

**DEĞİŞTİRİLMİŞ ATMOSFERLERİN DEPOLANMIŞ ÜRÜN ZARARLISI
BÖCEKLERE ETKİSİ ve BİR MÜCADELE YÖNTEMİ OLARAK
DEĞERLENDİRİLMESİ**

İrfan TUNÇ*

ÖZET

Bu makalede atmosferde tabii olarak bulunan azot, oksijen ve karbondioksit gibi gazların çeşitli karışımlarının depolanmış ürün zararlısı böceklerle öldürücü ve diğer etkileri, ilgili literatüre dayandırılarak açıklanmaktadır.

Değiştirilmiş veya suni atmosfer diye adlandırdığımız bu gaz karışımlarının etkinliğinde çeşitli fiziksel ve biyolojik faktörlerin rolü de ayrıca değerlendirilmektedir. Bir mücadele yöntemi olarak uygulanabilirliği ve bununla ilgili olarak Türkiye'de neler yapılabileceği de gözden geçirilmektedir.

GİRİŞ

Özellikle gelişmekte olan ülkelerde hasat sonrası ürün kayıplarının başlıca yetersiz muhafaza şartlarından kaynaklandığı bilinmektedir. Böyle muhafaza şartlarında böcek, kenirgen ve kuşların ürünlere ulaşması kolaydır. Kaldı ki ürünlerin uygun depo ve silolarda muhafaza edildiği durumlarda bile kayıplar söz konusudur. Bunda depolanmış ürün zararlısı böcekler önemli rol oynarlar. Her ne kadar böcek öldürücü ilâçların ve fumigantların kullanılması ile her yıl önemli miktarda ürün zarar ve bozulmalardan korunabilmekte ise de bu tür uygulamalar, gecikmeler, ihmal ve büyük yığınlarda vukubulan buluşmaların tesbitindeki güçlükler nedeniyle bazen yetersiz kalmaktadır. Bundan başka bazı böcek öldürücü ilâçların depolanmış ürün zararlılarıyla mücadelede kullanılması, tüketicinin sağlığına olan olumsuz etkileri dolayısıyla sağlık otoritelerince istenmemektedir (Shejbal, 1979).

Bütün kimyasal böcek öldürücü ilâçların işlem gören ürünlerde kalıntı bıraktığı bilinmektedir. Artık depolanmış ürün zararlıları ile mücadelede en pratik yöntem olan fumigasyon dahi, ithalatçı bazı ülkelerde son zamanlarda konulan fumigant kalıntı-

* Doç.Dr., Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi.

larıyla ilgili tolerans sınırları dolayısıyla engellenebilmektedir (Calderon, 1975).

Tekrarlanan uygulamalar veya kimyasal ilaçların yanlış kullanılması, gıda muhafazası bakımından ciddi problemlere yolaçmaktadır. Son yıllarda bazı ülkelerde depolanmış ürün zararlısı böcek türlerinin ilaçlara dayanıklı ırkları ortaya çıkmıştır. Böyle ırklarla kimyasal mücadelede tek çare olarak zaman alıcı ve pahalı bir yol olan yeni böcek öldürücü ilaçların geliştirilmesi kalmaktadır (Shejbal, 1979).

Bu nedenlerle kimyasal böcek öldürücü ilaçlara bağımlılığı azaltacak veya ortadan kaldıracak kabul edilebilir ve etkili yöntemlere acil ihtiyaç vardır (Störey, 1980). Nitekim sorumlu kuruluş ve araştırmacıların alternatif mücadele yöntemleri arama ve geliştirme yönündeki çalışmaları son yıllarda oldukça yoğunlaşmıştır. "Değiştirilmiş" veya "kontrollü" veya "suni" atmosferler adı verilen teknikle ürün muhafazası, atmosferde zaten tabii olarak mevcut gazların kullanılmasına dayandığından zehirlilik söz konusu değildir. Ayrıca kalıntı problemi de yoktur. Özellikle gelişmiş ülkelerde toksik maddelerin yolaçtığı kirlenmelerin bilincine varıldıktan sonra bu yöntem daha dikkatle eğilimiş ve elverişliliğini ortaya koyan birçok araştırma yapılmıştır. Günümüzde değiştirilmiş atmosferler tekniğine ürün muhafazasında uzun vadeli bir çözüm olarak bakılmaktadır (Bailey ve Banks, 1980).

Değiştirilmiş atmosferlerle ilgili bilgilerimizin hergün artmasına rağmen halen açıklığa kavuşturulması gereken birçok husus bulunmaktadır. Hatta literatürde yeralan çelişkili bildirişler, laboratuvar testi metodlarının bile gözden geçirilerek daha sağlıklı sonuç veren metodların geliştirilmesini zorunlu kılmaktadır (Tunç et al, 1982).

YERALTINDA MUHAFAZA

Değiştirilmiş atmosferlerle muhafazanın bir şekli olan "hava almayan depolama" yöntemi dünyanın birçok bölgesinde uzun zamandan beri kullanılmaktadır. Mesela yeraltında muhafaza, özellikle Ortadoğu ve Akdeniz ülkelerinde bilirmeyen devirlerden beri kullanılan bir yöntemdir. Yeraltında muhafaza yönteminin

bütün durumlarda böcek zararını önleyen atmosferler meydana getirdiği iddia edilemezse de toprak neminin nüfuzunu önleyecek tarzda yeterince dikkatle inşa edilen yapılarda bu yöntemle hava almayan (=hermetik) muhafaza şartları sağlanabilir. Mesela Malta'da 300 yıl önce inşa edilen 50-500 tkon kapasiteli kuyularda danelerarası havadaki oksijen oranının, tabanda, tahıl doldurulduktan 3 hafta sonra hemen sifıra düştüğü görülmüştür (Bailey ve Banks, 1975).

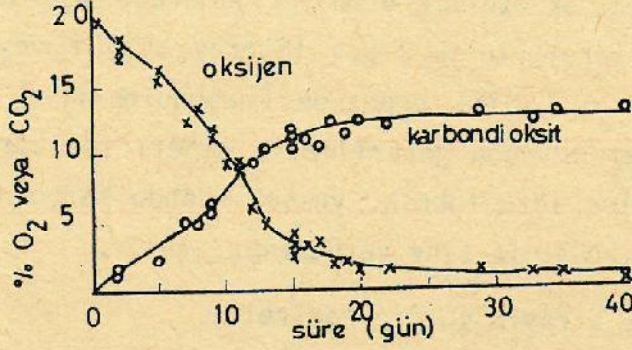
Ülkemizde de tahıl, bazı bölgelerde toprakta açılan kuyularda muhafaza edilmektedir (Esin, 1971). Ancak bunların hava almayan muhafaza şartlarını ne dereceye kadar sağladıkları incelenmemiştir.

Toprak altında veya genel olarak hava almayan yapılarda muhafaza ile tahıl danelerinin ve barındırdıkları parazitlerin solunumu sonucu, zararlı böceklerin hiçbir döneminin yaşayamayacağı veya baskı altına alındığı oranlara kadar (% 1'den az) oksijeni azaltılmış atmosferler yaratılır (Bu bakımdan hermetik muhafaza, değiştirilmiş atmosfer yöntemiyle aynı biyolojik prensibe dayanmaktadır). Ancak bunu sağlamak için gaz sızdırmayan yapılara gerek vardır. Böyle muhafaza şartlarında hububat-parazit ekosisteminin solunumu sonucu yüksek karbondioksit oranları da oluşturulur ve bu da böceklerin baskı altına alınmasını sağlar (Shejbal, 1979). Ancak esas öldürücü faktörün düşük oksijen oranı olduğu halihazırda gösterilmiş bulunmaktadır (Bailey, 1955, 1957 ve 1965). Bu şartlarda karbondioksit ancak düşük oksijenin etkisini arttırıcı bir rol oynamaktadır.

