

SUSAM (*Sesamum indicum* L.)'DA ÇİÇEKLENME, DÖLLENME VE KAPSÜL  
GELİŞİMİ ÜZERİNE ARAŞTIRMALAR

Hasan BAYDAR Gülhan ERCAN Kenan TURGUT

Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü  
Antalya-TÜRKİYE

**Özet:** Bu çalışmada, susamda çiçeklenme modelinin belirlenmesi, tozlaşmadan döllenmeye kadar geçen sürenin ve bu sürede döl tutma oranının saptanması, döllenme sonrası kapsül gelişiminin incelenmesi amaçlanmıştır. Çiçeklenme modeli Muganlı-57 (*tek kapsüllü*) ve Çamdibi (*üç kapsüllü*) çeşidinde, döllenme ve kapsül gelişimi ise Muganlı-57 çeşidinde araştırılmıştır.

Tek kapsüllü tiplerde çiçeklenme modelinin, üç kapsüllü tiplere göre daha düzenli ve basit olduğu saptanmıştır. Susam çiçeğinde tozlaşmadan ortalama 5.5 saat sonra polen tüpünün ovaryuma ulaştığı, tozlaşmadan yaklaşık 11 saat sonra ise döllenmenin tamamlandığı saptanmıştır. Döllenmemiş fakat tozlaşma ile uyarılmış yumurtalarda karpel gelişimi başlatılmış, fakat bu gelişme kısa bir süre sonra durmuştur. Oysa döllenmiş yumurtalardaki gelişim tozlaşmadan sonraki 4. günden itibaren belirgin bir artışla 30. günde maksimuma ulaşmıştır.

Studies on Flowering, Fertilization and Capsule Development  
of Sesame (*Sesamum indicum* L.)

**Abstract:** In this study, it was aimed to determine the flowering pattern, the time from pollination to fertilization and the percentage of seed set during this time and also the capsule development after fertilization in sesame. The flowering pattern was studied in *Muganlı-57* and *Çamdibi* varieties (with *mono* and *tri* capsules per leaf axil, respectively) and fertilization and capsule development were studied in only *Muganlı-57*.

Flowering pattern of *mono*-capsule type was very regular and simple in comparison with that of *tri*-capsule type. It was determined that pollen tubes reached ovary within about 5.5 hours and fertilization was completed within about 11 hours after pollination. In unfertilized but induced by pollinated ovaries, carpel development was initiated but this development stopped in a short time. However, fertilized ovaries rapidly developed especially after 4th day and reached maximum size in the 30th day after pollination.

## Giris

Susam (*Sesamum indicum* L.) *Pedaliaceae* familyasından yüksek kalitede ve yüksek oranda yağ içeren önemli bir yağ bitkisidir. Susam sürekli büyüme gösteren *indeterminant* tip bir bitki olduğundan, bir taraftan büyüme bir taraftan da çiçeklenme devam etmektedir. Kantitatif kısa gün bitkisi olan susamın çiçeklenmesi genelde çıkıştan 5-6 hafta sonra başlamakta, hava ve toprak nemi uygun olduğu sürece, olgunlaşmaya kadar devam etmektedir. Çiçeklenmenin bu kadar uzun bir periyotta devam etmesinin bitkide heterojen olgunlaşma gibi tarımsal yönden olumsuz, sürekli çiçek bulundurma gibi melezleme çalışmaları yönünden olumlu yönleri bulunmaktadır. Erkek ve dişi organları aynı çiçekte bulunan (*erselik*) susam bitkisi, kendine tozlaşan bitkiler arasında gösterilirse de, %0-65 arasında yabancı tozlaşabilmektedir (1).

