteri kontrolü 31
1.5.3.1.16. Tohumların kimyasallarla muamele edilmesi 32
1.5.3.2. Aktif koruma yöntemleri 32
1.5.3.2.1. Isıtıcılar 32
1.5.3.2.2. Rüzgâr makineleri 37
1.5.3.2.3. Helikopterler 41
1.5.3.2.4. Püskürtücüler (spreyler) 42
1.5.3.2.5. Yüzey Sulama 47
1.5.3.2.6. Köpük yalıtımı 49
1.5.3.2.7. Sisleme makineleri 49
1.5.3.3. Yöntemlerin birleştirilmesi 51
1.5.3.3.1. Bitki dalları altına püskürtme yapan püskürtücüler ve rüzgâr makineleri 51
1.5.3.3.2. Rüzgâr makineleri ve yüzey sulaması 51
1.5.3.3.3. Rüzgâr makineleri ve ısıtıcılar 52
1.6. Don Hadisesinin Tahmini Ve Uyarı Hizmetleri 52
1.6.1. Tahmin ve uyarıların önemi 52
1.6.2. Genel don tahminleri 53
1.6.3. Yerel don tahminleri 54
1.6.3.1. Zirai don hadisesinde kritik saatler 55
1.6.4. Zirai don tahmin haritaları 56
1.6.5. Zirai don uyarı sistemi (ZDUS) 56

BÖLÜM 2 61

2. TÜRKİYE DON TAKVİMİ 61

2.1. Türkiye Don Takviminin Belirlenmesi 61
2.1.1. Materyal 61
2.1.2. Riskli dönemlerin belirlenmesi 61
2.1.3. Grafiklerin oluşturulması 62
2.1.4. Haritaların oluşturulması 62
2.2. Türkiye Don Görülme Tarihleri 63
2.3. Riskli Dönemler 75
2.4. Yıllık Ortalama Don Dağılım Grafikleri 114
2.5. Türkiye Don Tarihleri Haritaları 165

KAYNAKLAR 175

ŞEKİLLER

Sayfa

Şekil 1.1. Suyun hal değiştirme grafiği. 3
Şekil 1.2. 30 Mart 2014 tarihli 500 hPa yüksek seviye haritası. 13
Şekil 1.3. 30 Mart 2014 sabahı Türkiye'de etkili olan don olayının kapsadığı alanı gösteren minimum sıcaklık haritası. 14
Şekil 1.4. TARSİM 2014 yılı bitkisel ürün sigorta değerlerindeki artış oranları ve ödeme yapılan hasar nedenlerinin yüzdeleri. 14
Şekil 1.5. Soğuk havanın hareketi. 19
Şekil 1.6. Soğuk havanın drenajı. 20
Şekil 1.7. Soğuk havanın saptırılması. 21
Şekil 1.8. Soğuk havanın doğal engeller tarafından tutulması. 21
Şekil 1.9. Köşeli ve eğimli doğal engellerle soğuk havanın saptırılması. 22
Şekil 1.10. Eğime uygun boşluklarla soğuk havanın uzaklaştırılması. 22
Şekil 1.11. Isıtıcılarla havanın karıştırılması. 33
Şekil 1.12. Hayali bir kutu içindeki meyve bahçesi. 34
Şekil 1.13. Sıcak havanın dolaşım (sirkülasyon) modeli. 34
Şekil 1.14. Isıtıcıların örnek yerleşimi. 36
Şekil 1.15. Radyasyon donu sırasında rüzgâr makinelerinin sıcaklık profili üzerindeki etkilerini gösteren şematik diyagram. 39
Şekil 1.16. Rüzgâr makineleri yakınında (30 m) ölçülen 2 m yükseklikteki sıcaklık trendi. 39
Şekil 1.17. Rüzgâr makinesinin tarlada sıcaklık dağılımına etkisi. 40
Şekil 1.18. Karık sulamada uzun dalga radyasyonu. 49
Şekil 1.19. Kaliforniya badem bahçesinde çalıştırılan suni sisleme sistemi. 50
Şekil 1.20. Doğal sis üretimi için Gill Saturasyon Buhar Tabancası. 51
Şekil 1.21. 24.03.2003 tarihli 850 hPa haritası. 54
Şekil 1.22. Siper içerisinde sıcaklık ölçümü. 55
Şekil 1.23. Saatlik sıcaklık grafiği örneği. 55
Şekil 1.24. Don risk haritası örneği. 56
Şekil 1.25. Zirai Don Uyarı Sistemi (ZDUS). 57
Şekil 1.26. ZDUS'ta istasyon seçimi. 58
Şekil 1.27. ZDUS'ta bitki seçimi. 59
Şekil 1.28. ZDUS'ta fenolojik safha seçimi. 60
Şekil 2.1. İlkbahar ve sonbahar don görülme dönemleri 113
Şekil 2.2. Yıllık ortalama don dağılım grafikleri. 164
Şekil 2.3. Türkiye ilkbahar en geç don tarihi haritası (0 °C). 165
Şekil 2.4. Türkiye ilkbahar en geç don tarihi haritası (-1 °C) 166
Şekil 2.5. Türkiye ilkbahar en geç don tarihi haritası (-2 °C) 167
Şekil 2.6. Türkiye ilkbahar en geç don tarihi haritası (-3 °C) 168
Şekil 2.7. Türkiye ilkbahar en geç don tarihi haritası (-4 °C) 169
Şekil 2.8. Türkiye sonbahar en erken don tarihi haritası (0 °C) 170
Şekil 2.9. Türkiye sonbahar en erken don tarihi haritası (-1 °C 171
Şekil 2.10. Türkiye sonbahar en erken don tarihi haritası (-2 °C). 172
Şekil 2.11. Türkiye sonbahar en erken don tarihi haritası (-3 °C). 173
Şekil 2.12. Türkiye sonbahar en erken don tarihi haritası (-4 °C). 174

TABLOLAR

Sayfa

Tablo 1.1. Sıcaklık ve rüzgâr hızına göre don olayının sınıflandırılması. 9
Tablo 1.2. Bitkilerin gördüğü zarar durumuna göre don olayının sınıflandırılması. 10
Tablo 1.3. Dondan koruma için sıra örtü karakteristikleri. 29
Tablo 1.4. Tepeden püskürtme ile korumada uygulama oranları. 44
Tablo 1.5. Püskürtücüler ile dondan korumada minimum başlama ve durma sıcaklıkları (°C). 45
Tablo 2.1. Türkiye en geç ve en erken don görülme tarihleri 63

SİMGELER VE KISALTMALAR

Ad	: Hesaplanan ayın don oluş yüzdesi
An	: Don yüzdesi hesaplanan ayın gün sayısı
BM	: Birleşmiş Milletler
CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemi
cP	: Kontinental Polar
Dg	: Ay içindeki minimum sıcaklığın 0°C ve 0°C'nin altına düştüğü gün sayısı
EE	: Sonbahar En Erken Don Görülme Tarihleri
EG	: İlkbahar En Geç Don Görülme Tarihleri
FAO	: Food and Agriculture Organization of the United Nations (BM : Gıda ve Tarım Örgütü)
G	: Toprak ısı akı yoğunluğu
GSYH	: Gayri Safi Yurtiçi Hasıla
H	: Hissedilir ısı akış yoğunluğu
INA	: Ice Nucleation Active (Aktif buz çekirdeklenme bakterileri)
LE	: Gizli ısı akış yoğunluğu
MGM	: Meteoroloji Genel Müdürlüğü
MEVBİS	: Meteorolojik Veri Bilgi Satış Ve Sunum Sistemi
NINA	: Non Ice Nucleation Active (Aktif buz çekirdeklenmesini önleyici bakteriler)
Q	: Isıtma sonucu eklenen enerji
SRTM	: Space Radar Topography Mission
SV	: Saturated vapour (Doymuş buhar)
SYM	: Sayısal Yükseklik Modeli
TARSİM	: Tarım Sigortaları Havuzu
TBMM	: Türkiye Büyük Millet Meclisi
T_c	: Kritik hasar sıcaklığı
T_n	: Gündoğumu sırasında ölçülen minimum sıcaklık
TÜMAS	: Türkiye Meteorolojik Veri Arşiv Ve Yönetim Sistemi
TZOB	: Türkiye Ziraat Odaları Birliği
ZDUS	: Zirai Don Uyarı Sistemi

BÖLÜM 1

1. DON HADİSESİ, ÇEŞİTLERİ, KORUMA VE TAHMİN YÖNTEMLERİ

1.1. Don Hadisesi

Teknik olarak "don" kelimesi yüzeyler üzerinde ya çiyin donmasıyla veya su buharının faz değiştirmesiyle buz kristallerinin oluşmasını ifade etmek için kullanılmaktadır (Blanc et al., 1963; Bettencourt, 1980; Mota, 1981; Cunha, 1982). Bununla birlikte bu kelime halk tarafından, ürünlerin veya diğer bitkilerin don zararını görmesi durumundaki meteorolojik olayı tanımlamak için kullanılmaktadır. Üreticiler "donma", "buz tutma" terimlerini "sıcaklığın 0 °C'nin altına düştüğü veya 0 °C'ye eşit olduğu" yönündeki belirsiz tanımlama ile değişim halinde kullanmaktadır. Literatürdeki don tanımı örnekleri aşağıdakileri kapsamaktadır:

- ✓ *Sıcaklığın 0 °C'ye eşit veya 0 °C'den az olması durumunda, siper içerisinde "Stevenson Ekranında" 1.25-2.0 m yüksekliğinde ölçülmesi (Hogg, 1950, 1971; Lawrence, 1952);*
- ✓ *Siper tipi ve yüksekliği tanımlanmaksızın hava sıcaklığının 0 °C'den daha az olduğu durum (Raposo, 1967; Hewett, 1971);*
- ✓ *Yüzey sıcaklığının 0 °C'nin altına düşmesi durumu (Cunha, 1952) ve buz oluşumuna ilişkin referans olmaksızın bitkilerin hasar ya da ölümüne neden olan düşük hava sıcaklığının mevcut olması durumu (Ventskevich, 1958; Vitkevich, 1960).*

Snyder et al. (1987) ile Kalma et al. (1992) don tanımını "advektif" ve "radyatif" şeklinde iki sınıfa ayırmışlardır. Advektif donlar, çok iyi derecede karışmış rüzgârlı atmosferle soğuk havanın geniş ölçekli girişi ile ilişkilidir ve sıcaklık gündüz saatlerinde bile sıfır derecenin altındadır. Radyatif donlar ise, açık, sakin gecelerde radyant enerji değişimi ile enerji kaybı sonucunda meydana gelir ve sıcaklık enverziyonu (yani sıcaklığın yükseklikle artması) ile ilişkilidir. Bazı durumlarda hem advektif, hem radyatif şartların birleştirilmesi mümkündür.

Sözlükteki ve literatürdeki "donma", "üşüme" ve "don" tanımları değişkendir ve kafa karıştırıcıdır. Bununla birlikte dünyada "dondan koruma (frost protection)" terimi, "buz tutmadan korunma (freezing protection)" teriminden daha fazla kullanılmaktadır. Literatüre dayalı olarak aşağıdaki tanımlamaların uygun olduğuna karar verilmiştir.

"Don (frost)" terimi toprak seviyesinin 1.25-2.0 m üzerinde uygun hava siperi içerisinde ölçülen hava sıcaklığının 0 °C veya daha düşük olması durumudur. Bitkiler içerisindeki su, birçok korunma faktörüne bağlı olmak üzere, don olayı sırasında donabilir veya donmayabilir. Buz tutma (freeze) ise, bitki içindeki hücreler arasındaki suyun donması durumunda meydana gelir (yani su, sıvı halden buz haline döner). Bu durum bitkinin tolerans faktörlerine bağlı olarak (hücrelerdeki çözünür madde içeriği), bitki dokularında hasara neden olabilir veya olmayabilir. Bitki içerisinde hücreler arası buz oluşumu meydana geldiğinde don (frost) olayı, buz tutma (freeze) olayına dönüşür. Buz tutma

hasarı, sıcaklığın bitki dokusu için kritik değerin altına düştüğü, bitkide geri dönüşümsüz fizyolojik şartların meydana geldiği, bitki hücrelerinin ölümü veya ağır hasar görmesi şartlarının oluştuğu durumda meydana gelir. Bu hasar verici bitki doku sıcaklığı, "kritik sıcaklıklar" olarak adlandırılan ve standart alet siperleriyle ölçülen hava sıcaklıkları ile ilişkilidir. Sıfırın altındaki sıcaklıklar, yer yüzeyi yakınlarındaki havanın hissedilir ısı içeriğindeki azalmalar nedeniyle oluşur. Bunlar esas olarak;

i) yeryüzünden uzaya doğru olan radyasyonla net enerji kaybı ile,

ii) daha sıcak hava içine esen ve sıfırın altındaki sıcaklığa sahip havayı taşıyan rüzgâr (örneğin adveksiyon donu gibi) veya,

iii) bu iki sürecin bazı kombinasyonları,

nedeniyle meydana gelir.

1.1.1. Tanımlar

Isı: Cisimlerin içlerinde sahip oldukları ve cismin moleküllerini hareket halinde tutan enerjiye genel olarak iç enerji, bu iç enerjinin toplamına da ısı denir. Termodinamiğin birinci yasasına göre, cisim veya sistem tarafından emilen ısı, ya iş yapmak için kullanılır ya da içsel enerjiyi arttırır.

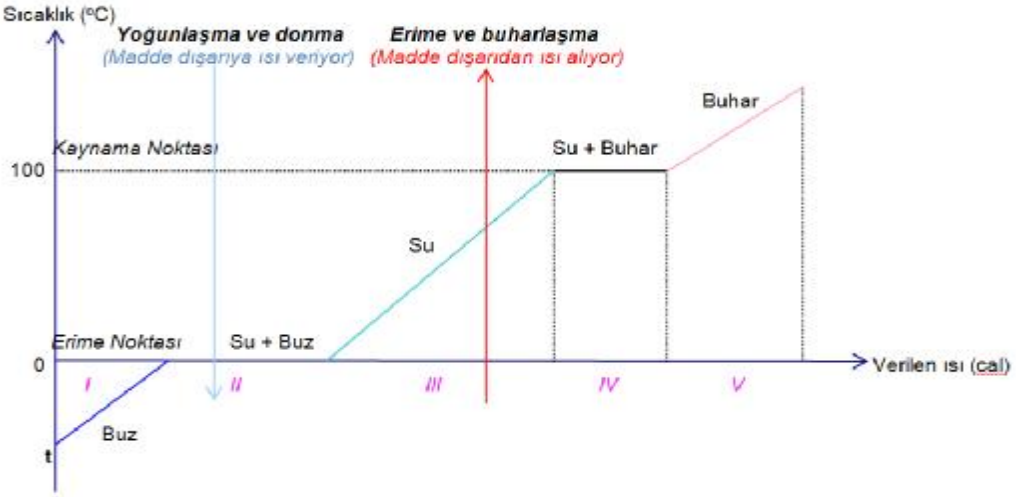
Sıcaklık: Bir cismin kütlesi içerisindeki ısısı arttıkça o kütleyi meydana getiren moleküllerin her birine düşen enerji payı da artar. Tek tek her moleküldeki enerji artışı da, moleküllerin kinetik enerjisini, yani titreşimini arttırmaktadır. Bu artan molekül titreşimleri ise elektromanyetik dalgalar halinde etrafa etkide bulunurlar. Bu etkiye sıcaklık denir.

İki cisim veya iki sistem arasında bir iş yapılsın veya yapılmasın atomik ölçüler düzeyinde ısı enerjisi aktarımı meydana gelir. Buna sıcaklık etkileşmesi denir ve her iki tarafın sıcaklıkları eşit oluncaya kadar bu etkileşim devam eder. Isı iletiminin etkin bir şekilde olması, cisim veya sistemlerin sıcaklık geçirgenliği denilen bu iç özelliği ile ilgilidir. Sıcaklık geçirgenliği yüksek olan cisimler ısı enerjisini daha çabuk iletirler.

Sonuç olarak, ısı, cisimlerde bulunan potansiyel bir güçtür. Sıcaklık ise bu potansiyel gücün kinetik olarak ortaya çıkmış etkisi veya göstergesidir. Sıcaklık termometre ile ölçülür, birimi derecedir. Isı, doğrudan değil, onun göstergesi olan sıcaklık yardımıyla ölçülür ve birimi kaloridir.

Isı enerjisi birimi, uluslararası sistemde joule (J) dür. 0.239 gram (g) suyun sıcaklığını 1 °C artırmak için gerekli olan ısıya 1 joule denir. Isı enerjisi için kullanılan diğer bir birim de kalori (cal) dir. 1 g saf suyun sıcaklığını 14.5 °C' den 15.5 °C'ye artıran ısı miktarına kalori denir. "1 cal = 4.18 J ve 1 J = 0.239 cal" olur.

Maddeler ısı alış verişi yaparak katı, sıvı ve gaz hallerine geçebilirler. Bu durumu en iyi şekilde gösteren suyun hal değişimi Şekil 1.1'de verilmiştir.



Şekil 1.1. Suyun hal değiştirme grafiği.

Öz ısı: Bir maddenin 1 gramının sıcaklığını 1 °C arttırmak için verilen ısıya öz ısı denir. Bir maddenin katı, sıvı ve gaz hallerinin öz ısısı farklıdır. Öz ısısı büyük olan maddelerin sıcaklığı geç artar ve geç azalır.

Donma noktası: Sıvı haldeki maddenin ısı vererek katılaşmaya başladığı sıcaklık noktasına donma sıcaklığı denir. Suyun donma noktası 0 °C'dir.

Donma ısısı: Donma noktasında bulunan 1 g sıvı maddenin katı hale geçmesi için verdiği ısı enerjisi miktarına donma ısısı denir. Suyun donma ısısı 80 cal/g veya 334 j/g'dır.

Buharlaşma ısısı: Kaynama noktasında bulunan 1 g sıvının gaz hale geçmesi için gerekli olan ısı miktarına buharlaşma ısısı denir. Suyun buharlaşma ısısı 540 cal/g veya 2257 j/g'dır.

Isıtılan tüm sıvılar hacimce genleşir. Burada suyun diğer sıvılardan farklı bir özelliği vardır. Su +4 °C'de en küçük hacme sahiptir. Bunun dışında, soğutulsa da ısıtılsa da hacmi artar, genleşir. Suyun öz kütlesi +4 °C'de en büyüktür. Bu değer dışında su ısıtılsa da soğutulsa da öz kütlesi azalır. Su diğer sıvıların tersine dipten değil üstten donar. Böylece suyun üst kısmı donsa bile alt kısmında hayat devam eder.

Soğuma: Bir cisim veya sistemden ısının çekilmesi, azalması veya ısı alımındaki başarısızlıkla ilgili fiziksel bir durumdur. Soğuk almayan bir cisim ısı kaybeden bir cisme tercih edilir. Isı bir cisim veya sistemden diğerine kondüksiyon, konveksiyon ve radyasyon şeklinde aktarılır.

Kondüksiyon: Bir enerji aktarımıdır ve iletkenin içindeki atom veya molekül hareketleri vasıtasıyla olur ve dışarıdan herhangi bir hareket söz konusu değildir. Bu şekildeki ısı iletimi katı cisimlerde görülür. Katı maddeler ısıtıldığı zaman moleküllerinin hareket enerjileri artar. Titreşen bu moleküller çevrelerindeki moleküllere çarparak onları da titreştirir. Bu şekilde titreşimlerin moleküller arasında taşınmasıyla ısı katı madde boyunca yayılır. Hava gaz

halde bir madde olması nedeniyle kondüksiyon açısından zayıf bir iletkendir ve kondüksiyon yoluyla sınırlı değerler arasında ısınır veya soğur. Havanın bu özelliği kondüksiyon yoluyla ısının uzaya gitmesini engeller. Yine hava kondüksiyon yoluyla aşırı ısınıp soğuyamadığından sıcaklık farkları azalır.

Konveksiyon: Sıvı veya gaz bir akışkan içerisinde kütle hareketidir. Akışkana ait özelliklerin karışımı veya taşınmasına bağlı olarak konveksiyon meydana gelir. Isınan sıvı veya gaz molekülleri genleştiğinden yoğunluğu azalarak yükselirler. Bu alanlara daha soğuk moleküller taşınarak ısı enerjisi hareket eden sıvı veya gaz molekülleri ile taşınır. Meteorolojide konveksiyon kelimesinin kullanımı atmosferdeki düşey hareketlerle sınırlıdır. Adveksiyon kelimesi yatay hareketler ve atmosferik özelliklerin karışımını açıklamak için kullanılır.

Radyasyon: Herhangi bir taşıma ortamına ihtiyaç duyulmadan uzaya doğru olan enerji aktarımıdır. Boşlukta ısı enerjisi sadece ışıma yoluyla yayılır ve ısı enerjisi ışık ışınları ile taşınır. Işık ışınları maddelere çarptıklarında soğrulur ve ışığı soğuran maddeler ısınırlar. Işıma, havada (gazlarda) ısının yayılması için geçerli yollardan biridir.

Gece görülen soğuma çoğunlukla radyasyonun neden olduğu ısı kayıplarıdır. Pürüzsüz parlak yüzeyler, ısı ışınlarını da ışık gibi yansıtırlar. Pürüzlü ve koyu renkli yüzeyler ise, gelen ısı ışınlarını yutar ve ısıya çevirirler. Işınların, madde üzerinde tutularak ısıya dönüşmesi olayına soğurma veya absorbsiyon denir. Soğurucu maddeler çabuk ısınırlar. Yansıtıcı maddeler ise, soğurma çok az olduğu için fazla ısınmazlar.

Çiy: Soğuk, açık ve sakin geçen gecelerde yeryüzündeki ve yere yakın seviyelerdeki cisimlerin sıcaklığı, etrafındaki havadan daha soğuk; fakat 0 °C'nin üzerinde bulunduğu takdirde, aşağı seviyelerdeki su buharının, bu cisimler üzerinde sıcaklık farkından dolayı yoğunlaşmasına çiy denir. Bu hadise daha ziyade ilk ve sonbahar aylarında, sabahları toprağa yakın cisimler üzerinde sık sık görülür.

Kırağı: Soğuk, açık ve rüzgârsız geçen gecelerde yeryüzünde ve yere yakın seviyelerdeki cisimlerin sıcaklığı, etrafındaki havadan daha düşük; fakat her ikisinin de 0 °C'nin altında bir sıcaklığa sahip olduğu durumlarda, aşağı seviyelerdeki su buharının, bu cisimler üzerinde kristalleşmesine kırağı denir.

Kırağı donu: Hava sıcaklığı ve işba noktasının donma sıcaklığı altında olması durumunda, radyasyon nedeniyle soğumuş yüzeyler üzerinde oluşan pul, tüy veya yelpaze şeklindeki ince buz kristalleridir. Kırağı, yerde oluşan çiy tanelerinin sonradan donmasıyla olabileceği gibi, doğrudan 0 °C'nin altındaki bir sıcaklıkta su buharının cisimler üzerinde donmasıyla da olabilir. Sis ve bulut yerin radyasyon kaybıyla soğumasını engellediğinden sisli ve bulutlu havalarda kırağı görmek mümkün olmaz.

Donlu gün: Standart siper içi hava sıcaklığının gün boyunca (24 saat) 0 °C'nin altında olduğu günlere denir.

Buzlu gün: Maksimum termometrenin gün boyunca 0 °C'nin altında (bazı ülkelerde 0 °C ve altında) olduğu günlere denir.

Şiddetli (öldürücü) don: Bitki türlerine bağlı olarak sıcaklığın donma noktasının 2 °C veya daha aşağısına düştüğü ve bitkilerin zarar gördüğü günlerdir. Bir yetiştirme dönemini sona erdirecek veya başlangıcını geciktirecek derecede şiddetli bir don periyodu şiddetli don olarak ifade edilmektedir.

İlk don tarihi: Sonbahar döneminde görülen ilk don olayının günüdür.

Son don tarihi: İlkbahar döneminde görülen son don olayının günüdür.

Sıcaklık terselmeleri (enverziyonlar): Yerden 10 km'ye kadar olan atmosfer tabakasında normal şartlarda, yükseklikle sıcaklık azalır. Ortalama azalma oranı (normal lapse rate) kuru hava için her 1000 metrede 6 °C'dir. Lapse rate bu değeri aştığı zaman, örneğin, hava tabakası alttan ısıtıldığında, kararsız duruma geçer ve sıcak hava yükselme eğilimi gösterir. Soğuk radyasyon gecelerinde bu oluşumun tersi görülür. Radyasyon yüzeyleri ile temas halinde olan hava soğur ve bir soğuk hava tabakası oluşur. Aşağı tabakadaki hava üst tabakadan daha soğuktur. Alışılmışın tersi olan bu durum enverziyon (sıcaklık terselmesi) olarak adlandırılır. Bu durum oldukça kararlıdır ve hava karışımı söz konusu değildir. Soğuk hava tabakası tam olarak oturma veya yavaşça alçak bölgelere doğru akma eğilimindedir.

Young (1921), Kaliforniya'da güneye bakan bir sırt üzerinde kış boyunca ölçümler yapmış ve en alt ölçüm noktası ile 75 m yükseklikteki ölçüm noktası arasında 15 °C'lik büyük bir fark elde etmiştir. İyi belirlenmiş enverziyon tabakaları don olayını önlemek için ısıtıcıların kullanılmasını kolaylaştırır. Isıtıcılar ve rüzgâr makineleri sıcak havayı aşağı seviyelere indirmek ve soğuk hava ile karıştırmak için kullanılır.

1.2. Don Hadisesi İle İlgili Fizyolojik Süreçler

1.2.1. Düşük sıcaklığın bitkiler üzerine zararlı etkisi

Canlı hücre basınç altında bir çözeltidir ve 0 °C'nin biraz altındaki sıcaklık değerlerinde donar. Fakat hücreler arasındaki boşluklarda yer alan su, saf veya saf suya oldukça yakın özelliklerdedir ve bu nedenle 0 °C'nin hemen altındaki sıcaklık değerlerinde donar. Bunun sonucu olarak hücre dışında buz oluşumu oldukça yaygındır. Hücre dışında buz oluşumunu hücreden suyun çekilmesi izler. Mekanik hasar sonucu protoplazmanın suyu gider, kolay kırılır hale gelir veya hücre buruşabilir ve protoplazma hasar görür.

Uyku dönemine girerken bitkilerin bünyelerindeki su miktarı azalır ve –20 °C'den daha düşük sıcaklıklara zarar görmeden dayanabilir. Fakat çok yıllık bitkilere su yürüyüp, tek yıllık bitkilerde ilk vejetatif faaliyetler başladığı zaman sıcaklıkların donma noktası değerinin birkaç derece altına düşmesi öldürücü olabilir. Buradan da anlaşılacağı gibi don zararı birincil olarak bitki bünyesindeki su miktarına göre değişiklik gösterir.

Bitkilerin toprak üstü organlarının sıcaklığı, içinde bulundukları havanın sıcaklığı kadardır. Kış aylarında gece hava soğuduğu zaman bitki gövdesinin sıcaklığı 0 °C'ye kadar düşebilir. Bunun sonucu olarak büzülmeler meydana gelir. Bu şekildeki büzülmelerin mekanik etkisi özellikle ağaç gövdelerinde kolayca görülebilir. Geceleyin düşük sıcaklıklarda ağacın kabuk kısmı ısısını kaybeder ve soğur, iç kısımda sıcaklık hala yüksektir. Bundan dolayı dış kabuk kısmı büzülür. Bu gibi şiddetli büzülme ve gerilmelere ağaç kabukları dayanamaz ve kabuklar uzunlamasına yarılır.

1.2.2. Düşük sıcaklığın bitkiler üzerine yararlı etkisi (Vernalizasyon)

Serin ve soğuk bölgelere uymuş (adapte olmuş), kışlık bitkilerin büyük çoğunluğu her yıl gelişmelerinin ilk devrelerinde belli bir süre uyku devresi geçirirler. Bu uyku devresi, sıcaklığın düşük olmasından ileri gelmez. Bu gibi kışlık bitkiler uygun şartlarda çimlenip kardeşlendikten sonra, aynı uygun şartlar sürdürülse bile, belli bir süre 5-8 °C sıcaklıklarda uyku devresi geçirmezlerse; sapa kalkamaz, dallanamaz ve generatif gelişme yapamazlar. Bundan dolayı, serin ve soğuk bölge bitkileri tropik bölgelere götürüldüğünde generatif gelişme göstermezler. Kışlık bitkilerin bu düşük sıcaklık derecesi istemelerine vernalizasyon denir.

Bitkilerin sıcaklığa karşı tepkileri çiçeğin döllenmesinden 5-6 gün sonra başlar. Döllenen tohumun erme devreleri ilerledikçe sıcaklığa karşı tepkileri derece derece azalır. Tohumların erme devrelerini tamamlayıp uyku devrelerine girmeleriyle tepki sona erer. Ancak, tohum bir çim yatağında çimlendirilince, genç bitki, sıcaklığa karşı hızlı bir tepki gösterir. Bitkinin asimilasyona başlamasıyla ışığın etkisi de başlar. Bundan sonra sıcaklık ve ışık birlikte bitkinin yaşantısına etkide bulunurlar.

Bitkilerin normal gelişebilmeleri için gerekli düşük sıcaklık süresi doğal şartlarda olduğu gibi, yapay şartlarda da sağlanabilir. Örneğin kışlık tahılların tohumları önce optimal bir çimlenme sıcaklığı ve nemi ile uyandırıldıktan sonra, belli bir sıcaklıkta ve belli bir süre (çeşitlere göre değişmekle birlikte 2-4 °C'de birkaç hafta) bırakılırsa bunların sapa kalkmak için istedikleri soğuk devre tamamlanmış olur. Bundan sonra bitkiler normal olarak gelişirler ve ürün verirler.

1.2.3. Don kesmesi (Don kabarması)

Toprağın donup çözülmesi, topraktaki suyun üst tabakalara çekilmesine, buradan buharlaşarak havaya karışmasına neden olur. En önemlisi de toprağın donup çözülmesi ve bu halin periyodik olarak sürüp gitmesidir. Don olayı hızlı bir şekilde meydana gelirse, toprağın üst kısmı tamamen donar. Böyle hızlı don olaylarında, toprak içindeki su toprak parçacıklarından ayrılamaz ve toprakla birlikte donar. Eğer sıcaklık donma noktasının altına yavaş bir şekilde düşerse, toprağın üst kısmında ince bir katman donar. Bu katman toprağın içindeki suyu kendine çeker ve düşey su billurları meydana gelir. Takip eden gecelerde donma etkisi ile toprağın alt katında yeni buz tabakaları meydana gelir. Bu şekilde aşağı katmanlarda eklenen buz tabakalarının etkisiyle ilk donan buz tabakası yavaş bir şekilde yukarı doğru yükselir. Bu olay sırasında toprak da

biraz yükselir. Toprak içerisindeki buz tabakalarının yükselmesi sonucu bitkiler de yukarı doğru yükselir. Bu durum uzun süre devam ederse genç bitkilerin kök taçları bazen 15-20 cm toprak yüzeyi üzerine çıkar ve bitkiler ölür. Çoğu zaman bitkiler yukarı doğru çekilirken kopar ve ölüm daha erken olur. Bu olaya don kesmesi denir.

Topraktaki su miktarı tarla kapasitesi değerinde veya daha az ise, suyun yukarıya doğru kapiller hareketi meydana gelmez ve bu durumdaki topraklarda don kesmesi veya don kabarması meydana gelmez. Don kesmesi görülen yerlerde kışlık ürünleri korumak için su göllenmelerini engellemek gerekir.

1.2.4. Fotoperiyodizm

Bitkilerin büyüme ve gelişmelerine etkide bulunan ana faktörlerden biri de gün uzunluğu veya meteorolojik ifadesi ile güneşlenme süresidir. Gün doğumu ile gün batımı arasında geçen ışıklı süreye fotoperiyot denir. Bitkilerin bu devreye karşı gösterdikleri tepkilere fotoperiyodizm denir.

Fotoperiyodizm etkisiyle çiçeklenme ve erme devreleri farklılık gösteren bitkiler; uzun gün bitkileri (12-14 saat), (serin iklim tahılları), kısa gün bitkileri (12-14 saatten az), (mısır, çeltik, soya, pamuk), nötr bitkiler olarak sınıflandırılır. Bitkileri ışık ve karanlık periyotlar altında nöbetleşe tutmak suretiyle, onların çiçeklenmelerini uyarmaya fotoperiyodik uyarma denir.

1.2.5. Termoperiyodizm

Bir gün içerisinde başta sıcaklık ve nem olmak üzere, meteorolojik parametrelerde değişimler söz konusudur. Tipik olarak gün doğumu ile birlikte sıcaklık yükselir, nem oranı azalır. Öğle saatlerinde sıcaklık en yüksek değerine, nem en düşük değerine ulaşır. Öğleden sonra sıcaklık azalmaya ve nem oranı artmaya başlar. Her canlı gibi bitkilerde bu değişimlere uygun yaratılmıştır. Meteorolojik parametrelerin hiç değişmediği yapay ortamlarda, bitkiler normal olarak büyüyüp gelişemezler. Bitkilerin bu şekilde ritmik olarak değişiklik istemelerine termoperiyodizm denir. Diğer bir ifade ile günlük ritmik ısı değişikliklerine karşı bitkilerin gösterdiği tepkilere termoperiyodizm denir.

1.3. Don Hadisesi Çeşitleri

Don olayı, birçok faktörün etkilediği ve etkilendiği bir meteorolojik olay olması nedeniyle çeşitli sınıflandırmalar yapmak mümkündür.

1.3.1. Oluşum nedenlerine göre donlar

Don oluşumları temel olarak;

a) donma noktasının altındaki sıcaklık değerlerine sahip hava kütlesinin bir bölge üzerine gelmesi (adveksiyon donları),

b) radyasyon yoluyla yeryüzünden olan ısı kayıpları (radyasyon donları), şeklinde iki ana gruba ayrılabilir.

Ayrıca buharlaşma sonucu meydana gelen ısı kaybının neden olduğu özel don olayları da vardır.

1.3.1.1. Adveksiyon donları

Adveksiyon donu, kuvvetli bir yüksek basınç önündeki derin bir alçak basınç ve iyi gelişmiş bir soğuk cephe geçişine bağlı çok büyük bir soğuk hava kütlesinin geniş bir bölge üzerine hareket etmesidir. Diğer bir ifadeyle soğuk havanın, daha sıcak havanın bulunduğu alana doğru, onun yerini almak üzere esmesi durumunda meydana gelir. Bunun için bu donlara rüzgâr donları da denir. Adveksiyon donları, orta dereceden kuvvetliye değişen rüzgâr şartlarında, sıcaklık enverziyonunun olmadığı şartlarda ve düşük nem durumunda meydana gelir. Adveksiyon donları etkisini birkaç gün gösterebilir. Birçok aktif dondan korunma metodu enverziyon varlığında çok daha etkili olduğu için,adveksiyon donları ile mücadele daha zordur. Birçok durumda sıcaklığın sıfırın altına düştüğü gece serileri adveksiyon donu ile başlayacaktır ve bu daha sonra radyasyon donu olan gecelere dönüşecektir.

Akdeniz iklim kuşağında da zaman zaman büyük don olayları meydana gelebilmektedir. Özellikle kış mevsiminde Sibirya üzerinde sarkan çok soğuk hava kütleleri arktrik havayı Akdeniz sahillerine kadar indirir. Bu durumda Akdeniz sahil kesimlerinde adveksiyon donları görülür. Ancak sistem geçtikten sonra yüksek basınca bağlı radyasyon kaybından dolayı radyasyon donlarına neden olur. Entansif tarımın yapıldığı Akdeniz sahillerinde son derece büyük ekonomik kayıplara neden olabilecek donlar için don tahmin raporları takip edilmelidir.

1.3.1.2. Radyasyon donları

Radyasyon donları, halk tarafından bilinen, sık meydana gelen olaylardır. Bu donlar, açık gökyüzü, sakin veya çok hafif rüzgâr, sıcaklık enverziyonu, düşük çiy nokta sıcaklıkları ve gündüzleri 0 °C'nin üzerinde fakat geceleri 0 °C'nin altına düşen hava sıcaklıkları ile karakterize edilir. Çiy nokta sıcaklığı, havanın %100 nispi nem içereceği noktaya kadar soğutulması durumunda ulaştığı sıcaklıktır ve bu havanın su buharı içeriğinin direkt ölçümüdür.