Şekil 1'de gaz sızdırmayan bir kaba 18 adet *Sitophilus granarius* L. ergini ve bir miktar buğday yerleştirildiğinde kabın içindeki oksijen ve karbondioksit oranlarında meydana gelen değişimler görülmektedir. 20 gün sonra oksijen % 2'nin altına düşmüş, karbondioksit ise % 13'e yükselmiştir. Böyle bir gaz karışımı böceklerin ölmesi için yeterlidir (Oxley ve Wickenden, 1963).

Olunlu yarılarına rağmen gaz sızdırmayan muhafaza şartlarında bazı durumlarda oksijen oranının yeterince düşmesi uzun zaman alabilir ve gerekli oksijen oranına ulaşıncaya kadar büyük bir böcek popülasyonu oluşur, kayıplar önlenemez. Bu bakımdan tahılın düşük oksijen konsantrasyonlarında muhafazasında mevcut bütün avantajların kullanılabilmesi için, danelerarası atmosferde

bulunan oksijen oranının mümkün olduğu kadar kısa zamanda düşürülmesi, yani atmosferin dışarıdan müdahale ile değiştirilmesi gerekir (Shejbal, 1979).



Şekil 1 : Buğdayla birlikte 18 *S. granarius* ergini yerleştirilen gaz sızdırmaz bir kavanozda oksijen ve karbondioksit konsantrasyonlarında zamanla meydana gelen değişimler (Oxley ve Wickenden, 1963).

DEĞİŞTİRİLMİŞ ATMOSFERLERİN TANIMI

Depolanmış ürünlerin değiştirilmiş atmosferle muhafazası denilince atmosfer gazlarından oluşan bir gaz karışımıyla muhafaza anlaşılır. Yeryüzünü çevreleyen atmosferin belli başlı gazları azot, oksijen, argon ve karbondioksittir. Bunlardan argon biyolojik bakımdan nötr olduğundan araştırmacıların ilgisini çekmemiştir. Atmosferin yaklaşık 4/5'ini oluşturan azot da yine nötr bir gazdır. Biyolojik bakımdan aktif gazlar oksijen ve karbondioksit olup bunlar üzerinde çok durulmuştur.

Değiştirilmiş atmosfer tekniği ile ürün muhafazası, depo ve silolarda mevcut normal atmosfer gazı konsantrasyonlarının böcek öldürücü, küf ve mantar gelişmesini ve ürünün kalitesinin bozulmasını önleyici bir şekilde değiştirilerek suni bir atmosfer meydana getirilmesi esasına dayanır (Banks et al, 1980).

Değiştirilmiş atmosferlerin kullanımına ilişkin iki esas yaklaşım vardır: 1.Toksik kalıntı bırakmayan yavaş etkili bir fumigasyon yöntemi olarak kullanılması, 2.Ürünün bütün depolama süresince böyle bir atmosferde tutularak kalıntıdan arı bir

koruyucu olarak kullanılması (Bailey ve Banks, 1975).

Halen değiştirilmiş atmosfer oluşturmada izlenen üç yol vardır. Birincisi depo ve silolara azot gazı verilerek böceklere lethal düşük oksijenli atmosferler meydana getirilmesi (Shejbal et al, 1973), ikincisi ekzotermik atmosfer jeneratöründe hidrokarbonların yakılması suretiyle % 9-9.5 (Storey, 1973) veya % 9.8 - 13.3 (Navarro et al, 1979) oranında karbondioksitle birlikte oksijenli atmosferler meydana getirilmesi, diğeri ise karbondioksit verilerek böcekler için toksik, yüksek oranda karbondioksitli atmosferler oluşturulmasıdır (Jay ve Pearman, 1973).

Şimdi bunları sırayla gözden geçirelim.

DEĞİŞİK ATMOSFER GAZI KARIŞIMLARININ ÜRETİMİ ve BÖCEKLERE ETKİSİ

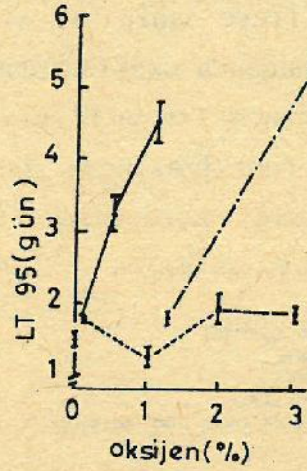
Düşük Oksijenli Atmosferler

Belirttiğimiz gibi düşük oksijenli atmosfer depo ve silolara azot gazı verilerek oluşturulmaktadır. Yöntemin üstünlüğü azotun daha başlangıçta silodaki normal atmosferin % 78'ini oluşturmasıdır. Buna ilave edilen azot gazı normalde % 21 civarındaki oksijeni danelerarası havadan sürerek onun yerini alır.

Danelerarası atmosferin 2 ila 3 misli hacimde azot gazı verildiğinde oksijen oranı sifıra düşer. Bunu gerçekleştirmek için kullanılan sistemde bir tankta bulunan sıvı azotu gaz haline dönüştüren bir evaporatör ve siloya giriş ve çıkışta gaz akış hızını ölçmeye yarayan flowmetreler esas kısımlardır. Başlangıçta azot gazı, oksijeni kısa zamanda tasfiye etmek için hızlı verilir. Oksijen oranı yeterli bir düzeyle inince, azot gazının hızı yalnız sızıntıları karşılayacak bir seviyeye indirilir.

Azot ve oksijenin değişen oranlarının böcekler üzerindeki etkisi, düşük oksijenli atmosferlerin pratikte kullanımı bakımından önemlidir. Çünkü uygulamada hedef alınması gereken oksijen seviyesi ne kadar düşük olursa kaçınılması inkansız sızıntılar dolayısıyla belli bir bileşimdeki atmosferin muhafazası da o kadar güçleşir.

Bilindiği kadarıyla değişik böcek türleri düşük oksijenli atmosferlere farklı tepki göstermektedir. Şekil 2'de değişik



Şekil 2 : *S. oryzae* (-----) ve *T. castaneum* (——) erginleri ile *E. cautella* (-.-.-.-) pupalarının bir oksijen-azot karışımında oksijen konsantrasyonları üzerinden gösterdikleri LT_{95} değişimleri. Sıcaklık $26^{\circ}C$, nem % 54 (Navarro, 1978'ya atfen, Bailey ve Banks, 1980).