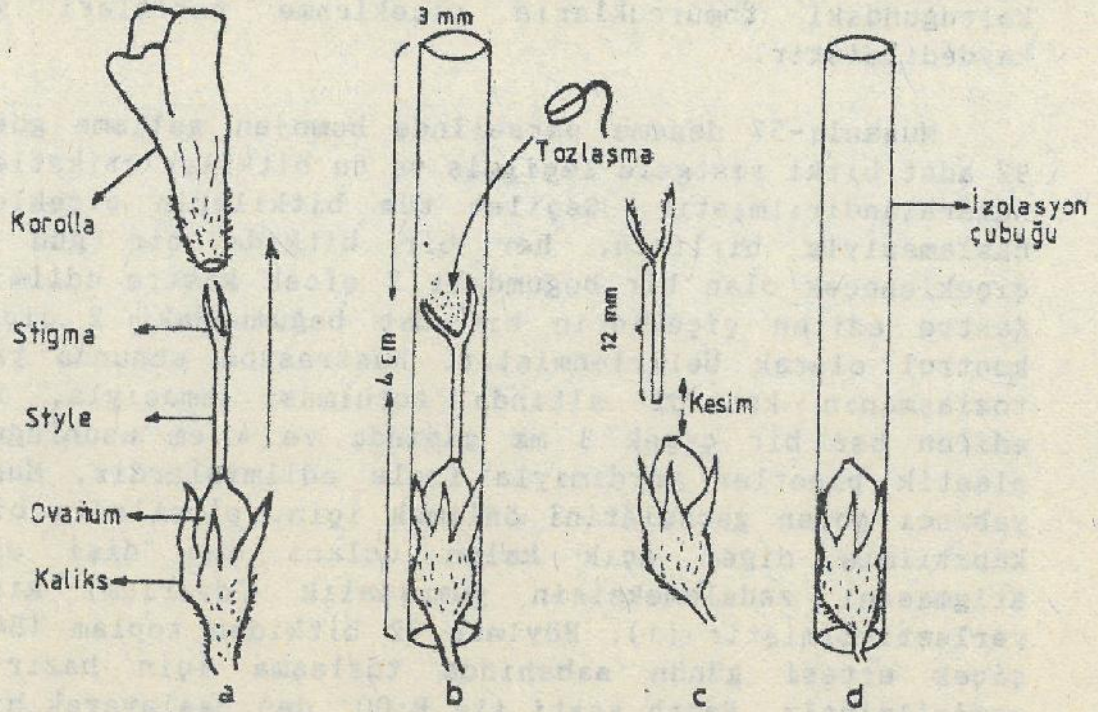
Diğer bir çok kendine döllenene kültür bitkisinde olduğu gibi, susamda da en etkin genetik varyabilite yaratma yollarından birisi kontrollü melezlemelerdir (2). Susam melezleme çalışmalarında geniş melez popülasyonlarının oluşturulması özellikle bol miktarlarda ve gerçek  $F_1$  hibridlerinin üretimini gerektirir. Bundan başka  $F_1$  hibrid susam çeşitlerinin geliştirilmesi için son yıllarda heterosis ıslahı üzerinde de yoğun çalışmalar yapılmakta, özellikle pratik ve ekonomik hibrid tohum üretim olanakları araştırılmaktadır (3). Bundaki başarı ise her şeyden önce bitkinin çiçeklenme, tozlaşma, döllenme ve kapsül gelişim fizyolojisinin çok iyi bilinmesine bağlıdır.

## Materyal ve Metot

Araştırma 1995 yılında Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü deneme tarlasında yürütülmüştür. Materyal olarak Muganlı-57 ve Çamdibi çeşitleri kullanılmıştır. Muganlı-57 çeşidi BMB tipinde (*Bicarpellata*, *Mono-capsulle*, *Branching*), Çamdibi ise BTB tipinde (*Bicarpellata*, *Tri-capsulle*, *Branching*) bir çeşittir. BMB tipinde her bir yaprak koltuğunda ortadaki tomurcuk çiçek olarak, diğer iki lateral tomurcuk ise nektar bezesi olarak gelişmektedir. Oysa BTB tipinde her üç tomurcuk da çiçek olarak geliştiğinden, bu tipte nektar bezesi bulunmamaktadır. Susamda çiçeklenmenin seyri her iki

bitki tipi de dikkate alınarak belirlenmiştir. Bu amaçla ilk çiçeklenen tomurcuktan başlayarak her bir yaprak koltuğundaki tomurcukların çiçeklenme tarihleri günlük kaydedilmiştir.