Gece saatlerinde açık gökyüzü şartlarında, yeryüzüne gelenden daha fazla radyasyon gökyüzüne radyasyonla kaybedilir, bu yüzden sıcaklık düşer. Radyasyonla ısı kaybeden yüzey yakınlarında sıcaklık daha hızlı düşer, bu da sıcaklık enverziyonu oluşumuna neden olur (sıcaklık yer üzerinde yükseldikçe artar). Yüzeyden radyasyon ile net enerji kaybı meydana gelirken, toprak yüzeyinin ve yer yakınlarındaki havanın hissedilir ısı içeriği azalır. Havadan aşağıya doğru hissedilir ısı akışı olurken, toprak içindeki yüzeye (yukarıya) doğru kaybedilen hissedilir ısının yerini almak için bir ısı akışı olur. Bu durum yukarıdaki havanın da sıcaklığında düşüşe neden olur, fakat bu düşüş yer yüzeyindeki kadar hızlı değildir. Sıcaklık enverziyonunun tepesinden tabanına olan derinlik, yerel topoğrafya ve hava şartlarına bağlı olmak üzere değişiklik gösterir, fakat genel olarak 9-60 m arasında değişir (Perry, 1994).

Eğer hava sıcaklığı toprak yüzeyinden yeterli yükseklikte ölçülürse, yükseklikle birlikte azalmaya başladığı noktaya ulaşacaktır (lapse, sapma, geri kalma durumu). Sıcaklık grafiğinin enverziyondan sapma durumu (lapse),

değiştiği seviye tavan (ceiling) olarak adlandırılır. Zayıf enverziyon (yüksek tavan yapma) durumu, yüksekteki sıcaklığın yeryüzündeki sıcaklıktan yalnızca çok hafif düzeyde yüksek olması durumunda ve kuvvetli enverziyon (düşük, alçak tavan yapma) durumu ise, sıcaklığın yükseklikle hızlı bir şekilde artması durumunda meydana gelir. Enerji koruma metotları kuvvetli enverziyon (alçak tavan yapma) durumunda en etkilidir, kuvvetli enverziyon durumları radyasyon donları için tipiktir.

Radyasyon donlarının iki alt sınıfı bulunmaktadır. "Kırağı donu (hoarfrost)" su buharının yüzey üzerinde birikmesiyle oluşur, genel olarak "don (frost)" adı verilen beyaz örtüyü oluşturur. Kara don ise sıcaklığın 0°C'nin altına düşmesiyle oluşur ve yüzey üzerinde buz oluşmaz. Nemlilik yeterli derecede düşükse, yeryüzü sıcaklığı buz noktası sıcaklığına ulaşamayacak ve don oluşmayacaktır. Nemliliğin yüksek olması durumunda büyük ihtimalle buz birikimi olur ve "kırağı donu" meydana gelebilir. Buzun birikimi sırasında ısı açığa çıkması nedeniyle kırağı donları genellikle kara donlardan daha az hasar meydana getirir.

Radyasyon donları, genellikle ilkbahar ve sonbahar aylarında görülürken birçok yüksek enlem derecelerinde ve yüksek rakımlarda bu tip don olayları yaz aylarında bile görülebilir. Ancak bu tip donlar, kış mevsiminde de özellikle yüksek basınç koşullarının hâkim olduğu alanlarda etkili olmaktadır.

Radyasyon donları, günün en düşük sıcaklık değerinin görüldüğü sabah saatlerinde çok etkilidir. Bu donlar adveksiyon donlarına göre çok daha kısa süreli olup genellikle öğle saatlerinde etkisini kaybeden donlardır. Çünkü yerin ısınması ile yerle temas eden hava da ısındığı için enverziyon ortadan kalkmakta, don olayı sona ermektedir. Radyasyon donları, kuvvetli enverziyon durumunda 1 günden fazla devam edebilir.

Tarım açısından radyasyon donlarının vereceği zarar daha azdır. Çeşitli bölgelerde bu tip donların yoğunluğu ve sıklığı oldukça sınırlıdır. Yapay yöntemler kullanılarak şiddetli don olaylarının zararları akılcı toprak ve bitki idaresi ile en aza indirilebilir veya tamamen önlenebilir.

1.3.2. Sıcaklık ve rüzgâr hızına göre donlar

Tablo 1.1. Sıcaklık ve rüzgâr hızına göre don olayının sınıflandırılması.

Don çeşidi	**Rüzgâr hızı (< 10 knots)**	**Rüzgâr hızı (> 10 knots)**
Hafif	0.0 °C'den -3.5 °C'ye	0.0 °C'den -0.4 °C'ye
Orta	-3.6 °C'den -6.4 °C'ye	-0.5 °C'den -2.4 °C'ye
Şiddetli	-6.5 °C'den -11.5 °C'ye	-2.5 °C'den -5.5 °C'ye
Çok şiddetli	-11.6 °C'den daha düşük	-5.6 °C'den daha düşük

1.3.3. Bitkilerin gördüğü zarar durumuna göre donlar

Tablo 1.2. Bitkilerin gördüğü zarar durumuna göre don olayının sınıflandırılması.

Don çeşidi	Sıcaklık değeri °C	Çeşitli bitkilerde yaptığı zararlar
Hafif	0 °C'den -2.2 °C'ye	Genellikle bitkiler zarar görmez veya hassas bitkiler ve yarı otlu bitkiler çok az zarar görür. Deniz seviyesine yakın düşük rakımlarda fazla zarar görülür.
Orta	-2.2 °C'den -4.4 °C'ye	Genellikle bitkiler zarar görür. Kuvvetli zarar, özellikle taban arazilerde hassas bitkilerde, meyve ağaçlarının tomurcuk ve çiçeklenme döneminde görülür.
Kuvvetli	-4.4 °C ve daha düşük	Bütün bitkilerde şiddetli zarar görülür.

1.4. Don Olayını Etkileyen Faktörler

Bulut: Bulutsuz ve sakin geçen gecelerde sıcaklık düşüşü fazla olduğundan don olayı meydana gelebilir. Bulut ise toprak ve bitki tarafından kaybedilmiş olan radyasyonu tutar ve önemli bir kısmını toprağa geri gönderir. Bu nedenle bulutlu geçen gecelerde don olayı çok fazla görülmez.

Nem: Havadaki nem oranı da don olayı için belirleyici bir faktördür. Nispi nemin fazla olması toprak sıcaklığının radyasyon yoluyla kaybını önler ve don tehlikesini azaltır.

Rüzgâr: Bulutsuz geçen gecelerde sakin hava, don tehlikesini arttırabilir. Rüzgârlı hava, toprakla temas halinde bulunan soğuk havanın daha üstteki sıcak hava ile karışıp yer değiştirmesine neden olur ve bu durumda don tehlikesi azalır.

Toprağın durumu: Fazla nemli topraklar gece donlarından daha az etkilenirler. Çünkü toprakta bulunan su, sıcaklık kaybını önler ve gündüzleri ısınan toprak geceleri daha az soğur.

Bitki örtüsü: Bitki örtüsü ile kaplı topraklar bitki örtüsü olmayan topraklara göre daha çok don olayından etkilenirler. Çünkü toprakla bitki örtüsünün üst seviyesi arasındaki hava, sıcaklık için az geçirgen olduğundan, topraktan gelen daha sıcak hava bitkinin en üst seviyesine kadar ulaşamayacağı için gece donlarına neden olan sıcaklık kayıpları önlenemez.

Arazinin durumu: Dağın veya tepenin değişik yönlerinde sıcaklık bakımından fark vardır. Günlük güneşlenme ve ısınma doğu yönünde, batı yönüne göre daha azdır. Gündüzleri toprağın en fazla ısındığı yönler güney ve batı, en az ısındığı yönler kuzey ve doğudur. Gündüz güneşlenmenin fazla olduğu güney ve batı yönlerde geceleri soğuma az olur.

Su kütleleri: Deniz, göl ve nehir gibi su kütleleri civarında gündüz ile gece arasında sıcaklık farkı karalara göre azdır. Su kütlelerinde güneş ışınları toprağa nazaran daha çok derinlere nüfuz eder ve daha fazla enerji depo edilir. Gündüz depo edilen bu enerji gece sıcaklık olarak yayılır ve su kütleleri civarındaki hava toprakla temas eder ve diğer yerlere göre hava daha ılıman olur.

1.5. Don Zararlarına Karşı Koruma Yöntemleri

1.5.1. Don zararının ekonomik önemi

Türkiye gerek dünya üzerindeki konumu, gerekse fizikî coğrafya özellikleri nedeniyle don olaylarının sıkça yaşandığı bir ülkedir. Ancak bu olay her bölgemizde aynı derecede etkili olmamakta, çok daha sık görülen bir bölgemizde daha az zarara neden olurken, daha az sayıda görülen başka bir bölgemizde daha olumsuz sonuçlar doğurmakta, zaman zaman afet haline dönüşmektedir (Şahin ve Sipahioğlu, 2003).

Türkiye'de, belirli mevsimlerde (kış, ilkbahar ve sonbahar sonları) Sibirya oluşumlu çok soğuk ve kuru Kontinental Polar (cP) hava kütlesinin etkisiyle oluşan adveksiyon ve radyasyon donları, ayrıca karasallık özelliğine bağlı olarak oluşan radyasyon donları etkili olmaktadır.

Ayrıca ülkemizin de içinde yer aldığı Akdeniz iklim tipinin hâkim olduğu bölgelerde, karaların batı kıyılarında soğuk hava baskınlarına bağlı adveksiyon donları, iç kısımlarında ve doğu kıyılarında ise, gece enverziyonlarına bağlı radyasyon donları etkilidir. Ancak bu durum bölge içinde yer alan her yerde ve her zaman için geçerli bir kural değildir. Topoğrafik yapı ve soğuk hava kütlelerinin alttan ısınmasına neden olan büyük su kütleleri, bu kuralı bozan unsurlardır.

Don olayı, kış aylarında daha yaygın ve daha şiddetli olarak görülür. Ancak kış donları, diğer sektörlerde çok zararlı sonuçlar doğururken, buna göre bitki türü seçilmesi ve kısmen de bitkilerin kış koşullarına kendilerini uydurmuş olmalarından dolayı tarımsal yönden çok zararlı değildir. Buna karşılık tarımsal üretimde en tehlikeli donlar ilkbahar donlarıdır. Çünkü bitkilerin sürgün verme, tomurcuklanma, yapraklanma, çiçeklenme ve hatta meyvelenme dönemi bu dönemdir.

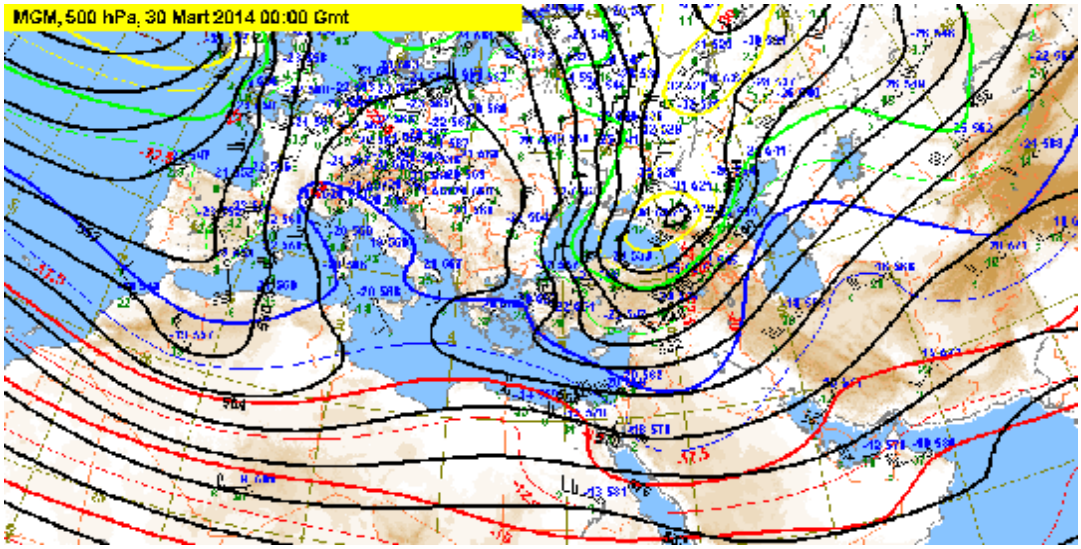
Don olayının etkileri, olayın süresi ve şiddetiyle doğru orantılı olarak artar. Olay ne kadar uzun sürerse ve sıcaklık değeri ne kadar fazla 0°C'nin altına düşerse, zarar o kadar çok olur. Bitki türü, çeşidi ve gelişme dönemine göre değişiklik gösterir.

Don olayının etkilerinin, sadece bitkilerin vejetasyon devresinde yarattığı olumsuzluklarla sınırlı olduğunu düşünmek yanlıştır. Çünkü diğer tarımsal faaliyetler ile ulaşım sektörü başta olmak üzere, enerji, sanayi, turizm, inşaat ve sağlık gibi daha birçok sektörde de don olayının son derece olumsuz etkileri vardır. Örneğin; toplayacak hiçbir meyve olmadığında, toplayıcılar işsiz kalmakta, işleyiciler ya çok az meyve işlemekte veya hiç işleyememektedir. Bu

yüzden onların işe aldıkları insanlar da işsiz kalmaktadır. İşsizlik nedeniyle dolaşımda daha az sıcak para olmakta ve yerel ekonomi zarar görmektedir.

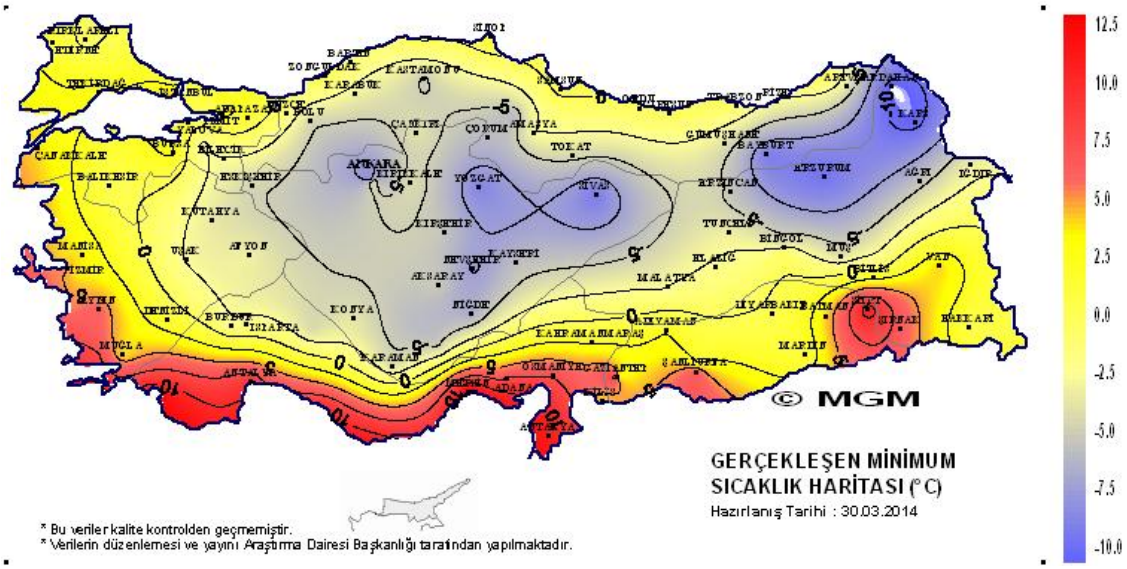
Ülkemizin her bölgesinde, farklı sürelerde ve her yıl görülebilen don olayları, büyük ekonomik kayıplara neden olmaktadır. Örneğin; 1997 yılında Ege-Akdeniz kıyı şeridinde şubat ayı başlarında görülen şiddetli don, turunçgil ve muz üretimi ile sera ürünlerini etkilemiş ve bu yüzden üreticiler büyük ekonomik kayıplara uğramıştır. Bu don olayı, sadece o yılın ürününü değil, meyve ağaçlarının büyük bir kısmını da yok etmiş, sera içi ürünler bile tamamen donmuştur. Bunun sonucunda ortaya çıkan ekonomik kaybın 20 milyon Türk Lirası olduğu hesaplanmıştır. Sıcaklık uzun süre 0°C'nin altında kaldığından ve bir ara -5°C'ye kadar düştüğünden, bu olay bir afet şeklinde yaşanmıştır. Donun etkisiyle turunçgil ağaçlarının %80'inin kuruduğu belirlenmiştir. Donan bir limon ve portakal ağacının yerine dikilen bir ağacın ancak 6-7 yıl sonra meyve verebileceği düşünülürse, zararın büyüklüğü daha iyi anlaşılmaktadır. Şüphesiz bu durum sadece üreticileri değil meyve ve sebze fiyatlarındaki artış nedeniyle zincirleme olarak bütün tüketicileri, nakliyecileri, pazarlamacıları, gübre ve ilaç satan sektör çalışanlarını da etkilemiştir (Şahin ve Sipahioğlu, 2003).

2004 yılı Nisan ayı başlarında Ege ve Akdeniz kıyıları hariç yurt genelinde meydana gelen kuvvetli don olayı nedeniyle özellikle fındık, kayısı, elma, üzüm ve soğanda büyük kayıplar meydana gelmiştir. Bu don olayından sonra bir grup milletvekili TBMM'de yaptıkları basın toplantısında fındıktaki zararın bugünkü rakamlarla 500-800 milyon lira arasında olduğunu ve fındıkta görülen bu zararın etkisini 2005 ve 2006 yıllarında da göstereceğini açıklamışlardır. Yine bu tarihlerde, ülkemizin soğan ambarı olarak nitelendirilen Bursa'nın Karacabey ilçesinde 10-15 bin da alanın don olayından etkilendiği ve yaklaşık 20-30 bin ton civarında kayıp olduğu ilçe Ziraat Odası tarafından açıklanmıştır. Manisa Tarım İl Müdürlüğü ise bu tarihlerde bölgedeki 680 000 da olan bağlık alanın yarıdan fazlasının dondan etkilendiğini ve zararın yaklaşık 75 milyon olduğunu bildirmiştir. Yine aynı tarihlerdeki don olayı sebebiyle Malatya ilindeki kayısı üreticilerinin zararının 150 milyon civarında olduğu belirtilmiştir. 2004 yılında meydana gelen söz konusu don olayının ülke ekonomisine ve tarım sektörüne olan zararı yaklaşık toplam 1.5 milyar TL olmuştur (http://www.radikal.com.tr/haber.php?haberno=125703).



Şekil 1.2. 30 Mart 2014 tarihli 500 hPa yüksek seviye haritası.

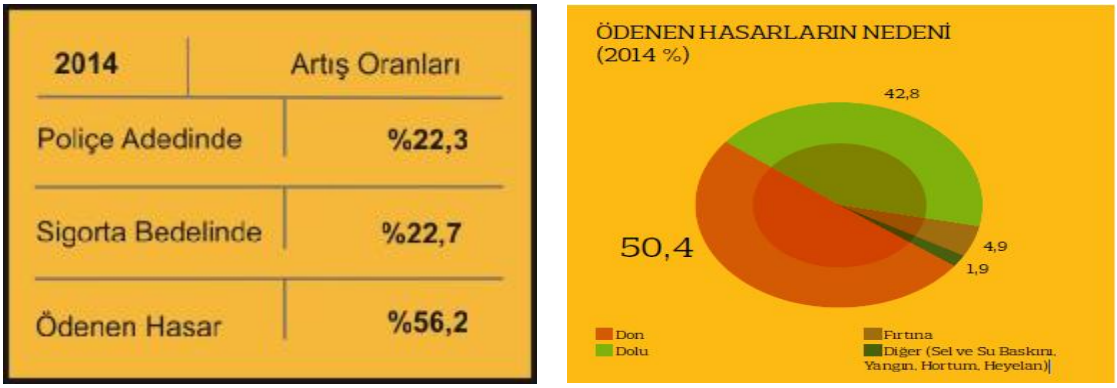
2014 yılı Ocak, Şubat ve Mart aylarında hava sıcaklıklarının mevsim normallerinin üzerinde seyretmesi nedeniyle meyve ağaçlarında erken çiçeklenme ve dolayısıyla dona karşı hassasiyet artmıştır. 30-31 Mart 2014 tarihlerinde Karadeniz, Marmara'nın güneydoğusu, İç Ege, Göller yöresi, İç Anadolu, Doğu ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde gerçekleşen zirai don olayı sonucunda TZOB'un açıklamalarına göre hububatta Konya, Ankara, Çankırı, Kırıkkale, Yozgat, Nevşehir illerinde sararmalar görülmüştür. Aksaray'da şeker pancarı ve ayçiçeğinde don zararı gerçekleşirken, Karadeniz Bölgesi'nde fındık ve kivi bahçelerinde özellikle yüksek kesimlerde yüzde 70-80'lere varan oranlarda don zararı oluşmuştur. Malatya'da kayısı, Amasya'da elma bahçelerinin tamamına yakını dondan etkilenirken, elmada Niğde'de yüzde 70-80'lere ve Karaman'da yüzde 50'lere varan don zararı görülmüştür. Adana ve Mersin'de oluşan soğuk hava, fırtına, dolu ve don; narenciye, erik, kayısı ve karpuzda zarara neden olmuştur. Kahramanmaraş'ta ceviz, Adıyaman'da Antep fıstığı başta olmak üzere meyve bahçelerinde don yaşanmıştır. Isparta'da kayısı, badem, şeftali, erik, kirazda yüzde 60-70'lere varan zarar gerçekleşmiştir (TZOB, 2014).



Şekil 1.3. 30 Mart 2014 sabahı Türkiye'de etkili olan don olayının kapsadığı alanı gösteren minimum sıcaklık haritası.

Dönemin başbakan yardımcısı Ali Babacan 31 Mart 2015 tarihinde yaptığı basın açıklamasında 2014 yılında olumsuz hava koşulları nedeniyle tarımsal üretimde yüzde 2,1 oranında daralma gerçekleştiğini ve bu daralmanın yıl genelinde GSYH büyümesini sınırlandırdığını ifade etmiştir (Sabah, 31.03.2015).

Türkiye'de 2014 yılı Mart ayında etkili olan zirai don sebebiyle kayısı, elma, vişne, kiraz, armut, üzüm ve fındık bahçeleri zarar gören üreticilere Tarım Sigortaları Havuzu'ndan (TARSİM) yaklaşık 500 milyon lira tazminat ödeneceğini söyleyen TARSİM Yönetim Kurulu Başkanı Ramazan Kadak, zirai don sebebiyle 60 ilde 26 farklı ürünün ciddi anlamda zarar gördüğünü ve son yılların en ağır zirai don hasarıyla karşı karşıya kaldıklarını ifade etmiştir (Radikal, 14.11.2014). TARSİM'in 2014 yılı faaliyet raporunda, poliçe adedinde %22,3 ve sigorta bedelinde % 22,7 artış gerçekleşirken ödenen hasar değerinde % 56,2 artış olmuştur. Bu artışa ise 2014 yılında bitkisel üretim hasar nedenleri arasında % 50,4 oranına sahip olan don olayı sebep olmuştur.



Şekil 1.4. TARSİM 2014 yılı bitkisel ürün sigorta değerlerindeki artış oranları ve ödeme yapılan hasar nedenlerinin yüzdeleri.

Türkiye Ziraat Odaları Birliği (TZOB) tarım açısından 2013-2014 üretim sezonunu değerlendirdiği basın toplantısında, sezonun kuraklık ve don başta olmak üzere, sel, aşırı yağış, dolu, fırtına, hortum gibi doğal afetlerin yaşandığını, maalesef sezonun parlak geçmediğini belirterek, kayısı, fındık, elma, buğday, arpa gibi birçok üründe, üretim düşüşleri görüldüğünü bildirmiştir. Aynı toplantıda 2014 yılında meyve üretiminin % 6,2 düşüşle 18,2 milyon tondan 17,1 milyon tona indiği, özellikle don olayından etkilenen elmada % 20,7, şeftalide % 4,6, kirazda % 9,9, kayısıda % 65,4, fındıkta % 25 ve cevizde % 14,8 üretim azalması olduğu bildirilmiştir.

1.5.2. Dondan korumanın tarihçesi

Tarımsal faaliyetlerin başlangıcından bu yana, ürünlerdeki don hasarı insanlık için bir problem olmuştur. Üretimin tüm faaliyetleri çok iyi bir şekilde yönetilse de bir gecelik don olayı tüm ürünün kaybedilmesine yol açabilir. Sıcaklıkların nadiren donma noktasının altına düştüğü tropikal enlemler hariç, donma sıcaklıkları nedeniyle oluşan hasar, dünya çapında bir problemdir. Subtropikal iklimlerdeki don hasarı genellikle, 2-4 gece 8-10 saat süreyle sıfırın altındaki sıcaklıkları getiren, yavaş hareket eden soğuk hava kütleleri ile ilişkilidir (Bagdonas et al., 1978). Hasar etkileri tipik olarak soğuk hava adveksiyonunun ardından radyasyon donunun olduğu birkaç gün ile başlar. Ilıman iklimlerde don periyotlarının süresi daha kısadır ve diğer iklimlerde olduğundan çok daha sık meydana gelir (Bagdonas et al., 1978). Tropikal iklimlerde, daha yüksek rakımlar hariç, normal olarak don meydana gelmez. Bu yüzden, tropikal ürünler soğuktan hasar gördüğünde, sıcaklık genellikle sıfırın üzerindedir. Sıcaklık 0 °C'nin üzerinde iken hasar meydana geldiğinde, bu durum donma hasarı olarak değil, "üşüme (chilling)" olarak adlandırılır. Ilıman iklimlerde taneli ürünlerin hasarı, şiddetli şartlar altında bitkilerin uyanışından veya çiçeklenmesinden önce meydana gelebilir.

Tahıl yetiştiricileri için, hasara daha az hassas ürün veya çeşitlerin yetiştirilmesi (örneğin kışlık buğday yerine yazlık buğday ekimi gibi) veya hasarın sık sık meydana geldiği alanlarda hassas ürünlerin yetiştirilmemesi esas önlemlerdir. Herhangi bir durumda ürünün ekim zamanı, ürüne, çeşide ve mikroklimaya göre ayarlanmalıdır. Aynı şekilde, sıfırın altındaki sıcaklıklar sık sık meydana geliyorsa, subtropikal ürünlerin tercihen daha az hasar meydana gelen bölgelerde yetiştirilmesi gereklidir. Aynı zamanda daha uygun sıcaklıklar nedeniyle, İtalya'da zeytin endüstrisi, toprak ve iklim faktörlerinin yüksek kaliteli zeytinyağı üretimine imkân verdiği kuzey kesimlerine doğru hareket etmektedir. Genel olarak, belirli ürünlerin nerelerde yetiştirileceğini, ilkbaharda meydana gelen son donun tarihi ile sonbaharda meydana gelen ilk donun tarihi belirleyecektir. Örneğin, don hasarından dolayı ürün kaybı ihtimalinin kıtasal iklimlerdekinden daha az olması nedeniyle, birçok yaprağını döken meyve ve kabuklu yemiş (fındık, fıstık, ceviz vs.) ürünü Akdeniz ikliminde yetiştirilme eğilimindedir. Dondan korunma bilimi esas olarak nispeten uygun iklimlerde ara sıra meydana gelen hasara önlem olarak geliştirilmiştir. Eğer hasar düzenli bir şekilde meydana geliyorsa, en iyi strateji en uygun yerde ürünün yetiştirilmesidir.

Tarihsel olarak 2000 yıldan fazla bir süredir dondan bitkileri korumak için ısıtıcılar kullanılmaktadır. Başlangıçta ısıtıcılar çoğu kere açıkta yakılan ateşlerdi; bununla birlikte yakın geçmişte ısının radyasyon ve konveksiyonla ürün üzerinde daha iyi alıkonulmasını sağlamak ve ateş oluşturmak için metal konteynerler (taşıyıcılar) kullanıldı.

Dondan korumada bilinen ilk metal konteyner ısıtıcı (örneğin tınaz yığını ısıtıcılar veya duman çanakları) W.C. Scheu tarafından 1907'de ABD'nin Kolorado eyaletinde Grand Junction'da kullanılmıştır. Araştırmacı, ısıtma için yağ yakıcı aletlerin, açık ateşlerden çok daha etkili olduğunu buldu. HY-LO meyve bahçesi ısıtıcısından önce bile, üreticiler ağır yağlar yakan veya testere talaşı içeren eski lastik tekerleri içeren basit metal konteynerler kullandı. Bu ateşler yağlı duman üretti ve bunun yeryüzünden net radyasyon kaybını bloklamak suretiyle uzun bir süre donmaya karşı koruma sağladığına inanıldı. Gerçekte, günümüzde çok iyi bilinmektedir ki, bahçe ısıtıcıları ile havaya duman parçacıklarının ilave edilmesiyle çok az koruma sağlanmakta veya hiç koruma sağlanamamaktadır (Mee and Bartholic, 1979). Bahçe ısıtıcılarının kullanımı belirli bir süre dünya çapında standart uygulama olarak kullanıldı fakat duman şiddetli derecede hava kirleticisiydi ve duman üreten bahçe ısıtıcılarının kullanımı, ABD'de sağlık ve çevresel meseleler nedeniyle yasaklandı. Duman üreten ısıtıcıların kullanımını sona erdirmek için nihayetinde kuvvetli halk protestosu oluştu. Örneğin Pasadena Star Gazetesi 20 Ekim 1947 tarihli baskısında, yeni kurulan Los Angeles Hava Kirliliği Kontrol Bölgesi yöneticisi Louis C. McCabe'nin, dört milyondan fazla meyve bahçesi ısıtıcısının kullanılmaması için ricasını yayınladı. Kaliforniya'daki Portakal Diyarı Hava Kirliliği Kontrol Bölgesi ve diğer yedi bölge, kirletici yakıtların ve duman üreten duman çanaklarının kullanımının yasaklanması ile ilgili düzenlemeleri benimsedi (SCAQMD, 2002).

ABD'de üreticilere dondan koruma için daha az hava kirletici metot bulmaları için birkaç yıl verildi. Nihayetinde duman ve su buharını yeniden sirküle eden dönen saman (tınaz) ısıtıcıları geliştirildi ve belirli bir süre kullanıldı (Leonard, 1951). Günümüzde, dönen saman (tınaz) ısıtıcıları ve temiz yanan propan yakıtlı ısıtıcıların kullanımı birçok yerde yasaldır. 1900'lü yılların ortalarından itibaren artan yakıt maliyetleri ve kirlilik sorunları, dondan korunma için birçok ısıtıcının terk edilmesine neden olmuştur. 1950'lerde, dondan korumada tercih edilen metot olarak rüzgâr makineleri kullanılmaya başlanarak ısıtıcıların yerini almıştır. Bunların satın alınması çok daha pahalıdır fakat işgücü harcaması ve operasyonel maliyetler daha az olmaktadır. Dünyanın bazı bölgelerinde küçük ateş (yangın) araçları ve katı yakıtlı ısıtıcılar hâlâ kullanılmaktadır. Bununla birlikte, bunların tamamının kullanımı devam edecek, fakat temiz yanma sağlayan ısıtıcılar nihayetinde duracak gibi görünmektedir.

1.5.3. Don zararını engellemek için uygulanan yöntemler

Dünyanın birçok bölgesinde don ve donma sıcaklıklarının ürünlere verdiği zararlar çiftçilerin çok ciddi kayıplar vermesine neden olmaktadır. Bu kayıpların büyük bir bölümü çeşitli yöntemlerle önlenebilir. Dondan koruma teknikleri genel olarak direkt ve endirekt metotlar (Bagdonas et al., 1978) veya pasif ve aktif metotlar (Kalma et al., 1992) olarak ikiye ayrılır. Pasif metotlar,

normal olarak uzun periyotlu zaman süresince ve don şartları meydana geldiğinde yapılan çalışmaların özellikle faydalı olduğu koruyucu metotlardır. Aktif metotlar geçicidir ve bunlar hem yoğun enerji, hem de yoğun işgücü veya bunların her ikisini birden kullanır. Pasif metotlar potansiyel don zararını azaltmak için donlu gece öncesinde yapılan uygulamaları da kapsayan biyolojik ve ekolojik tekniklerle ilgilidir.

Aktif metotlar fiziksel tabanlıdır ve yoğun enerji kullanırlar. Bu metotlar, don olayının öncesinde veya donun meydana geldiği gece boyunca mücadele (çaba) gerektirirler. Aktif koruma, ısıtıcılar, püskürtücüler ve rüzgâr makinelerini kapsamaktadır. Bu makineler don olan gece boyunca doğal enerji kayıplarının yerini alması için kullanılırlar.

1.5.3.1. Pasif koruma yöntemleri

Pasif koruma yöntemleri, don olayı meydana gelmeden önce uygulanması gereken, don olayını meydana getiren nedenleri ortadan kaldırmayı amaçlayan yöntemlerdir. Pasif koruma yöntemlerinde don olayına karşı direk mücadele yapılmaz. Tarım alanları seçilirken alınacak tedbirler uzun dönemde don zararlarını azaltabilecektir. Bu yöntemler bitkiler için dikim anında gerekli ön tedbirleri de kapsayarak ani don zararından önce iyi bir şekilde uygulanabilir. Bir ürünü don zararından korumanın en iyi zamanı bitki dikimi öncesidir. Pasif metotlar, aktif metotlardan daha az maliyetlidir ve çoğu kez faydası, aktif koruma gereksinimine olan ihtiyacı ortadan kaldırmasıdır.

Pasif koruma yöntemleri donlu geceden önce, aktif koruma gereksinimine gerek kalmamasına yardım etmek için uygulanırlar. Aktif yöntemler don tehlikesi olan dönem süresince ve hemen öncesinde uygulanan yapay işlemleri kapsamaktadır.

Pasif koruma yöntemleri şunlardır;
Yer seçimi ve yönetimi,
Soğuk hava drenajının sağlanması,
Bitki seçimi,
Örtü, set oluşturan ağaçlar,
Bitki besleme yönetimi,
Uygun budama,
Çiçeklenmeyi geciktirmek için soğutma,
Çiçeklenmeyi geciktirmek için kimyasal uygulama,
Bitki örtüleri kullanma,
Toprak işlemeden (sürmeden) kaçınma,
Sulama,
Örtü ürünlerinin uzaklaştırılması,
Toprak örtüleri,
Ağaç gövdelerinin boyanması ve örtülerle sarılması,
Bakteri kontrolü,
Tohumlara kimyasallarla muamele edilmesi.

1.5.3.1.1. Yer seçimi ve yönetimi

Yer seçimi, dondan korumada basit ve en önemli metottur. Yer seçiminde göz önünde bulundurulacak faktörler, soğuk hava drenajı, yamaç, bakı ve toprak tipidir. Üreticiler don hasarına diğerlerinden daha hassas olan bazı parseller hakkında bilgi sahibi olmalıdır. Yeni bahçe tesisi için yer seçiminde ilk basamak, o bölgedeki çiftçiler ve bölge halkı ile konuşarak o alan için hangi bitki ve çeşitlerinin uygun olduğunu araştırmaktır. Yerel üreticiler hangi yerlerin problemli olabileceği hakkında çoğu kez iyi bir fikre sahiptir. Alçaktaki ve yer sislerinin ilk olarak oluştuğu alanlarda dikim yapmaktan kaçınılmalıdır. Alçak yer sisleri radyasyon sisleridir ve radyasyon donları gibi bunlar da en soğuk parsellerde oluşma eğilimindedirler. İyi bir dikim alanı belirlemekte diğer basamak, don hasarının ihtimal ve riskini karakterize edecek iklim verilerini araştırmaktır. İklim verilerinin sınırlı olduğu veya mevcut olmadığı yerlerde, don hasarından kayıp riskini almadan önce, en az bir don sezonu boyunca dikim alanının minimum sıcaklık araştırmasını yapmak yararlı bir iş olacaktır. Don hasarı bazen belirli topoğrafik farklılıklar olmaksızın ekili alanlardan bir bölümünde olurken, diğerinde meydana gelmez. Bazı durumlarda bu durum toprakta ısının iletimi ve depolanmasını etkileyebilen toprak tipindeki farklılıklar nedeniyle meydana gelebilir.

Üreticiler, tarımsal üretimin bir zorunluluğu olarak üretimini yaptıkları veya yapmayı planladıkları bitkilerle ilgili don hasarı konusunda bilgi sahibi olmalıdırlar. Bunun bir gereği olarak da sıfırın altındaki sıcaklıklarda hasar görebilecek ürünleri yetiştirmeden önce yer seçimi konusunda araştırma yapmaları gerekmektedir. Bazı ürünler için düşük sıcaklıklara sahip olmak arzu edilir (örneğin düşük gece sıcaklıkları şıralık üzüm kalitesini artırır). Bununla birlikte, don hasarına neden olan sıfırın altındaki sıcaklıklar istenmemektedir. Burada önemli olan, hasar veren sıcaklıklarla ürün kaybına uğramaksızın, yüksek kaliteli üretim için iyi mikroklimaya sahip parselleri bulmaktır. Eğer sıfırın altındaki sıcaklıklar aralıklı ve seyrek ise, düşük sıcaklıkların faydalı etkilerinden faydalanmaya çalışılırken, don olayları sırasında don hasarından korunmak için aktif koruma yöntemlerini kullanmak iyi bir ekonomik strateji olacaktır. Bunun yanı sıra maliyet etkililiğini belirlemek için, korumanın maliyeti ve potansiyel kayıplar, yüksek kaliteli üründen elde edilen gelire karşı dengelenmelidir.