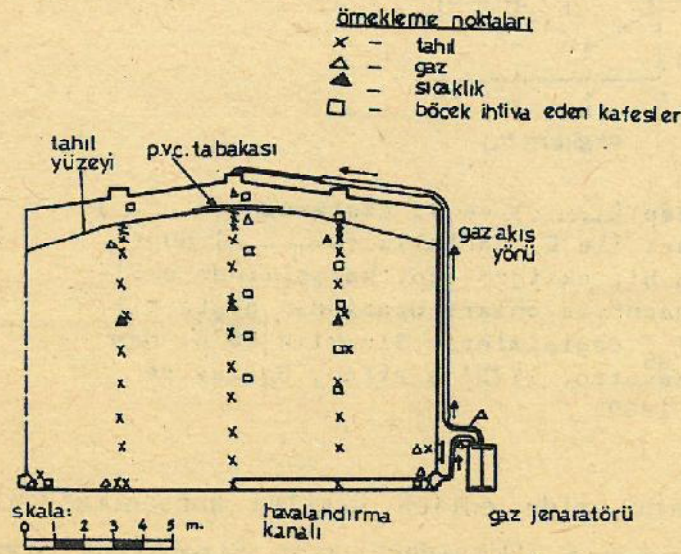
türlerde % 95 ölüm elde edilen oksijen konsantrasyonları ile süreler işaretlemiştir. Görüldüğü gibi *Sitophilus oryzae* (L.) erginlerinin ölümleri % 3'ün altındaki oksijen konsantrasyonlarında oksijen oranından bağımsız olarak sadece uygulama süresinden etkilenmektedir. Buna karşılık *Tribolium castaneum* (Herbst) erginleri ile *Ephestia cautella* (Walker) pupaları oksijen oranına çok bağımlıdır, oksijen seviyesi ne kadar düşükse ölüm de o kadar çabuklaşmaktadır (Navarro, 1978'ya atfen Bailey ve Banks, 1980).

Karbondioksit İhtiva Eden Düşük Oksijenli Atmosferler

Bu tip atmosferler havanın ve yakıt gazının bir jeneratörde yakılması suretiyle elde edilir. Bu jeneratörler, yaş meyve ve sebzelerin taze olarak muhafazasında kullanılmaktadır. Jeneratörden elde edilen atmosferin gaz bileşimi yakıt-hava oranına ve yakıt gazın bileşimine bağlı olarak değişir. Fakat genellikle % 1'den az oksijen ve % 9-13 arasında karbondioksit hasil edilir.

Şekil 3'de böyle jeneratörün kullanıldığı bir sistemin şematik olarak gösterilmektedir. Burada propan gazı jeneratörde silodan emilen hava ile alevsiz ve katalitik olarak yakılmış ve çıkan

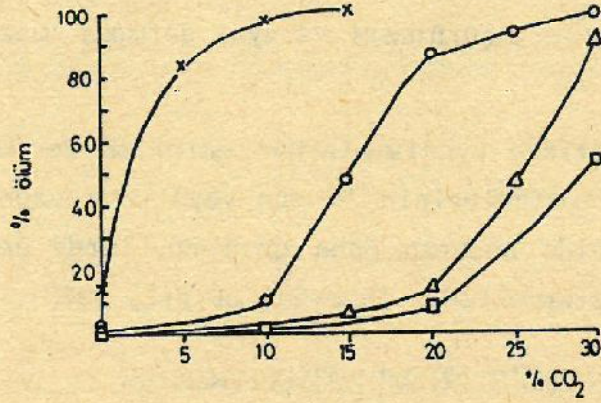
gazlar saatte 144 m^3 hızla tekrar siloya pompalanmıştır. İşlem silo içindeki oksijen oranı % 1'in altına düşüncüye kadar sürdürülmüştür. 1000 tondan fazla kapasiteye sahip bir siloda, cihazın yaklaşık 80 saat çalıştırılması sonucunda oksijen oranının % 0.2 - 1.2'ye düştüğü, karbondioksit oranının ise % 13 civarına yükseldiği tesbit edilmiştir. Cihazın durdurulmasından sonraki günlerde ise oksijen % 2 civarına yükselmiş, karbondioksit oranı da % 10 civarına düşmüştür (Navarro et al, 1979).



Şekil 3 : 1193 ton buğday bulunan ve gaz jeneratörünün denendiği çelik silonun düşey kesiti (Navarro et al., 1979).

Şekil 4'de *T. castaneum* erginlerinin % 2,4,6,8 oranında oksijen ihtiva eden atmosferlerde % 0 ila 30 arasında karbondioksit bulunduğu takdirde gösterdikleri ölüm oranları yer almaktadır. *T. castaneum* erginlerinin yalnız % 2 ila 8 arasında değişen oksijen oranlarına tabi tutulması esaslı bir ölüme yolaçmamıştır. Fakat % 15 karbondioksit ilave edilince düşük oksijen oranlarının etkisi önemli derecede artmıştır (Calderon ve Navarro, 1980).

Tribolium confusum du Val erginlerinde % 95 ölüm sağlamak için oksijen oranının % 0,9'un altına düşürülmesi ve 7 gün süreyle uygulanması gerekirken, ortamda % 10 civarında karbondioksit bulunması halinde daha yüksek oksijen oranlarında (% 1,4) ve daha kısa sürede (4 gün) % 100 ölüm meydana gelmiştir (Tunç, 1983 b).



Şekil 4 : Farklı O₂ ve CO₂ karışımlarına 96 saat süreyle maruz bırakılan *T. castaneum* erginlerinde ölüm oranları. Sıcaklık 26°C, nem % 57. O₂ düzeyleri, % 2(x), % 4(o), % 6(Δ) % 8(□) (Calderon ve Navarro, 1980).

Düşük oksijenli atmosferlere karbondioksit ilavesiyle sağlanan sinerjist etki, böyle atmosferlerin yalnız düşük oksijen ihtiva eden atmosferlere üstünlüğünü göstermektedir. Bu bakımdan ambar ve silolarda atmosferin değiştirilmesinde, bu tip atmosferlerin elde edilebildiği gaz jeneratörlerinin kullanılması daha avantajlı görünmektedir (Calderon ve Navarro, 1979).

Yüksek Oranda Karbondioksitli Atmosferler

Bu tip atmosferlerin silolara karbondioksit gazı verilerek meydana getirildiğini daha önce belirtmiştik. Burada da azot verilmesinde kullanılan benzer sistemlerden yararlanılmaktadır. Tanklarda bulunan sıvı haldeki karbondioksit bir buharlaştırıcı vasıtasıyla gaz haline getirilerek belli akış hızlarında silolara verilir. Danelerarası atmosferde yeralan oksijen ve azot gazları sürülerek, karbondioksit oranı en azından % 60'a yükseltilir. % 60'lık bir karbondioksit oranı 4 gün içinde birçok depolanmış ürün zararlısı böcek ve akarın % 95'in üzerinde ölümüne yolaçar. Karbondioksitin etkinliği, oranında % 10'luk bir değişme olsa bile devam eder (Jay, 1971).

Karbondioksitin kullanılmasının üstünlüğü, tan bir tecridin fiziksel bakımdan imkansız olduğu veya ekonomik olmadığı durumlarda dahi % 60 oranında karbondioksitin arzu edilen sürelerde muhafaza edilmesinin daha kolay gerçekleştirilmesidir. Pratikte azot kullanıldığı zaman silodaki oksijen oranının % 1'in altına düşü-

rülmesi gerekmektedir. Gaz sızdırmaz özelliği iyi olmayan yapılarda oksijenin bu seviyeye düşürülmesi ve aynı durumda muhafazası çok güçtür.