Muganlı-57 deneme parselinde homojen gelişme gösteren 92 adet bitki rastgele seçilmiş ve bu bitkiler etiketlenerek numaralandırılmıştır. Seçilen tüm bitkilerin çiçeklenmeye başlamasıyla birlikte, her bir bitkide bir gün sonra çiçeklenecek olan bir boğumdaki 2 çiçek kastre edilmiştir. Kastre edilen çiçeklerin bir üst boğumundaki 2 çiçek de kontrol olarak belirlenmiştir. Kastrasyon sonunda yabancı tozlaşmanın kontrol altında tutulması amacıyla, kastre edilen her bir çiçek 3 mm çapında ve 4 cm uzunluğundaki plastik pipetler yardımıyla izole edilmişlerdir. Muhtemel yabancı polen geçişlerini önlemek için, pipetlerin bir ucu kapatılmış diğer açık kalan ucları ise dişi organın stigmatını zedelemeksizin yumurtalık (*ovarium*) kısmına yerleştirilmiştir (1). Böylece 92 bitkiden toplam 184 adet çiçek ertesi günün sabahında tozlaşma için hazır hale getirilmiştir. Sabah saati ile 8:00' den başlayarak bir gün önceden kastre edilen çiçekler kendi polenleri ile tozlaştırılmış, ve her bir çiçek için tozlaşma zamanı saat ve dakika olarak kaydedilmiştir. Daha sonra ilk tozlaşma zamanını başlangıç kabul ederek, 12 saat boyunca yaklaşık 30 dakikalık aralıklarla 2 çiçeğin dışık borusu (*style*) yumurta ile birleşme yerlerinden bisturi ile kesilerek atılmıştır. Dışık borusunun yumurtaya bağlantı yerinden kesilerek atılmasının asıl amacı; polen tüpünün tozlaşmadan sonra dışık borusundan geçerek yumurtalığa ne zaman ulaştığının belirlenmesidir. Eğer tozlaşma ile dışık borusu kesimi arasındaki sürede polen tüpü yumurtalığa ulaşmış ise döllenme ve arkasından tohum oluşumu gerçekleşecektir. Aksi takdirde dışık borusuyla birlikte atılacağından döllenme ve tohum oluşumu gerçekleşmeyecektir. Her bir bitkide kontrol olarak seçilen çiçeklerde kastrasyon ve tozlaşma yapılmış, fakat dışık borusu kesimi yapılmamıştır. Bütün çiçeklerde dışık borusunun kesiminden hemen sonra tekrar pipetlerle izolasyona devam edilmiştir. Döllenme süresinin belirlenmesi için izlenen kastrasyon, tozlaşma, dışık borusu kesimi ve izolasyon işlemleri Şekil 1'de gösterilmiştir.

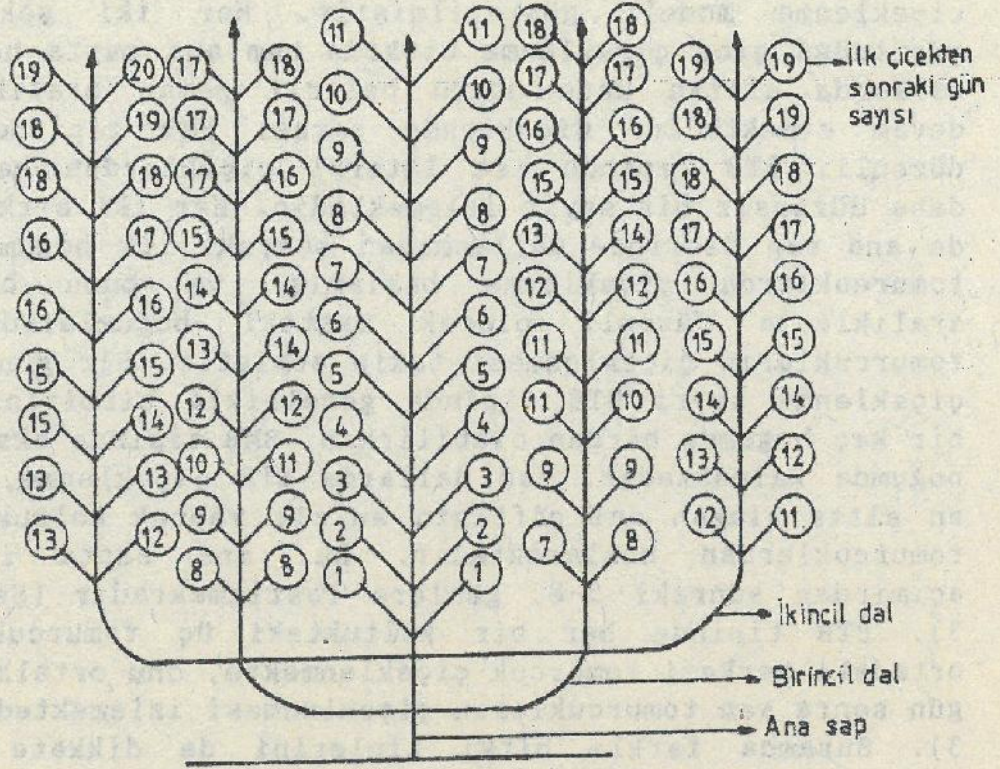


Şekil 1. Susam çiçeğinin kastrasyonu (a), izolasyonlu koşullarda tozlaşma (b), disicik borusu kesimi (c) ve izolasyonun devamı (d).