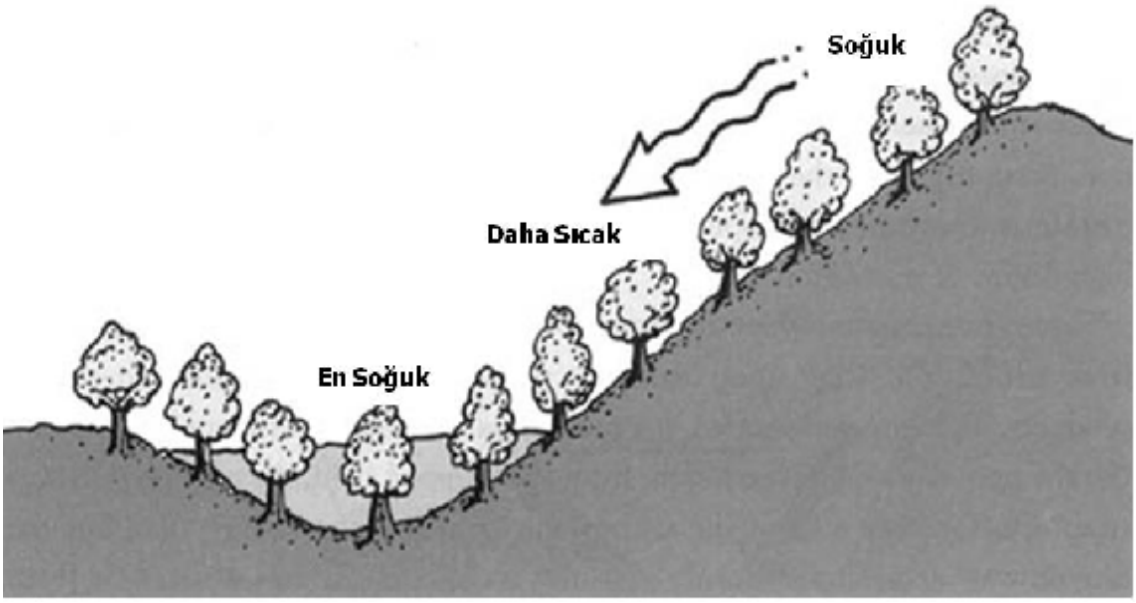
Soğuk hava sıcak havadan daha yoğundur, bu yüzden tepelerden aşağı doğru akar ve aşağıdaki parseller üzerinde birikir (Şekil 1.5.). Bu yüzden, alçak yerleşimlerdeki soğuk parsel alanlarında ekim-dikim yapılmasından kaçınılmalıdır. Uzun vadeli yönetim stratejisine yeterli, uygun maliyetli aktif koruma metotlarının dâhil edilmesi, hem çiftlik boyutunda hem de bölgesel boyutta önem arz etmektedir. Örneğin; bölgesel ölçekte nehir yakınındaki vadi tabanları yukarıdaki yamaçlardan genellikle daha soğuktur. Bu parseller aynı zamanda sıcaklık verilerini toplamak ve nerelerde alçak seviye yer sislerinin ilk olarak oluştuğunu belirleyerek parselleri yerleştirmek suretiyle topoğrafik haritalardan belirlenebilir. Gökyüzü açık ve rüzgâr zayıf olduğunda, alçak parseller sürekli olarak yıl boyunca daha soğuk gecelere sahip olur. Buna dayanarak soğuk parselleri belirlemek için yapılan sıcaklık ölçümleri yıl boyunca herhangi bir zamanda yapılabilir.

Bu konu ile ilgili olarak, dikkatler çok iyi bilinen don boşlukları (frost hollows) veya don çukurlarına (frost pockets) yöneltilmelidir. Don boşlukları herhangi bir yükseklikte meydana gelebilir ve don çukurları genellikle doğal veya yapay olarak oluşmuş şiddetli rüzgârlardan korunan ve içinde hava hareketi olmayan, küçük vadiler (oluklar) veya alçak basınç merkezleridir. Bu don bölgeleri özellikle don zararlarına açıktır ve bu bölgelerde zirai faaliyet yapılmamalıdır.

Güneş görmeyen yamaçlarda kışın yapraklarını döken ürünlerin ekimi, ilkbahar zamanında çiçeklenmeyi geciktirir ve çoğu kez koruma sağlar. Subtropikal ağaçlar en iyi şekilde güneş gören yamaçlara dikilir ki burada toprak ve ürün gün ışığından daha fazla direkt enerji alabilir ve bunu depolayabilir. Genel olarak, hava şartlarının uygun olduğu yerlerde ürünler yetiştirilir ve potansiyel don hasarı çoğu kez sınırlayıcı faktördür. Örneğin Antalya ili Finike ve Kumluca ilçelerinde kaliteli turunçgil yetiştirilmektedir. Çünkü bu bölgede don hasarı nadiren meydana gelmektedir.

1.5.3.1.2. Soğuk hava drenajının sağlanması

Soğuk hava sıcak havadan daha yoğundur, bu yüzden tepe yamaçlarından aşağı doğru akar ve suya çok benzer şekilde alçaktaki parsellerde birikir (Şekil 1.5.). Bu yüzden, uygun maliyetli olmadıkça, alçak parsellerdeki soğuk alanlarda bitkisel üretim yapmaktan kaçınılmalıdır.

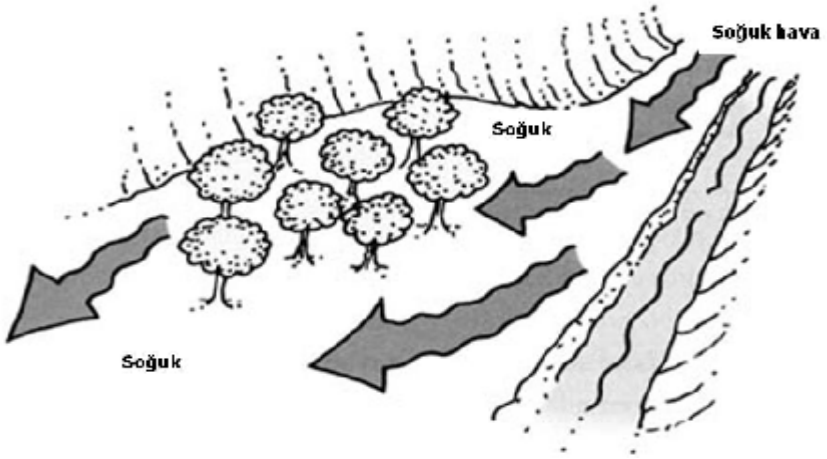


Şekil 1.5. Soğuk havanın hareketi.

Topoğrafik haritaların dikkatli bir şekilde incelenmesi çoğu kez büyük don hasarı problemlerini önleyebilir. Mevcut arazide soğuk hava drenajının nasıl yapılabileceği konusunda duman bombaları kullanılabilir veya diğer duman üreten aletlerden faydalanılabilir. Böylelikle soğuk havanın yamaçlardan aşağı akışı çalışılarak bilgi sahibi olunabilir. Bu araştırmaların radyasyon don karakteristiklerinin olduğu gecelerde yapılması gerekir. Fakat sıcaklığın sıfırın altında olması gerekli değildir. Soğuk hava drenajı akış modeli bir kez bilindikten

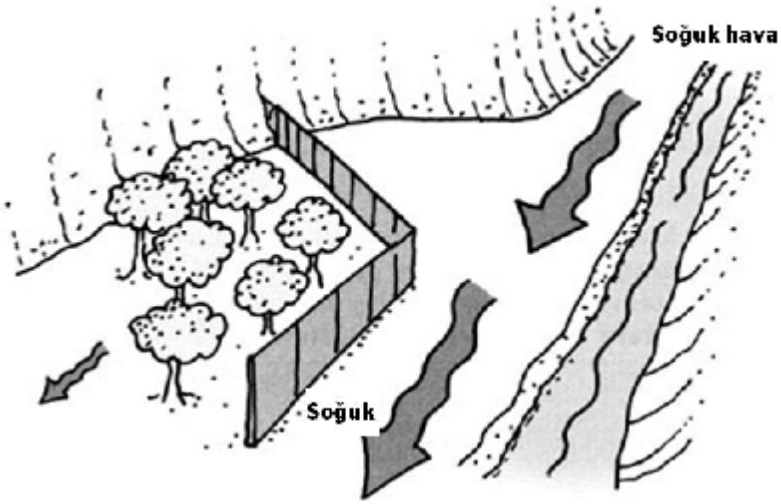
sonra, saptırıcı engellerin uygun şekilde yerleşimi yüksek derecede koruma sağlayabilir.

Etkili don korumasına örnek olan soğuk hava drenajının yapıldığı pek çok örnek mevcuttur (Şekil 1.6.).



Şekil 1.6. Soğuk havanın drenajı.

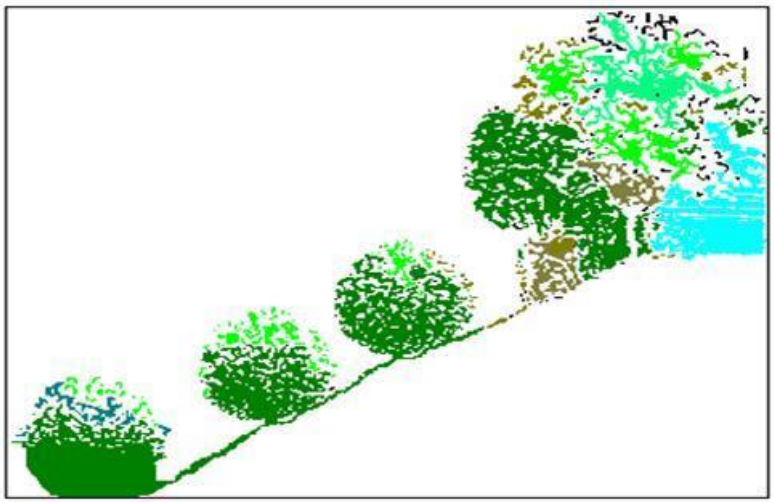
Eğer soğuk parselde ürün mevcut ise, don risklerini azaltmaya yardım edebilecek birçok yöntem mevcuttur. Örneğin; soğuk havanın yamaç aşağı drenajını kısıtlayabilecek engeller uzaklaştırılmalıdır. Bu engeller ekilmiş çalı veya ağaçlardan oluşan çitler, tahta parmaklıklar, saman balyaları veya alanın yamaç aşağı yüzünde yerleşmiş olan yoğun vejetasyon olabilir. Arazinin teraslanması bazen soğuk hava drenajının ürünün içinden geçip gitmesini hızlandırır ve böylelikle gelen soğuk hava, ürünün içerisinden geçmeye devam eder. Meyve ve asma bahçelerinde sıra çizgileri, gelen soğuk havanın drene olarak gitmesini uygun hale getirecek şekilde yönlendirilmelidir. Her ne kadar ürünlerin dikiminde sıra araları, soğuk hava drenajı sağlayacak şekilde planlansa da erozyon ve diğer uygunsuz şartların dezavantajları da değerlendirilmelidir. Üründen yukarıdaki yamaçlara doğru olan alanlarda, çim ve bitki anızları havayı daha soğuk hale getirebilir ve soğuk havanın ürün içine drenajını artırabilir. Bitki kalıntısı ve çim örtüsü bulunan üzüm ve asma bahçeleri ile turunçgil bahçelerinde ölçülen hava sıcaklığı, tipik olarak 0 °C - 0.5 °C aralığında değişir ve çıplak toprağa sahip asma bahçesi ile turunçgil bahçelerinden, toprak şartları ve havaya bağlı olmak üzere daha soğuktur. Mevcut ürün olmaksızın aradaki farklılıklar büyük bir ihtimalle daha büyük olacaktır. Bu yüzden üründen yukarıya doğru olan yamaçlarda çıplak toprağa sahip olmak, genel olarak yukarı yamaçlardaki toprakta daha yüksek hava sıcaklıklarına neden olur ve soğuk hava drenajının ürün içine doğru akması daha az muhtemel olur.



Şekil 1.7. Soğuk havanın saptırılması.

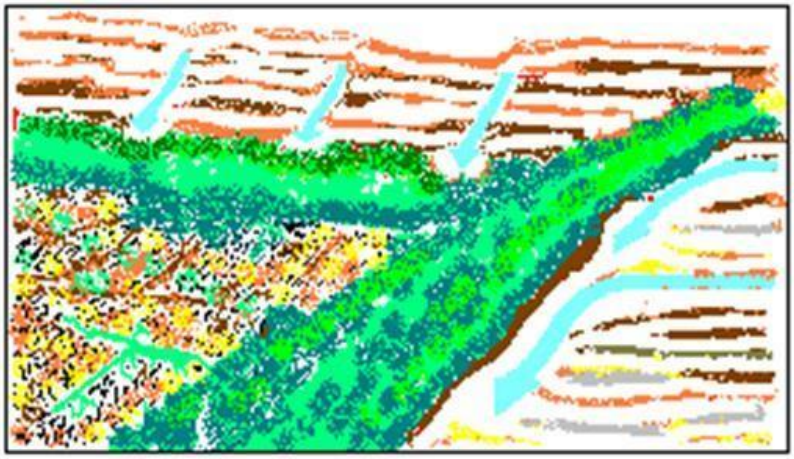
Bir eğim veya nehir kenarı boyunca yer alan ağaçlar, çalılar ve engebeli mera soğuk hava akışına engel olabilir ve don olukları meydana getirebilirler. Genel olarak aşağı yönde akış hızı 2 m/s değerini geçmez, ancak engebeli arazilerde soğuk hava engelleri olarak oluşabilen hava karışımları ve dalgalanmaları kırılır veya üzerinden aşılır ve hava bir nabız atışı karakterinde eğim aşağı hareket eder (Findlay, 1970).

Soğuk hava drenajının akışı, duvar inşa edilerek kontrol edilir. Alçak bölgelere doğru akan soğuk havanın doğal ve yapay engellerle önü kesilmelidir (Şekil 1.7.). Eğer bu tip engeller yoksa don çukurları olarak tanımlanan düşük rakımlı bölgelerde, soğuk havanın çökmesiyle don hadisesi görülür ve hava olaylarına bağlı olarak birkaç gün sürebilir. Doğal engeller ağaç sıraları, çalılar, bodur ağaçlar, asma bitkileridir. Yapay engeller ise, binalar, duvarlar, tahta perdeler, yoğun çalılar, demiryolu ve otoyol duvarlarıdır. Soğuk hava, eğim yönünde aşağı doğru akarken engeller tarafından tutulur ve yönü değiştirilerek bitkilerden uzaklaştırılır (Şekil 1.8.).



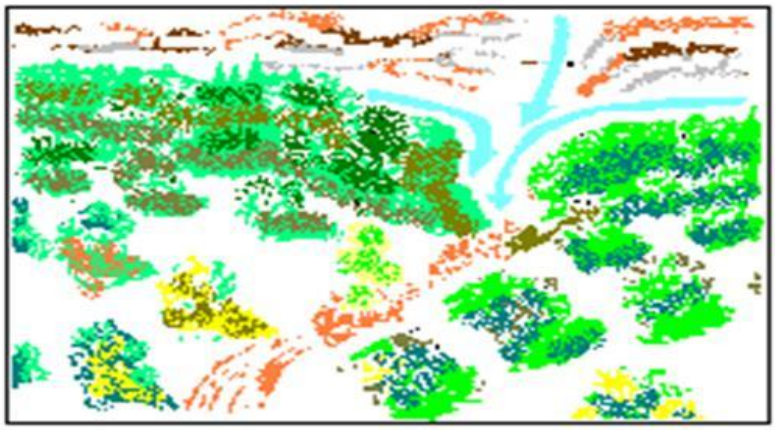
Şekil 1.8. Soğuk havanın doğal engeller tarafından tutulması.

Köşeli ve eğimli doğal bir engel soğuk havanın yönünü değiştirir ve bu şekilde hassas bitkiler korunur (Şekil 1.9.).



Şekil 1.9. Köşeli ve eğimli doğal engellerle soğuk havanın saptırılması.

Sık ağaçlar ve çalılar tarafından tutulan soğuk hava akımını uzaklaştırmak için uygun doğal ortam yoksa ağaç ve çalılar arasında eğime uygun küçük boşluklar bırakılarak soğuk havanın uzaklaştırılması gerekir (Şekil 1.10.).



Şekil 1.10. Eğime uygun boşluklarla soğuk havanın uzaklaştırılması.

Yakın çevredeki geniş su yüzeylerinde don riski daha düşüktür ve kuzey yarımküre için güneye bakan eğimlerde dikilen çit bitkileri, kuzeye bakan eğimlerdeki çit bitkilerine göre don zararına daha az maruz kalır. Güney yarımkürede bu durumun tersi söz konusudur.

Yamaç ve bakı

Genel olarak güneşe dönük olmayan yamaçlar, ağaçların ilkbahar çiçeklenmesini geciktirir ve çoğu kez önemli koruma sağlar. Subtropikal ağaçlar (örneğin turunçgil ve avokado), mevsime bakmaksızın donmayla hasara uğrarlar. Bu yüzden bunların toprak ve ürünün gün ışığından daha fazla direkt

enerji alımı ve depolama sağlayabildiği, güneş gören yamaçlar üzerine dikilmesi en iyi yöntemdir.

Toprak tipi ve su içeriği

Aynı topoğrafya ve iklim özellikleri altında üretim yapan üreticiler çoğu kez açıklayamadıkları bir şekilde don hasarında farklılıklar gözlerler. Muhtemel farklılıklar toprak tipi, yer örtüsü, toprağın su içeriği ve buz çekirdeği oluşturan bakterilerin INA (Ice Nucleation Active) yoğunluğu ile açıklanabilir. Toprak tipi, yer seçiminde göz önünde bulundurulması gereken önemli bir konudur. Örneğin yakın zamanlarda drene edilmiş bataklıklar, sıfırın altındaki sıcaklıklara yüksek derecede meyillidir (Blanc et al., 1963). Yüzey yakınlarındaki kuru, yüksek derecede organik toprak, termal iletkenliği ve ısı kapasitesini azaltır ve bu durum minimum sıcaklıklara neden olur.

Genelde, yüksek termal iletkenlik ve ısı kapasitesine sahip topraklar, yüzeyde daha küçük sıcaklık aralığına sahiptir (yer yüzeyindeki maksimum ve minimum sıcaklık farklılığı daha küçüktür). Sıcaklık aralığı küçük olduğunda, minimum yüzey sıcaklığı ile ürün içindeki hava sıcaklığı genellikle daha yüksek olur.

Koyu (siyah) renkli, nemli-ağır topraklar daha fazla güneş ışığını emme eğilimindedir fakat bunlar daha hafif kumlu topraklardan daha düşük termal iletkenliğe sahiptir. Sonuç olarak, toprakta ısının yayılma gücü daha azdır ve bunlar don hasarına daha meyillidir. Organik toprakların ısı kapasitesi, kuru olduklarında kumlu ve killi topraklarınkinden daha az; ıslak olduklarında, kumlu ve killi topraklarınkinden daha fazla olarak değişiklik göstermektedir. Bununla birlikte ısı iletkenliği ise, toprağın su içeriğine bakılmaksızın oldukça düşüktür. Sonuç olarak, ısının yayılma gücü düşüktür ve organik topraklardaki ürünler don hasarına daha meyillidir. Dona meyilli bir bölgede alan seçerken, organik topraklarda dikim yapmaktan kaçınılmalıdır.

Kumlu ve killi topraklar için, hacimsel su içeriğinin %20 olduğu durumda ısı yayma gücünün çok yüksek olduğuna dikkat edilmelidir. Bu, toprağın nemli olduğu fakat neme doygun olmadığı durumda ısının transfer edildiğini ve çok daha etkili bir şekilde depolandığını (muhafaza edildiğini) vurgulamaktadır. Bu yüzden don olayından önce, eğer ısı depolama gücünü artırmak için toprak ıslatılırsa (sulanırsa), yüzeydeki yerçekimsel suyun drene olması için don olayından 1 veya 2 gün öncesinden sulama yapılmalıdır. Toprağın 0.3 m altında, günlük temele dayalı olarak toprak sıcaklığında çok az bir değişim meydana gelir. Bu yüzden daha büyük derinliklerde sulama yapmanın hiçbir avantajı yoktur. Pratik bir tavsiye olarak toprağın yüzeye yakın kısmındaki 0.3 m'lik bölümünün toprağın tarla kapasitesi miktarında sulanması ve don olayından 1-2 gün önce fazla suyun drene olmasına imkân verilmesi sağlanmalıdır.

Bazı ürünler (örneğin turunçgiller) için toprakta daha fazla ısının alınması ve muhafaza edilmesi faydalı olmasına rağmen, bu durum kışın yapraklarını döken ağaç türleri ve asmalar için problem oluşturabilmektedir. Bu tip topraklarda yetiştirilen kışın yaprağını döken ağaçlar, ilkbaharda erken çiçek

açma eğilimindedir. Koyu renkli ağır topraklarda bir kez dikim yapıldıktan sonra meyve bahçesi veya asma bahçeleri değiştirilemez, fakat daha büyük üşüme gereksinimine sahip varyetelerin dikilmesi çiçeklenmeyi geciktirecek ve meyve bahçelerinin don hasarı riskini azaltabilecektir. Dikimden sonra topraklar termal iletkenlik ve ısı kapasitesini mümkün olan en yüksek seviyede tutmak için yönetilmelidir (bu durum muhtemel en yüksek toprak minimum sıcaklığını sağlayacaktır). Dondan koruma için en iyi toprak su yönetimini belirlemekteki basit metot, toprağın farklı yönetime maruz kaldığı durumda, minimum toprak yüzeyi sıcaklığını ölçmektir. Bu deneyi yürütmek için birçok minimum kayıt termometresine ihtiyaç vardır. 5-7 gün için her gün toprağın 30 cm derinliğine doğru, farklı 1 m^2 veya daha geniş parseller sulanır. Daha sonra nispeten açık gökyüzü şartlarında birkaç gün ve gece toprak yüzeyi üzerine her bir parsele yatay olarak yerleştirilmiş minimum termometreler kullanılarak, gözlenen yüzey minimum sıcaklıkları izlenir. En yüksek minimum sıcaklığa sahip parseller, o toprak için en iyi toprak-su içeriğine sahiptir. Toprağı suladıktan sonra en iyi sonucu veren gün de not edilmelidir. Daha sonra eğer don öngörülüyorsa, en iyi korumayı sağlamak için birkaç gün öncesinden toprak sulanmalıdır.

1.5.3.1.3. Bitki seçimi

Bitkiler arasında don hasarına karşı dayanıklılık açısından geniş farklılıklar bulunmaktadır. Daha geç çiçek açan bitkilerin seçilmesi ve donma nedeniyle hasar ihtimalinin azaltılması ve dona daha dayanıklı bitkilerin seçilmesi çok önemlidir. Örneğin kışın yapraklarını döken meyve ağaçları ve asmaların gövde, dallar ve uyuşuk haldeki tomurcukları dondan zarar görmez, fakat bunlar çiçek açtığında, küçük meyve veya fındık büyüklüğünde meyve gelişimi olduğunda dondan zarar görür. Daha geç tomurcuk veren ve çiçek açan, kışın yapraklarını döken bitkilerin seçimi, ilkbaharda dondan zarar görme riskini ve ihtimalini düşürdüğü için iyi bir koruma sağlar. Turunçgillerde daha dirençli çeşitler seçilir, örneğin limon, don hasarına en az dayanıklı bitkidir. Bunu az dayanıklılık yönünden misket limonu, greyfurt, tangelo (mandalina ile greyfurt arası hibrit meyve) ve portakal takip eder. Portakal dona en dayanıklı bitkidir. Aynı zamanda üç yapraklı portakal anacının diğer anaçlara kıyasla turunçgillerin dona dayanıklılığını geliştirdiği bilinmektedir. Kaba limon ağacı en hassas olanıdır, tatlı portakal daha az hassastır, ekşi portakal nispeten dayanıklıdır buna karşın üç yapraklı anaç dona en dayanıklı olanıdır. Örneğin Siberian C şeftalisinin anacı soğuğa karşı dayanıklıdır ve soğuk şartlara çok iyi adapte olmuştur. Orta-Kuzey Amerika'da geliştirilen Boone Country ve Bailey anaçları, dormansiden yavaş bir şekilde çıkan şeftalilerin geç çiçek açan anaçlarıdır (Faust, 1989).

Hasardan kaçınmak için gelişme ve olgunlaşma periyotlarında düşük riskli bitkilerin ve donmaya daha fazla dayanıklı bitkilerin seçilmesi de çok önemlidir. Örneğin kışın yapraklarını döken ağaçları ve asmaların tipik olarak gövdeleri, dalları ve uyku halindeki sürgünleri don hasarından etkilenmez. Sürgünlerin patlaması ve çiçeklenme modeli geç olan, kışın yapraklarını döken bitkilerin seçilmesi iyi bir koruma sağlar. Çünkü don hasarı riskinin ihtimali, ilkbaharda hızla azalır. Turunçgillerde, belirli bir yerde donmadan kaçınılamayabilir, fakat daha fazla dirençli çeşitlerin seçilmesi, sıfırın altındaki sıcaklıklara toleransı artırmaktadır (Ikeda, 1982).

Belirli bir yerde yetiştirmek için ürün ve çeşit seçilirken, hassas basamakların zamanı ve sıfırın altındaki sıcaklıkların ihtimal ve riskine nispetle kritik hasar sıcaklıkları (Tc) göz önünde tutulmalıdır. Yıllık tarla ve sıra (dizi) ürünleri için sıfırın altındaki sıcaklıkları minimize eden ekim dikim tarihinin belirlenmesi çok önemlidir. Bazı durumlarda tarla ve sıra ürünleri direkt olarak tarlanın dış kısımlarına dikilmez. Fakat bunlar korunan alanlara dikilir ve don tehlikesi geçtikten sonra tarla içinde uygun yerlere nakledilirler. Kışın yapraklarını döken ve subtropikal ürünler için gelişimin erken safhalarında hasar yapıcı sıcaklık ve ihtimal riski yardımcı olmaktadır.

Don için yüksek ihtimalli periyotlardan kaçınılamıyorsa, sıfırın altındaki sıcaklıklara dayanıklılığına göre bitkiler seçilir. Örneğin portakal ağaçları, donma sıcaklıklarına limon ağaçlarından daha dayanıklıdır. Bu yüzden donma sıcaklıklarına maruz kalan alanlara portakal ağaçları dikmek akıllıca olacaktır. Farklı maruziyet şartlarına sahip alanlarda bölge içine dikmek için kışın yapraklarını döken çeşitlerin seçimi de çok önemlidir. Örneğin erken çiçek açan çeşitler, güneşten uzak olan (güneşlenmeyen) yamaçlar üzerine dikilebilir. Bu durum çiçeklenmeyi geciktirir, buna karşın geç çiçek açan çeşitler güneş gören yamaçlar üzerine dikilirse daha iyi sonuçlar alınabilir.

1.5.3.1.4. Örtü oluşturan ağaçlar

Soğuk iklimlerde insanlar geceleri arabalarını sıcak tutmak ve pencere üzerinde don oluşumundan kaçınmak için ağaçlar altına park ederler. Ağaçlar açık gökyüzünden daha sıcak olduğu için ağaç altlarında sıcaklıklar biraz daha yüksektir. Bu yüzden ağaçlardan aşağı doğru gelen uzun dalga radyasyonu gökyüzünden gelenden daha büyüktür. Benzer yaklaşım bazen ürünleri don hasarından korumakta kullanılmaktadır. Örneğin Güney Kaliforniya çölünde, üreticiler turunçgiller ile hurma ağaçlarını aynı anda yetiştirecek şekilde dikim yapmışlardır. Çünkü hurma ağaçları turunçgil ağaçlarına dondan koruma sağlamaktadır.

Örtü ürünlerinin dondan koruma amacıyla kullanıldığı bir diğer örnek ise, yetiştiricilerin çam ağaçları ile küçük satsuma mandarinlerini birlikte yetiştirdiği Alabama'dır (Powell and Himelrick, 2000). Brezilya'da kahve bitkilerini don hasarına karşı korumakta kullanılan bilindik bir metot da net radyasyon kayıplarını azaltan gölge ağaçları ile birlikte dikim yapmaktır. Benzer şekilde Caramori et al. (1996), Mimosa scabrella benth. bitkisinin radyasyon donlarına karşı koruma sağlamak için kahve bitkileri ile birlikte dikilmesinin iyi sonuçlar verdiğini bulmuştur.

1.5.3.1.5. Bitki besleme yönetimi

Sağlıksız bitkiler don hasarına karşı daha hassastır ve gübreleme bitki sağlığını iyileştirir. Uygun bir şekilde gübrelenmemiş ağaçlar sonbaharda yapraklarını daha erken dökme, ilkbaharda ise daha erken çiçek açma eğilimindedir; bu ise, sürgünlerin don hasarına hassasiyetini artırmaktadır. Powell and Himelrick (2000), şeftalilerde kuvvetliliği artırmak için yapılan yaz budaması ve/veya gübrelemesinin, yaban mersininde kuvvetliliği artırdığını

fakat elma ve armut ağaçlarında azalttığını ve yaz gübrelemesi yapılmaması gerektiğini tavsiye ettiler.

Genel olarak dondan önce azot ve fosfor ile gübreleme, büyümeyi hızlandırır ve don hasarına hassasiyeti artırır. Bitkilerin dayanıklılığını artırmak için, yaz sonlarında veya sonbahar başlarında azotla gübreleme yapmaktan kaçınılmalıdır. Bununla birlikte, fosfor hücrelerin bölünmesi için önemlidir ve bu yüzden donma olayından sonra dokuların iyileşmesi için gerekmektedir. Potasyum, bitkilerde suyun düzenlenmesi ve fotosentez için uygun etkiye sahiptir. Bununla birlikte, araştırmacılar dondan korunma için potasyumun faydaları açısından farklı düşünmektedir.

1.5.3.1.6. Uygun budama

Budama, ağaçların yeni sürgün gelişimini artırır. Bu yüzden çok geç budama, kışın yapraklarını döken ağaç ve asmalar için tavsiye edilmektedir. Pembe sürgün veya daha sonrasında, şeftali ağaçlarına geç yapılacak budama, meyve sürgünlerinin kış ölümünü azaltır ve çiçeklenmeyi geciktirir (Powell and Himellrick, 2000). Asmaların, meyveleri yer seviyesinden yükseltmek için belirli bir yükseklikte budanması, radyasyon donunun olduğu gecelerde sıcaklığın yer seviyesinden yükseldikçe tipik olarak artmasından dolayı bir miktar koruma sağlar. Bazı durumlarda meyveyi 0.3-0.5 m yükseltmek, sıcaklığı 1 °C veya 2 °C artırabilir. Turunçgillerin sonbaharın sonlarında budanması, kış don sezonunda daha fazla fizyolojik aktiviteye yol açar. Turunçgillerin budanması don sezonundan çok önce bitmiş olmalıdır. Örneğin aralık ayında don meydana geldiğinde, turunçgil ağaçları Ekim ayında budanmıştı ve bu ağaçlarda ciddi don hasarı meydana gelmişti. Eğer kışın yaprağını döken ağaçlar, uyku halindeki tomurcuklarda don hasarına neden olacak derecede soğuk bir iklimde yetiştiriliyorsa, ağaçlar kesinlikle budanmamalıdır. Yine de yapraklarını döken ağaçların budanması dormansi (uyku halinde) döneminde çok az problemle yapılabilir.

1.5.3.1.7. Çiçeklenmeyi geciktirmek için soğutma

Kış aylarında sıcak günler süresince püskürtücülerin çalıştırılmasının çiçeklenmeyi geciktirebileceği ve bu yüzden dondan koruma önlemi sağlayacağı bilinmektedir (Anderson et al., 1973; Proebsting, 1975). Püskürtücüler ürünü soğuturlar çünkü buharlaşma, hissedilir ısıyı gizli ısıya dönüştürür. Bu ise, sıcaklığın düşmesine neden olur. İlkbaharda hava sıcaklığının kısa periyotlarda sıfırın altındaki sıcaklıklara düşme ihtimali, ürünleri soğutmak suretiyle çiçeklenmenin gecikmesi don hasarının ihtimalini azaltmaktadır.

Kışın yaprağını döken birçok ağaç türü üzerine yapılan araştırma, hava sıcaklığının 7 °C'nin üzerine çıktığında, dinlenmeden çiçeklenmeye kadar olan dönemde, püskürtücülerle muamele etmenin iki veya daha fazla hafta çiçeklenmeyi geciktirmesinin mümkün olabileceğini göstermiştir (Powell and Himelrick, 2000). Örneğin; Anderson et al. (1973), hava sıcaklığı 6.2 °C'yi geçtiğinde, meyve bahçelerinin püskürtücülerle sulanması durumunda kiraz ve elma ağaçları için sırasıyla 15 ve 17 gün tomurcuklanmanın geciktiğini rapor etmiştir. Çiçeklenmeyi geciktirmek için püskürtücü uygulama, üzüm asmalarının

çiçeklenmesini geciktirici metot olarak da tavsiye edilmektedir (Schultz and Weaver, 1977). Bununla birlikte, püskürtücü uygulamanın faydaları sıcaklık kadar, nemliliğe de bağlıdır. Püskürtücüler uygulanmaya başladığında sıcaklık, ıslak hazne sıcaklığı yakınlarına kadar düşecektir. Bu yüzden çiy nokta sıcaklığının hava sıcaklığına yakın olduğu nemli çevrelerde püskürtücü kullanarak soğutma girişiminde bulunulduğunda çok az fayda sağlanır.

Araştırmalar, meyve ağacı çiçeklenmesinin püskürtücülerle geciktirildiğini göstermiş olmasına rağmen, Powell and Himelrick (2000), anlaşılamayan ürün üretimindeki azalmalar nedeniyle bu metodun geniş oranda benimsenmediğine işaret etmektedir. Evans (2000), elma ve şeftali ağaçları için çiçeklenme gecikmesinde püskürtücü kullanıldığını rapor etmiştir. Bununla birlikte çiçeklenmenin gecikmiş olmasına rağmen, tomurcukların don hasarına karşı artan hassasiyetinin, çiçeklenmenin gecikmesinden sağlanacak faydaları etkisiz hale getirdiğini ifade etmişlerdir. Evans, ıslatıldıktan sonra soğuk periyot sırasında kurumasına imkân verilirse, tomurcukların tekrar dayanıklılık kazandığını not etmiştir. Bu konu ile ilgili bilinen bir araştırma olmamasına rağmen, diğer ihtimal, püskürtücüleri kullanmaktan ziyade sis veya pustan faydalanmak olabilir. Bu durum, toprağa su eklemeksizin havayı soğuk tutabilir. Burada önemli olan, alanda donmanın frekans ve şiddetine bağlı olarak uygulamanın maliyetinin uygun olup olmadığıdır.

1.5.3.1.8. Çiçeklenmeyi geciktirmek için kimyasal uygulama

Kimyasal koruyucular ve terleme önleyici maddeler don hasarına karşı bitkileri koruyucu olarak satılmakta ve kullanılmaktadır. Bununla birlikte bu materyallerin hiçbirisinin, çiçek tomurcuklarına, çiçeklere, küçük meyvecik veya meyvelere sürekli bir koruma sağladığı tespit edilmemiştir. Büyüme düzenleyicisi olarak etilen ortaya çıkaran “ethephon”, üşümenin başlangıcında ilkbaharın erken dönemlerinde uygulanırsa tomurcukların dona dayanıklılığını artırır ve çiçeklenmeyi 4-7 gün geciktirir (Powell and Himelrick, 2000). Bu ürün, şeftali ve kirazlarda kullanılmaktadır. Ciberilik asit (gibberellicacid) bazı bitkilerin çiçeklenmesini geciktirir, fakat çoklu uygulama gerektiren pahalı bir yöntemdir. Kışın sonlarındaki ılık günlerde ve ilkbaharda ciberilin veya alfa naftalen asetik asit uygulamalarının yaprakların çıkmasını geciktirdiği bilinmektedir (Nigond, 1960; Schultz and Weaver, 1977).

Kambiyal aktiviteyi azaltmak ve dormansi (uyku) halini uzatmak için büyüme düzenleyicilerin kullanılması, hem herdem yeşil ağaçlarda, hem de kışın yapraklarını döken ağaç türlerinde, sıfırın altındaki sıcaklıklara toleransı artırır. Genel olarak büyümenin geciktirilmesinin (yavaşlatılmasının) hücrelerin uzamasını azalttığı kabul edilmektedir. Daha küçük hücreler, daha yüksek yoğunlukta çözünür madde içerir; bu ise onların dondan korunmasına yardım eder.