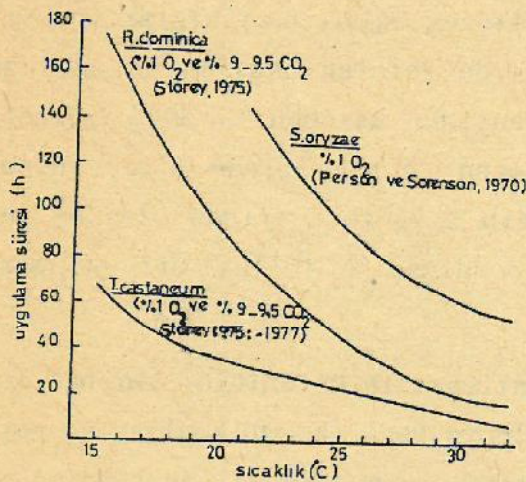
Bundan başka pratikte uygulamalardan edinilen tecrübeler, düşük oksijenli azot atmosferlerinin 10 gün veya daha uzun sürelerde, yani karbondioksit nazaran daha uzun sürelerde muhafaza edilmesi gerektiğini göstermektedir (Shejbal et al., 1973).

SICAKLIK ve NEMİN DEĞİŞTİRİLMİŞ ATMOSFERLERİN ETKİNLİĞİNDEKİ ROLÜ

Tahıl yığınlarının teşkil ettiği ekosistende atmosfer gazları bileşimi, zararlıları etkileyen faktörlerden sadece birisidir. Daha önce de belirttiğimiz gibi zararlıların hayatını etkileyen sıcaklık ve nem gibi başka faktörler de vardır. Bu bakımdan suni atmosferlerin etkin bir biçimde kullanılabilmesi için bu iki faktörün dikkatle değerlendirilmesi gerekmektedir. Sıcaklık ve orantılı nem, bazı durumlarda suni atmosfer yönteminin etkinliğini arttıracak bir tarzda değiştirilebilir.

Sıcaklığın Rolü

Belli bir atmosfer gazları karışımında belli bir ölüm oranını elde etmek için gerekli süreler çevre sıcaklığına bağlıdır. Fumigantlar gibi solunum sistemi yoluyla etkili olan ilaçların etkinliğinin yüksek sıcaklarda arttığı iyi bilinmektedir. Suni atmosferlerin etkisi de benzer şekilde ortam sıcaklığına bağlıdır.



Şekil 5 : Sıcaklığın, iki atmosferik gaz karışımına maruz bırakılan üç depolanmış ürün böceğinde (ergin) % 95 ölüm meydana getiren sürelerle etkisi (Navarro ve Calderon, 1980).

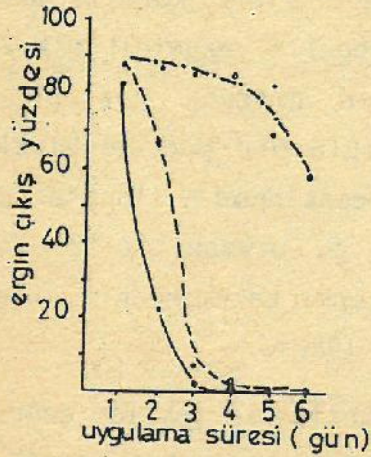
Şekil 5'de belli bir atmosfer gazları karışımında % 95 ölüm elde etmek gerekli sürelerin, sıcaklık yükseldikçe kısaldığı görülmektedir. İstenen ölüm oranının meydana getirilebildiği süreler, 15°C'den 21°C'ye doğru belirgin bir şekilde kısalmaktadır. *Rhizopertha dominica* (F.) ve *T. castaneum* % 1'den az oksijen ve % 9 - 9.5 karbondioksit bulunan, *S. oryzae* ise % 1 oksijen ihtiva eden atmosferlerde sıcaklığa tepki bakımından aynı eğilimi göstermişlerdir (Navarro ve Calderon, 1980).

Bu bilgilerin pratikte çok dikkatli bir şekilde değerlendirilmesi gerekir. Zira tahıl yığınınındaki sıcaklık düşük olduğu zaman belli bir gaz karışımında istenen etkinin sağlanabilmesi daha uzun sürelere ihtiyaç gösterir. Bundan başka tahıl yığınının değişik kısımlarında sıcaklık farkları olabildiğine göre işlem için gerekli süreyi tayin etmede tesbit edilen en düşük sıcaklık dikkate alınmalıdır.

Orantılı Nemin Rolü

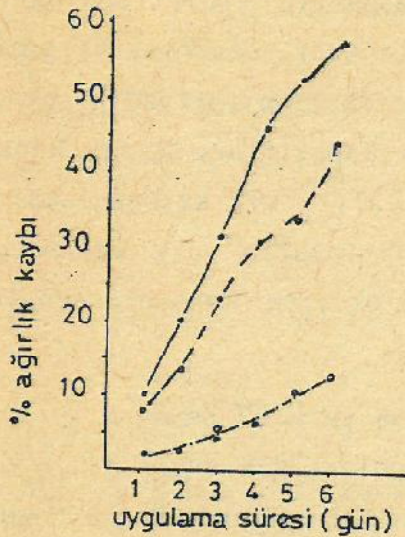
Böceklerde su kaybı, deri ve stigmalarından terleme yoluyla meydana gelmektedir. Epikutikulanın su geçirmez tabiatı dolayısıyla deri yoluyla terleme büyük ölçüde azaltılabilir. Fakat stigmalarından terlemeyle su kaybı kaçınılmazdır. Bununla beraber birçok böcekte solunum sisteminden su kaybı, stigmaların faaliyetini düzenleyen bir organ vasıtasıyla asgariye indirilir. Bu organ stigma açıklığının büyüklüğünü kontrol eder. Böcekler stigmalarını normal olarak kapalı tutarlar. Yalnız oksijen ihtiyaçlarını karşılanmaya yeterli bir süre kadar açıp kapatırlar. Ancak kapama ve açma bazı faktörlerden etkilenir. % 2'lik bir karbondioksit konsantrasyonu bile bazı böceklerde stigmaların açık kalmasına yol açar. Aynı etki % 1'in altındaki oksijen konsantrasyonlarında da sağlanabilir.

Şekil 6'da yaklaşık % 20, % 58 ve % 97 nemde % 19 civarındaki karbondioksitin *E. cautella* pupalarından ergin çıkış oranlarına etkisi gösterilmektedir. % 20 ve 50 nemlerde bu karbondioksit konsantrasyonu 2.günden sonra çıkışı büyük oranda azaltarak yüksek ölüm oranı sağlamıştır. % 97 orantılı nemde ise 6.günde bile yalnız % 40 civarında ölüm meydana gelmiştir (Navarro ve Calderon, 1973).



Şekil 6 : % 19 civarındaki karbondioksit'in farklı orantılı nemlerde *E. cautella* pupalarından ergin çıkış yüzdesine etkisi. Nem oranları % 20 (—), % 58 (---), % 97 (-----) (Navarro ve Calderon, 1973).

Şekil 7'de ise aynı nem ve atmosfer gazı karışımlarında *E. cautella* pupalarında meydana gelen yüzde ağırlık kaybı işaretlenmiştir. % 20 nem ve % 19 karbondioksit kombinasyonunda pupalarda % 57 ağırlık kaybı olmuştur. % 58 neme ağırlık kaybında azalma olmuş, % 97 neme ise bu karbondioksit konsantrasyonundaki ağırlık kaybı normal havadakine çok yaklaşmıştır. Görüldüğü gibi karbondioksit oranı arttıkça ve orantılı nem azaldıkça ağırlık kaybı artmakta ve buna paralel olarak ölüm oranı da yükselmektedir.