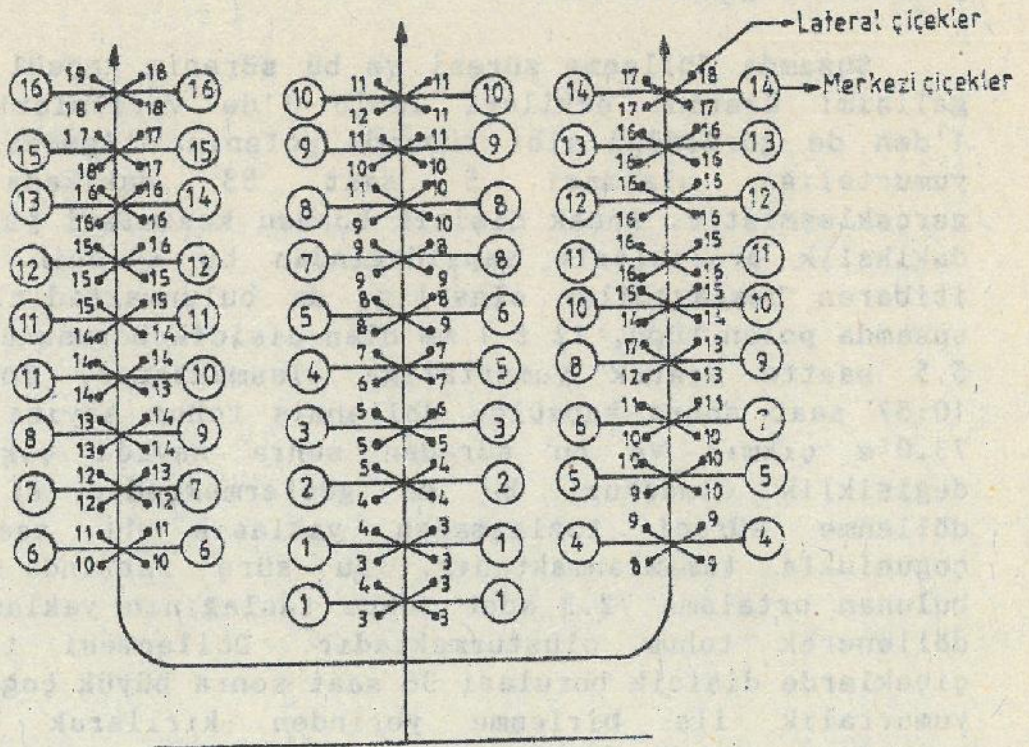
Döl tutma oranının belirlenmesi için muameleye tabi tutulan her bir çiçeğin kapsülünde oluşan tohumlar sayılmış, ve bu sayı aynı çiçeğin bir üst boğumunda kontrol olarak seçilen kapsüllerdeki tohum sayısı ile % olarak oranlanmıştır. Kapsüllerde oluşan tohumların birim tohum ağırlıkları mg olarak hesap edilerek, döl tutma oranı ile tohum gelişimi arasındaki ilişki saptanmaya çalışılmıştır. Döl tutma oranları bariz farklılık gösteren kapsüllerin döllenen sonraki 4'er günlük aralıklarla kapsül enleri ve boyları mm olarak ölçülmüş ve böylece kapsül gelişimleri belirlenmiştir.

### Bulgular ve Tartışma

Susam çiçekleri sabahın çok erken saatlerinde açtığından, dişi olarak seçilen çiçeklerin daha önceden henüz tomurcuk halindeyken kastre edilmesi önerilmektedir (1). Bu nedenle susam bitkisi üzerindeki çiçek tomurcuklarının çiçeklenme sırasının önceden bilinmesi, etkin ve hızlı hibrid tohum üretiminde büyük önem taşımaktadır.