1.5.3.1.9. Bitki örtüleri kullanma

Bitki örtüleri, açık gökyüzü şartlarına maruz gecelerde havaya konveksiyonla ısı kaybını azaltarak daha sıcak bir ortamın oluşmasını sağlar. Genel olarak uzaklaştırılabilen saman örtüleri ve sentetik materyaller

kullanılmaktadır. İşgücü maliyeti nedeniyle bu metot esas olarak büyük bir çerçeveye ihtiyaç duymayan küçük fidanlık veya küçük bitkiler üzerinde uygulanmaktadır. Bazen, zayıf havalandırma nedeniyle hastalık problemleri meydana gelmektedir. Bazen dokunmuş ve propilen plastik sargılar yüksek kıymete sahip ürünleri korumakta kullanılır. Korumanın derecesi, plastiğin kalınlığına bağlı olmak üzere 1 °C'den 5 °C'ye kadar değişiklik gösterir. Beyaz plastik örtüler bazen fidanlıkları korumak için kullanılır fakat meyve ve yeşil sebzeleri korumak için uygun değildir. Asmaları kısmen siyah polietilenle kaplamanın bitki örtüsü yakınlarındaki hava sıcaklığını 1.5 °C'ye kadar yükselttiği gözlenmiştir. Bununla birlikte saydam (şeffaf) plastik örtüler genel olarak daha etkilidir.

Kuru toprak, daha düşük termal iletkenliğe sahiptir. Bu yüzden bazen küçük bitkileri (patates, domates ve kahve bitkileri gibi) örtmekte veya nispeten kısa süren sıfırın altındaki sıcaklık periyotları sırasında genç ağaç gövdelerini korumakta kullanılır. Şiddetli kışa sahip bazı ülkelerde, ağaç gövdelerini dondan korumak ve genç turunçgil ağaçlarının aşılarını örtmek için toprak kullanılmaktadır (Blanc et al., 1963).

Kaldırılabilir saman örtüleri, üzün asmalarını dondan korumak için İsviçre'de geniş çapta kullanılmaktadır. Bununla birlikte, daha kolay uygulama sebebiyle, samanın yerine sentetik materyaller kullanılmaya başlanmıştır. Her iki tip örtü de don tehlikesi geçene kadar bitkilerin üzerine bırakılır (Peyer, 1965). Keçe (hasır) ve diğer yalıtım materyalleri, çayı (Camelia sinensis) don etkisinden korumak için Hindistan'da kullanılmaktadır (VonLegerke, 1978). Portekiz'de bireysel bitki koruma metotları şunları kapsamaktadır:

Genç ağaçlar için yatay veya eğimli hasır (keçe) örtüleri,
Turunçgiller ve çalı bahçelerinin küçük ağaçları için çeşitli formlarda siperler,
Genç ağaçlar için gövdelerine sarılan kömür tozu veya sargı maddeleri,
Küçük bitkiler için çatı kaplama malzemeleri, kerpiç siperler, bitki yaprakları vs.

Bitkileri örtmekte çok çeşitli metotlar kullanılmaktadır. Bitkilere dokunulmasını engellemek için plastik örtüler bazen kasnaklar üzerine monte edilir. Aksi takdirde plastik, bitki örtüsü üzerinde yüzebilir ve ürünler büyürken yükselir. Fakat burada muhtemelen hastalık problemleri meydana gelir. PVC seralar turunçgilleri korumada bazen kullanılmaktadır. Plastik, yapısal tasarımı ve plastiğin kalitesine bağlı olmak üzere üç yıla kadar kullanılabilir.

Örtüleri uygulamak için temel problem işgücü gereksinimidir, bu yüzden kullanılacak ürünün değeri yüksek olmalıdır. Aynı zamanda bitkiler donmaya karşı daha az dirençli olmaktadır ve don olayı geçtikten sonra örtüler kaldırılmazsa çoğu kez tozlaşma problemleri meydana gelmektedir. Plastik örtülerin geniş oranda kullanımını işgücü maliyetleri engellemektedir. Sıra üzerine serilen örtülerin bazı karakteristikleri Tablo 1.3.'de verilmiştir (Myers, 1988).

Özellikle şiddetli don olayları için tünel veya plastik seralar ısıtılmaktadır. Tüneller sıcak su, elektrik, su buharı, sıcak hava vs. kullanılarak ısıtılmaktadır. Havalandırma ve mekanizasyon ile ilgili güçlükler, büyük tünelleri ısıtma olsun ya da olmasın artan derecede popüler hale getirmektedir. Örtüler ışığın girişini hafifçe azaltmaktadır, fakat çoğu materyal su ve pestisitlerin girişine imkân vermektedir.

Caplan (1988) örtülerin kısa süreli olarak genç sebze ürünlerini -2 °C kadar düşük sıcaklıklarda korumuş olduğunu rapor etmiştir. Havalandırma için küçük delikleri bulunan sıra örtüleri yalnızca 1 °C'lik koruma sağlarken, tamamen kapalı olan yüzer durumdaki sıra örtüleri -2 °C'ye kadar düşen havalarda koruma sağlayabilmektedir. Plastik ile tüneller oluşturulmasının en etkili geçici örtü olduğu düşünülmektedir. Bu, rüzgâr hasarına karşı daha büyük stabilite ve rezistansa sahiptir ve mekanik olarak kurulabilir. Boyutlar ürüne, plastik filmin genişliğine, kurulum makinesi tarafından vurgulanan sınırlamalara ve havalandırmaya göre değişiklik gösterir. Japonya'da üreticiler bambudan, kâğıt torbalardan veya pirinç saplarından yapılmış olan saman hasırlarla örtülü plastik tüneller kullanmaktadır. Ayrıca dondan koruma amacıyla turunçgil ağaçlarını örtmek için pirinç saplarını hasır şeklinde ören makineler geliştirmişlerdir (Ikeda, 1982).

Tablo 1.3. Dondan koruma için sıra örtü karakteristikleri.

Örtü tipi	Koruma	Açıklamalar
Açık polietilen (çemberlenmiş)	Oldukça iyi	Ucuz, işgücünü çok gerektirir.
Açık polietilen (yüzen, serili)	Oldukça iyi	Aşırı ısı birikimi
Delikli (yarık) polietilen	Oldukça iyi	Isının gidişine müsaade eder, kurulumu zordur.
Sıra delikleri bulunan polietilen	Oldukça iyi	Aşırı ısı birikimi
Örülerek bağlanmış polyester (örtülü, yüzer durumda)	İyi	Muhtemel aşındırıcı, yüksek maliyetli
Örülerek bağlanmış polipropilen	İyi	Yüksek maliyetli
Uzatılmış polipropilen (yüzer, örtülü durumda)	Zayıf	Ucuz, kolaylıkla yırtılır.

1.5.3.1.10. Toprak işlemeden kaçınma

Toprağın sürülmesi toprakta hava boşlukları meydana getirir. Bu nedenle dona meyilli periyotlar sırasında toprağın sürülmesinden kaçınılmalıdır. Hava zayıf bir ısı iletkenidir ve düşük bir özgün ısıya sahiptir. Bu yüzden daha fazla ve daha geniş hava yüzeyine sahip topraklar ısıyı transfer etme eğiliminde olacak ve daha az ısı depolayacaktır. Örneğin Hollanda'da Smith (1975), ilkbaharda toprak işlemenin sonbaharda toprak işlemeye kıyasla don hasarına daha çok ön ayak olduğunu rapor etmiştir. Eğer toprak sürülmüşse, toprağı sıkıştırmak ve sulamak, toprağın ısı transferi ve ısı depolama gücünü artıracaktır.

1.5.3.1.11. Sulama

Dondan koruma ile ilgili hemen hemen tüm çalışmalar, toprağın en üst tabakasının nemli tutulmasını tavsiye etmekte, fakat neme doygun olmaması gerektiğini vurgulamaktadır. Sulamada amaç, toprağın su içeriğini, tarlanın su tutma kapasitesi yakınlarında tutmaktır. Bu değer, tipik olarak sulamayı takip eden 1-3 gün boyunca tarladaki su içeriği demektir. Günlük ısı transferinin ve ısı tutma kapasitesinin çoğunun toprağın ilk 30 cm'lik kısmında meydana gelmesi nedeniyle toprağı derin bir şekilde sulamak gereksizdir. Toprağın sulanması çoğu kez toprağı daha koyu bir duruma getirecektir ve güneş radyasyonunun emilimini artıracaktır. Bununla birlikte, yüzey ıslak olduğunda buharlaşma da artar ve buharlaşmayla olan enerji kaybı, daha iyi radyasyon emiliminden sağlanacak faydaya eşit kuvvette karşı koyma eğilimindedir. Don olayından önce kuru toprakları sulamak güneşin toprağı ısıtabilmesini sağlamak açısından çok faydalıdır.

1.5.3.1.12. Örtü ürünlerinin uzaklaştırılması (kaldırılması)

Çim veya yabani otlarla kaplı meyve bahçesi veya üzüm bağı, sıralar arasındaki çıplak topraklı arazide yetiştirilen ürünlere göre don hasarına daha meyillidir (Blanc et al., 1963; Snyder et al., 1987). Bunun için meyve ve asma bahçelerinden pasif dondan koruma yöntemi olarak çim ve yabani otların kaldırılması (yer örtü bitkilerinin uzaklaştırılması) faydalı olacaktır.

Örtü ürünlerinin aynı zamanda buz çekirdeği aktifleştirici (INA, ice nucleation active) bakterilerinin çok daha yüksek yoğunluğuna barınaklık yaptığı bilinmektedir. Bu yüzden meyve bahçeleri ve bağlar üzerinde vejetasyonun varlığı, ürün üzerinde INA bakterilerinin yoğunluğunu artırır ve bu da don hasarı için potansiyel meydana getirir.

Genel olarak, yerdeki vejetasyonu kaldırmak için bitkilerin kesilmesi, toprağın sürülmesi veya bitki öldürücü ilaçlarla (herbisitlerle) tarlanın ilaçlanması gerekir. Bitki artıklarının vejetasyon öncesinde mümkünse çürümesi beklenmeli, çürümeyi sağlayacak süre yoksa topraktan uzaklaştırılmalıdır. 5 cm den daha uzun çimler için meyve bahçesi yüzey sıcaklığı açısından çok küçük bir fark vardır, fakat bitki örtüsü daha da kısalırken yüzey sıcaklığı azalarak en yüksek minimum yüzey sıcaklığına çıplak toprakta ulaşır. Meyve bahçesi zemininde minimum yüzey sıcaklığı, çıplak toprak ile 5 cm yüksekliğindeki çim örtülü toprak arasında 2 °C kadar farklıdır. Bununla birlikte sıcaklık farklılığı muhtemelen 2 °C'den az olacaktır. Toprağın sürülmesi don sezonundan epeyce önce yapılmış olmalıdır ve toprak, ısı transferi ve ısı depolama gücünün artmasını temin için, toprağın sürülmesini takiben sıkıştırılmalı ve sulanmalıdır. Yerdeki vejetasyonu öldürmek için en etkili metot, herbisitlerin kullanımı veya gelişiminin aşağıda kalmasını (yükselmesine izin vermemek) sağlamaktır. Ayrıca bu, dona meyilli periyottan önce yapılmış olmalıdır.

1.5.3.1.13. Toprak örtüleri

Toprağı sıcak tutmak ve korumayı artırmak için çoğu kere plastik örtüler kullanılır. Şeffaf plastik toprağı siyah plastikten daha sıcak tutar ve plastik

uygulamadan önce toprağın sulanması etkililiği daha da artırır. Bazen vejetatif malçlar, donma ve toprağın kabartılması nedeniyle ağaç köklerinin hasar görmesini önlemeye yardım etmek için dormansi (uyku hali) döneminde kullanılmaktadır. Bununla birlikte vejetatif malçlar ısının toprak içine transferini azaltır ve bu yüzden tomurcukların patlamasından sonra meyve bahçelerini dona daha meyilli hale getirir. Kışın yapraklarını dökmeyen meyve bahçeleri için ağaç eteklerinin (yan dallar) budanması, ağaç altındaki toprağa daha iyi radyasyon transferine olanak verir ve böylelikle korumayı artırabilir.

1.5.3.1.14. Ağaç gövdelerinin boyanması ve örtülerle sarılması

Ilık bir gündüz sıcaklığından donlu geceye doğru sıcaklıkta geniş dalgalanmalar meydana geldiğinde, kışın yapraklarını döken ağaçların kabukları yarılır. Sonbaharın sonlarında hava sıcaklığı 10 °C iken, %50 oranında su ile seyreltilmiş, su bazlı kauçuk beyaz boya ile ağaç gövdelerinin iç kısımlarına kadar boyanması bu problemi azaltacaktır. Beyaz boya, yalıtım maddesi ve diğer sargı maddelerinin, şeftali ağaçlarında don hasarına karşı dayanıklılığı artırdığı bilinmektedir. Boya ve sargı maddeleri, dayanıklılığı artıran gündüz radyasyonu nedeniyle, kışın sonlarında yüksek kambiyal sıcaklıkları azaltır. Ağaç gövdelerinin yalıtım maddeleri (örneğin hava boşluğu içeren maddeler) ile kaplanması, genç ağaçları don hasarından ve muhtemel ölümlerden koruyacaktır. Yalıtım maddesi olarak kullanılan ve suyu emmeyen malzemeler, toprak yüzeyinden mümkün ölçüde yükseğe kadar kaplanmalıdır. Fiberglass (cam elyafı) veya poliüretan yalıtım maddeleri ısı transferine karşı en yüksek dirence sahiptir. Ticari olarak mevcut sargı maddeleri içinde en iyi korumayı sağlarlar. Tipik olarak ağaç gövdesine sarılan sargı maddeleri 3-4 yıl sonra çıkarılır. Genç turunçgil ağaç gövdelerini su torbaları ile sarmanın, cam elyafı veya poliüretan köpüğü ile kaplamaktan daha iyi koruma sağladığı rapor edilmiştir.

Ağaç gövdelerini sarmanın esas dezavantajı, hastalık problemleri için potansiyeli artırmasıdır. Bu yüzden, sürgün toplulukları yer yüzeyinden en az 15 cm yukarıda olmalıdır. Bitki gövdesini koruyucu sargılarla sarmadan önce fungusid spreyleri ile ilaçlamak, hastalık problemlerini azaltmaya yardım eder.

1.5.3.1.15. Bakteri kontrolü

Meydana gelecek donma olayı için buz oluşum süreci çoğunlukla INA bakterilerinin varlığıyla başlatılır. INA bakterilerinin yoğunluğu arttıkça, daha fazla buzun oluşması muhtemeldir. Bu yüzden, INA bakterilerinin yoğunluğunun azaltılması donma potansiyelini azaltır. Buz oluştuktan sonra yüzeydeki açıklıklardan bitki dokuları içine doğru ilerler. Genellikle bakterileri öldürmek için pestisidler (bakır bileşikleri) kullanılır veya INA bakterilerinin yoğunluğunu azaltmak ve onlarla rekabet etmek için aktif buz çekirdeği oluşturmayan NINA (Non Ice Nucleation Active) bakterileri uygulanır. Bununla birlikte bu dondan koruma metodu geniş oranda kullanılmamaktadır.

1.5.3.1.16. Tohumların kimyasallarla muamele edilmesi

Tohum ve bitkilere verilen (mısır, hıyar, pamuk, domates) mikro elementler ve ikincil elementlerin (bakır, bor, magnezyum, çinko, alüminyum, molibden, manganez) donmaya karşı direnci artırdığına ilişkin birçok durum rapor edilmiştir (Bagdonas et al., 1978).

1.5.3.2. Aktif koruma yöntemleri

Aktif koruma metotları, sıfırın altındaki sıcaklıkların etkilerini azaltmak için donlu gece esnasında yapılan tüm çalışmaları kapsamaktadır. Bu metotlar şunlardır:

Isıtıcılar,
Rüzgâr makineleri,
Helikopterler,
Püskürtücüler,
Yüzey sulaması,
Köpükle yalıtım,
Sis oluşturucular,
Bu metotların birleştirilmesi.

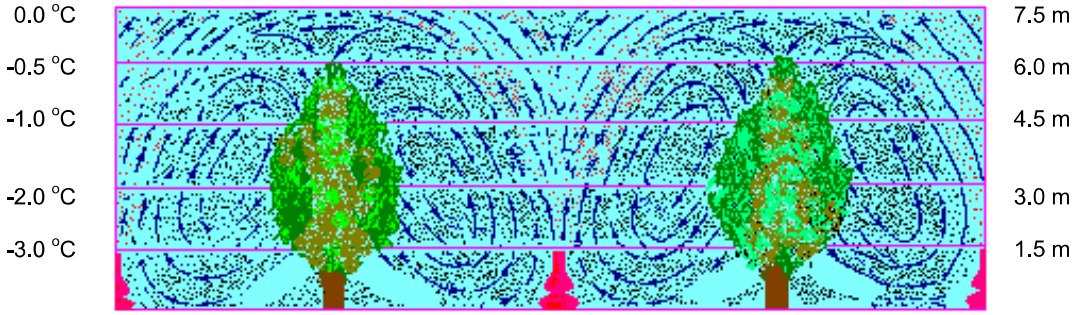
1.5.3.2.1. Isıtıcılar

Zirai don durumunda, tarla ve bahçelerdeki ürünlerin enerji kayıplarını engellemek için kullanılan en yaygın uygulama, çeşitli tipteki ısıtıcılarda yakıtın (katı, sıvı veya gaz) yanmasıyla ısı kaybının karşılanmasıdır. Bu yöntemle arazilerde veya meyve bahçelerindeki sıcaklıklar belirli ürünler için kritik sıcaklık değerlerinin üzerinde tutulabilir. Dünyanın birçok bölgesinde ısıtıcılar, yaprağını dökmeyen Akdeniz meyveleri ve yaprağını döken diğer meyve ağaçlarının bulunduğu alanlarda düzenli ve iyi organize edilmiş olarak uygulanmaktadır. Bu metodun etkililiğini artıran hava şartları, çok hafif rüzgârlı veya rüzgârsız olan sakin şartlar ve kuvvetli enverziyon varlığıdır.

Isıtıcılar en az 2000 yıldır bitkileri dondan korumakta kullanılmaktadır. Bu nedenle etkileri ve çalışma prensibi iyi bilinmektedir. Genel olarak ısıtıcılar (örneğin bacalı ısıtıcılar), metal nesnelerin sıcaklığını yükselten ısıtıcılar ve açık ateş olarak çalışan ısıtıcılar olmak üzere iki sınıfa ayrılmaktadır. Isıtıcılarla koruma yapma, kirlilik problemleri ortaya çıkana ve yakıtın yüksek maliyetinin ürünün değerini geçtiği zamana kadar yetiştiriciler tarafından tercih edilmektedir. Hali hazırda ısıtıcılar esas olarak aşırı don olayları esnasında ve yüksek değerli ürünleri desteklemek için kullanılmaktadır.

Isıtıcılar bütün araziye etkili olacak şekilde dağıtılmalı (75-200 adet/ha), ancak arazinin daha soğuk kesimlerinde ısıtmanın iyi yapılabilmesi için rüzgârın geliş yönüne daha fazla ısıtıcı konulmalıdır. Bitki için gerekli olan hava sıcaklığının artmasıdır, ama diğer yandan ısıtıcılarla yayılan ısının da önemi büyüktür. Yağ ve gaz ısıtıcıları havayı konveksiyon (ısınarak yükselme) yoluyla ısıtırlar, fakat ısıtıcının tipine bağlı olarak ekipmanların sıcak yüzeyleri tarafından meyve bahçelerine yayılan ısı toplam ısının %10-30'unu

oluşturmaktadır. Isıtıcılarla sağlanan tipik bir ısıtma yoluyla havayı karıştırma modeli Şekil 1.11'de görülmektedir.

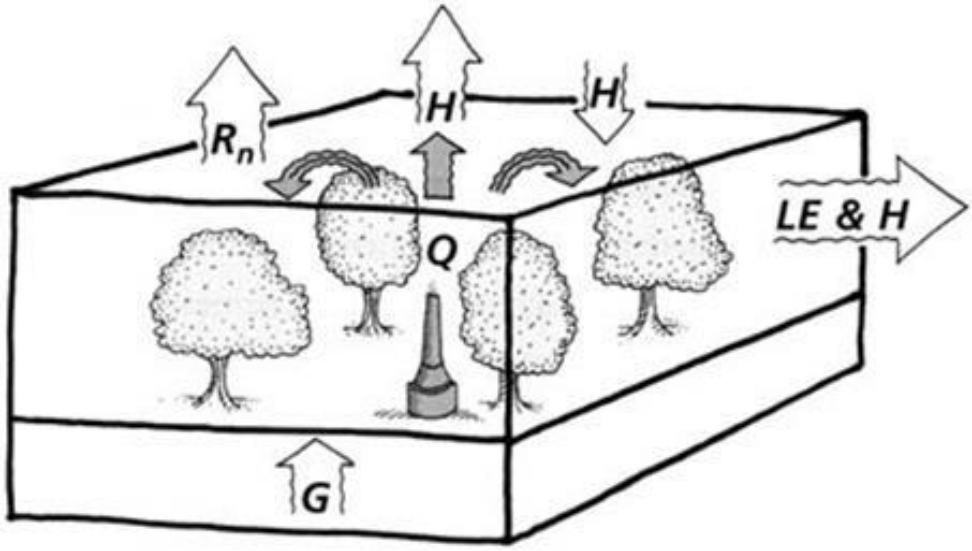


Şekil 1.11. Isıtıcılarla havanın karıştırılması.

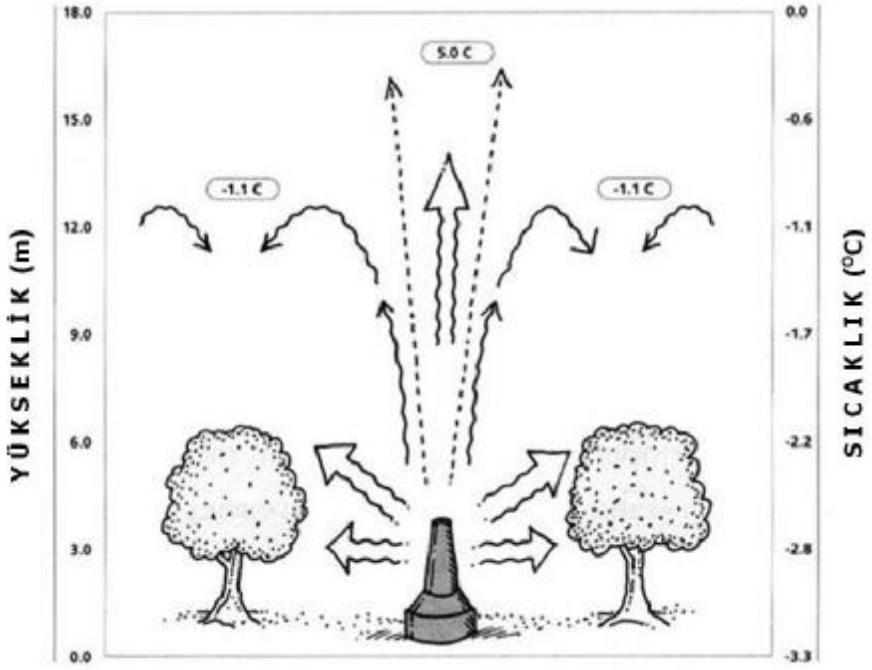
Çok sayıda yakılan küçük ateşler, az sayıdaki büyük ateşlere göre havayı ısıtmada daha etkilidir. Büyük ateşler, etrafa yayılmadan hızlıca yükselip enverziyon tavanını delerek, soğuk ve sıcak havanın iyi bir şekilde karışması için gerekli sirkülasyonu engelleyecek sütunların oluşmasına neden olabilir. Büyük ateşler sadece enverziyonun tavan tabakasına zarar vermez, aynı zamanda hızlıca soğuk havanın içine çekilerek zararı faydasından fazla olur. Eğer bir bölgede bir mevsim boyunca 2-3 defadan fazla don olayı görülmezse, ısıtma yöntemi uygun ve ekonomiktir. Daha fazla don görülen bölgelerde ısıtma ekonomik değildir.

Donlu gece sırasında, üründen doğal enerji kayıpları kazançtan daha yüksektir ve bu durum sıcaklıkta düşmeye neden olur. Enerji esasen net radyasyon olarak kaybolur ve kayıplar hissedilir ve ayrıca toprağın derinliklerinden yüzeyine doğru toprak ısı akışları ile kısmen karşılanır (Şekil 1.12.). Eğer yoğunlaşma meydana gelirse (çiy veya don şeklinde), ortaya çıkan gizli ısı da enerji kaybının bir kısmını karşılayabilir. Isıtıcılar net enerji kaybını karşılamaya yardım etmek için ilave enerji sağlarlar. Hayali bir kutu içindeki meyve bahçesinde enerji akışları, net radyasyon, düşey ve yatay hissedilir ısı akışı (H), yerden kondüktif ısı akışı (G), gizli ısı (LE) ve ısıtma sonucu eklenen enerji (Q) sembolleriyle gösterilmiştir (Şekil 1.12.). Eğer ürüne tüm kayıpları karşılayacak kadar yeterli enerji sağlanırsa sıcaklık düşmeyecektir. Diğer taraftan, ısıtıcıların çalışmasında etkisizlik vardır ve bazı şartlar altında, sistemin etkisizliğini gidermek için yeterli enerjiyi sağlamakta çok yüksek maliyetler çıkabilmektedir. Uygun tasarım ve yönetim, çoğu radyasyon donu şartlarında ürünün korunduğu seviyede etkililiği artırabilir. Bununla birlikte, donlu gecede çok az enverziyon varsa ya da hiç yoksa ve rüzgâr esiyorsa, ısıtıcılar yeterli koruma sağlayamayabilir.

Isıtıcılar bitkilerin çevresine direkt radyasyon sağlamak suretiyle ve enverziyon tabakası içindeki havanın konvektif olarak karışmasına sebep olarak dondan koruma sağlarlar. Sıcak hava, çevredeki sıcaklıkla aynı sıcaklığa erişene kadar yükselir ve soğur, daha sonra yayılır ve daha yoğun hale gelene kadar soğur ve alçalır; bu durumda dolaşım (sirkülasyon) modeli oluşturur (Şekil 1.13.).



Şekil 1.12. Hayali bir kutu içindeki meyve bahçesi.



Şekil 1.13. Sıcak havanın dolaşım (sirkülasyon) modeli.

Radyasyon donu sırasında hasarı önlemek için enerji gereksinimi kabaca net radyasyon kaybına eşittir. Radyasyon donu meydana geldiği gecede enerji kayıplarını karşılamak için buna karşılık gelen enerji gereksinimi 10-50 W/m^2 aralığında değişirken, ısıtıcılardan çıkan enerji çıktısı, yakıt tipi, yanma oranı ve ısıtıcı sayısına bağlı olmak üzere 140-280 W/m^2 aralığında değişmektedir. Bir hektarlık alanda yanan 100 adet ısıtıcı, 2,85 l/h yakıt yakarken, 37,9 MJ/l enerji çıktısıyla yaklaşık 360 W/m^2 enerji üretir. Net fayda, hava şartlarına bağlı olarak değişir fakat yerden 3 m yüksekliğe kadar ortalama hava sıcaklığında 1 °C'lik yükselme beklenebilir. Enerji çıktısı, korunmamış üründeki enerji kayıplarından çok daha fazla olduğu için ısıtıcılardan çıkan enerjinin çoğu kaybolur ve hava

veya bitkileri ısıtmaya katkıda bulunmaz. Eğer ısıtma sistemi iyi bir şekilde tasarlanmış ve enverziyon tabakası altında konvektif ısının gökyüzüne çok az veya hiç kaçmadığı, hava kütlesindeki enerji kayıplarını karşılayabilecek şekilde iyi yönetiliyorsa, enerji çıktı gereksinimi don hasarını önlemek için gerekli olan enerji gereksinimine yakın olacaktır ve ısıtma etkili olacaktır. En iyi etkililiği sağlamak için, ısıtıcı sayısı artırılmalı ve ısıtıcıların sıcaklığı azaltılmalıdır. Bununla birlikte, bunu yapmak donanım maliyetleri, iş gücü vs. nedeniyle çoğu zaman zor olmaktadır. Sıcaklık enverziyonu zayıf ise veya ateş çok büyük ve sıcak ise, ısınan hava çok yükseklere çıkar ve enerji, ürün üzerindeki havaya kaçar; bu yüzden etkililik azalır. Modern ısıtıcılar ısı kayıplarını azaltmak ve etkililiği artırmak için yayılan gazların sıcaklığını daha iyi kontrol etmektedir.

Sıvı yakıtlı ve gaz yakıtlı ısıtıcılar, katı yakıtlı ısıtıcıların vermiş olduğu enerji miktarının iki katına yakın enerji verirler.

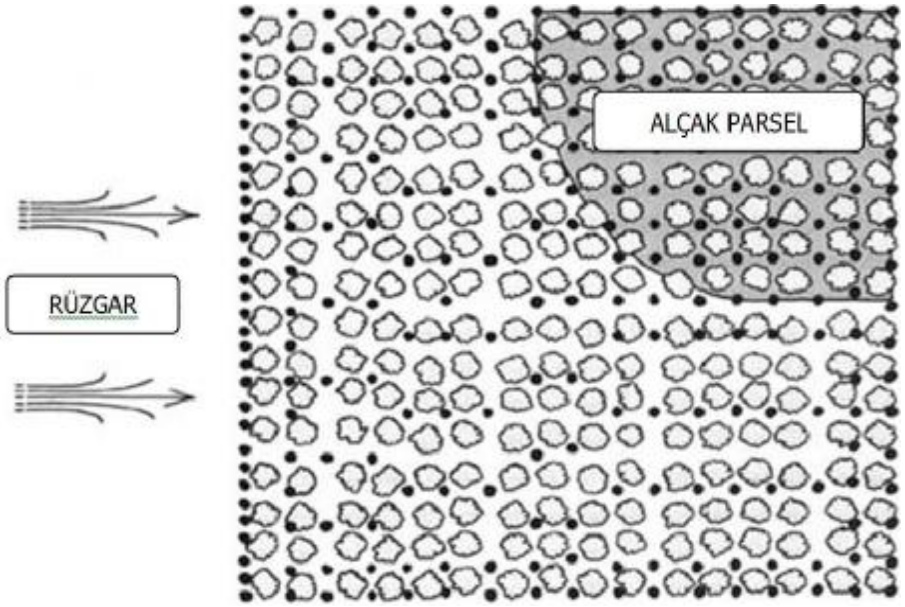
Kuvvetli enverziyon olduğunda (örneğin alçak tavan), ısınmış hava daha alçak bir yüksekliğe kadar yükselir ve ısıtıcılar tarafından etkilenen hava hacmi daha küçük olur. Isıtılmış hacmin daha küçük olması nedeniyle, ısıtıcılar kuvvetli enverziyon koşulları altında hava sıcaklığını yükseltmede daha etkilidir. Zayıf enverziyon (yüksek tavan) şartlarında ısıtıcıların çalıştırılması daha büyük bir hacim bulunduğu için hava sıcaklığını artırmada daha az etkilidir.

Geçmişte dumanın dondan korunma için faydalı olduğuna büyük ölçüde inanılıyordu. Fakat günümüzde, ısıtıcıların koruma etkisinin ateşin yanmasıyla ortaya çıkan ısıdan kaynaklandığı ve duman üretiminden kaynaklanmadığı iyi bilinmektedir (Collomb, 1966). Duman, geceleri yerden yukarı doğru giden veya yere gelen uzun dalga radyasyonu üzerinde çok küçük bir etkiye sahiptir ve bu yüzden dondan koruma için çok az faydası vardır. Dumanın çok az bir faydaya sahip olması veya hiç fayda sağlamaması ve havayı kirletmesi nedeniyle, duman üretimi minimize edilmeli veya dumandan kaçınılmalıdır. Güneşin yükselmesi sırasında olan duman, güneşsel radyasyonu bloke eder (engeller) ve ürünün ısınmasını geciktirir. Bu ise, daha yüksek miktarda yakıt tüketimine neden olabilir ve büyük bir ihtimalle daha fazla hasar meydana getirebilir.

Isıtıcıların havayı ısıtmasından dolayı, korunan ürünün içindeki hava genellikle yükselir ve dışarıdaki soğuk hava, yükselen havanın yerini almak için kenardan çekilir. Sonuç olarak, daha fazla don hasarı meydana gelir ve bu yüzden kenarlarda daha fazla ısıtıcıya gereksinim vardır.

Isıtıcı dağılımı, kenarlarda daha fazla ısıtıcı olacak şekilde, özellikle de yukarı doğru rüzgâr alan yerlerde ve alçak parsellerde nispeten homojen formda olmalıdır. Isıtıcıların örnek yerleşiminde yukarı doğru rüzgâr alan kenarlarda ve alçak parsellerde daha yüksek yoğunlukta ısıtıcı bulunmaktadır (Ballard and Proebsting, 1978) (Şekil 1.14.). Eğer ürün yamaç üzerinde yerleşmişse, soğuk havanın ürün içine drene olduğu yer olan yamaç yukarı kenara daha fazla ısıtıcı yerleştirilmelidir. Donma şartları altında (rüzgâr hızının 2.2 m/s'i (7.9 km/h) aştığı durumda), yatay adveksiyon nedeniyle önemli derecede ısı kaybı meydana gelir ve yukarıdaki rüzgâr alan sınırda daha fazla ısıtıcıya gereksinim olur. Alçak parsellerde (ki bunlar daha soğuktur), daha yüksek sayıda ısıtıcı bulunmalıdır. Kenarlardaki ısıtıcılar ilk önce yakılmalıdır ve

daha sonra ihtiyaç artarsa (örneğin eğer rüzgâr hızı artarsa ve sıcaklık düşerse) daha fazla ısıtıcı ateşlenmelidir. Isıtıcıların çalıştırılması maliyetlidir. Bu yüzden çoğunlukla rüzgâr makineleri ile kombine halde veya püskürtücülerle birlikte kenarları ısıtmakta kullanılırlar.



Şekil 1.14. Isıtıcıların örnek yerleşimi.

Direkt ısıtma yapıldığında, yakıt tüketimini azaltmak için koruma, kritik hasar sıcaklıklarına ulaşılmadan hemen önce başlatılır.

Dondan koruma için çok çeşitli yakıtlar (örneğin odun, kok, eski lastik tekerlekler, parafin mumlar ve kömür) kullanılmaktadır. Bazı petrol şirketlerinin pazarlama ürünleri petrol mumu -rafinasyon yan ürünü- ve kok içermektedir. Sıvı yakıtlı yakıcılarla kıyaslandığında, katı yakıtlar çoğu kez daha iyi sonuçlar verir.

Sıvı yakıtlı ısıtıcıların kullanımı yakıt fiyatları ve artan hava kirliliği meseleleri ile ilgili sıkıntıları azaltmaktadır. Sıvı yakıtlı ısıtıcılar ısıtıcı ve yakıtın ana sermaye maliyetine ilaveten kurulum, yakıtın içine konulması ve yıkama gibi konular için önemli derecede işgücü gerektirmektedir. Sıvı yakıtlı ısıtıcıları yeniden doldurmak için işgücü gereksinimi yüksektir. Bu nedenle doğal gaz, sıvı propan veya sıkıştırılmış fuel-oil kullanan merkezi dağıtım sistemleri daha popüler hale gelmeye başlamıştır.

Radyasyonun toplam enerjiye oranı, katı yakıtların yanması için % 40 iken, sıvı yakıtların yanmasında % 25'dir. Bu yüzden katı yakıtlar bitkiyi özellikle rüzgârlı şartlarda ısıtmak için çok daha etkilidir. Katı yakıtların esas dezavantajı, yakıt kullanıldığında enerji açığa çıkarmasının azalmasıdır. Bu nedenle enerji çıkışı, en çok ihtiyaç duyulduğu zamanda sınırlanmaktadır. Diğer bir noksan yönü ise, katı yakıtların tutuşturulmasının zor olmasıdır. Dolayısıyla daha önceden tutuşturulmuş olmalıdırlar. Ayrıca bunların söndürülmesi de zor olduğu için çoğu kez yakıt israf edilmektedir.

Seralarda elektrikle ısıtma ile araziye uygun kalorifer sistemi ile ısıtma, bazı ülkelerde kullanılan pahalı yöntemlerdir. Ancak bu yöntemlerde, korunacak ürünün ekonomik değeri esas alınmaktadır.