Şekil 7 : Şekil 6'da belirtilen karbondioksit konsantrasyonu ve orantılı nemlerde *E. cautella* pupalarında ağırlık kaybı. Nem oranları aynı karakterdeki çizgilerle temsil edilmektedir (Navarro ve Calderon, 1973).

Buradan ölümlerin ana sebebinin böcek vücudunun karbondioksitin etkisiyle açık kalan stigmalardan su kaybı yoluyla kurumasının olduğu açıkça anlaşılmaktadır. Yüksek orantılı nemde böcekler su dengelerini koruyarak canlılıklarını sürdürebilmektedirler (Navarro ve Calderon, 1973).

Ancak % 50'nin üzerindeki karbondioksit konsantrasyonlarında nem %95 gibi yüksek oranda iken ağırlık kaybı olmamasına rağmen yüksek oranda ölüm meydana gelmektedir. Bu nedenle yüksek orantılı nemlerde yüksek karbondioksit konsantrasyonlarının fumigant gibi toksik etkide bulunarak böcekleri öldürdüğü kabul edilmektedir (Navarro ve Calderon, 1974).

Aynı şekilde düşük oksijenin etkisi de ortanda bulunan nem oranına bağlıdır. Düşük oksijen konsantrasyonları düşük nemlerle birlikte kullanıldığı zaman, böcekler stigmalarda çalışmasını düzenleyen sistemin etkilenmesi sonucu vücudun kuruması sebebiyle ölürlür, bununla beraber nem yeterince yüksekse çok düşük oksijen oranlarında böcekler su dengesini muhafaza etmelerine rağmen ölürlür. Böyle durumlardaki ölümlerin sebebi ise anoxia yani oksijen yetersizliğidir.

Buraya kadar verdiğimiz sonuçlar, nem düşük olduğu zaman değiştirilmiş atmosferlerin daha etkili olduğunu göstermektedir. Depolanmış ürünün nemi oldukça önemli değişiklikler gösterebilir ve bu yığındaki danelerarası havanın orantılı nemi ile dengelenmiştir. Nem göçleri dikkate alınırca, ürünün nemi yığının bazı kısımlarında diğer kısımlardan önemli ölçüde daha yüksek olabilir. Yüksek nem oranına sahip yığın bölgelerinde özellikle bazı böcek türlerinin ve akarların toplandığı da gözönünde tutulursa, böyle yerlerde etkili mücadele için ekstrem gaz konsantrasyonlarının kullanılması gerekecektir.

Bununla beraber son yıllarda yapılan araştırmalar değiştirilmiş atmosferlerin böceklerin yumurta dönemine etkisinde orantılı nemin önemli bir rolü olmadığını ortaya koymuştur.

Yumurtalar sonra gelen gelişme dönemlerinde olduğu gibi stigmalara sahip değildir. Bu sebeple böcek yumurtalarında solunum yumurta kabuğunun yüzeyi vasıtasıyla gerçekleşir. Suyun absorpsiyonu yumurta kabuğu yoluyla olur. Yumurtaların orantılı

neme bağımlılığı diffüzyon yoluylaadır. Ortamda bulunan nem oranı yumurta ile çevresi arasındaki nem alışverişinin genişliğini tayin eder. Solunumu ve su alışverişini düzenleyen mekanizmin farklı olması yumurtaların düşük oksijenli atmosferlerde nem değişikliklerine diğer dönemlerden farklı tepki göstermesine yolaçmaktadır. Yumurta dönemi düşük oksijen seviyelerinde ortamın nem oranından daha az etkilenmektedir.

T. castaneum yumurtalarında ölüm, oksijen oranına bağlı olarak değişiklik göstermekte fakat nem oranından ancak biraz etkilenmektedir. Belli bir düşük oksijen seviyesinde meydana gelen ölüm oranları bakımından değişik orantılı nemler arasında sadece küçük farklılıklar vardır (Tunç ve Navarro, 1983).

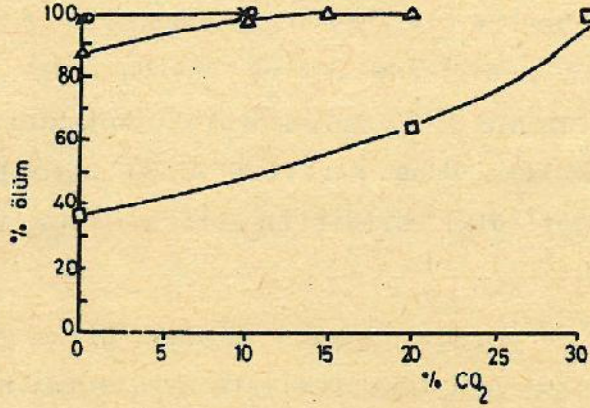
DEĞİŞİK TÜRLERİN DUYARLILIĞI

Belli bir atmosferde en toleranslı depolanmış ürün zararlısının ne olduğunun bilinmesi, mücadelenin başarıya ulaşması için gerekli uygulama süresini tesbit bakımından önemlidir. Genellikle kabul edildiğine göre **S. oryzae**'nin gelişmiş dönemleri gerek yüksek oranda karbondioksitli ve gerekse düşük oksijenli atmosferlere en dayanıklı formlardır. **S. granarius** için de aynı durum söz konusudur. **T. confusum** ve **T. castaneum**'un bütün biyolojik dönemlerinin her türlü atmosfere karşı aynı duyarlılığı gösterdiğine dair genel bir görüş birliği vardır. **Trogoderma granarium** Everts larvaları da pür azot ve karbondioksit ortamlarında **Sitophilus spp** larvalarıyla aynı duyarlılığı göstermişlerdir (Bailey ve Banks, 1980).

FARKLI BİYOLOJİK DÖNEMLERİN TEPKİSİ

Şekil 8, **T. castaneum** yumurtalarının aynı gaz karışımlarına erginlerden farklı tepkide bulunduğunu göstermektedir. Değişik düşük oksijen oranlarına sahip atmosferlere karbondioksit ilavesi yumurtaların ölüm oranını çok az etkilemiştir. Karbondioksit oranının arttırılması belli bir noktadan sonra az da olsa ilave bir etkiye sahip olmuşsa da bu erginlerde olduğu gibi sinerjist bir etkiye işaret etmemektedir (Calderon ve Navarro, 1980).

Bunun yanında sadece düşük oksijenin yer aldığı atmosferlere duyarlılık da erginlerinkinden belirgin bir biçimde farklıdır. % 4 oksijen oranında dahi karbondioksit olmaksızın % 100 yumurta ölümü sağlanmıştır. Oysa Şekil 4'deki grafikte görüldüğü gibi % 2 kadar düşük bir oksijen oranı bile erginlerde ciddi bir ölüm oranına yolaçmamıştır.



Şekil 8 :Farklı O₂ ve CO₂ karışımlarına 96 saat süreyle maruz bırakılan *T. castaneum* yumurtalarında ölüm oranları. Sıcaklık 26°C, nem % 57. O₂ düzeyleri % 2(X), % 4(O), % 6(Δ), % 8(□) (Navarro ve Calderon, 1973).