Şekil 2. BMB Tipi susam bitkisinde (tek kapsüllü) çiçeklenme seyri



Şekil 3. BTB Tipi susam bitkisinde (üç kapsüllü) çiçeklenme seyri

Şekil 2 ve 3'de susamda iki farklı bitki tipinde çiçeklenme modeli gösterilmiştir. Her iki şekilden de görüldüğü gibi çiçeklenme bitkide hem ana sapta hem de yan dallarda alttan üste doğru belirli zaman aralıkları ile devam etmektedir. Çiçeklenme sırası BMB tipinde oldukça düzenli, BTB tipinde ise lateral çiçeklerden kaynaklanan daha düzensiz bir seyir izlemektedir. Her iki bitki tipinde de ana sap üzerinde dallanmadan sonraki ilk boğumda oluşan tomurcuklarda çiçeklenme başlamış, ve bunu birer gün aralıklarla düzenli olarak üstteki boğumlarada oluşan tomurcukların çiçeklenmesi takip etmiştir. Bir gün içindeki çiçeklenme seyri BTB tipinde genellikle birbirini izleyen bir kaç boğumda birden olabilirken, BMB tipinde ekseriye tek boğumda kalmaktadır. Yan dallarda ilk çiçeklenme, bitkinin en altta oluşan dal çiftinin en alt yaprak koltuklarındaki tomurcuklardan başlamaktadır. Bu, ana sapta ilk çiçek açımından sonraki 5-8. günlere rastlamaktadır (Şekil 2 ve 3). BTB tipinde her bir koltuktaki üç tomurcuktan önce ortadaki merkezi tomurcuk çiçeklenmekte, onu ortalama 3 ( $\pm$ 3) gün sonra yan tomurcukların çiçeklenmesi izlemektedir (Şekil 3). Susamda farklı bitki tiplerini de dikkate alınarak saptanan bu çiçeklenme seyri, Kang ve Lee (4) tarafından yapılan benzer bir çalışmadan elde edilen sonuçlarla yakın paralellik göstermiştir.

Susamda döllenme süresi ve bu sürenin kapsül ve tohum gelişimi üzerine etkileri Tablo 1'de verilmiştir. Tablo 1'den de görüldüğü gibi susamda polenin stigmada çimlenip yumurtalığa ulaşması 5 saat 53 dakikada (5:53) gerçekleşmiştir. Ancak dişiçik borusu kesimleri yaklaşık 30 dakikalık aralıklarla yapıldığından bu sürenin 5:23 den itibaren başlayabilme olasılığı da bulunmaktadır. Böylece susamda polen tüpü,  $12 \pm 1$  mm olan dişiçik borusunu ortalama 5.5 saatte aşarak yumurtalığa ulaşmaktadır. Tozlaşmadan 10:57 saat sonra kapsülde döllenmiş tohum sayısı 19.2'den 73.0'e çıkmış ve bu süreden sonra sayıda çok az bir değişiklik olmuştur. Bu da göstermektedir ki susamda döllenme süreci tozlaşmadan yaklaşık 11 saat sonra çoğunlukla tamamlanmaktadır. Bu süre zarfında kapsülde bulunan ortalama 72.3 adet tohum taslağının yaklaşık %95'i döllenerek tohum oluşturmaktadır. Döllenmesi tamamlanan çiçeklerde dişiçik boruları 36 saat sonra büyük çoğunluğunun yumurtalık ile birleşme yerinden kırılarak dökülmeye başladığı, ancak döllenmenin olmadığı yada eksik kaldığı durumlarda dişiçik borusunun daha uzun bir süre canlı

kalarak polen beklediği gözlenmiştir. Çiçek açımından sonraki 12 saat içinde ise taç yaprakların tamamına yakınının rüzgarın da yardımıyla döküldüğü izlenmiştir. Yermanos (1) susamda polenin stigma üzerinde 1-2 saat içinde çimlenip 4 saat içinde polen tüpünü yumurtalığa taşıdığını ve döllenmenin 6-24 saat içinde tamamlandığını bildirmiştir. Arılar gibi tozlayıcı vektörlerin susamda doğal yabancı tozlaşma oranını artırmasında, stigmanın uzun sayılabilecek bir süre polen kabul etmesinin de etkisi kuşkusuz önemli olmaktadır.