Mobil ısıtıcı, dondan koruma için ticari bir metot olarak mevcuttur; ancak makinenin bilimsel değerlendirmeleri henüz yayınlanmamıştır. Mobil ısıtıcı, ısıtıcıya yakıt kaynağı sağlamak için traktörün arkasına monte edilmiş olan dört tane 45 kg'lık propan tankı kullanır. Isıtıcı, ısıtılmış havanın yatay olarak üfürülmesini sağlamak için ısıtıcı bitki sıraları arasında yukarı-aşağı hareket ederken traktör yönüne dik olan merkezkaç kuvvetine dayanan fan kullanır. Isıtıcı çalıştırıldıktan sonra yakıt desteği, havanın makineden dışa vurulduğu yerde yaklaşık 100 °C'lik ısı vermek için ayarlanır. Çalıştırıldığında hava akışı makinenin herhangi bir yüzünde 50-75 m'ye ulaşır. Traktör, etkilenen alanların üst üste binmesini sağlamak için sıralar arasında bir aşağı, bir yukarı sürülür. Üreticiye her 10 dakikada bir tam tur sağlayacak şekilde ve 5-7 ha'lık kapsama sağlayacak bir periyotta traktörün çalıştırılması önerilmektedir.

1.5.3.2.2. Rüzgâr makineleri

Rüzgâr makineleri genel olarak, yakıtlı-yağlı ısıtıcı koruma sistemleri tarafından kullanılan yakıtın yalnızca % 5-10'unu kullanmaktadır. Bununla birlikte, başlangıç yatırım maliyetleri yüksektir (örneğin her bir makine için yaklaşık 20.000 dolar gibi). Rüzgâr makineleri genellikle diğer metotlardan, özellikle elektrikli rüzgâr makinelerinden daha az işgücü gereksinimine ve işletim maliyetine ihtiyaç duyar.

Çoğu rüzgâr makinesi (veya fan) havayı, sıcaklık enverziyonunun olduğu yüksekteki daha sıcak hava içine doğru neredeyse yatay olarak üfleyerek, yukarıdaki daha sıcak hava ile yer yakınlarındaki daha soğuk havanın karışmasını sağlar. Aynı zamanda, bitkiler üzerindeki mikro ölçekli sınır tabakasını kırar. Bu ise havadan bitkilere doğru hissedilir ısı transferini artırır. Bununla birlikte, rüzgâr makinelerine yatırım yapılırken, donlu gecelerin çoğunda enverziyonun 2-10 m arasındaki bir yükseklikte ve en az 1.5 °C veya daha yüksek olduğundan emin olunmalıdır.

İç yanmalı rüzgâr makineleri çok daha uygun maliyetlidir fakat daha fazla işgücü gerektirir. Rüzgâr makinesinin gürültüsü ise, eğer ürünler şehir ya da kasaba yakınlarındaysa, üreticiler için büyük bir problemdir ve bu durum dondan korunma metodu seçilirken göz önünde bulundurulmalıdır. Genel olarak 65-75 KW güç kaynağına sahip büyük bir rüzgâr makinesi her 4.0-4.5 ha alan için gerekmektedir. Sıcaklık üzerine etkisi, enverziyonun kulesinden olan mesafenin yaklaşık olarak karesiyle birlikte azalır.

Rüzgâr makineleri genellikle üst kısım yakınlarında dönen iki büyük kanatlı fan (3-6 m çapında) içeren çelik bir kuleden meydana gelmiştir. Aynı zamanda dört kanatlı fan içeren rüzgâr makineleri de bulunmaktadır. Bu fan kule yönünde yataydan aşağıya doğru 7° civarında eksenine eğik olarak monte edilmiştir. Tipik olarak fanların yüksekliği 10-11 m civarındadır ve 590-600 rpm hızla dönerler. Fan çalışırken, havayı yükseklere doğru çeker. Kule yere doğru bu havayı hafifçe aşağıya iter. Fan aynı zamanda yer yakınındaki soğuk havayı

yukarıya doğru çeker, yukarıdaki sıcak havayı aşağıya üfler ve havayı karıştırır. Aynı zamanda fan çalışırken her 3-5 dakikada bir kule çevresinde de dönüş yapar. Burada kazanılacak koruma miktarı, enverziyonun gücüne bağlıdır. Genel olarak fanların çalıştırılması sonucunda 2 m yükseklikteki sıcaklık artışı, korunmamış üründe 2-10 m yüksekliğindeki enverziyon gücünün yaklaşık %30'u kadardır. Rüzgâr makineleri tipik olarak hava sıcaklığı 0 °C civarına ulaştığında çalıştırılır. Rüzgâr makineleri 2.5 m/s (8 km/sa)'den daha hızlı esen rüzgâr olduğunda veya ortamda süper soğumuş sis bulunduğunda (ki bu kanatların buz tutması durumunda fanlarda şiddetli hasara neden olabilir) kullanılması tavsiye edilmemektedir.

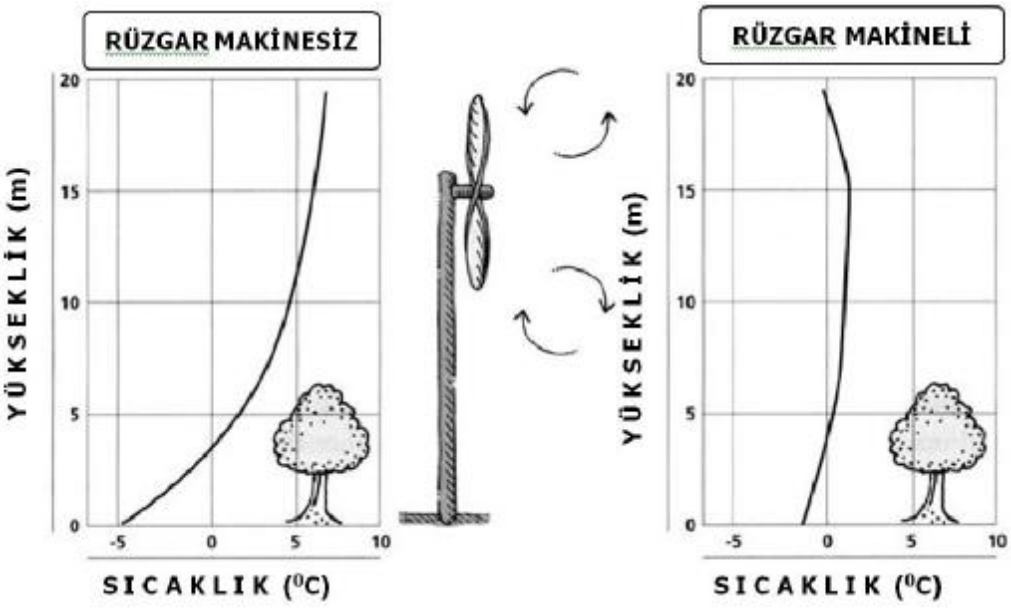
Rüzgâr makinelerinde araştırma yapmadan önce, yerel iklim ve yerel masraflar hakkında araştırma yapılmalıdır. Eğer çok az enverziyon varsa veya hiç yoksa rüzgâr makineleri tavsiye edilmez.

Rüzgâr makineleri genel olarak diğer metotlardan daha düşük işgücü gereksinimine sahiptir ve operasyonel maliyetleri daha düşüktür. Bu özellikle elektrikli rüzgâr makineleri için doğrudur.

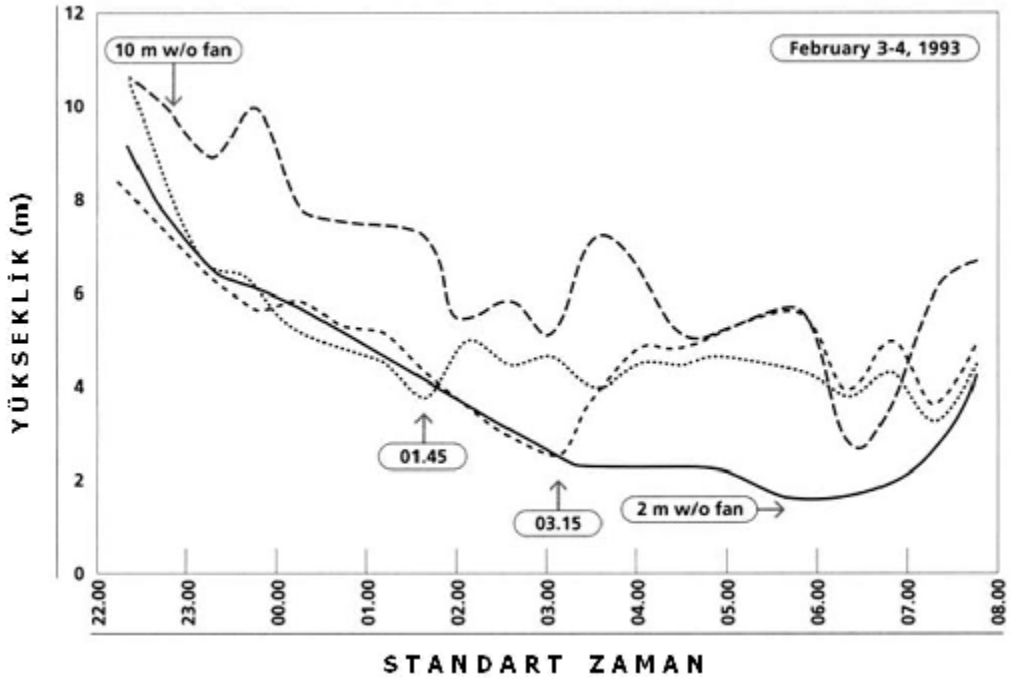
Genel olarak, gürültü haricinde rüzgâr makineleri çevreye dosttur. Rüzgâr makinesinin gürültüsü, şehir ve kasaba yakınlarındaki ürünlerin üreticileri için büyük bir problemdir. Dondan koruma metodu seçilirken, bu faktör göz önünde bulundurulmalıdır.

Çalışma teorisi

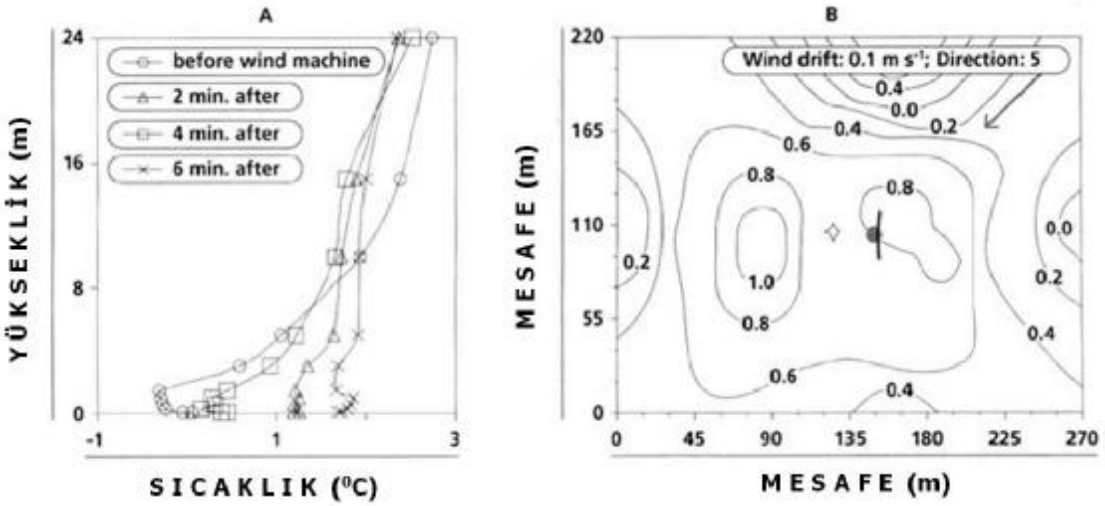
Rüzgâr makineleri aşağı doğru hissedilir ısı akı yoğunluğunu arttırmak ve bitki yüzeyleri üzerindeki mikro ölçekli sınır tabakası üzerine dağıtmak suretiyle koruma sağlamaktadır. Fanlar ısı üretmezler, fakat hava içinde hali hazırda var olan hissedilir ısıyı yeniden dağıtırlar. Fanlar, yer yakınlarındaki daha soğuk hava ile yükselmiş sıcak havayı karıştırırlar (Şekil 1.15.). Bunlar aynı zamanda yapraklara yakın olan en soğuk havanın uzaklaştırılması ve hafifçe daha sıcak havanın soğuk havanın yerini alması yönüyle de yardımcı olurlar. Sağlanan korumanın miktarı, esas olarak korunmamış enverziyonun gücüne bağlıdır. Enverziyonun gücü, korunmamış meyve bahçesinde 10 m ve 1.5 m'deki sıcaklık farklılığı olarak hesaplanır. Rüzgâr makinesi tarafından etkilenen bölge içinde 1.5 m'de ölçülen ortalama hava sıcaklığı, enverziyon gücünün 1/3'ü düzeyinde artar. Rüzgâr makinesinin kulesi yakınlarında sağlanan koruma daha iyidir. Şekil 1.16'da 01:45 - 03:15 saatlerinde çalıştırılan rüzgâr makineleri yakınında (30 m) ölçülen 2 m yükseklikteki sıcaklık trendi ve (W/0) fanı olmaksızın 10 m ve 2 m'deki sıcaklık trendleri gösterilmiştir. Gerçek fayda, genellenemeyen enverziyon karakteristiklerine bağlıdır. Bunun yanısıra, daha kuvvetli enverziyonlar açık bir şekilde daha iyi koruma sağlamaktadır.



Şekil 1.15. Radyasyon donu sırasında rüzgâr makinelerinin sıcaklık profili üzerindeki etkilerini gösteren şematik diyagram.



Şekil 1.16. Rüzgâr makineleri yakınında (30 m) ölçülen 2 m yükseklikteki sıcaklık trendi.



Şekil 1.17. Rüzgâr makinesinin tarlada sıcaklık dağılımına etkisi.

Kuzey Portekiz'de rüzgâr makinesinden 30 m uzakta, rüzgâr makinesi çalıştırılmadan önce ve çalıştırıldıktan sonra sıcaklık profilleri Şekil 1.17A'da ve kule etrafında iki tam dönüş sonrası rüzgâr makinesi tarafından oluşturulan 1.5 m'deki sıcaklık yanıt modeli Şekil 1.17B'de verilmiştir (Riberrio et al., 2002).

Genel olarak her 4-5 ha alan (yaklaşık 120-125 m'lik bir yarıçap içinde) için 75 kw'lık rüzgâr makinesi gerekmektedir. Eğer tek bir rüzgâr makinesi kullanılırsa, bir hektar alan için 18.8 kw motor mil gücü gerekmektedir. Bir hektar alanda, birçok makine kullanıldığında yaklaşık 15 kw'lık motor mil gücü önerilmektedir. Koruma, kuleden uzaklaşıldıkça mesafe ile azalır. Bu nedenle koruma alanlarının bir kısmının üst üste binmesi korumayı artıracaktır. Genellikle rüzgâr sürüklenmesinden dolayı koruma alanı yuvarlak şekilden ziyade oval şekillidir. Örneğin Şekil 1.17B elma bahçesinde rüzgâr makinesi çalıştırıldığında 1.5 m yükseklikteki sıcaklık yanıt modelini göstermektedir (Riberio et al., 2002).

Başlatma ve Durdurma

Rüzgâr makineleri tipik olarak hava sıcaklığı yaklaşık 0 °C civarına ulaştığında çalıştırılır. Kararlı enverziyon şartlarında hava yer yakınlarında tabakalaşma eğilimindedir ve karışmanın çok daha az olduğuna inanılmaktadır. Bununla birlikte Kaliforniya (ABD) ve Portekiz'deki denemeler enverziyon oluştuktan sonra fanların çalıştırılmasının fan etkililiği üzerinde çok az bir etkiye sahip olduğunu göstermiştir. Çalıştırmadan yarım saatten daha kısa bir süre sonra, 2 m sıcaklığı tipik olarak yükselir, bazen korunmamış meyve bahçesinde 10 m'deki sıcaklığa yaklaşır (Şekil 1.16.). Bununla birlikte, donlu gece süresince radyasyon yayan yüzeyin sıcaklığının genellikle hava sıcaklığından daha düşük olması nedeniyle, hava sıcaklığı kritik hasar sıcaklığına (T_c) yaklaşırken rüzgâr makinelerini çalıştırmak akıllıca olacaktır. Eğer gün boyunca veya beklenen donlu gecenin akşamında meyve ıslak ise, rüzgâr makineleri (ve ısıtıcılar), buzun meyve üzerinde oluşumundan önce meyveyi kurutmak için erkenden çalıştırılmalıdır. Rüzgâr, 2.5 m/s (8 km/sa) den daha hızlı esiyorsa veya havada süper soğumuş sis varsa, rüzgâr makinesi tavsiye edilmemektedir. Rüzgâr 2.5

m/s (8 km/sa) den daha yüksek hızda estiğinde, enverziyonun mevcut olması pek mümkün değildir ve fan kanatlarının hasar görmesi olasıdır. Rüzgâr hızını tahmin etmek için basit metot, ağaç dalına veya cadde levhasına plastik bir şerit asmaktır. Eğer rüzgâr 2.5 m/s (8 km/sa) den daha hızlı esiyorsa, sarkan kurdelenin alt kısmı, yatayda yaklaşık 30 cm'lik bir alanda ileri ve geri doğru esecektir.

Süper soğumuş sis durumunda, su damlacıkları fan üzerinde donabilir ve buz, bir kanadı durdurur. Ancak diğerini durdurmazsa, rüzgâr makinesinde şiddetli hasar meydana gelebilir.

1.5.3.2.3. Helikopterler

Helikopterler de enverziyon içinde yüksekteki sıcak havayı yüzeye doğru hareket ettirirler. Eğer az veya hiç enverziyon yoksa helikopterler etkisizdir. Operasyonel maliyetler nedeniyle dondan koruma için helikopterlerin kullanımı, yüksek değerli ürünler ve acil durumlarla sınırlıdır (örneğin normal metotlar bozulursa). Araştırmacılar helikopterler için koruma alanının tahmini üzerinde farklılık göstermektedir. Tek bir helikopter tarafından kapsanan alan hava şartları ile helikopter boyut ve ağırlığına bağlıdır. Tahmin edilen kapsama alanı 22-24 hektar arasında değişiklik göstermektedir (Evans, 2000; Powell and Himelrick, 2000). Helikopterlerle koruma sağlamak için alan üzerinden her 30-60 dakikada bir geçiş gerekmekte, şiddetli şartlar altında daha fazla geçiş beklenmektedir. Geçişler arasında uzun süre bekleme, bitkilerin süper soğumasına olanak tanır ve helikopterin geçişi sırasındaki sallanma heterojen buz çekirdeği oluşumuna neden olabilir. Bu ise şiddetli hasara yol açar.

Helikopterin dış kısmı üzerine çoğu kez sıcaklık sensörleri monte edilir ve pilotlar en yüksek sıcaklık okumasını gördükleri yükseklikte uçarlar. Optimal yükseklik genel olarak 20-30 m arasında değişir. Genel uçuş hızları 25-40 km/h (Powell and Himelrick, 2000) veya 8-16 km/h'dir (Evans, 2000). Daha yüksek hızlar gelişmiş koruma sağlamamaktadır. 3.0 °C ile 4.5 °C arasındaki sıcaklık artışları belirli yükseklikte dolaşıp duran helikopter için çok geneldir. Pilotlar çoğu kez ağırlığı ve itme kuvvetini artırmak için helikopter sprey tanklarını su ile doldururlar. Yüksek enverziyonlu şiddetli don şartlarında, aşağı doğru ısı transferini artırmak için bir helikopter diğerinin üzerinde uçabilir.

Bitki örtüsünün üzerinde termostat kontrollü ışıklar, pilotların nerelerden geçmesinin gerekli olduğunu görmelerine yardım etmekte kullanılır. Helikopter ürün üzerinden geçerken, sıcaklık yükselir ve ışıklar söner. Termostat sıcaklığını düşürmek, ışıkların yanmasına neden olur. Bu durum pilotun soğuk parselleri bulup, onların üzerine uçmasına yardım eder. Alternatif olarak yer mürettebatı, ürün içindeki sıcaklığı izlemeli ve pilot ile iletişim kurarak nerelerde uçuşun gerekli olduğu konusunda uyarmalıdır.

Tepe yüzlerinde, ısı transferi yüzeye ulaştıktan sonra yamaç aşağı ilerler. Bu yüzden ürünün yamaç yukarı olan yüzü üzerinde uçmak genellikle daha fazla koruma sağlar, çünkü etkiler aynı şekilde aşağı doğru rüzgârla hissedilmiştir. Uçuşlar, üründen yukarı doğru giden rüzgârdaki hava sıcaklığı, kritik hasar sıcaklığı üzerine yükseldiğinde durdurulur.

1.5.3.2.4. Püskürtücüler (spreyler)

Püskürtücülerin enerji tüketimi, ısıtıcılardan önemli derecede azdır. Bu yüzden ısıtıcılara kıyasla işletim maliyetleri düşüktür. Aynı zamanda işgücü gereksinimi diğer metotlardan daha azdır ve nispeten daha az çevre kirleticidir. Püskürtücüleri kullanmanın başlıca dezavantajı, yüksek kurulum maliyeti ve çok fazla miktarda suya gereksinim olmasıdır. Çoğu durumda sınırlı su mevcudiyeti püskürtücülerin kullanımını sınırlandırmaktadır. Diğer durumlarda aşırı kullanım toprağın aşırı derecede su altında kalmasına sebep olabilir. Bu ise toprak işlemeyi (sürmeyi) engellediği ve diğer yönetim faaliyetlerini zorlaştırdığı gibi, kök problemlerine neden olabilir. Besin maddelerinin esas olarak azotun su ile yıkanarak, topraktan uzaklaşması da püskürtücülerin sık kullanıldığı yerde bir problem oluşturmaktadır.

Dondan korumaya ilave olarak püskürtücüler; sulama, bitki üzerine evaporatif soğuma sağlamak suretiyle meyve renginin artırılmasında, bitki üzerinden sulama yapmak suretiyle güneş hasarının azaltılmasında, tomurcukların patlamasından önce çiçeklenmenin geciktirilmesi, gübre uygulaması ve bu uygulamaların birleştirilmesinde kullanılabilir.

Geleneksel olarak bitki üzerine püskürtme yapan püskürtücülerle korumanın sırrı, bitki dokusunun sıcaklığının suyun atımları arasında çok düşmesini önlemek için suyu sık sık yeterli uygulama oranında tekrar uygulamaktır. Dönmeyen, belirli bir hedef doğrultusunda bitkiler üzerine püskürtme yapan püskürtücüler için amaç, düşük uygulama oranında, fakat sürekli olarak hedeflenmiş daha küçük bir yüzey alanına suyu uygulamaktır. Bitki dalları altına püskürtme yapan geleneksel püskürtücüler için amaç ise, yer yüzeyi sıcaklığını 0 °C yakınlarında tutmayı sağlayacak sıklıkta suyu uygulamaktır. Bu, uzun dalga radyasyonunu ve korunmayan ürüne kıyasla bitkilere hissedilir ısı transferini artırır. Bitki dalları altına püskürtme yapan mikro püskürtücüler (bunlar geleneksel püskürtücülerden çok daha az miktarda su uygulamaktadır) için amaç, radyasyonun yoğunlaşması ve artması ile hissedilir ısı transferinin bitkiler üzerinde yukarı doğru çıkmasını sağlamak için, yalnızca bitkiler altındaki yerin sıcaklığını 0 °C yakınlarında tutmaktır.

Suyun hissedilir ısı içeriğindeki ve hissedilir ısıdan gizli ısıya dönüşümündeki değişiklikleri anlamak, püskürtücülerle dondan korumayı anlamak için büyük önem arz etmektedir. Suyun sıcaklığı, suyun içindeki hissedilir ısı içeriğinin ölçümüdür ve su sıcaklığı düşerken havaya ve bitkilere yayınlanan ısı bir miktar koruma sağlar. Su, genel olarak belirli bir yerde, ortalama yıllık hava sıcaklığı yakınında sıcaklığa sahiptir. Su sıcaklığının 20 °C'den 0 °C'ye düşmesi için her bir kg su (veya litre su) 83.7 kj hissedilir ısı kaybetmelidir. Bu ısı, radyasyon ile kaybedilebilir; havaya, bitkilere veya yere hissedilir ısı olarak transfer edilir veya buharlaşmaya katkıda bulunabilir. 1 kg su 0 °C'de donduğunda, faz değişiminde 334,5 kj gizli ısı, hissedilir ısıya dönüştürülür. 20 °C'deki sudan, soğuma ve donma sırasında açığa yayılan enerji 418.3 kj/kg dir. Eğer başlangıç su sıcaklığı 20 °C değil de 30 °C olmuş olsa ve daha sonra 0 °C'ye soğusa 41.9 kj/kg ilave enerji sağlayarak toplamda 460.9kj/kg enerji sağlanır. Bununla birlikte, 1.1 kg 20 °C'deki suyun soğuması

ve donması ile 460.9 kj/kg enerji sağlanır. Bu yüzden %10 fazla su ilave etmek, suyu yaklaşık 10 °C daha ısıtmakla aynı enerjiyi sağlar.

Bitkiler üzerine püskürtme yapan geleneksel püskürtücüler

Bitki üzerine püskürterek sulama, alçak boylu ürünleri ve buz yükü altında kırılmayan kuvvetli yapı iskelesi bulunan dallara sahip, kışın yapraklarını döken meyve ağaçlarını korumakta kullanılır. Çok daha esnek olan genç limon ağaçları hariç, subtropikal ağaçlarda (örneğin turunçgiller) nadiren kullanılır. Eğer uygulama oranı yeterli ve uygulama homojen ise, adveksiyon donları sırasında bile bitkiler üzerine püskürtme yapılması -7 °C'ye kadar mükemmel dondan koruma sağlar. Rüzgârlı şartlarda veya hava sıcaklığı oldukça yavaş bir şekilde düştüğünde ve böylece sıcaklığın buharlaşma ile kaybolandan daha fazla ısı sağlamak için yetersiz olduğu bir uygulama oranında bu metot, korunmamış bir ürünün yaşayacağı hasardan daha fazla bir hasar meydana gelmesine neden olabilir. Bu metodun kusurlu yanları, eğer püskürtme sistemi bozulursa şiddetli hasarların meydana gelebilmesi, metodun fazla miktarda su gereksiniminin olması, buz yükünün ağaç dallarında hasara neden olması ve iyi şekilde drene edilmemiş topraklarda kök hastalıklarının problem olabilmesidir.

Bitki üzerine püskürtme yapan püskürtücülerin uygulama oranı gereksinimleri, geleneksel dönme yapan, değişken oranlı veya düşük hacimli tek bir hedefe püskürtme yapan püskürtücüler için farklılık göstermektedir. Bitkiler üzerinde buz saçakları üzerinden su damlayan sıvı-buz karışımı olur olmaz, bitkilerin buzla örtülen bölümleri korunacaktır. Ayrıca yetersiz su uygulanırsa veya püskürtücülerin dönme hızı çok yavaş olursa, tüm su donabilir ve buz ile kaplı bitkilerin sıcaklığı korunmamış bitkilerinkinden daha aşağıya düşebilir.

Geleneksel bitki üzerine su püskürten sistemlerde, bitkileri ve toprağın yüzeyini tamamıyla ıslatmak için standart etkili püskürtücüler kullanılır. Daha geniş bitkiler daha fazla yüzey alanına sahiptir. Bu nedenle uzun bitkilere, kısa bitkilerden daha yüksek uygulama oranları gerekmektedir. Üstten püskürtücülerin etkili olabilmesi için, bitkilerin tüm bölümleri su ile kaplanmalı ve her 30-60 saniye arasında tekrar ıslatılmalıdır. Daha uzun dönme oranları, daha yüksek uygulama oranına ihtiyaç duyar. Aynı zamanda, daha büyük bitkilerin kapsanması için daha fazla su gereksinimi vardır.

Püskürtücü dağılımının homojenliği, sonuçta hasara neden olabilecek yetersiz kapsamadan kaçınmak için önemlidir. Eğer soğuk havanın belirli bir yönden sürüklendiği biliniyorsa, ürünün yukarı doğru rüzgâr alan kenar üzerinde veya üründen açık alana doğru olan yükselen rüzgâr yönünde püskürtücü yoğunluğunu artırmak korumayı iyileştirebilir. Çoğu durumda püskürtücü başlıkları bitkilerin püskürtmeyi bloklamasından kaçınmak için, bitki örtüsünün (canopy) üst noktasından 30 cm yüksekliğe monte edilmelidir. Dondan koruma için özel olarak tasarlanmış başlıklar kullanılmaktadır. Bu başlıklar, başlıkların buzlanmasını önlemek için bir korunak içinde bulunmaktadır. Filtreler özellikle de nehir veya göl suyu kullanıldığında sistemin düzgün çalıştığından emin olmak için gerekmektedir.

Püskürtücülerin çalıştırılması ve durdurulması

Bitkiler üzerine püskürtme yapan püskürtücüler, ıslak termometre sıcaklığı kritik sıcaklıktan (T_c) yüksek olduğunda başlatılmalıdır. Islak termometre sıcaklığı 0 °C'ye ulaştığında, püskürtme işlemine başlamak daha az risklidir ve su azlığı, su basması ve buz oluşumu gibi problemler yok ise tedbirli de olabilir. Güneş bitkilerin üzerinde parlasa bile, ürün üzerine çıkan havadaki ıslak hazne sıcaklığı kritik hasar sıcaklığı üzerinde olmadıkça, püskürtücüler kapatılmamalıdır. Toprağın aşırı su altında kalması veya suyun az olması problem teşkil etmiyorsa, püskürtücüleri kapatmadan önce ıslak hazne sıcaklığının 0 °C'yi hafifçe aşmasına müsaade etmek ekstra güvenlik önlemi sağlar.

Tepeden püskürtme ile korumada uzun boylu (meyve bahçesi ve asma) ve kısa boylu (tarla ürünleri ve sıralı) ürünler için uygulama oranları rüzgâr hızının 0,5-2,5 m/s arasında olduğu durum için minimum sıcaklığa ve dönüş oranına bağlıdır (Tablo 1.4.)

Tablo 1.4. Tepeden püskürtme ile korumada uygulama oranları.

Minimum Sıcaklık (°C)	Uzun Boylu Ürünler		Kısa Boylu Ürünler	
	30 s dönme mm/h	60 s dönme mm/h	30 s dönme mm/h	60 s dönme mm/h
-2.0	2.5	3.2	1.8	2.3
-4.0	3.8	4.5	3.0	3.5
-6.0	5.1	5.8	4.2	4.7

Not: Uygulama oranı rüzgâr olmadığı durumda 0.5 mm/h daha fazla olmalı ve 2.5 m/s'ye yakın değerlerde, rüzgâr olduğunda ise yaklaşık 0.5 mm/h daha yüksek olmalıdır. "Kısa boylu ürünler" için uygulama oranları tarla ve sıra ürünlerinin örtülerini çileklerdeki boyuta benzer oranda kaplar. Daha uzun tarla ve sıra ürünleri için ise (örneğin patates ve domates) orta derecede uygulama oranları gerekmektedir.

Islak hazne sıcaklığı, psikrometre ile direkt olarak ölçülebilir veya çiy noktası ve hava sıcaklığından tahmin edilebilir. Basit, ucuz çiy noktası ölçümü; termometre, parlak teneke kutu, su, tuz ve buz ile yapılır. İlk olarak bir miktar tuzlu su, parlak tenekenin içine dökülür. Daha sonra termometre ile karışım karıştırılırken kutu içine buz küpleri atılır. Kutunun yüzeyi su yoğunlaştığı veya yüzey üzerinde buzun biriktiği durumlarda gözlenir. Kutunun dış yüzünde su veya buz oluşur oluşmaz termometre sıcaklığı okunur. Kutunun dışı üzerine el lambası (fener) tutmak suyun veya buzun oluşumunu gözlemek ve termometreyi okumak için yardım edecektir. Buz noktası ile çiy noktası sıcaklığı arasında küçük bir fark vardır; fakat püskürtücünün başlatılma ve bitiş hava sıcaklıklarının tahmin edilmesi için, bunların eşit olduğunun farz edilmesiyle bu hata göz ardı edilebilir.

Çiy nokta sıcaklığını ölçtükten sonra, ürününüz için kritik sıcaklık (T_c), çiy nokta sıcaklığı ve Tablo 1.5. kullanılarak başlama ve bitiş sıcaklıkları bulunur.

Tablo 1.5. Püskürtücüler ile dondan korumada minimum başlama ve durma sıcaklıkları (°C).

ÇİY NOKTA SICAKLIĞI	ISLAK HAZNE SICAKLIĞI (°C)													
(°C)	-3.0		-2.5		-2.0		-1.5		-1.0		-0.5		0.0	
0.0													0.0	0.0
-1.0									-1.0	-0.9	-0.2	-0.1	0.6	0.7
-2.0					2.0	1.8	-1.2	-0.8	-0.4	-0.2	0.4	0.6	1.2	1.4
-3.0	3.0	2.7	2.2	1.9	1.4	1.1	-0.6	-0.3	0.2	0.5	1.0	1.3	1.8	2.1
-4.0	2.5	2.1	1.7	1.4	0.9	-0.6	-0.1	0.2	0.7	1.0	1.5	1.8	2.3	2.6
-5.0	-2.0	1.6	1.2	0.8	-0.4	0.0	0.4	0.8	1.2	1.6	2.0	2.4	2.8	3.2
-6.0	-1.5	1.1	-0.7	-0.3	0.1	0.5	0.9	1.4	1.7	2.1	2.5	2.9	3.3	3.7
-7.0	-1.1	-0.6	-0.3	0.2	0.5	1.0	1.3	1.8	2.1	2.6	2.9	3.4	3.7	4.2
-8.0	-0.7	0.2	0.1	0.6	0.9	1.4	1.7	2.2	2.5	3.0	3.3	3.8	4.1	4.8
-9.0	-	0.3	0.5	1.1	1.3	1.9	2.1	2.7	2.9	3.5	3.7	4.3	4.5	5.1
-10.0	0.1	0.7	0.8	1.5	1.6	2.3	2.4	3.1	3.2	3.9	4.0	4.7	4.9	5.6

Not: Ürününüz için kritik hasar sıcaklığından daha yüksekte olan ıslak hazne sıcaklığını seçiniz ve bunu uygun sütuna yerleştiriniz. Daha sonra doğru çiy nokta sıcaklığı olan sırayı seçiniz ve tablodan buna karşılık gelen püskürtücülerinizi açacağınız veya kapatacağınız hava sıcaklığını okuyunuz. Alçak rakımlarda (0-500 m) daha düşük hava sıcaklıkları kullanınız ve daha yüksek rakımlarda (1500-2000 m) bunu daha yüksek sıcaklıklara doğru artırınız.

Püskürtücü uygulama oranları

Geleneksel püskürtücülerle bitki üzerine püskürtme yönteminde uygulama oranı gereksinimi dönüş oranına, rüzgâr hızına ve korunmayan (açık) alandaki minimum sıcaklığa bağlıdır. Tablo 1.4. uzun ve kısa boylu ürünler için genel olarak kullanılan uygulama oranlarını göstermektedir. Hem uzun hem de kısa ürünler için uygulama oranları rüzgâr hızı ile birlikte artar ve daha yavaş dönüş hızları için bu oranlar daha yüksektir.

Bitkileri saran sıvı-buz karışımı mevcut ve buz üzerinden su damlıyorsa, uygulama oranı hasarı önlemek için yeterlidir. Tüm su donarsa ve kırağı buzu gibi sütsü beyaz bir görünüme sahipse, hava şartları için uygulama oranının az olduğuna hükmedilir. Uygulama oranı, tüm bitki örtüsünü yeterince kapsamaktan yetersizse, yeterince ıslatılmayan bitki bölümleri üzerinde hasar meydana gelebilir. Rüzgârlı, yüksek buharlaşma şartlarında yetersiz uygulama oranı, püskürtücüler kullanılmadığında meydana gelecek hasardan çok daha fazla hasara neden olabilir.

Ağaç dalları altına püskürtme yapan geleneksel püskürtücüler

Ağaç dalları altına püskürtme yapan geleneksel püskürtücüler genel olarak minimum sıcaklıkların çok düşük olmadığı ve yalnızca birkaç derecelik korumanın gerekli olduğu bölgelerde, kışın yapraklarını döken ağaçların dondan korunması için kullanılmaktadır.

Daha düşük kurulum ve işletim maliyetlerine ilave olarak bu sistem daha az hastalık problemi ve daha düşük bir maliyetle sulama için de kullanılabilir. Bu yüzden bitki üzerine püskürtme yapan püskürtücülere oranla daha fazla avantaja sahiptir. Buz yükü nedeniyle ağaç dalının kırılması, toprakta oksijen azlığı ve püskürtücü sistemin bozulması, bitki dalları altına püskürtme yapan sistemlerde daha az problem oluşturmaktadır ve daha az su uygulama gereksinimi bulunmaktadır (2.0 mm/h'den 3.0 mm/h'e kadar).