P. interpunctella yumurtaları üzerinde yapılan araştırmalar da bunların % 4 oksijende 4 günde tamamen öldürülebileceğini ortaya koymuştur. Oysa larvalarda % 0.8 oksijende dahi % 100 ölüm sağlanamamıştır. Bundan başka **P. interpunctella** yumurtaları yüksek oranda karbondioksit ihtiva eden atmosferlerde de larvalara göre daha duyarlı bulunmuştur. Yumurtalarda % 20 civarındaki karbondioksit oranı tam ölüm meydana getirmişken, larvalarda % 44 civarındaki karbondioksit oranı dahi tam ölüm sağlayamamıştır (Tunç, 1983 a).

Bu sonuçlar uygulamada özellikle yumurta dönemi hedef alındığında daha başarılı olunacağını gösterdiği gibi, gaz sızdırmaz özelliği iyi olmayan yapılarda bile yöntemin kullanılabilceğini de göstermektedir.

DEĞİŞTİRİLMİŞ ATMOSFERLERİN SUBLETHAL ETKİLERİ

Davranışa Etki

Depolanmış ürün zararlısı Coleoptera'nın düşük oksijenli atmosferlerde sızıntılar etrafında toplandığı bilinmektedir. Böcekler oksijen konsantrasyonundaki farklılıkları hissedebilir ve farklı oksijen konsantrasyonlarından geçerek sızıntıya doğru hareket ederler. **E. cautella** dişileri buğday ununa % 30 karbondioksit ihtiva eden bir atmosferde normal havadakinden daha çok cezbedilirler. Yumurtlamanın % 30 karbondioksit bulunması halinde arttığı tesbit edilmiştir. Buna karşılık % 60 karbondioksidin **T. castaneum**'u uzaklaştırdığı bildirilmiştir (Bailey ve Banks, 1980).

Gerek dışardan ve gerekse içerden meydana gelen gaz sızıntıları etrafında toplama suni atmosferlerin uygulanmasında önemli olabilir. Çünkü böyle durumlar işlem gören dane yığınlarının bazı yerlerinde böceklerin canlı kalmasını sağlar veya sızıntı bölgesi civarında dışardan bulaşmalara yol açar. Bunlardan başka karbondioksit ve azotun böcekler üzerinde anestezik etkisi de vardır. Bu gazların belli konsantrasyonlarında hareketsizleşirler (Bailey ve Banks, 1980).

Gelişmeye Etki

Hem düşük oksijenli, hem de yüksek oranda karbondioksitli atmosferlerde gelişmede önemli bir gecikme olur. Cetvel 1'de % 1.3 oksijen ihtiva eden bir azot atmosferinde **S. granarius** kültürlerinde 2 haftada bir yapılan muayenelerde en fazla çıkışın olduğu zamanlar altı çizili rakamlarla gösterilmiştir. Görüldüğü gibi en fazla çıkışın olduğu zaman, düşük oksijenli atmosfere tabi tutma süresine bağlı olarak gecikmektedir. Böceklerden bazılarının oksijen tüketimlerini kısmak ve düşük oksijenin etkilerini kısmen engellemek suretiyle gelişmelerini yavaşlattıkları veya askıya aldıkları, böyle canlı kaldıkları anlaşılmaktadır. 2 haftalık düşük oksijen uygulamasından sonra 8. ila 10. haftalarda çıkan böceklerin sayısı, şahitlerde 4. ila 12. haftalar arasında her bir iki haftalık periyotta meydana gelen çıkışların sayısından büyüktür. Bu da gösteriyor ki bir tolerans geliştirmekte ve böylece

sözkonusu çıkış periyodundaki sayı büyümektedir. Giderek azalan toplam çıkış sayıları, toleranslı dönemin de düşük oksijenli atmosfer tarafından yavaş yavaş öldürüldüğünü göstermektedir (Bailey ve Banks, 1980).

Çetvel 1 : 18.3°C, % 70 orantılı nemde ve % 1.3 oksijende çeşitli sürelerde tutulan kültürlerde iki haftalık aralıklarla çıkan ve kaldırılan *S. granarius* erginleri sayıları. Altı çizili rakamlar, farklı uygulama (düşük oksijene maruz bırakma) sürelerindeki en yüksek çıkışları göstermektedir (Bailey ve Banks, 1980).

		sayım tarihi (başlangıçtan itibaren hafta)												
		2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26
uygulama süresi (hafta)	0	709	816	501	332	424	338	169	125	165	54	50	55	37
	2	73	290	353	219	<u>672</u>	231	58	20	11	10	11	57	56
	4		0	0	1	119	<u>378</u>	186	117	14	2		3	2
	6			0	0	1	118	<u>388</u>	212	19	1	0		3
	8				0	0	0	23	<u>373</u>	182	24	4	0	0
	10					0	0	0	0	<u>246</u>	134	52	1	4
	12						0	0	0	6	<u>184</u>	165	15	2

DEĞİŞTİRİLMİŞ ATMOSFERLERE DİRENÇ VEYA TOLERANS

Düşük oksijenli atmosferlere bir dayanıklılık geliştireceğine pek ihtimal verilmemektedir. Gerçekten de depolanmış ürün zararlısı bir böceğin düşük oksijenli şartlarda, hemen gelişmeye devam etme yeteneği kazanacağını tasavvur etmek güçtür. Çünkü bu onun metabolizmasının biyokimyasında esaslı değişimler olmasını gerektirecektir. Bununla beraber birçok böcek anaerobik metabolizm yollarına sahiptir ve bazıları da çok düşük oksijen ortamında gelişmelerini sürdürme yeteneğindedirler. Ancak böyle bir durumda gelişmesini tanımlanmış olan herhangi bir böcek türü bilinememektedir. Pratik olarak ifade edersek direnç bir mücadele yönteminin oluşturduğu şartlarda gelişmenin sürdürülebilmesi, fakat mücadele şartları sürdürüldükçe canlılığın sürdürülmesidir. Depolanmış ürün zararlısı böcekler düşük oksijenli atmosferlere tabi tutulduğu zaman, gelişmede görülen gecikmenin yerleşmesi ve toleransın

artması bir çeşit dayanıklılığa yol açabilir. Biraz önce de açıklanmış olduğumuz gibi böyle bir durumla karşılaşılması için hiçbir sebep yoktur. Bunun özellikle kısa süreli uygulamalara başvurulduğunda veya düşük sıcaklıklarda veya yüksek orantılı nemlerde uygulamaya gidildiğinde pratik önemi olabilir (Bailey ve Banks, 1980).

Benzer bir tolerans yüksek oranda karbondioksit ihtiva eden atmosferlere karşı da gösterilebilir. İlâveten böyle atmosferler gelişme için yeterli yani % 5'ten fazla oksijen ihtiva edecekleri için fumigantlara karşı gösterilene benzer bir dayanıklılık beklenebilir (Bailey ve Banks, 1980).

Nitekim son yıllarda yapılan araştırmalar bazı türlerin sürekli uygulanan bazı karbondioksit konsantrasyonlarına sonraki döllerde tolerans geliştirme potansiyeline sahip olduklarını ortaya koymuştur. Meselâ birbirini izleyen döllerde % 42,7'lik bir karbondioksit konsantrasyonuna tabi tutulan *S. granarius* erginlerinde LT 95 değeri 7 döl sonra normal erginlerdekini 3 katına çıkmıştır (Bond ve Buckland, 1979).