Püskürtücüler çalışmaya başladıktan sonra ardışıklığa bakmaksızın sürekli olarak çalıştırılmalıdır. Eğer su kaynağı yetersizse, dona en çok meyilli alanlar veya korunaksız meyve bahçelerinin rüzgâra karşı olan (yukarı yönde rüzgâr alan) kısımları sulanır. İyi uygulama homojenliği korumayı artırır. El ile hareket ettirilen püskürtücü sistemler durdurulmamalı ve donlu gece süresince hareket ettirilmelidir (yer değiştirilmelidir). Bununla birlikte hafif düzeyde don şartında (T_n>-2.0 °C) daha geniş alanı kapsamak için püskürtücü hatları, her sıradan ziyade her iki sırada bir yerleştirilmelidir. Ortadan şiddetliye kadar olan don koşullarında püskürtücü sıralarını daha yakın yerleştirmek gerekli olabilir.

Bitki dalları altına püskürtme yapan püskürtücüler

Son yıllarda bitki dalları altına püskürtme yapan püskürtücüler, yetiştiriciler arasında sulama ve dondan koruma amaçları için artan derecede popüler olmaya başlamıştır. Tamamıyla kapsama sağlayan püskürtücü sistemi ile geniş alanların kapsanmasıyla daha iyi koruma sağlanır. Ayrıca mikro püskürtücülerle su, radyasyon ve konveksiyonun meydana geldiği bitkilerin alt kısmına gönderilir ve bu, ürün dizileri (sıraları) arasına suyu göndermekten çok daha faydalıdır. Bunun yanı sıra en pratik yöntem, mümkün olduğunca geniş bir alana yeterli miktarda su kaynağı sağlamak ve meydana gelmesi muhtemel olan en kötü şartlar altında yüzeyde sıvı-buz karışımı meydana geldiğinden emin olmaktır.

Damla sulama

Düşük hacimli (damla sulama) sistemler, bazen dondan koruma için çeşitli sonuçlarla kullanılmaktadır. Yüzeye bir miktar su uygulamanın faydası, esas olarak yüzeyde donmakta olan ve donarken gizli ısı yayan sudan ileri gelmektedir. Bununla birlikte, eğer buharlaşma oranları yüksekse, donma sürecinde kazanılacak olan enerjiden daha fazlasını, buharlaşma suyu ile kaybetmek mümkündür. Çok çeşitli sistem bileşenleri ve uygulama oranları olması nedeniyle düşük hacimli sistemlerin etkililiğini genelleştirmek zordur. Eğer donma olayı şiddetli ise, don koşulları altında düşük hacimli sistem çalıştırmanın sulama sisteminde hasara neden olabileceği konusunda uyanık

olunmalıdır. Suyun ısıtılması hasarın değişikliklerini azaltacak ve daha fazla koruma sağlayacaktır. Bunun yanı sıra ısıtma, uygun maliyetli değildir.

Isıtılmış su ile bitki dalları altına püskürtme yapan püskürtücüler

Davies et al. (1988), bitki dalları altına püskürtme yaparken esas mekanizmanın, su damlacıklarının hava içinde uçması sırasında soğuması ve meyve bahçelerini korumada ısı kaynağı olduğunu rapor etmiştir. Bitki dalları altına püskürtme yapan sistemlerin kısa boylu olmasından dolayı, bitki üzerine püskürtme yapan sistemlere nispetle suyun önceden ısıtılması nedeniyle daha faydalı olabileceğini ifade etmişlerdir. Martsolf (1989), turunçgil bahçesinde mikro püskürtücü sistemle 70 °C'ye kadar ısıtılmış suyu uygulamış ve püskürtücü başlıklarından 3 m uzaklıkta olan yaprakların sıcaklığı üzerinde çok az bir etki yaptığını gözlemlemiştir. Bununla birlikte başlıklara yakın bitki örtüsünde (yapraklarda) 4 °C'lik artış olduğunu bulmuştur. Ayrıca ortalama olarak sıcaklıkların püskürtücü başlıklara yakınlığına göre 1-2 °C arasında yükseldiğini tespit etmiştir. Araştırmacı, ucuz enerjinin ve/veya suyun sınırlı olduğu yerlerde ise, suyu 50 °C civarına ısıtmak için ekonomik ısıtıcı sistem kullanılmasını tavsiye etmektedir.

Snyder et al. (2005) ise sıcak su damlacıklarından havaya hissedilir ısı transferinin artmasından dolayı, suyun ısıtılmasının don şartlarına bakılmaksızın ürün içindeki hava sıcaklığını yükselteceğini ifade etmiştir. Ayrıca araştırmacılar, yeterli su kaynağına sahip ve orta şiddetteki don şartlarına maruz kalan üreticiler için daha fazla su uygulama oranına sahip bir püskürtücü sistem tasarlamanın ısıtıcı sistem, yakıt ve iş gücü için ilave maliyet ödemekten daha hesaplı olabileceğini belirtmişlerdir. Bununla birlikte ısıtılmış suyun kullanımı, şiddetli don problemi yaşayan üreticiler için düşük maliyetli enerji kaynağı veya sınırlı su kaynağı bulunan yerlerde alternatif olarak faydalı olabileceğini rapor etmişlerdir (Snyder et al., 2005).

1.5.3.2.5. Yüzey Sulama

Dondan korumada en bilinen metotlardan biri, suyu direkt olarak oluklanmış, yükseltilmiş kenarları bulunan toprağa uygulamak veya salma sulama yapmaktır. Yüzey sulamasında bilinen ilk araştırma olan Jones (1924), 23 °C'deki su ile turunçgil bahçeleri sulandığında hava sıcaklığında 1 °C'lik yükselme tespit etmiştir. Bu metotta tarlaya su uygulanmış ve sudan çıkan ısı, havanın soğuması sırasında havaya yayılmıştır. Sulamada suyun sıcaklığı önemlidir. Çünkü sıcak su, soğuması sırasında daha fazla enerjiyi havaya verir. Koruma, suyu uygulamanın hemen ardındaki ilk gecede en iyidir ve toprak doygun hale gelirken en az etkilidir. Toleranslı bitkiler kısmî veya tümden suyun altında kalana kadar sulama uygulanabilir; ancak fungal hastalıklar ve kök asfiksikasyonu (boğulması) bazen problem olabilmektedir. Genel olarak metot alçak boylu ağaçlarda ve asma bağlarında radyasyon donu sırasında en iyi sonucu verir. Domatesler üzerine yapılan deneyde korunmayan bitkiler tam bir hasar göstermiştir (Rosenberg et al.,1983). Bitki üzerine püskürtme yaparak sulama, sıra (dizi, karık) sulamadan daha iyi koruma sağlamıştır, fakat hasar her iki metot için de küçük düzeyde kalmıştır.

Salma sulama

Direkt salma sulama birçok ülkede dondan koruma için genel olarak kullanılmaktadır. Örneğin Portekiz ve İspanya'da üreticiler kısmen veya tamamen bitkileri su altında bırakacak düzeyde suyu sürekli olarak uygulamaktadır (Cunha, 1952; Diaz-Queralto, 1971). Ayrıca ABD'nin Kaliforniya eyaletinde ve diğer yerlerinde çok çeşitli ürünlerde de başarı ile kullanılmaktadır. Salma sulamanın nispeten düşük maliyeti nedeniyle, dondan koruma için kullanılmasından elde edilen ekonomik faydalar yüksektir. Uygulanacak su miktarı donun şiddetine ve su sıcaklığına bağlıdır. Businger (1965), don olayından önce bu metotla yapılan sulamanın 4 °C'lik koruma sağlayabildiğini göstermiştir; buna karşın Georg (1979) donlu gecede direkt salma sulamanın yenibahar biberinde 3 °C'lik bir artışa neden olduğunu rapor etmiştir.

Hava sıcaklığı yaklaşık 4 °C civarında iken daha düşük sıcaklıklara göre sıvı su daha yoğundur. Bu nedenle 4 °C'den daha düşük sıcaklıklardaki su, yüzeyde yükselecek ve böylece su yukarıdan aşağıya doğru donacaktır. Yüzeyde buz oluştuktan sonra, aşağıdaki su ile yukarıdaki buz arasında hava boşlukları meydana gelecek, bu ise aşağıdan yukarı doğru ısı transferini engelleyecektir. Daha sonra buzla kaplı yüzey sıcaklığı 0 °C civarına düşebilir ve daha düşük yüzey ve hava sıcaklığına neden olabilir.

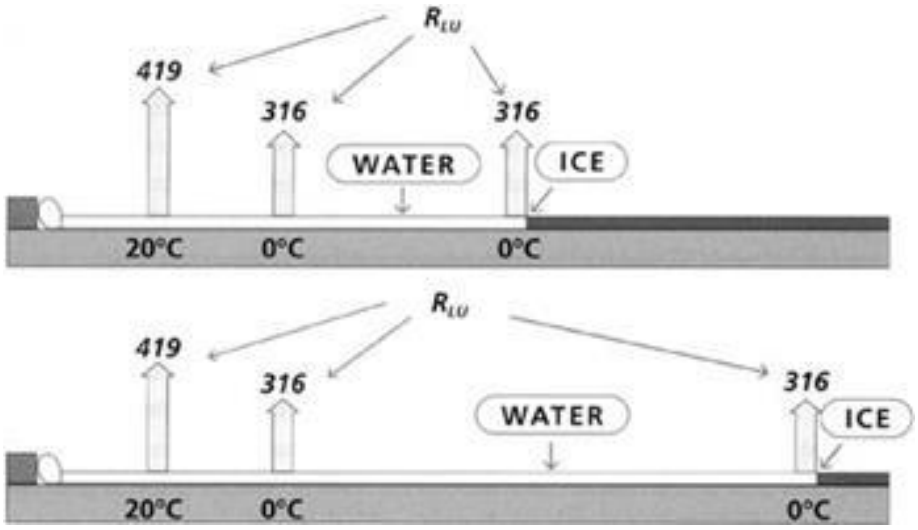
Karık sulama

Karık sulama genel olarak dondan koruma için kullanılmaktadır ve temel kavramlar salma sulamadaki gibidir. Her ikisinde de su tarafından ısıtılan hava, serbest konveksiyonla hareket eder ve yukarı doğru olan radyasyon, karıklar arasında aşağı giden daha sıcak suyun akışı ile artırılır. Radyasyon ve hissedilir ısı akısının temel yönü düşeydir. Bu nedenle karıklar, korunmakta olan bitki bölümlerinin direkt olarak altında ise en iyi sonuçlar elde edilir.

Örneğin havanın hali hazırda daha sıcak olduğu ağaçlar altından ziyade, ağaç kenarları boyunca suyun yukarı doğru transferi ile havanın ısıtılmış olması nedeniyle karıkların turunçgil ağaçları sırasının kenarlarında olması gerekmektedir. Kışın yapraklarını döken ağaçlar için su, bitki örtüsü altında hareket etmelidir (burada ısınan hava tomurcukları, çiçekleri, meyve veya meyvecikleri ısıtmak için yukarılara doğru transfer olacaktır). Sıralar (karıklar) daha büyük su alanının mevcut olması için geniş olmalıdır. Enerji W/m^2 biriminde yayılır; bu yüzden karıkların genişliğini artırmak, enerjiyi yaymak ve havayı ısıtmak için daha geniş yüzey alanı sağlar.

Hava sıcaklığının, kritik hasar sıcaklığına düşmesinden önce, suyun tarlanın sonuna ulaşması için karık sulamaya yeterli süre önceden başlanılmalıdır. 20 °C'deki su 419 W/m^2 enerji yayarken, 0 °C'deki su veya buz 316 W/m^2 enerji yayar. Aynı zamanda daha sıcak su, çevresindeki havaya daha fazla ısı transfer edecektir (bu ısı ise, düşey olarak bitki örtüsü içine transfer olacaktır). Su yüzeyi üzerinde buz oluşumu sudan ısı transferini yalıtır (izole eder) ve korumayı azaltır. Daha yüksek akış oranında buz oluşumu, karığın (sıranın) daha aşağılarında meydana gelecektir (Şekil 1.18.). Bu yüzden yüksek

uygulama oranları daha iyi koruma sağlar. Soğuk suyun akışı tekrar sirküle edilmemelidir. Suyun ısıtılması koruma için kesinlikle faydalıdır; bununla birlikte ısıtma uygun maliyetli olabilir veya olmayabilir. Bu, potansiyel ürün değeri ile kıyaslandığında sermaye, enerji ve işgücü maliyetlerine bağlıdır.



Şekil 1.18. Karık sulamada uzun dalga radyasyonu.

1.5.3.2.6. Köpük yalıtımı

Alçak boylu ürünlere dondan koruma için köpük yalıtımının uygulanması Kuzey Amerika'da geniş oranda çalışılmıştır ve minimum sıcaklığı 12 °C kadar yükselttiği gösterilmiştir (Braud et al., 1968). Ancak, don tahminlerinin kesin olmayışı nedeniyle kısa süre içinde geniş alanları kaplama ile ilgili problemler kadar materyal ve işgücü maliyetleri nedeniyle metot, üreticiler tarafından geniş çapta kabul görmemiştir (Bartholic, 1979). Köpük birçok materyalden yapılmaktadır, fakat çoğunlukla yalıtım özelliğini sağlayan havadan meydana gelmektedir. Köpük uygulandığında, bitkilerden meydana gelen radyasyon kayıplarını önler ve topraktan yukarı iletilen enerjiyi hapseder. Koruma, ilk gecede en iyidir ve zaman içinde azalır. Çünkü köpük aynı zamanda enerjinin gün boyunca bitkileri ve toprağı ısıtmasını bloke eder ve zaman içinde parçalanır. Birçok küçük baloncuk oluşturmak için sıvı materyaller ile havanın uygun oranda karıştırılması, düşük termal iletkenliğe sahip köpük üretiminin temel sırrıdır. Köpük üretmek ve uygulamak için Bartholic (1979) tarafından birçok metot rapor edilmiştir. Bunun yanı sıra Bartholic (1979), don hasarı oluştuktan sonra üreticilerin ilgi gösterdiğini, ama uzun vadede köpük kullanımını nadiren benimsediklerini not etmektedir. Son zamanlarda Krasovitski et al. (1999) köpüğün temel özellikleri ve uygulama metotlarını rapor etmiştir.

1.5.3.2.7. Sisleme makineleri

Doğal sisin donmaya karşı koruma sağladığı bilinmektedir. Bu yüzden suni sisler don hasarına karşı muhtemel metotlar olarak çalıştırılmıştır. Yüksek basınç çizgilerini kullanan sis çizgileri kullanmanın (Şekil 1.19.) ve küçük sis damlacıkları oluşturmak için (örneğin 10-20 μm çapında) özel meme

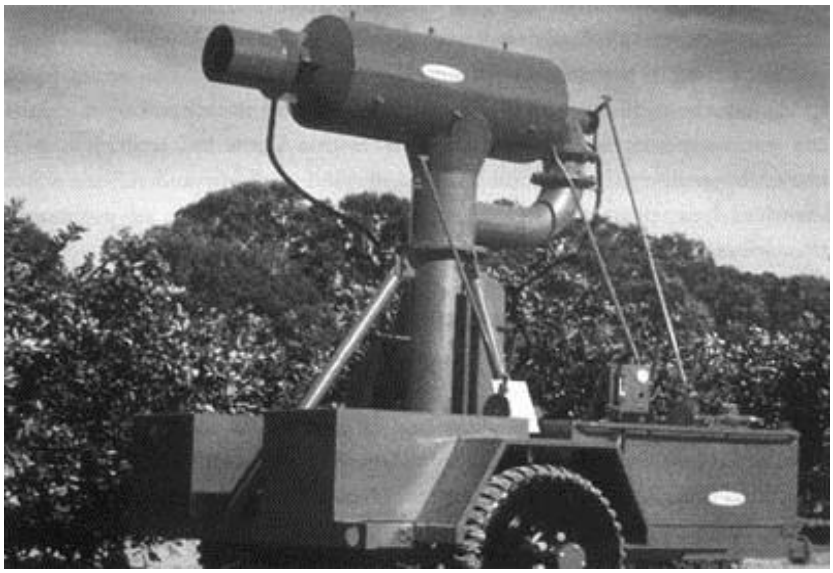
kullanmanın sakin rüzgâr şartları altında iyi bir koruma sağladığı rapor edilmiştir (Mee and Bartholic, 1979). Koruma aslında yüzeyden giden uzun dalga radyasyonunun su damlacıkları tarafından emilmesinden ve mevcut açık gökyüzü sıcaklığından önemli derecede yüksek olan su damlacığı sıcaklığında aşağı doğru uzun dalga radyasyonunu yeniden yaymasından sağlanmaktadır. Su damlacıkları, radyasyonun emilimini optimize etmek ve su damlacıklarının yere düşmesini önlemek için 8 µm çapında olmalıdır. Koruma için tamamıyla ürünü kaplayan kalın sisin nispeten yoğun bulutu gerekmektedir. Bu, hafif rüzgâr ve nispeten yüksek nemliliğin varlığına bağlıdır. Mee and Bartholic (1979), sis üreticilerinin, ısıtıcılarınkinden %1, rüzgâr makinelerinden yaklaşık %10 ve püskürtücülerden yaklaşık %20 daha az enerji kullanımı gereksinimine sahip olduğunu rapor etmiştir. Aynı zamanda ısıtıcıların kullanımından ziyade, bazı şartlarda daha iyi koruma sağlandığını ifade etmişlerdir.

Sıra sisleme sisteminin sermaye maliyeti yüksektir, ama işletim masrafları düşüktür. Bununla birlikte, orta dereceden şiddetli dereceye değişen don şartlarındaki yerleşimlerde çizgi sisleyicilerini test etmiş olan üretici ve araştırmacılarla yapılan kişisel iletişimlere dayalı olarak sis, ağaçları ölmekten kurtarmış, ancak ürünü kurtarmamıştır. Bu yüzden, çizgi sisleyiciler yalnızca hafif don olaylarında dondan korumaya karşı kullanılmalıdır. Ayrıca, sis sürüklenmesi tehlikeli olabilir, bu nedenle sisleyiciler araç trafiğinin mevcut olduğu yerlerde kullanılmamalıdır.

Şekil 1.19. Kaliforniya badem bahçesinde çalıştırılan suni sisleme sistemi.

Jet motorlarıyla suyu buharlaştırarak oluşturulan doğal sislerin koruma sağladığı gözlenmiştir. Gill doymuş buhar tabancası SV (saturated vapour) (Şekil 1.20.) ile üretilen sis, suni sisten ziyade doğal sis olarak düşünülmektedir. SV tabancası, hava doyana kadar havaya su buharı ilave etmektedir ve sisin oluşumuna neden olmaktadır. Jet motor yaklaşımı, korunan ürünün yukarı yönde rüzgâr alan bölümüne hareket ettirilebilme avantajına sahiptir. Bu yüzden SV tabancasının ana sermaye maliyeti çizgi sisleme sisteminden önemli derecede azdır. Ancak, jet motora sahip olmasından dolayı, gürültü ciddi bir

problemdir. Aynı zamanda sis sürüklenmesi de mevcuttur, bu nedenle SV tabancası araç trafiğinin olduğu yerlerde kullanılmamalıdır.



Şekil 1.20. Doğal sis üretimi için Gill Saturasyon Buhar Tabancası.

1.5.3.3. Yöntemlerin birleştirilmesi

1.5.3.3.1. Bitki dalları altına püskürtme yapan püskürtücüler ve rüzgâr makineleri

Alçak yörünge açısına sahip bitki dalları altına püskürtme yapan püskürtücüler, dondan koruma için rüzgâr makineleri ile birlikte kullanılabilir. Su damlacıklarının püskürtücü başlığından yere doğru düşmesi sırasında sağlanan ısıya ilave olarak, yerde donan su da gizli ısı yayar ve yeryüzü yakınlarındaki havayı ısıtır. Bu ısınan hava, doğal olarak ürün içine transfer olurken, püskürtücülerle birlikte rüzgâr makinelerinin çalıştırılması, hava ve bitkilerin karıştığı tabaka içinde ısı ve su buharı transferini artıracaktır. Tipik olarak üreticiler ilk olarak düşük maliyetli olan püskürtücülerle işe başlar, daha sonra daha fazla koruma gerekirse rüzgâr makinelerini çalıştırırlar. Rüzgâr makineleri ile birlikte ısıtıcıları kullanmanın aksine, rüzgâr makinesi yakınındaki püskürtücü başlıklarının çalışması durdurulabilir. Evans (2000), rüzgâr makineleri ve suyun birlikte kullanımının, her iki metodu da tek başına kullanmaktan elde edilecek faydayı iki katına çıkarabileceğini rapor etmiştir. Aynı zamanda metotların birlikte kullanımının su gereksinimini azalttığını not etmiştir. Isıtıcıları rüzgâr makineleri ile kullanmanın aksine, rüzgâr makinesi yanındaki püskürtücü başlığı çalıştırılmamalıdır. Çünkü rüzgâr makinelerini çalıştırmak suni olarak rüzgâr hızını artırır. Bu nedenle rüzgâr makineleri kullanımında buharlaşma miktarları daha yüksektir ve püskürtücüler bitkileri ıslatmışsa rüzgâr makineleri kullanılmamalıdır.

1.5.3.3.2. Rüzgâr makineleri ve yüzey sulaması

Rüzgâr makinelerinin yüzey sulaması ile birlikte kullanılması, Kaliforniya ve Kuzey Amerika'nın diğer yerlerinde özellikle turunçgil bahçelerinde geniş

çapta uygulanmaktadır. Üreticiler tipik olarak yüzey sulaması ile başlar ve daha sonra ilave koruma gerekli olduğunda rüzgâr makinelerini açarlar. Bitki dalları altına püskürtme yapan püskürtücülerde olduğu gibi, rüzgâr makineleri karışım tabakası içindeki sudan ortaya yayılan ısı ve su buharının hava ve ağaçlar içine transferini kolaylaştırır. Rüzgâr makineleri ile yüzey sulamanın dondan korumayı artırdığı üreticiler tarafından iyi bilinmektedir. Ancak, sağlanan ilave faydanın miktarı bilinmemektedir.

1.5.3.3.3. Rüzgâr makineleri ve ısıtıcılar

Rüzgâr makineleri ve ısıtıcıların birlikte kullanılmasının, her iki metodu yalnız başına kullanmaktan daha fazla koruma sağladığı bilinmektedir (Martsolf, 1979). Brooks (1960), rüzgâr makinesi ve bir hektara 50 ısıtıcının kullanılmasının kabaca bir hektara yalnız başına 133 ısıtıcının kullanılmasına eşit olduğunu ifade etmiştir. Kaliforniya'da metotların birleştirilmesinin 100, 50 ve 10 saatlik korumada sırasıyla %53, %39 ve %0 daha ucuz olduğu bulunmuştur. Kaliforniya'da metotların birlikte kullanımı -5 °C kadar düşük sıcaklıktaki turunçgil bahçelerini korumuş ve her iki metot kombine edildiğinde yalnızca yarısı kadar ısıtıcıya ihtiyaç duyulmuştur. Tipik sistem, her bir hektara 74.5 kw rüzgâr makinesi ile birlikte yerleştirilmiş 37 adet bacalı ısıtıcıya sahiptir (Angus, 1962). Rüzgâr makinelerini ilave ısı kaynağı olarak dağıtmak veya fanların yanına yerleştirmek için yapılan birçok çaba başarısız olmuştur. Fosil yakıtlı ısıtıcıların fanlara çok yakın yerleştirilmesi buoyant yükselmeye neden olur ve rüzgâr makinesinin etkililiğini azaltır. Fan çalıştırmanın, yer yakınlarındaki soğuk havayı, korunan alanın dış kenarlarına doğru çekme eğiliminde olmasından dolayı, dış kenarlar üzerine ısıtıcıları yerleştirmek, içeriye akan soğuk havayı ısıtır. Rüzgâr makinesi ile korunan alanın dış kenarı üzerine 2.8 lt/h'lik yakıt yakma oranına sahip, hektara 25-50 ısıtıcı yerleştirmek, sezon boyunca ısıtıcılarda %90 yakıt tasarrufu sağlar ve birçok hafif donlu gece sırasında ısıtıcıların kullanılmamasından dolayı dondan korumayı artırır (Evans, 2000). Isıtıcılar, meyve bahçesinin dış yüzü üzerinde her ikinci ağaçta bir yerleştirilebilir ve her bir rüzgâr makinesi tarafından etkilenen alan içinde geniş aralıklarla yerleştirilir. Yoğunluk meyve bahçesinin yukarı doğru rüzgâr alan yüzü üzerinde biraz daha fazla olmalıdır. Rüzgâr makinesinin 50 m civarı içinde ısıtıcıya gereksinim yoktur ve ilk olarak rüzgâr makineleri çalıştırılır. Eğer sıcaklık düşmeye devam ederse, o zaman ısıtıcılar ateşlenir.

1.6. Don Hadisesinin Tahmini Ve Uyarı Hizmetleri

Belirli bir bölgede don tahmini yapmak; bölgenin büyüklüğü, durumu, topoğrafyası, bitki tipi ve sıklığı gibi faktörler nedeniyle oldukça zordur. Klimatolojik analizler don tahmini için önemlidir.

1.6.1. Tahmin ve uyarıların önemi

Tutarlı don tahminleri, üreticilerin don olayı öncesinde hazırlık yapmasına ve don hasarının azaltılmasına katkı sağlayabilir. Bu nedenle don tahmin ve uyarılarının, muhtemel don olayından en az 2 gün öncesinde yapılması, üreticilere ve ilgililere tüm iletişim kanalları kullanılarak ulaştırılması gerekmektedir. Bu çalışma aktif don önleme programının en önemli kısmıdır. Bu

tip tahmin ve uyarıların ekonomik değeri kolaylıkla ortaya konabilir. Bu uyarılar sayesinde korunan ürünler ve koruma tedbirlerinden elde edilecek tasarruflar önemli miktarlardadır.

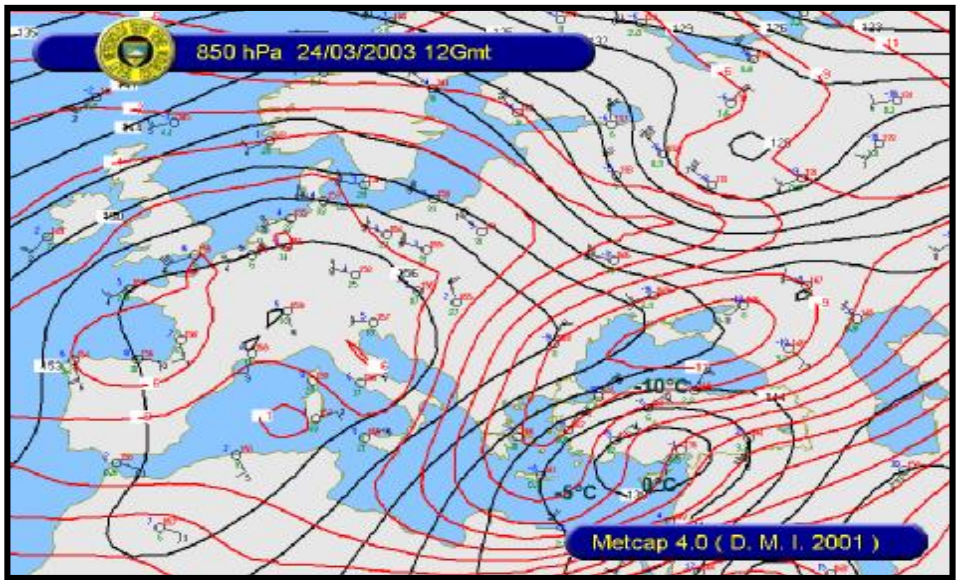
1.6.2. Genel don tahminleri

Don olayının tahmininde ilk adım bölge üzerinde yer alacak hava kütlesinin ve özelliklerinin belirlenmesidir. Bunun için yer seviyesi ve geniş bir bölge üzerindeki hava kütlelerinin ve basınç sistemlerinin analiz ve tahminlerine ihtiyaç duyulur. Tahminlerde periyot süresince tahmin bölgesi üzerindeki havanın sıcaklığı, nem içeriği, yükseklikle sıcaklık değişimi, bulutluluğu ve basınç değişimlerini belirlemek esas amaçtır.

Ülkemizde Meteoroloji Genel Müdürlüğü bünyesinde hizmet veren Tahminler Dairesi Başkanlığı tarafından hazırlanan hava haritaları yardımıyla soğuk hava kütlelerini taşıyan cephe sistemlerinin hızları ve hareket yönü belirlenerek, belli bölgeler için genel don tahminleri yapmak mümkündür. Bu çalışmalar son zamanlarda sayısal tahminler olarak adlandırılan nümerik modellerle yürütülmektedir. Ancak bu yöntemle don sahaları olarak daha önce açıkladığımız çok küçük bölgeler için tahmin yapmak zordur.

Don tahminlerinde en önemli konu, mümkün olan en çok nokta için tutarlı minimum hava sıcaklığı tahminlerinin yapılmasıdır. Minimum sıcaklık tahminlerinde özellikle soğuk hava, soğuk adveksiyonlar, soğuk nüveli yüksek basınç hakimiyeti, soğuk cephe geçişi gibi olaylar ön plana çıkmaktadır. Don olayının gerçekleşmesinde havanın kapalı ya da açık olması, rüzgarın yönü ve hızı, yağış gibi faktörlerin yanında denizden uzaklık, karasallık derecesi ve rakım önemli rol oynar.

Yurdun iç kesimlerindeki don olayına 850 hPa haritasında 0 °C izoterm çizgisinin görülmeye başladığı andan itibaren dikkat edilmelidir. 850 hPa'da -3 °C'lik izoterm çizgisinin olması iç kesimlerde hafif don olayını başlatan bir durumdur. Sahil kesiminde hafif don olayının olabilmesi için 850 hPa seviyesi sıcaklığının -6, -7 °C olması gerekmektedir. İç kesimlerde şiddetli, kuzey sahillerinde orta, güney sahillerinde hafif don olayı 850 hPa'da 0 °C izoterminin KKTC'ne kadar indiği modellerde görülür (Şekil 1.21.).



Şekil 1.21. 24.03.2003 tarihli 850 hPa haritası.

1.6.3. Yerel don tahminleri

Özellikle meyve ve sebze yetiştiricileri için ilkbahar geç donları ve sonbahar erken donları daha tehlikelidir. Meteoroloji Genel Müdürlüğü hava tahmin raporlarında düşük sıcaklık uyarıları geniş alanları kapsadığından bu uyarılarla çok küçük alanlar için düşük sıcaklık tahmini yapmak oldukça güçtür. Bu eksikliği gidermek için kuru, ıslak, işba noktası, minimum, toprak üstü minimum sıcaklıkları ile rüzgâr, bulutluluk ve yağış durumu bilgileri kullanılarak mahalli don tahminleri yapılabilmektedir. Geceleri özellikle radyasyon donlarının meydana gelmesine sebep olan faktörler aşağıda verilmiştir:

1. Günlük hava sıcaklığı yüksek ise don tehlikesi azdır.
2. Hava çok bulutlu ve bulutlar alçak ve orta seviyeli ise don tehlikesi azdır.
3. Hava nemi ve işba noktası sıcaklığı yüksek ise don tehlikesi azdır.
4. Rüzgâr hızı kuvvetli ise don tehlikesi azdır.
5. Toprak nemli ise don tehlikesi azdır.
6. Bölgenin topoğrafyasına bağlı olarak eğimli yükseltilerde don tehlikesi azdır.

Donlu geceler esnasında tahmin edilen minimum sıcaklığa göre, bahçe veya tarlamızda koruma gerekiyor mu veya ne zaman gerekeceğini belirlemek için önceden araştırma yapmak ve bilgi sahibi olmak gerekmektedir.

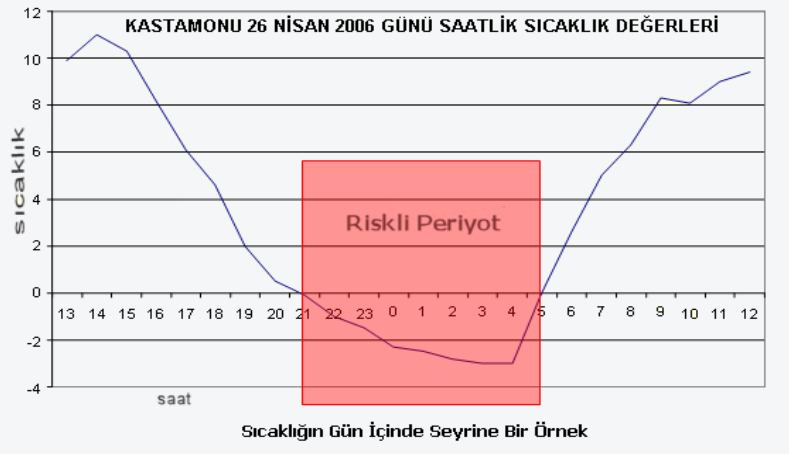
Meteoroloji Genel Müdürlüğü tarafından yapılan minimum hava sıcaklığı tahminleri il ve ilçe merkezlerini kapsamaktadır. Halbuki tarımsal üretimin yapıldığı yerler tahmin yapılan bu noktalardan coğrafi olarak farklılık gösteren, meteorolojik parametrelerin değişkenlik gösterebileceği yerler olabilir. Bu nedenle üreticiler kendi bahçe veya tarlaları ile kendilerine mesafe veya coğrafi olarak en yakın tahmin verisi bulunan merkez arasındaki sıcaklık değişim ilişkisini bulmalıdır. Bir termometre ile belirli aralıklarda yapacakları minimum sıcaklık ölçümleri ile bu bilgilere kolaylıkla ulaşılabilir. Burada kullanılacak

termometrenin minimum sıcaklık ölçen termometre olması işlemi kolaylaştıracaktır.

Şekil 1.22. Siper içerisinde sıcaklık ölçümü.

Genellikle don hasarı yüzdeleri, bitki dokularının kritik sıcaklık altındaki sıcaklıklara yarım saat süre ile maruz kalmasına bağlıdır, buna karşın hava sıcaklıkları veya meyve donu 1.5 m yükseklikteki standart siperde ölçülür. Bu nedenle siper sıcaklığı ile hassas bitki dokularının sıcaklığı arasındaki ilişkiyi bilmek, koruma kararlarında yardımcı olacaktır. Koruyucu ölçüm hazırlıkları, zarar yapacak sıcaklıklar beklenen periyodun öncesinde başlatılmalıdır

1.6.3.1. Zirai don hadisesinde kritik saatler



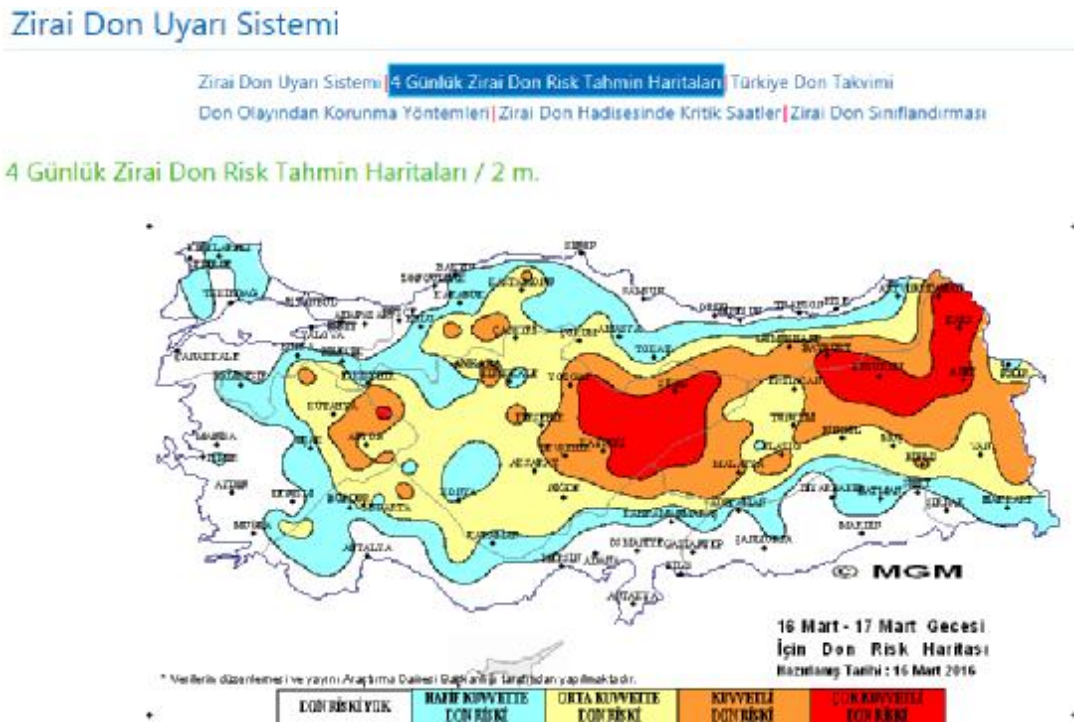
Şekil 1.23. Saatlik sıcaklık grafiği örneği.

Sıcaklığın gün içinde düşüşü genellikle öğleden sonra başlayıp, gece yarısından itibaren kritik seviyenin altına düşer. Düşüş gün doğumuna kadar sürer. Bu düşüş, gökyüzünün açık ya da kapalı olmasına, rüzgar şiddetine, havadaki nispi nem oranına, yağışa, topoğrafyanın güneşe karşı konumuna göre hızlı ya da yavaş olabilmektedir. Sıcaklığın en düşük olduğu saatler sabaha yakın saatler olup genellikle gün doğumundan hemen önce en düşük

değere ulaşmaktadır. Tarımsal üretimde meydana gelen zararlar, genellikle bu aralıkta gerçekleştiğinden, üreticilerimizin tedbirlerini bu periyot için planlaması, meydana gelebilecek zararı en aza indirecektir.

1.6.4. Zirai don tahmin haritaları

Zirai Don Tahmin Haritaları, haftanın her günü meteorolojik tahminlerden yararlanılarak, önümüzdeki 4 günü kapsayacak şekilde hafif, orta kuvvette, kuvvetli ve çok kuvvetli don riski olan yerler harita üzerinde farklı renklerde gösterilerek internet sitemizde yayınlanmaktadır.



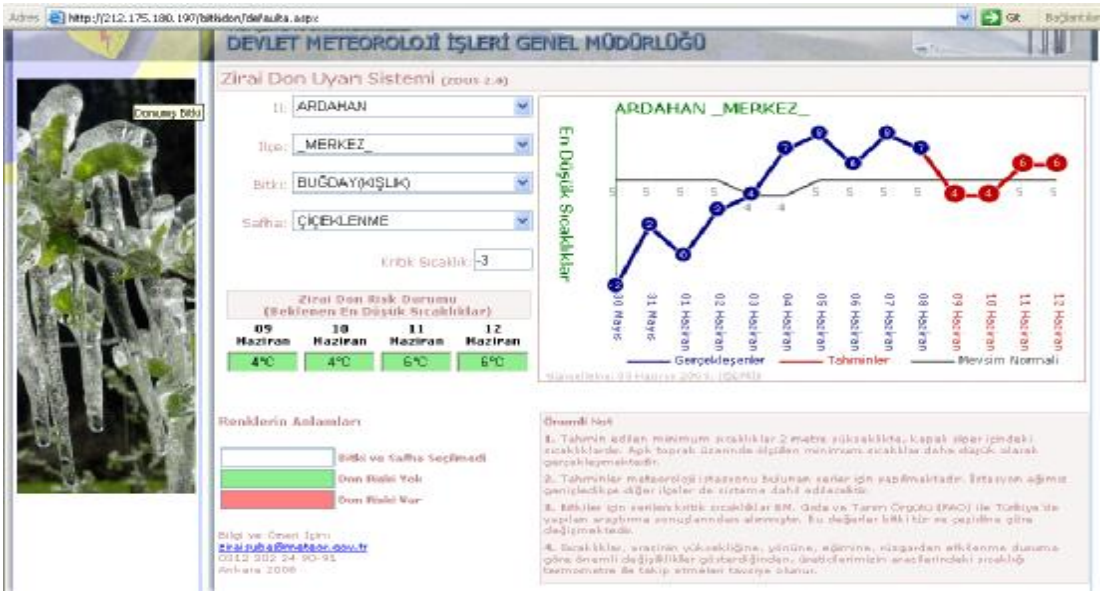
Şekil 1.24. Don risk haritası örneği.

1.6.5. Zirai don uyarı sistemi (ZDUS)

Zirai Don Uyarı Sistemi (ZDUS), Microsoft Visual Studio 2005 ile geliştirilmiştir. Sunum ara yüzü olarak Web ara yüzü ve arka planda da MS-SQL veri tabanı kullanılmaktadır. Veri tabanında referans olarak kullanılan “Bitki” tablosu ve güncel verilerin bulunduğu “Veri” tablosu bulunmaktadır. “Bitki” tablosunda 96 bitki türü, safhaları ve bu safhalara ait kritik sıcaklıklar bulunmaktadır. “Veri” tablosunda ise her meteoroloji istasyonuna ait 4 günlük tahmin edilen minimum sıcaklıklar, 10 günlük gerçekleşen minimum sıcaklıklar ve 10 günlük uzun yıllar ortalama minimum sıcaklık değerleri yer almaktadır. Veri tablosu günde iki kez (saat 10:00 ve 15:00 lokal) otomatik olarak güncellenmektedir. Seçilen yer ve bitkiye göre bu bilgiler grafik olarak görüntülenmekte ve aynı zamanda tahmin edilen sıcaklıklara göre don risk durumu farklı renklerde görüntülenmektedir.

ZDUS web ara yüzü iki bölümden oluşmaktadır. Sol kısımda don uyarısı, sağ kısımda ise tahmini, geçmiş ve uzun yıllar ortalama minimum sıcaklık

değerleri grafiği bulunmaktadır. Gerçekleşen sıcaklık değerleri istasyonlardan gelen ham verilerdir. Kalite kontrollerinden geçtikten sonra arşivlenerek genel kullanıma sunulmaktadır. Seçilen istasyonların son 10 günlük geçekleşen minimum değerleri mavi renkte grafik olarak gösterilmiştir. Tahmin olarak kullanılan minimum sıcaklık değerleri ise Analiz ve Tahminler Şube Müdürlüğü tarafından üretilmektedir. Gelecek 4 gün için tahmin edilen değerler kırmızı renkli olarak grafiğin sağ tarafında gösterilmiştir. Uzun yıllar ortalama minimum sıcaklık değerleri de siyah renkli bir çizgi şeklinde grafiğin orta kısmında gösterilmiştir. Ayrıca zirai risk durumunu gösteren sol alt bölümde de 4 günlük tahminler kutucukların içinde verilmiştir (Şekil 1.25.). Bu sayede gerçekleşen ve tahmin edilen değerlerin uzun yıllar ortalama değerleri ile de kıyaslanması mümkün olmaktadır.

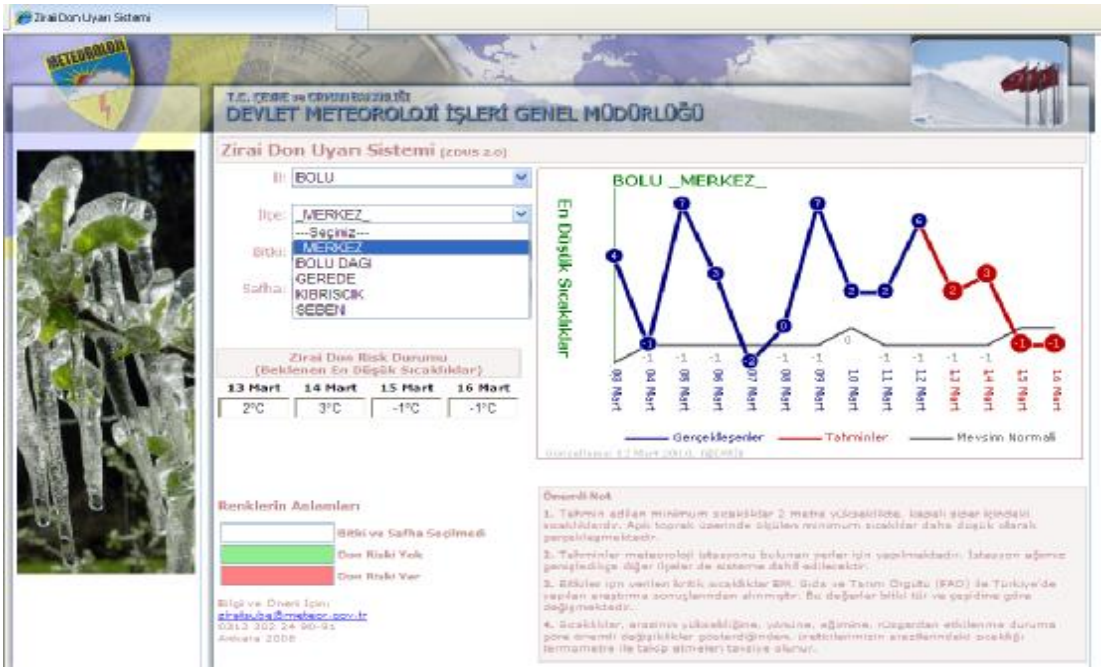


Şekil 1.25. Zirai Don Uyarı Sistemi (ZDUS).

Her bitkinin don olayından gördüğü zarar, çeşidine ve gelişme durumuna bağlı olarak değişir. Tarımda büyük zararlara neden olan don olayının önceden tahmini, yılın kritik mevsimlerinde ve özellikle dona karşı duyarlı türlerin yetiştirildiği belirli bölgelerde, zamanında gerekli önlemlerin alınmasını sağlar. MGM Ziraî Meteoroloji Şube Müdürlüğü, bu konuda üreticilerimizin olabilecek ziraî don olayını mümkün olan en az hasarla atlatabilmesi, zamanında gerekli tedbirleri alabilmesi için çeşitli çalışmalar ve araştırmalar yapmaktadır.

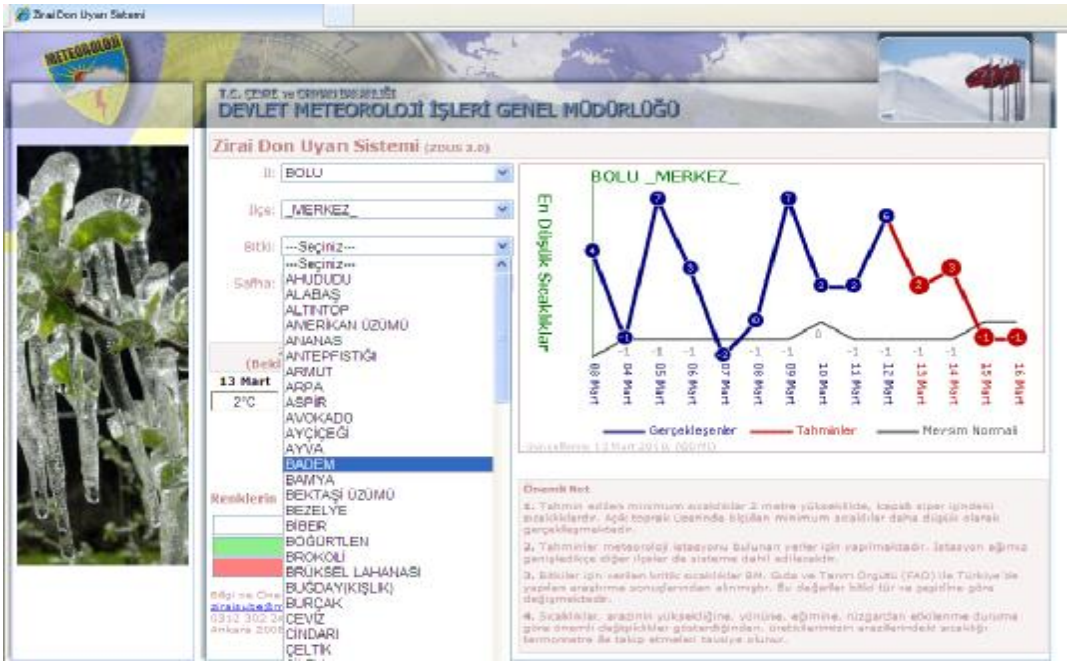
2007 yılında geliştirilip kullanılmaya başlanan ZDUS programı web aracılığıyla üretici ve araştırmacıların kullanımına da sunulmuştur. ZDUS, günlük değerlerden faydalanarak program aracılığı ile kullanıcılara bulundukları il/ilçe bazında don risk durumunu bildirmektedir. Programda, bulunduğunuz il, ilçe seçildikten sonra yetiştirilen bitki ve o tarihte hangi safhada olduğu seçildiğinde program otomatik olarak Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) ile Türkiye'de yapılan araştırma sonuçlarından alınan kritik sıcaklık, istenilen yöre ve bitki için ileriki 4 günde don riski ve beklenen minimum sıcaklıkları göstermektedir.

Programda 4 basamaklı bir seçim yapılmaktadır. Şekil 1.26'da verilen örnekte görüldüğü gibi ilk olarak istasyonun bulunduğu il ve daha sonra kullanıcının bulunduğu yere en yakın istasyon seçilmektedir. Örnekte Bolu ili Merkez ilçesi seçilmiştir. Program illerin ve birçok ilçe merkezinin gerçekleşen ve tahmin edilen minimum sıcaklık değerleri ile don risk durumunu göstermektedir. Yeni kurulan ve ileride kurulacak olan istasyonların sisteme dâhil edilmesiyle birlikte bütün ilçelerimizin sisteme girmesi planlanmaktadır.



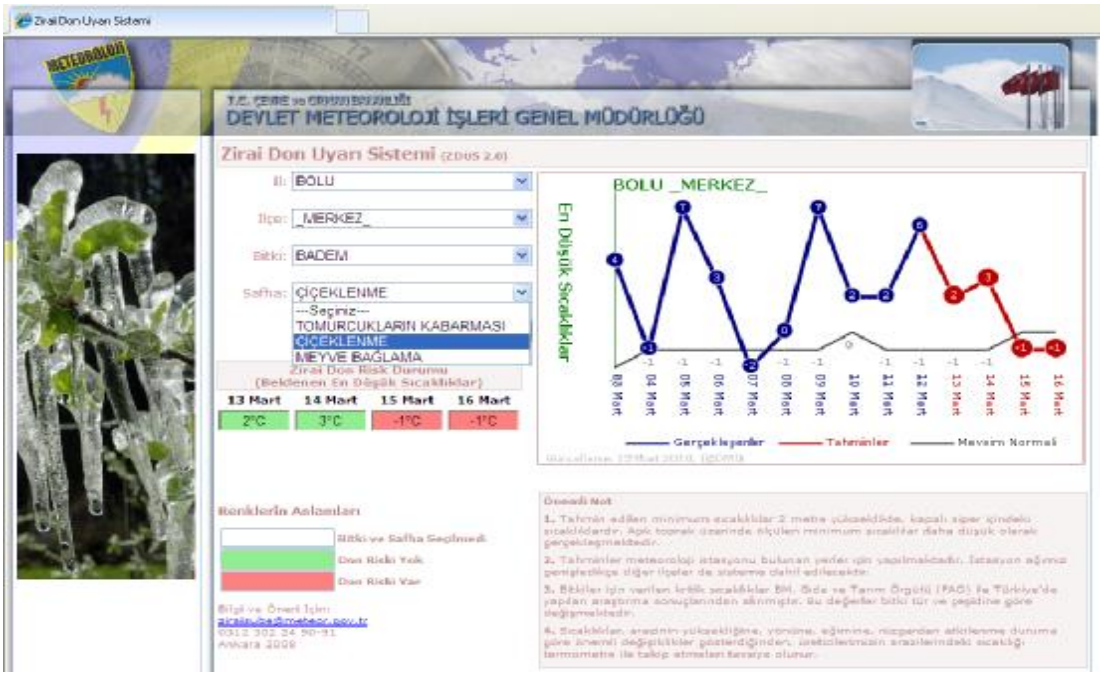
Şekil 1.26. ZDUS'ta istasyon seçimi.

İstasyon ismi seçildikten sonra don risk durumu merak edilen ürün seçimi yapılır. Meyve ve sebze ağırlıklı bitki listesinden risk durumu merak edilen ürün seçilir. Örneğimizde badem meyvesi seçilmiştir (Şekil 1.27.). Bitki listesinin meyve ve sebze ağırlıklı olmasının sebebi don olayından en fazla bu ürünlerin etkilenmesidir. Özellikle ilkbahar geç donları yaşandığında, çiçek açmış veya meyve oluşumu devresinde bulunan meyvelerde ciddi miktarda ürün kayıpları yaşanmaktadır. Minimum sıcaklık değerinin aşırı düşmesi durumunda ise %80 - %100 oranlarına varan ürün kayıpları yaşanabilmektedir. Aynı dönemde çimlenme-çıkış dönemini tamamlamış, çiçek açma evresine gelmiş sebzelerde de önemli ürün kayıpları yaşanmaktadır.



Şekil 1.27. ZDUS'ta bitki seçimi.

ZDUS'ta son aşama bitkinin hangi fenolojik safhada olduğunun belirlenmesi ve seçilmesidir. Her bitki için fenolojik safhalar ayrı ayrı belirlenmiştir. Seçilen ürüne göre fenolojik safhalar değişmektedir. Burada seçilen örnek ürün badem olup 3 adet fenolojik safha seçimi bulunmaktadır. Bunlar tomurcukların kabarması, çiçeklenme ve meyve bağlama safhalarıdır. Şekil 1.28'de bademin çiçeklenme safhası seçilmiştir. Programda, il, ilçe seçildikten sonra yetiştirilen bitki ve o tarihte hangi safhada olduğu seçilirse, program otomatik olarak FAO ile Türkiye'de yapılan araştırma sonuçlarından alınan kritik sıcaklık, istenilen yöre ve bitki için ileriki 4 gündeki don riski ve beklenen minimum sıcaklıkları göstermektedir.



Şekil 1.28. ZDUS'ta fenolojik safha seçimi.

Her fenolojik safhada don olayından etkilenme dereceleri farklılık göstermektedir. Badem çiçeklenme safhasında iken minimum sıcaklık -1 °C ve daha aşağı değerlere düştüğünde zarar görmektedir. Örnekte ileriki günler için tahmin edilen minimum sıcaklıklar 2, 3, -1, -1 °C şeklindedir. Bu durumda ilk iki gün için don riski bulunmadığından kutucuk yeşile boyanmıştır. Sonraki iki günde ise don riski bulunmaktadır ve program tarafından kutucuk kırmızı renge boyanmıştır. Don riski bulunan bu iki gün için gerekli tedbirler alınmalıdır.

Üreticilerimize, yetiştirdiği üründeki don riskini günler öncesinden öğrenme imkânı veren bu program çok sayıda parçayı bir araya getirerek üreticilere büyük bir kolaylık sunmaktadır. Halen ülkemizde ve uluslararası alanda don tahminleri sadece minimum sıcaklık tahminleri olarak verilmektedir. Bu programda gerçekleşen ve tahmin edilen minimum sıcaklıklar, bitkiler, fenolojik safhaları, bunlara ait kritik eşik değerleri ve sonuçta oluşan risk durumu bir arada görülebilmektedir.

BÖLÜM 2

2. TÜRKİYE DON TAKVİMİ

2.1. Türkiye Don Takviminin Belirlenmesi

2.1.1. Materyal

Türkiye don takviminin belirlenmesinde Meteoroloji Genel Müdürlüğü'ne ait 354 gözlem istasyonunun 1971-2010 yılları arasındaki günlük minimum sıcaklık değerlerini içeren sayısal veriler kullanılmıştır. Türkiye Meteorolojik Veri Arşiv ve Yönetim Sisteminden (TÜMAS) temin edilen veriler daha ileri işlemlere başlamadan önce kontrol edilmiş ve hata giderme işlemleri tamamlanmıştır. Bu amaçla Excel programında yazılan ara yazılımlardan yararlanılmıştır.

Bitki tür ve çeşitlerinin don olayından zarar gördükleri kritik sıcaklık değerleri farklı olduğu gibi bir bitkinin farklı fenolojik safhalarının (tomurcuklanma, çiçeklenme, meyve bağlama vb.) don olayından zarar gördükleri sıcaklık değerleri de değişiklik göstermektedir. İlkbahar en geç ve sonbahar en erken don tarihleri belirlenirken, bitkilerin gördüğü zarar durumuna göre don sınıflandırmasındaki sıcaklık değerleri dikkate alınarak 0°C ile birlikte -1, -2, -3 ve -4°C'ler için don tarihleri belirlenmiştir.

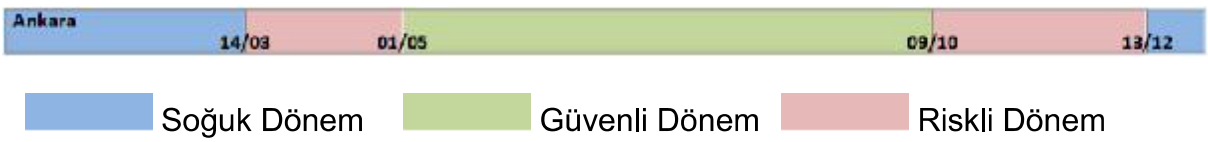
2.1.2. Riskli dönemlerin belirlenmesi

En düşük hava sıcaklığının 0 °C değerine düştüğü ilkbahar en geç ve sonbahar en erken don tarihleri kendi arasında ilkbahar geç donlarının en erken ve en geç görülme tarihleri ile sonbahar erken donlarının en erken ve en geç görülme tarihleri belirlenerek istasyonlar için riskli dönemler ortaya konmuştur. Riskli dönemler ilkbahar ve sonbahar riskli dönem olmak üzere çoğunlukla iki farklı zamanda ortaya çıkarken, özellikle güney bölgelerimizdeki bazı istasyonlarda sadece sonbaharda veya sadece ilkbaharda riskli dönemlerin görüldüğü tespit edilmiştir. Riskli dönem tarihleri konunun daha iyi anlaşılması ve daha kolay ifade edilebilmesi için çubuk grafik şeklinde gösterilmiştir.

İlkbahar Riskli dönem = İlkbahar en erken don tarihi - İlkbahar en geç don tarihi

Sonbahar Riskli dönem = Sonbahar en erken don tarihi - Sonbahar en geç don tarihi

Güvenli dönem = İlkbahar en geç don tarihi - Sonbahar en erken don tarihi



2.1.3. Grafiklerin oluşturulması

Her istasyon için yıllık ortalama don dağılım grafikleri oluşturulmuştur. Grafikler hazırlanırken öncelikle her bir yılın ayları için don oluş ihtimalleri yüzde olarak hesaplanmıştır (Eş. 2.1.).

$$Ad= (Dg/An)*100 \quad (2.1)$$

Yukarıdaki eşitlikte;

Ad: Hesaplanan ayın don oluş yüzdesi

Dg: Ay içindeki minimum sıcaklığın 0°C ve 0°C'nin altına düştüğü gün sayısı

An: Don yüzdesi hesaplanan ayın gün sayısı

olarak gösterilmiştir.

Aynı ayların don oluş yüzdelerinin uzun yıllar ortalaması (1971-2010) ile her istasyonun don oluş ihtimalleri yüzde olarak belirlenmiş ve sütun grafik şeklinde gösterilmiştir.

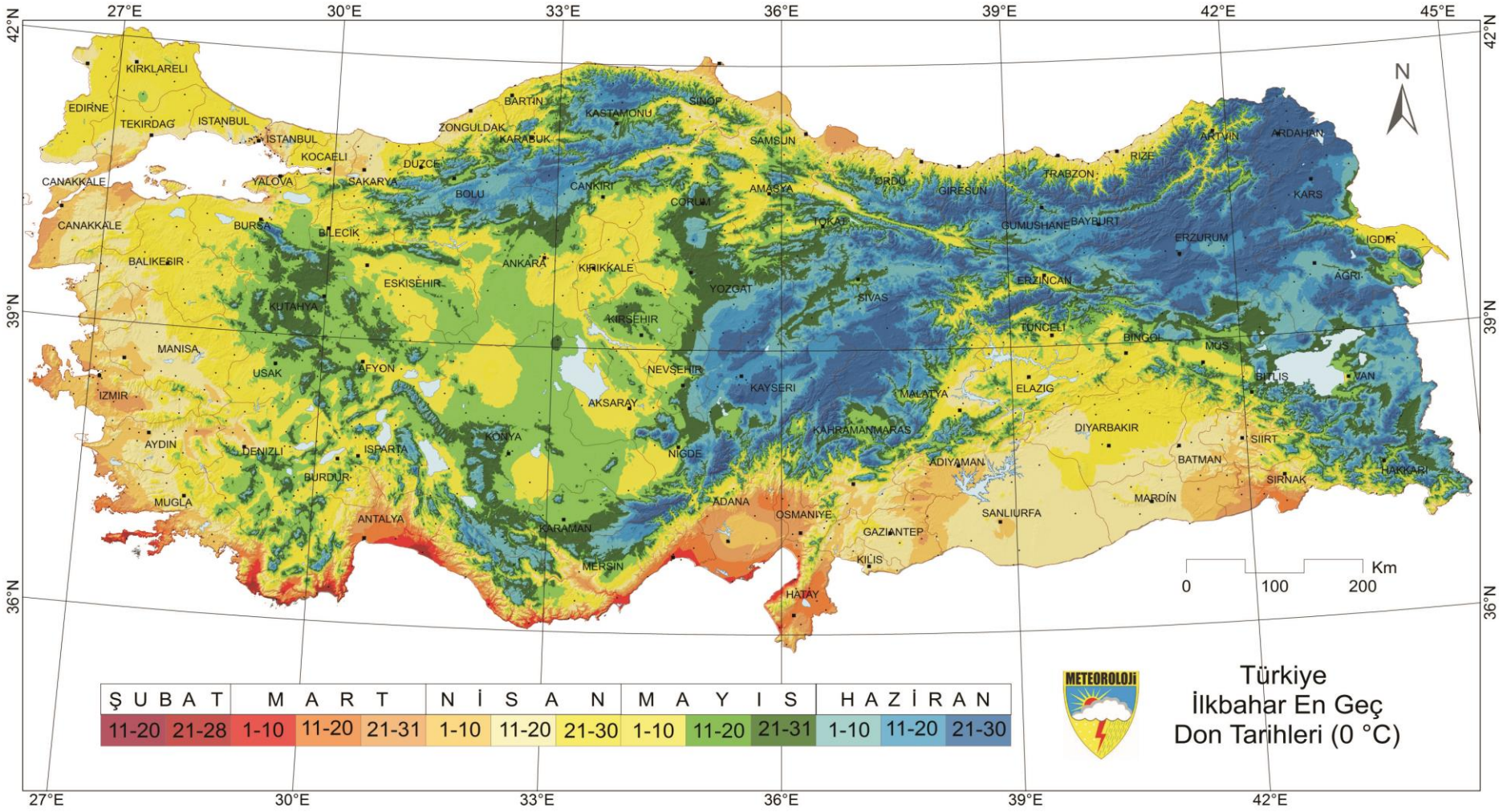
2.1.4. Haritaların oluşturulması

Bitkilerin gördüğü zarar durumuna göre don sınıflandırılmasından yararlanarak belirlenen 5 farklı sıcaklık değeri için (0,-1,-2,-3 ve -4°C) ilkbahar en geç ve sonbahar en erken don tarihleri haritaları oluşturulmuştur.

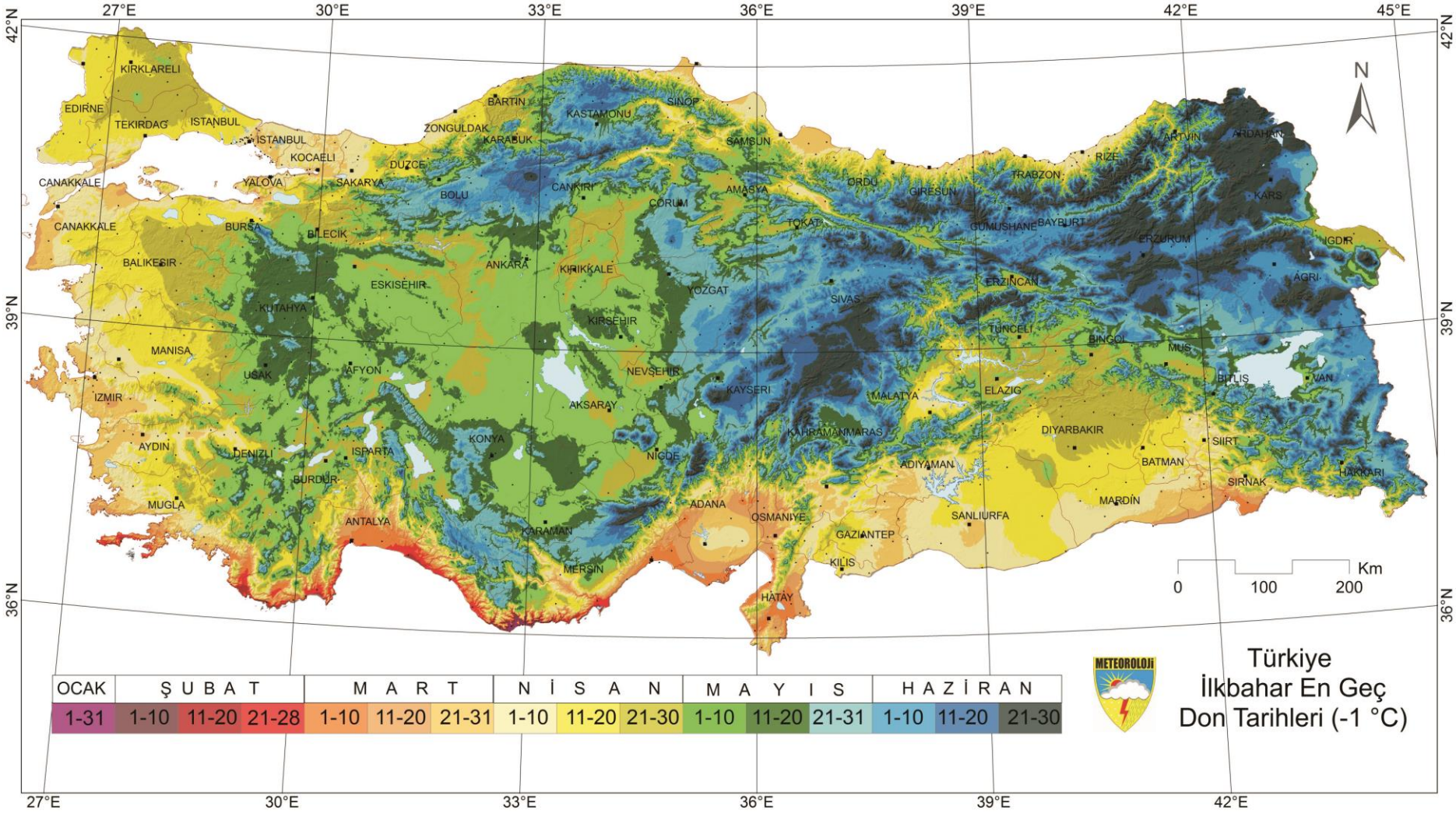
Meteoroloji istasyonlarından ölçülen minimum sıcaklık değerleri kullanılarak belirlenen ilkbahar en geç ve sonbahar en erken don tarihleri noktasal veri olup, bu çalışmada Türkiye ölçeğinde dağılım gösteren alansal veriye ihtiyaç duyulmuştur. Bunun için CBS tekniklerinin avantajlarından biri olan noktasal veriden alansal veri üretmek amacıyla yapılan analizlerden biri olan enterpolasyon için, ANUSPLINE programı tabanlı, Hutchinson (1995)'un "Thin plate smoothing spline" metodu kullanılmıştır. Böylece istasyonlar için belirlenen don tarihleri dağılımı, topoğrafik verinin de işleme dahil edilmesi ile haritalar hazırlanmıştır.

CBS kullanılarak oluşturulan haritalarda girdilerden biri olan Sayısal Yükseklik Modelinin (SYM) elde edilmesinde SRTM (Space Radar Topography Mission) verisi kullanılmıştır (Farr et al., 2007). Haritalamada kullanılan coğrafi veriler, Türkiye'nin illeri, ilçeleri ve göllerine ait verileri içeren 1: 250 000 ölçekli, ESRI shape (.shp) formatındaki vektör verilerdir.