Daha sonra dayanıklılık çıkması ihtimalinin suni atmosfer tekniğinin değerini azalttığı düşünülmemelidir. Fakat fumigasyonda olduğu gibi, tam etkinlik göstermediği durumlarda kullanılmasından kaçınılarak tolerans bakımından selekte edilmiş bir populasyonun meydana gelmesi önlenmelidir. Suni atmosferlere tolerans daha uzun süreli uygulamalar gerektirecek ve sonuçta tekniğin maliyetini arttıracaktır.

DEĞERLENDİRME

Yeni bir mücadele yöntemi uygulamaya sunulurken, etkili olduğunun, emniyetle kullanılabilmesinin, zararlı kalıntılar bırakmadığının veya başka olumsuz etkileri bulunmadığının ve ekonomik olduğunun ortaya konması gerekir. Değiştirilmiş atmosfer tekniğinin bu istekleri tatmin edici düzeyde karşıladığı kabul edilmektedir. Yaygın bir şekilde kullanılmasını sınırlayan faktörlere rağmen depolanmış ürünlerin korunmasında önemli olan üstünlükleri vardır. Bunlar arasında kalıntı bırakmaması, çimlenmeye ve ürünlerde kalite bakımından önemli diğer parametrelere olumsuz

etkileri bulunmaması ve çevreye toksik madde sızıntısının olmamasından söz edilebilir. Bunlara ek olarak konvansiyonel mücadele ilaçlarıyla sağlanamayan tüm biyolojik dönemlere tam etkinlik ve özellikle düşük oksijenli atmosfer kullanıldığında zararlılarda direnç oluşması ihtimalinin az olması gibi teknik üstünlükleri de vardır.

Değiştirilmiş atmosferlerin başarılı ve etkin bir biçimde, rutin olarak kullanılabilmesi için bazı hususların önceden bilinmesi lazımdır.

1. Silonun gaz sızdırmazlık derecesinin ne olması gerektiği,
2. Siloda arzu edilen atmosferin yaratılması için gerekli gaz miktarı,
3. İstenen gaz karışımının istenen sürede değişmeden devam etmesi için gerekli gaz miktarı,
4. Uygun işlem süresi (Banks, 1979).

Görüldüğü gibi değiştirilmiş atmosferlerin uygulanması ile ilgili problemler daha ziyade ekonomik ve tekniktir. En büyük sorun diğer mücadele yöntemleriyle maliyet bakımından rekabet edebilen elverişli bir gaz sızdırmaz depolama düzeninin kurulmasıdır. Depo ve siloların gaz sızdırmaz hale sokulmasının makul bir maliyeti olması gerekir. Çelik v.b. silolarda maliyetin büyük bölümünü sızıntıların kapatılmasının teşkil edeceği açıktır (Banks, 1979).

Mücadele için belli bir atmosfer gazları karışımının seçimi birçok faktöre bağlıdır. Literatürden edinilen bilgiye göre depo tipi; işlem görecek ürünün çeşidi, miktarı ve hacmi; zararlı türü, biyolojik dönemi veya yaş dağılımı; ürünün nem oranı ve sıcaklığı; gazların temin edilme durumu ve uygulama için gerekli süre bu bakımdan rol oynamaktadır.

Buradan da anlaşılıyor ki değiştirilmiş atmosferlerin depolanmış ürün zararlılarına karşı tam anlamıyla kullanılabilmesi için belli bir teknik birikim düzeyi ve alt yapıya gerek vardır. Herşeyden önce depolanan ürün yığınının değişik derinlik ve noktalarındaki sıcaklık ve nem değerlerini istenildiği an okunayı sağlayan otomatik sistemlere ihtiyaç vardır. Aynı zamanda zararlı

populasyonunun durumunu tespit amacıyla silonun değişik yerlerinden öldürücü atmosferi bozmayacak şekilde otomatik olarak ürün örneği almayı sağlayan örnekleme düzeninin kurulması gerekecektir. Bilinçli bir uygulamada gaz karışımının silonun her tarafında aynı olup olmadığını kontrol etmek üzere çeşitli noktalardan gaz örnekleri alarak bunu analiz eden bir sisteme ihtiyaç olacağı da bir gerçektir.

Ulkenizde teknik gelişmenin bütün bunları sağlayamayacak kadar düşük bir düzeyde olduğu söylenemez. Ancak böyle bir yöntemin yaygın olarak kullanılmaya başlaması için herşeyden buna ihtiyaç duymak gerekir. Öyle görülüyor ki bu noktaya gelmesi için bir süre daha geçecektir. Nitekim yöntemin halihazırda ticari olarak piyasaya sunulduğu veya sunulmak üzere bulunduğu A.B.D., Avustralya, İtalya ve İsrail gibi ülkelerde bu noktaya belli bazı aşamalardan geçerek gelindiği görülmektedir.

Bu ülkelerde depolanmış ürün yığını belli fiziksel ve biyolojik şartlara sahip, az çok tecrit edilmiş bir ekosistem olarak kabul edilmiştir. Bu anlayışa dayalı ve çevresel mücadele (=environmental control) diye adlandırılan ve entegre mücadele kavramından pek farklı olmayan bir yaklaşım bu gelişmenin esasını teşkil etmiştir. Sıcaklık ve nem gibi fiziksel çevre faktörleri kapalı bir ortam oluşturan depo ve silolarda tabiattakine nispetle daha kolay denetim altına alınmaktadır. Bu faktörlerden özellikle sıcaklığın zararlıların ölümüne yol açmasa bile en azından çoğalmasını önleyecek şekilde denetlenmesi söz konusu ülkelerde uzun zamandan beri başvurulan bir yöntemdir. Havalandırma (=aeration) adı verilen bu yöntemle dışardaki nispeten düşük sıcaklıklı hava silolardan geçirilerek yığının sıcaklığı düşürülmekte ve zararlıların çoğalması bir dereceye kadar önlenmektedir. Bu yöntemde iyi bir denetim sağlanabilmesi için depo ve silolardaki fiziksel ve biyolojik şartların sık sık ölçülmesi gerektiğinden değiştirilmiş atmosferlere doğru bir birikim ve alt yapı, gelişmelerin tabii bir sonucu olarak ortaya çıkmıştır.

Türkiye'de büyük yığınlar halinde depolanan ürünlerin, özellikle hububatın zararlılardan modern anlamda korunması konusunda hiç vakit kaybetmeden atılması gereken adım depo, silo

v.b.nin otomatik sıcaklık ve nem ölçümleri yapan sistemlerle donatılarak yığında olup bitenler hakkında bilgi sahibi olmaktır. Bu yapıldığı takdirde havalandırma yönteminin uygulanması, veya havalandırma ile fumigasyon veya kısmi fumigasyonun entegrasyonuna geçilebilecektir.

Şimdiden ele alınması gereken bir husus da enazından bundan sonra, siloların gerekli testlerden geçirilmesi suretiyle değiştirilmiş atmosferlerin uygulanabileceği bir gaz sızdırmazlık derecesine göre inşa edilmesidir.

Değiştirilmiş atmosferlerle ilgili laboratuvar düzeyindeki araştırmalara devam edilmesi, ayrıca bu konudaki çalışmalara daha sonra katılan F.Almanya ve İtalya'da ki gibi pilot tesisler kurularak uygulamaya dönük çalışmalar yapılması da uzun vadede ülkemizin yararınadır.