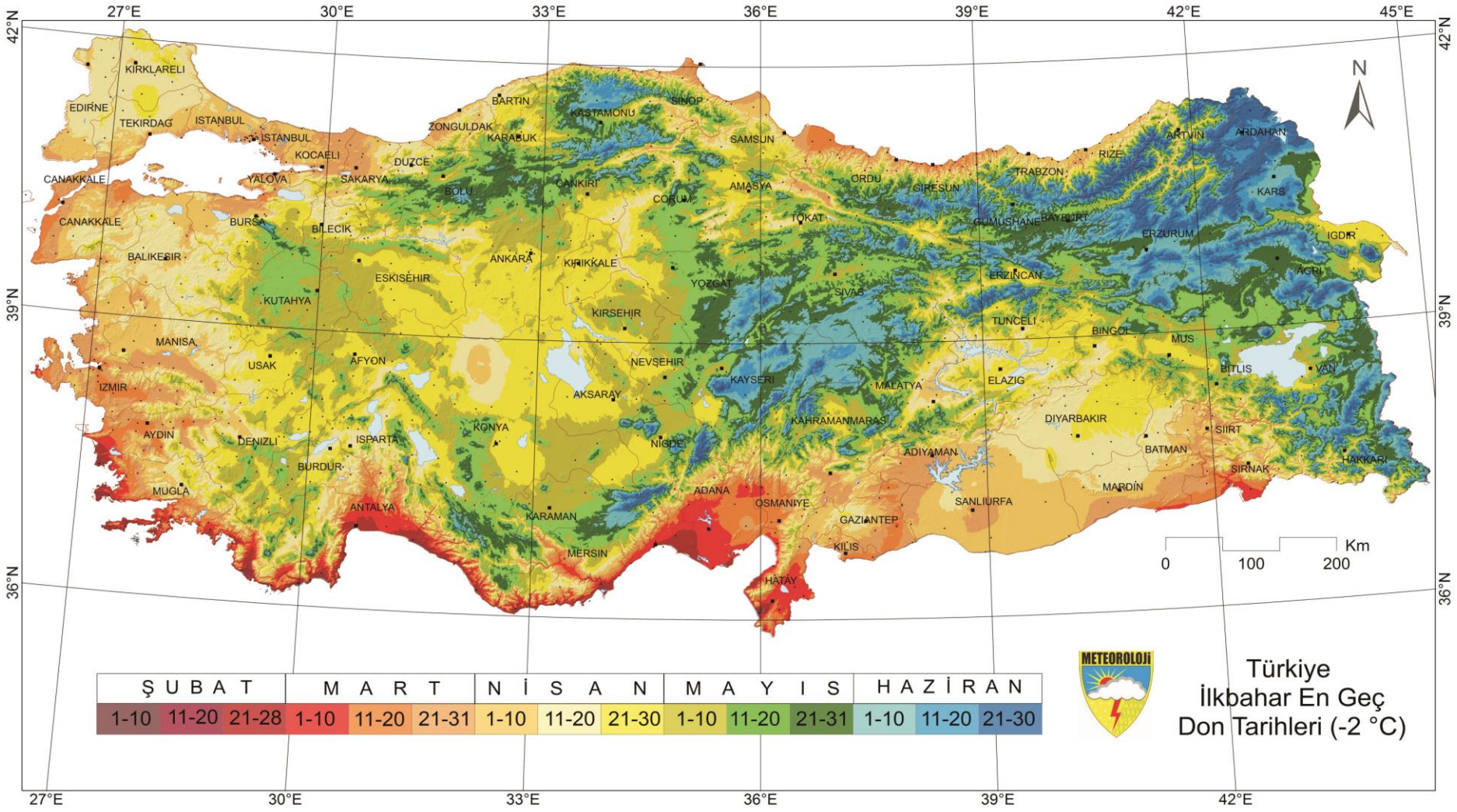
2.5. Türkiye Don Tarihleri Haritaları



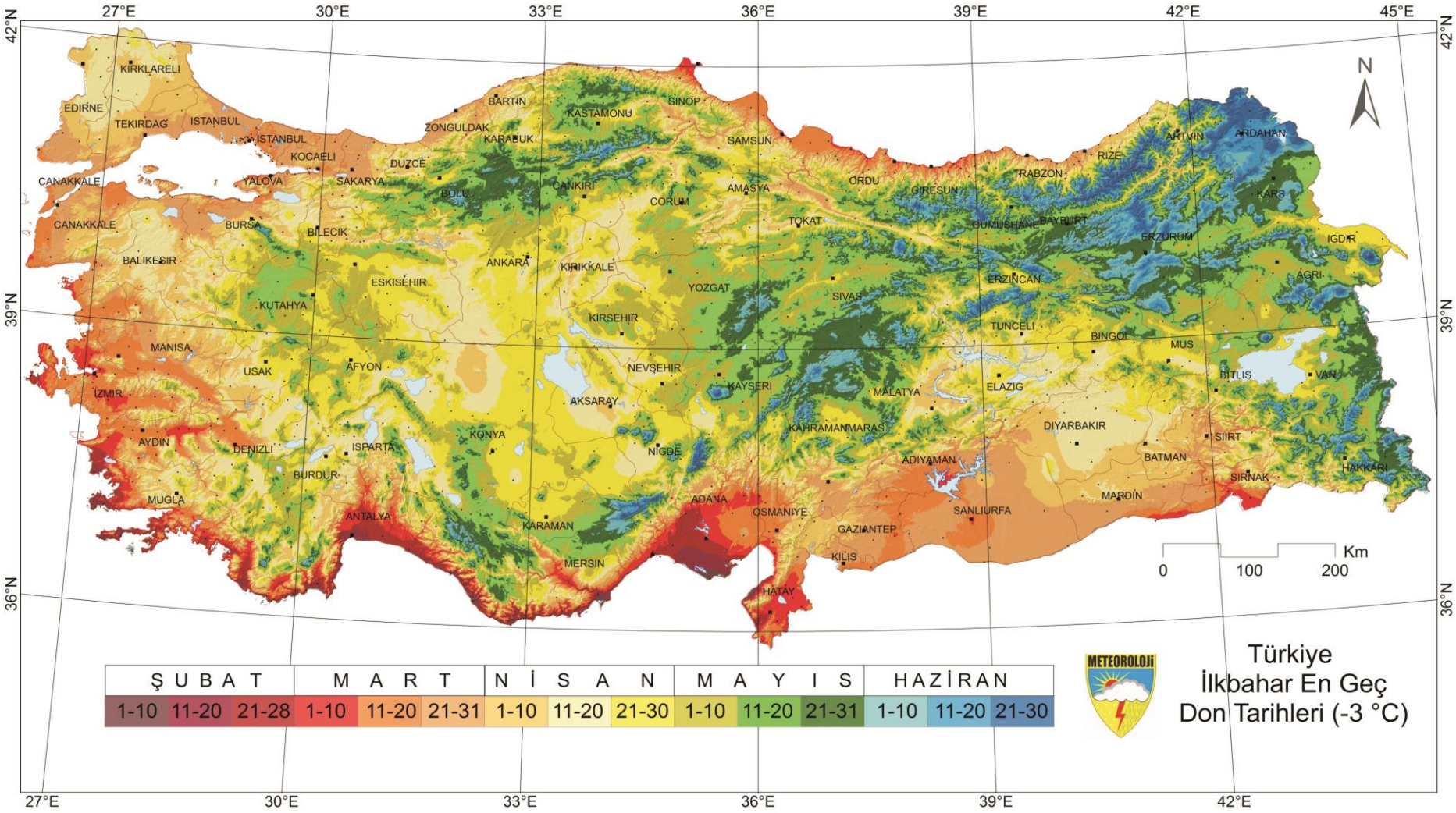
Şekil 2.3. Türkiye ilkbahar en geç don tarihi haritası (0 °C)



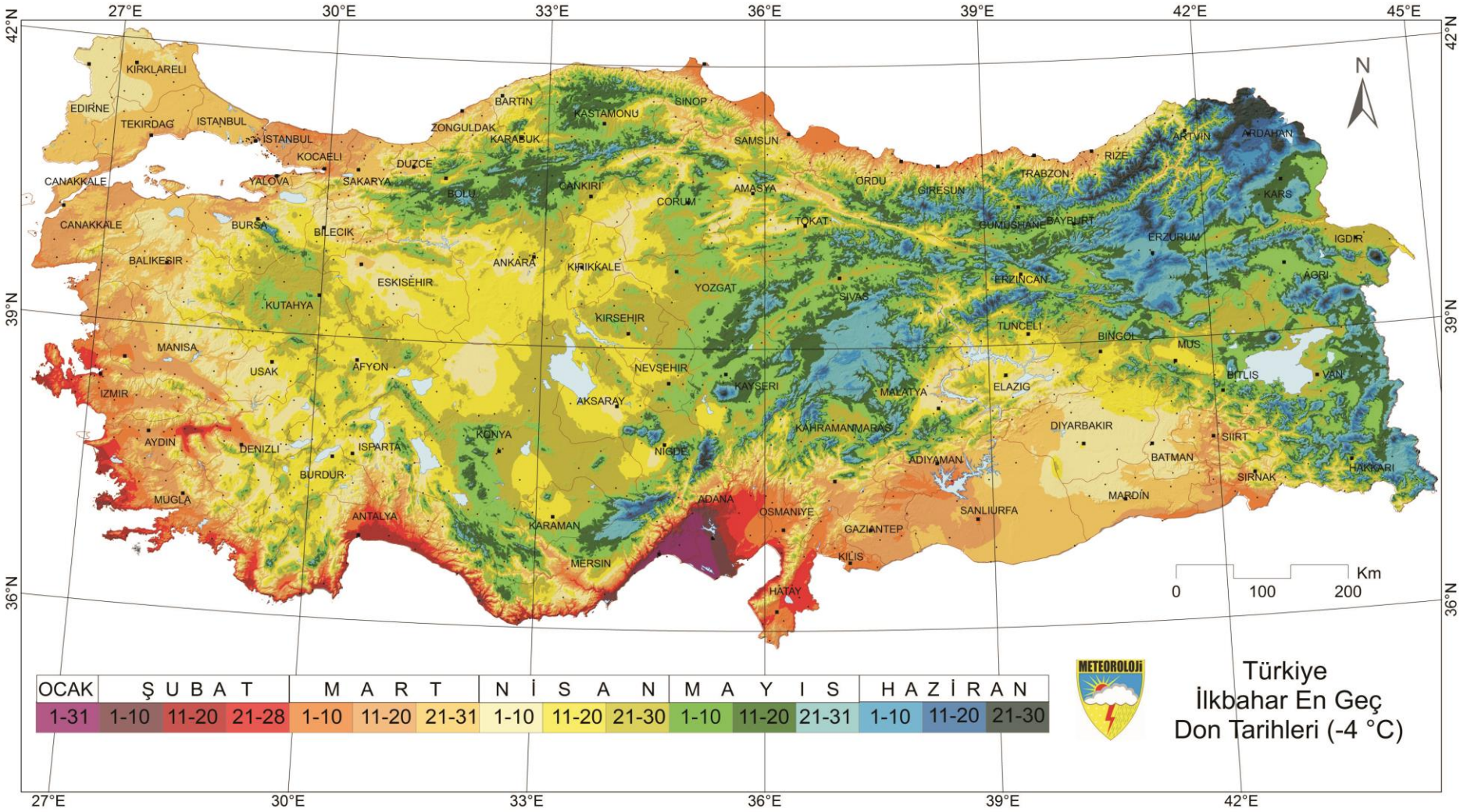
Şekil 2.4. Türkiye ilkbahar en geç don tarihi haritası (-1 °C)



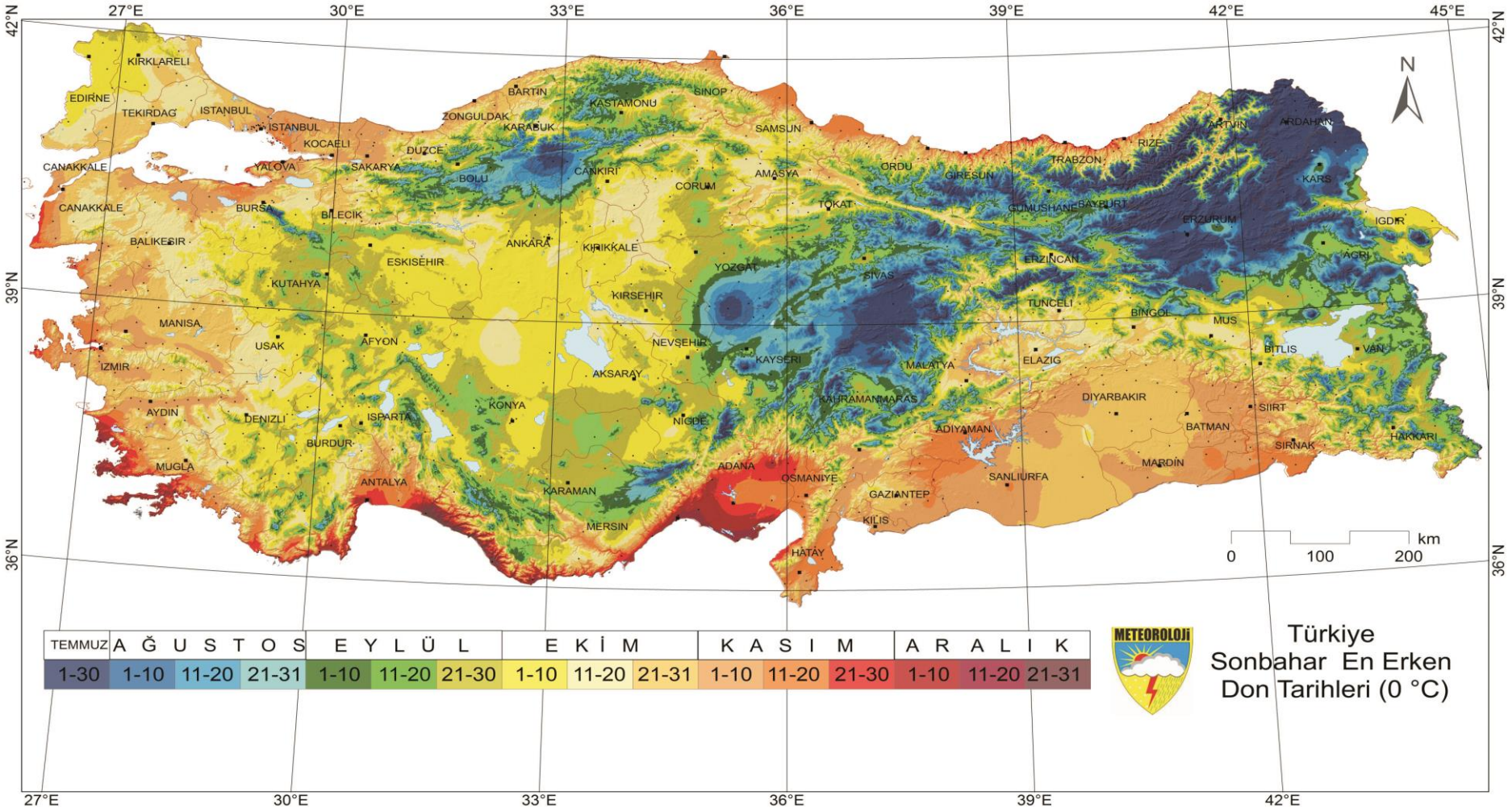
Şekil 2.5. Türkiye ilkbahar en geç don tarihi haritası (-2 °C)



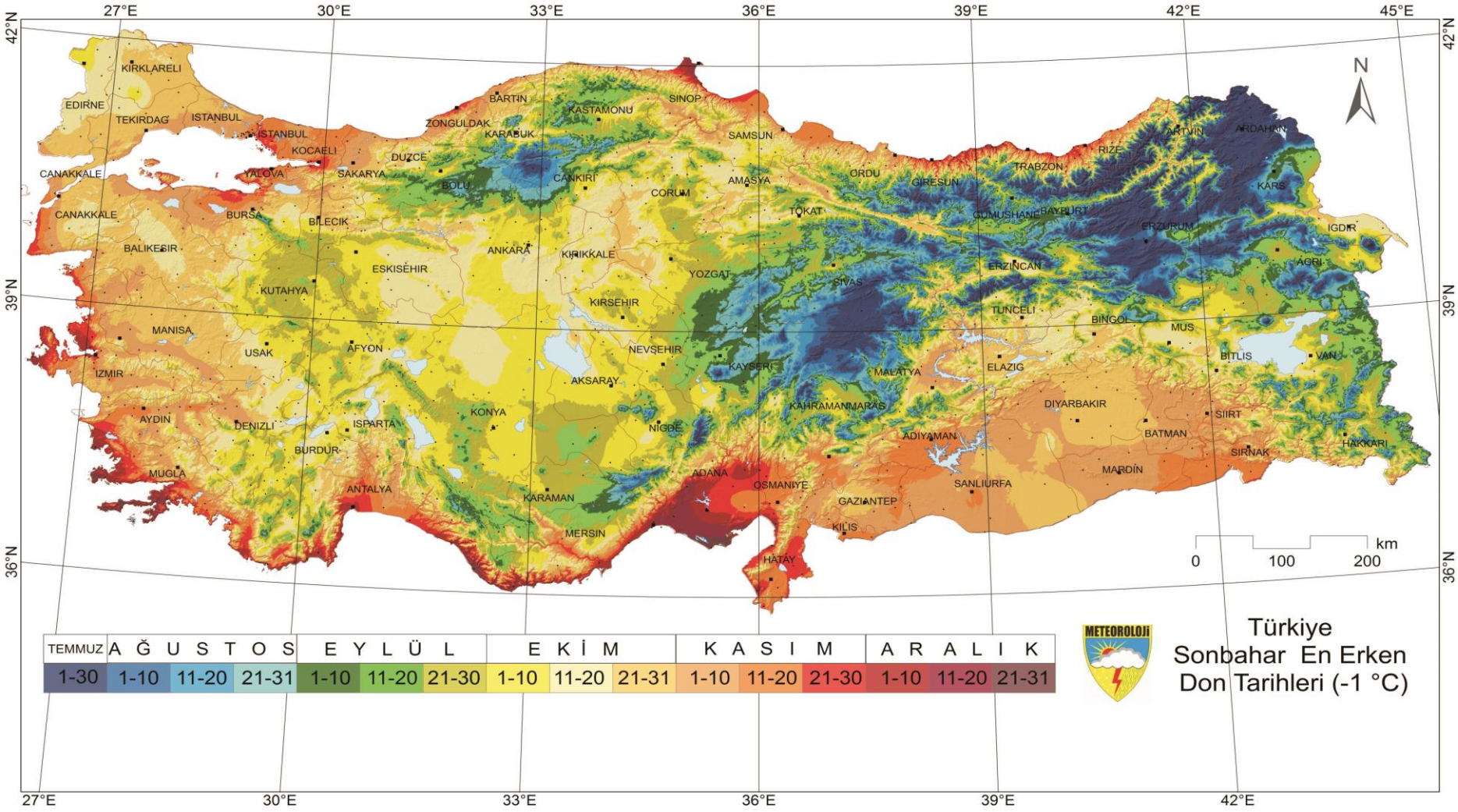
Şekil 2.6. Türkiye ilkbahar en geç don tarihi haritası (-3 °C)



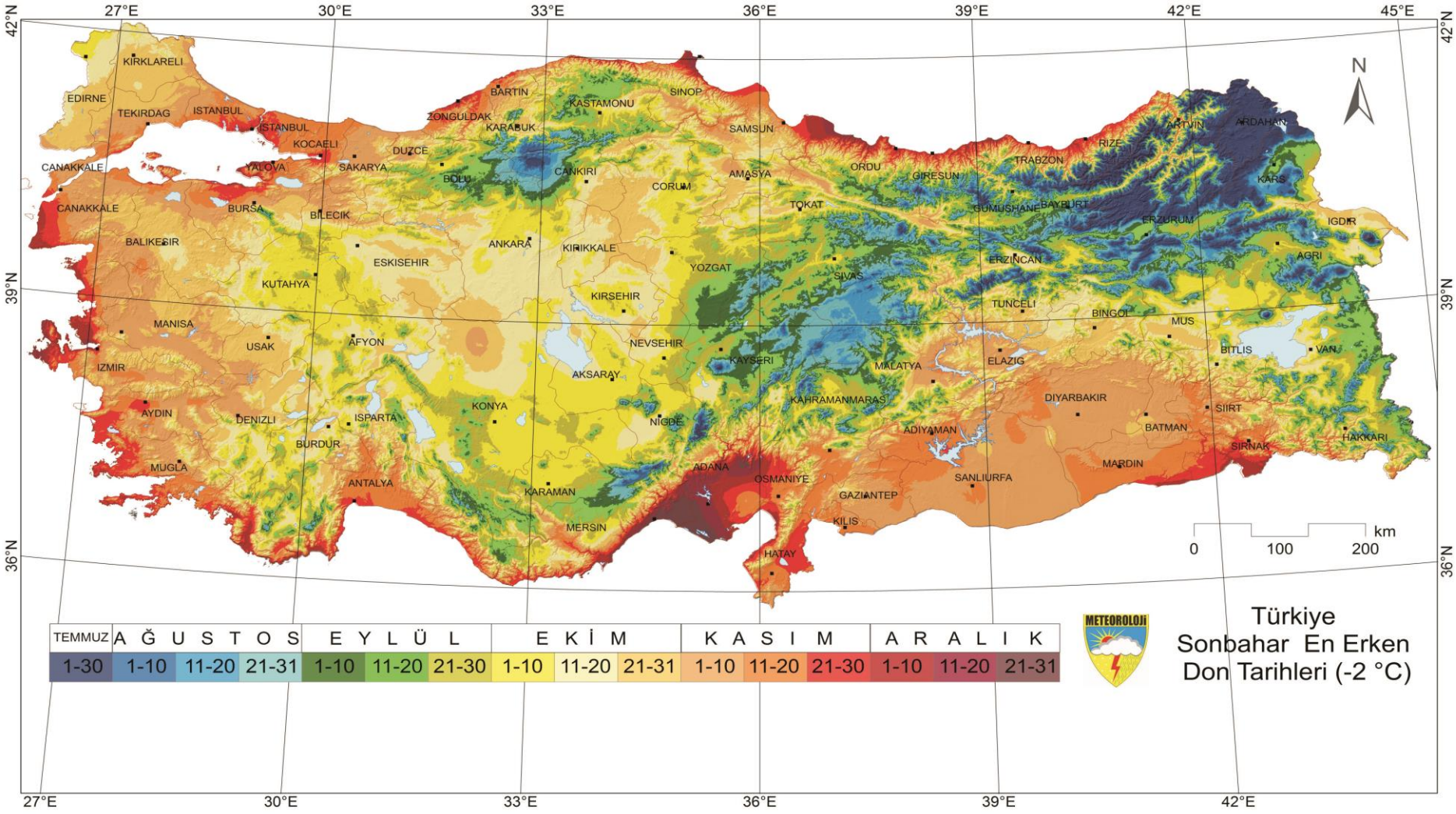
Şekil 2.7. Türkiye ilkbahar en geç don tarihi haritası (-4 °C)



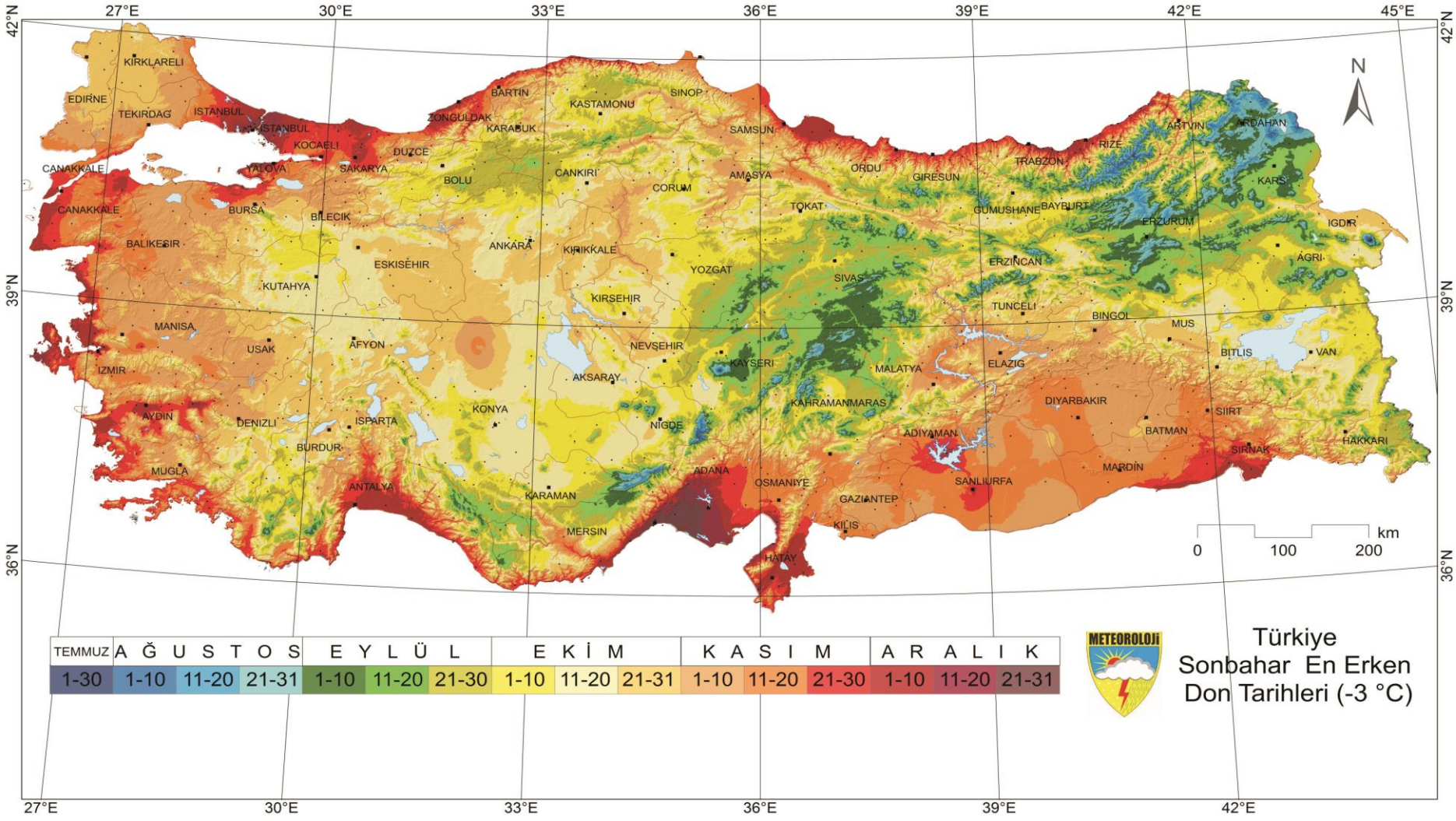
Şekil 2.8. Türkiye sonbahar en erken don tarihi haritası (0 °C)



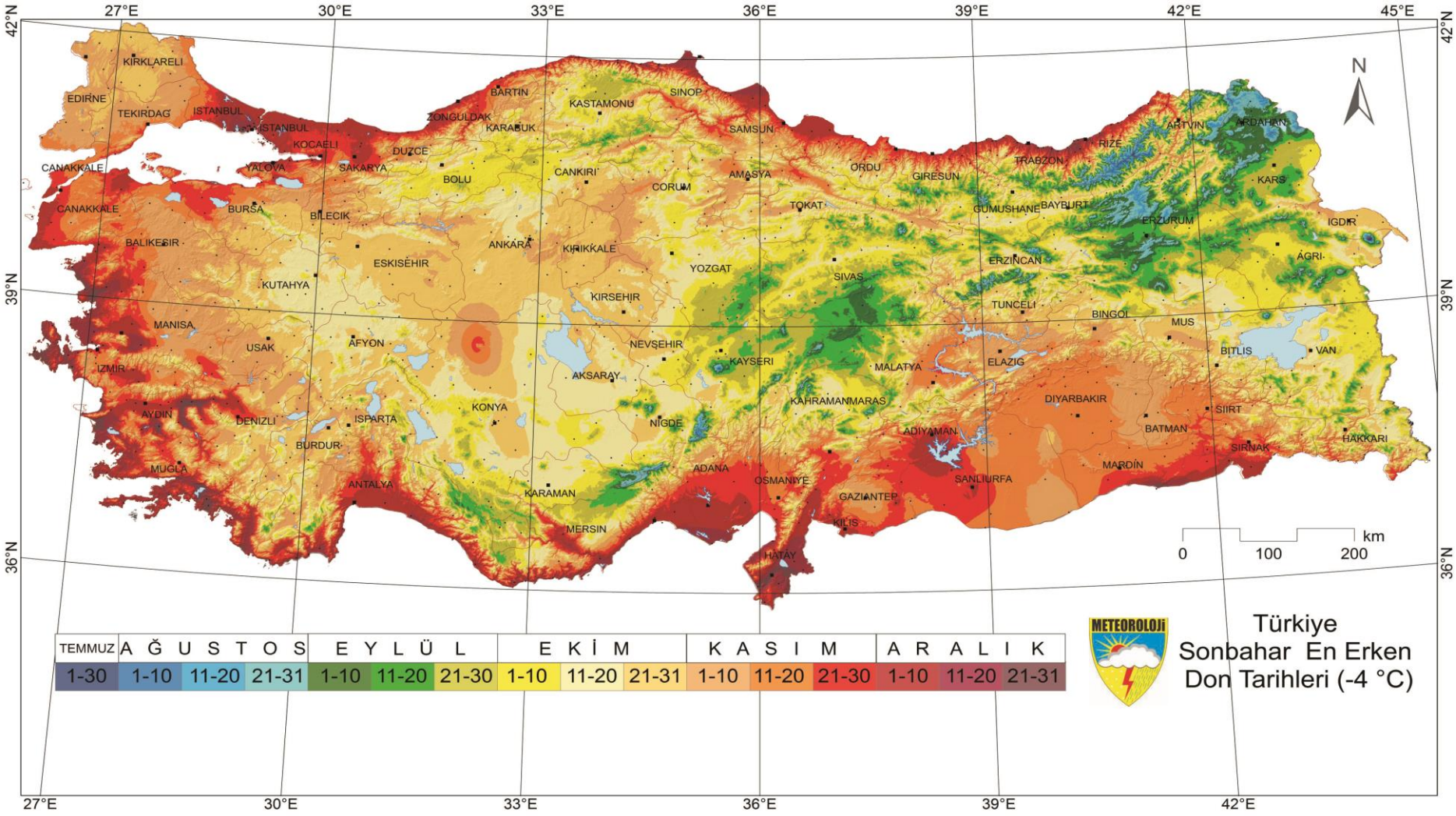
Şekil 2.9. Türkiye sonbahar en erken don tarihi haritası (-1 °C



Şekil 2.10. Türkiye sonbahar en erken don tarihi haritası (-2 °C)



Şekil 2.11. Türkiye sonbahar en erken don tarihi haritası (-3 °C)



Şekil 2.12. Türkiye sonbahar en erken don tarihi haritası (-4 °C)

KAYNAKLAR

Anderson, J.L., Richardson, E.A., Ashcroft, G.L., Keller, J., Alfaro, J., Hanson, G. &Griffin, R.E. 1973. Reducing freeze damage to fruit by overhead sprinkling. *Utah Science,* **34:** 108-110.

Angus, D.E. 1962. Frost protection experiments using wind machines. *CSIRO Divison of Meteorological Physics Technical Paper,* No. **12**. Melbourne, Australia. 48p.

Bagdonas, A., Georg, J.C. & Gerber, J.F. 1978.Techniques of frost prediction and methods of frost and cold protection. *World Meteorological Organization Technical Note,* No. **157**.Geneva, Switzerland. 160p.

Ballard, J.K. & Proebsting, E.L. 1978.Frost and frost control in Washington orchards. *Washington State University Extension Bulletin,* No. **63**4. Pullman, Washington. 27p.

Bartholic, J.F. 1979. Site selection. pp. 281-290, *in:* Barfield and Gerber, 1979, q.v.

Blanc, M.L., Geslin, H., Holzberg, I.A. &Mason, B. 1963.Protection against frost damage. *WMO, Technical Note,* No. 51. Geneva, Switzerland. 62p.Bouchet, R.J. 1965. Problèmes des gelées de printemps [in French]. *Agricultural Meteorology,* **2:** 167-195.

Bettencourt, M.L. 1980. Contribuiçâo para o estudo das geadas em Portugal Continental [in Portuguese]. *In: O Clima de Portugal,* Fasc. XX. Lisbon: I.N.M.G.

Braud, H.J., Chesness, J.L. &Hawthorne, P.L. 1968.Using foam to protect plants against cold. *Louisiana Agriculture***, 12 (2):** 4-7.

Brooks, F.A. 1960. *An introduction to physical microclimatology.* Davis, California: University Press. See pp. 158-161.

Businger, J.A. 1965.Frost protection with irrigation. pp. 74-80, *in: Agricultural Meteorology.* Boston, Mass.: American Meteorological Society.

Caplan, L.A. 1988. Effects of cold weather on horticultural plants in Indiana. *Purdue University Cooperative Extension Publication,* No. HO-203.

Caramori, P.H., Androcioli Filho, A. & Leal, A.C. 1996. Coffee shade with *Mimosa scabrella* Benth. for frost protection in southern Brazil. AgroforestrySystems, **33:** 205-214.

Collomb, C. 1966. A propos des récentesgelées de printemps [in French]. *Phytoma,* **18 (178):** 23-25.

Cunha, J.M. 1952. Contribuiçâo para o estudo do problema das geadas em Portugal. in Portuguese] Relatorio final do Curso de Engenheiro Agronomo. I.S.A., Lisbon.

Cunha, F.R. 1982. 0 problema da geada negra no Algarve [in Portuguese]. *INIA Divulgaçdo* No. **12.** 125p.

Davies, D.L., Evans, R.G., Campbell, G.S. & Kroegen, M.W. 1988. Under-tree sprinkling for low temperature modification in apple orchards. *Transactions of the American Society of Agricultural Engineering,* **31:** 789-796.

Díaz-Queralto, F. 1971. *Práctica de la defensa contra heladas* [in Spanish]. Lérida, Spain: Ediciones Dilagro. 384p.

Evans, R.G. 2000. Frost protection in orchards and vineyards. (available at: http://www.bsyse.prosser.wsu.edu/report/frost.html).

Farr T.G., Rosen P.A., Caro E., Crippen R., Duren R., Hensley S., Kobrick M., Paller M., Rodriguez E. And Roth L., 2007. The Shuttle Radar Topography Mission, Rev Geophys., 45, RG2004, doi: 10.1029/2005RG000183. An edited version of this paper was published by AGU. Copyright 2007 American Geophysical Union

Faust, M. 1989. Physiology of temperate zone fruit trees. New York NY: John Wiley and Sons. 338p.

Findlay, B.F., 1970. Topografic aspects of frost. In: Paper presented to Can. Agr. Serv. Co-ord. Cmtee., Ottawa, Can., Dept. Agr., pp. 42-56.

Georg, J.G., 1959, 1960 (English). The use of wind machines for frost protection of Florida citrus. Weather Forecasting Mimeo 59-10, and 60-23. Federal-State Frost Warning Service, Lakeland, Florida.

Hewett, E.W. 1971. Preventing frost damage to fruit trees. New Zealand Department of Scientific and Industrial Research (DSIR) *Information Series.*

Hogg, W.H. 1950. Frequency of radiation and wind frosts during spring in Kent. *Meteorological Magazine,* **79:** 42-49.

Hogg, W.H. 1971. Spring frosts. Agriculture, **78(1)**: 28-31.

https://web.tarsim.gov.tr/havuz/dokumanGoster.doc?_key_=0C006981E0842E8D6235913E60C5E9671342883D0HHAPU3N889QXPZ4CL17062015 (Erişim tarihi: 11.06.2016)

http://www.radikal.com.tr/haber.php?haberno=125703 (Erişim tarihi: 10.06.2016)

http://www.radikal.com.tr/ordu-haber/zirai-don-magduru-ciftciye-500-milyon-liralik-destek-1231360/ (Erişim tarihi: 17.06.2016)

http://www.sabah.com.tr/istanbul/2015/03/31/babacan-reformlarla-potansiyel-buyume-artacak (Erişim tarihi: 13.06.2016)

http://www.tzob.org.tr/Bas%C4%B1nOdas%C4%B1/Haberler/ArtMID/470/ArticleID/927/Tar%C4%B1m-alanlar%C4%B1nda-don-zarar%C4%B1 (Erişim tarihi: 25.05.2016)

Hutchinson M.F., 1995. Interpolating mean rainfall using thin plate smoothing splines. International Journal of Geographic Information Systems **9:** 385-403.

Ikeda, I. 1982. Freeze injury and protection of citrus in Japan. pp. 575-589, *in:* P.H. Li and A. Sakai (eds). *Plant Cold Hardiness and Freezing Stress. Vol.II.* Academic Press Inc.

Jones, E.H. 1924. Irrigation, a frost protection in the citrus grove. *Californian Citrographer,* **9**: 249.

Kalma, J.D., Laughlin, G.P., Caprio, J.M. &Hamer, P.J.C. 1992. *Advances in Bioclimatology, 2.The Bioclimatology of Frost.* Berlin: Springer-Verlag .144p.

Krasovitski, B., Kimmel, E., Rosenfield, M. & Amir, I. 1999. Aqueous foams for frost protection of plants: stability and protective properties. *Journal of Agricultural Engineering Research,* **72(2):** 177-185.

Lawrence, E.N. 1952. Frost investigation. *Meteorological Magazine,* **81:** 65-74.

Leonard, A.S. 1951. The return-stack orchard heater. *Agricultural Engineering,* **32**: 655-656.

Martsolf, J.D. 1979. Combination wind machines and heaters for frost protection. pp. 325-326.

Martsolf, J.D. 1989. Heated irrigation cold protection. *Proceedings of the Florida State Horticultural Society,* **102:** 64-69.

Mee, T.R. & Bartholic, J.F. 1979. Man-made fog. pp. 334-352.

Mota, F.S. 1981. *Meteorologia Agricola* [in Portuguese]. 5th ed. São Paulo, Brazil: Liv. Nobel.

Myers, S.C. 1988. Commodity information - Small Fruit. pp. 15-20, *in:* J.D. Gibson (ed). *Cold Weather and Horticultural Crops in Georgia: Effects and Protective Measures.* Extension Horticulture Department, University of Georgia, Public. No. 286.

Nigond, J. 1960. Le retard au débourrement de la vigne par un traitement à l'acide a-naphtalène acétique et la lutte contre les gelées [in French]. *Comptes Rendus des Séances de l'Académie d'Agriculture de France,* **46:** 452-457.

Perry, K.B. 1994. *Freeze/frost protection for horticultural crops.* North Carolina State University Cooperative Extension, Horticulture Information Leaflet No. **705**, 9p.

Peyer, E. 1965. La protection des vignes contre le gel par des couvertures [in French]. *Phytoma,* **172:** 61-62.

Powell, A.A. & Himelrick, D.G. 2000. Principles of freeze protection for fruit crops. Alabama Cooperative Extension System, ANR 1057B. (Also available at http://www.aces.edu).

Proebsting, E.L. 1975. Reducing energy consumption in cold protection. *Horticultural Science, **10:*** 463-465.

Raposo, J.R. 1967. A defesa das plantas contra as geadas [in Portuguese]. Junta de Colonizacäo Interna, Est. Téc. No.7. 111p.

Ribeiro, A.C., de Melo-Abreu, J.P., Gonçalves, D.A.& Snyder, R.L. 2002. Temperature response to the onset of wind machine operation. pp. 317-318, *inb:* Proceedings of the VII Congress of the European Society for Agronomy. Córdoba, Spain, 15-18 July 2002. European Society for Agronomy, Universidad de Córdoba, Córdoba, Spain.

Rosenberg, N.J., Blad, B.L. & Verma, S.B. 1983. *Microclimate in the Biological Environment.* 2nd ed. New York NY: John Wiley & Sons. 495p.

SCAQMD. 2002. *Heaters First Regulated in 1950 Orchard smudge pots cooked up pall of smog.* South Coast Air Quality Management District. (See: http://www.aqmd.gov/)

Schultz, H.B. & Weaver, R.J. 1977. Preventing frost damage in vineyards.University of California DANR, Leaflet No.2139.

Smith, L.P. 1975. The modes of agricultural meteorology - Hazards.*Developments in Atmospheric Sciencce,* **3:** 167-171.

Snyder, R.L., Paw U, K.T. & Thompson, J.F. 1987. *Passive frost protection of trees and vines.*University of California DANR Leaflet No.21429.

Snyder, R. L., Melo-Abreu, J. P.,. 2005. Frost Protection: fundamentals, practice, and economics. Volume 1. Environment and natural resources series 10. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome.

Şahin, C., SİPAHİOĞLU, Ş., 2003. Doğal Afetler ve Türkiye, Genişletilmiş 2. Baskı, Gündüz Eğitim ve Yayıncılık, Ankara.

Ventskevich, G.Z. 1958. *Agrometeorology.* Translated from the Russian by the Israel Programme for Scientific Translation, Jerusalem, 1961.

Vitkevich, V.I. 1960. *Agricultural Meteorologist.* Translated from the Russian by the Israel Programme for Scientific Translation, Jerusalem, 1963.

VonLegerke, H.J. 1978. On the short-term predictability of frost and frost protection - a case study on Dunsandle tea estate in Nilgiris (south India). *Agricultural Meteorology,* **19:** 1-10.

Young, F.D., 1921 (English). Nocturnal temperature inversions in Oregon and California. Monthly Weather Review. **49 (3)**: 138-148.