SUMMARY

THE EFFECTS OF CONTROLLED ATMOSPHERES ON STORED PRODUCT INSECTS AND ITS EVALUATION AS A CONTROL METHOD.

The various effects of inert atmospheric gas mixtures (various combinations of nitrogen, oxygen and carbon dioxide) on the stored product insects have been reviewed. The role of various physical and biological factors on the effectiveness of such gas mixtures or so called "controlled atmospheres" has also been pointed out. The potential of controlled atmospheres as a control method has been evaluated and its feasibility in Turkey has been discussed.

LİTERATÜR

- Bailey, S.W., 1955. Air-tight Storage of Grain; Its Effects on the Insect Pests. I. *Calandra granaria* L. (Coleoptera, Curculionidae). Australian J.Agric. Res., 6, 33-51.
- Bailey, S.W., 1957. Air-tight Storage of Grain; Its Effects on Insect Pests III. *Calandra oryzae* (Large Strain). Ibid 8, 595-603.
- Bailey, S.W., 1965. Air-tight Storage of Grain; Its Effect on Insect Pests. IV. *Rhyzopertha dominica* (F.) and Some Other Coleoptera That Infest Stored Grain. J.Stored. Prod. Res., I, 25-33.
- Bailey, S.W. and H.J. Banks, 1975. The Use of Controlled Atmospheres for the Storage of Grain. Proc. 1 st Inter. Work. Conf. Stored-Prod. Entomol., Savannah, USA (1974), pp. 362-374.

- Bailey, S.W. and H.J. Bank, 1980. A Review of Recent Studies of the Effects of Controlled Atmospheres on Stored Product Pests. pp. 101-118. In (Ed.: Shejbal, J.) Developments in Agricultural Engineering 1, Controlled Atmosphere Storage of Grains, Elsevier Sci. Pub. Co., Amsterdam, VIII + 608 pp.
- Banks, H.J., 1979. Recent Advances in the Use of Modified Atmospheres for Stored Product Pest Control. Proc. 2nd Inter. Work. Conf. Stored-Prod. Entomol., Ibadan, Nigeria (1978), pp. 198-217.
- Banks, H.J., P.C. Annis, R.C. Hennig and A.D. Wilson, 1980. Experimental and Commercial Modified Atmosphere Treatments of Stored Grain in Australia. pp. 207-223. In (Ed.: Shejbal, J.) Developments in Agricultural Engineering 1, Controlled Atmosphere Storage of Grains, Elsevier Sci. Pub. Co., Amsterdam, VIII + 608 pp.
- Bond, E.J. and C.T. Buckland, 1979. Development of Resistance of Carbon Dioxide in the Granary Weevil. J. Econ. Ent., 72, 770-771.
- Calderon, M., 1975. The Feasibility of Environmental Control for The Protection of Stored Grain. EPPO Bull., 5, 125-136.
- Calderon, M. and S. Navarro, 1979. Increased Toxicity of Low Oxygen Atmospheres Supplemented with Carbon Dioxide on *Tribolium castaneum* Adults. Ent. Exp. Appl. 25, 39-49.
- Calderon, M. and S. Navarro, 1980. Synergistic Effect of CO₂ and O₂ Mixtures on Two Stored Grain Insect Pest. pp. 79-84 In (Ed.: Shejbal, J.) Developments in Agricultural Engineering 1, Controlled Atmosphere Storage of Grains, Elsevier Sci. Pub. Co., Amsterdam, VIII + 608 pp.
- Esin, T., 1971. Hububat ve Bakliyat Ambar Zararlıları Talimatı. T.C. Tarım Bakanlığı, Zir. Müc. ve Zir. Kar. Gen. Müd. Mesleki Kitaplar Serisi. Ankara, 145 S.
- Jay, E.G., 1971. Suggested Conditions and Procedures for Using Carbon Dioxide to Control Insects in Grain Storage Facilities. USDA Agric. Res. Serv. Misc. Pub 1 No. 51-46, 6 pp.
- Jay, E.G. and G.C. Pearman, Jr., 1973. Carbon Dioxide for Control of an Insect Infestation in Stored Corn (maize). J. Stored Prod. Res., 9, 25-29.
- Navarro, S. and M. Calderon, 1973. Carbon Dioxide and Relative Humidity : Interrelated Factors Affecting the Loss of Water and Mortality of *Ephestia cautella* (Walker) (Lepidoptera : Phycitidae). Israel J. Ent., 8, 143-152.
- Navarro, S. and M. Calderon, 1974. Exposure of *Ephestia cautella* (WLK.) Pupae to Carbon Dioxide Concentrations at Different Relative Humidities : The Effect on Adult Emergence and Loss in Weight. J. Stored Prod. Res., 10, 237-241.

- Navarro, S. and M. Calderon, 1980. Integrated Approach to the Use of Controlled Atmospheres for Insect Control in Grain Storage. pp. 73-78 In. (Ed.: Shejbal, J.) Developments in Agricultural Engineering 1, Controlled Atmosphere Storage of Grains. Elsevier Sci. Pub. Co., Amsterdam, VIII + 608 pp.
- Navarro, S., M. Gonen and A. Schwartz, 1979. Large Scale Trials on the Use of Controlled Atmospheres for the Control of Stored Grain Insects. Proc. 2nd. Inter. Work. Conf. Stored-Prod. Entomol., Ibadan Nigeria (1978), pp. 198-217.
- Oxley, T.A. and G. Wickenden, 1963. The Effect of Restricted Air Supply on Some Insects Which Infest Grain. Ann. Appl. Biol., 51, 313-324.
- Shejbal, J. 1979. Preservation of Cereal Grains in Nitrogen Atmospheres. Resource, Recovery and Conservation, 4, 13-29.
- Shejbal, J.A. Tonolo and G. Carari, 1973. Conservation of Wheat in Silos Under Nitrogen. Ann. Technol. Agric., 22, 773-785.
- Storey, C., 1973. Exothermic Inert-Atmosphere Generators for Control of Insects in Stored Wheat. J. Econ. Ent., 66, 511-514.
- Storey, C., 1980. Mortality of Various Stored Product Insects in Low Oxygen Atmospheres Produced by An Exothermic Inert Atmosphere Generator. pp. 85-92. In (Ed.: Shejbal, J.) Developments in Agricultural Engineering 1, Controlled Atmosphere Storage of Grains. Elsevier Sci. Pub. Co., Amsterdam, VIII + 608 pp.
- Tunç, İ., 1983 a. The Effect of Low Oxygen-and High Carbon Dioxide Atmospheres on the Eggs and Larvae of *Plodia interpunctella* (Hübner). Z. Angew. Ent., 95, 53-57.
- Tunç, İ., 1983 b. Mortality of *Tribolium confusum* du Val. (Col., Tenebrionidae) Adults in Various Atmospheric Gas Compositions. Ibid, 95, 263-267.
- Tunç, İ. Ch. Reichmuth and R. Wohlgemuth, 1982. A Test Technique to Study the Effects of Controlled Atmospheres on Stored Product Pests. Ibid, 93, 493-496.
- Tunç, İ. and S. Navarro, 1983. Sensitivity of *Tribolium castaneum* Eggs to Modified Atmospheres. Ent. Exp. Appl., 34, 221-226.