Tablo 1. Susamda Döllenme Süresi ve Bu Sürenin Kapsül ve Tohum Gelişimi Üzerine Etkileri.

| Tozlaşma saati | Style Kesimi | Park (saat) | Kapsül gelişimi | Kapsülde tohum sayısı |            |      | Döl tutma oranı % | Birim Tohum ağırlığı, mg |
|----------------|--------------|-------------|-----------------|-----------------------|------------|------|-------------------|--------------------------|
|                |              |             |                 | Muameleler            | Kontroller | Fark |                   |                          |
| 8:06           | 9:06         | 1:00        | yok             | -                     | -          | -    | -                 | -                        |
| 8:08           | 9:38         | 1:30        | yok             | -                     | -          | -    | -                 | -                        |
| 8:10           | 10:10        | 2:00        | yok             | -                     | -          | -    | -                 | -                        |
| 8:12           | 10:42        | 2:30        | yok             | -                     | -          | -    | -                 | -                        |
| 8:14           | 11:20        | 3:06        | yok             | -                     | -          | -    | -                 | -                        |
| 8:20           | 11:50        | 3:30        | yok             | -                     | -          | -    | -                 | -                        |
| 8:21           | 12:20        | 3:59        | yok             | -                     | -          | -    | -                 | -                        |
| 8:22           | 12:46        | 4:24        | yok             | -                     | -          | -    | -                 | -                        |
| 8:25           | 13:18        | 4:53        | yok             | -                     | -          | -    | -                 | -                        |
| 8:27           | 13:50        | 5:23        | yok             | -                     | -          | -    | -                 | -                        |
| 8:30           | 14:23        | 5:53        | var             | 19.2                  | 68.4       | 49.2 | 28.1              | 4.42                     |
| 8:32           | 14:55        | 6:23        | var             | 31.0                  | 70.0       | 39.0 | 44.3              | 4.00                     |
| 8:34           | 14:27        | 6:53        | var             | 34.3                  | 69.7       | 35.4 | 49.2              | 3.90                     |
| 8:36           | 15:59        | 7:23        | var             | 35.0                  | 75.1       | 40.1 | 46.6              | 3.92                     |
| 8:41           | 16:44        | 8:03        | var             | 48.3                  | 82.4       | 34.1 | 58.6              | 4.00                     |
| 8:42           | 17:13        | 8:33        | var             | 60.4                  | 72.0       | 11.6 | 83.8              | 3.89                     |
| 8:45           | 17:47        | 9:02        | var             | 61.0                  | 68.0       | 7.0  | 89.7              | 3.63                     |
| 8:46           | 18:17        | 9:31        | var             | 64.0                  | 77.0       | 13.0 | 83.3              | 3.74                     |
| 8:48           | 18:48        | 10:00       | var             | 61.5                  | 65.4       | 3.9  | 94.0              | 3.40                     |
| 8:53           | 19:22        | 10:29       | var             | 58.8                  | 63.0       | 4.2  | 93.3              | 3.79                     |
| 8:55           | 19:52        | 10:57       | var             | 73.0                  | 76.3       | 3.3  | 95.6              | 3.89                     |
| 8:56           | 20:23        | 11:27       | var             | 72.9                  | 76.2       | 3.3  | 95.6              | 3.70                     |
| 8:57           | 20:57        | 12:00       | var             | 73.3                  | 77.1       | 3.8  | 95.1              | 3.77                     |

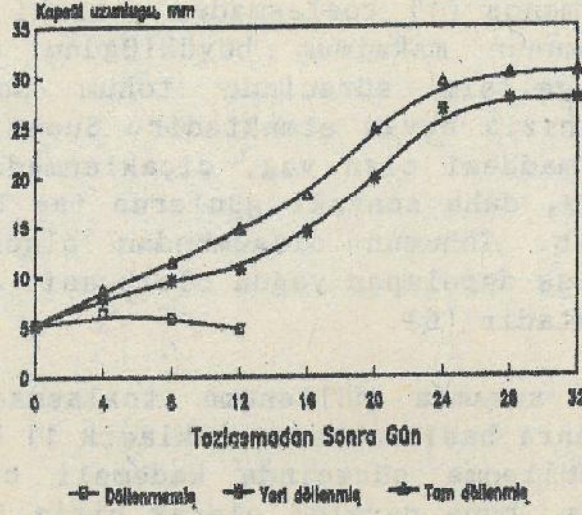
Bikarpelli (4-lokuslu) susamlarda her bir kapsülde 50-100 arasında, ortalama 75 adet tohum oluşmaktadır. Bu sayı quadrikarpelli (8-lokuslu) susamlarda 160'a kadar çıkmaktadır. Bikarpelli olan Muganlı-57 çeşidinde Tablo 1'de de görüldüğü gibi kontrol olarak seçilen kapsüllerde 63.0-82.4 arasında ortalama 72.3 adet tohum oluşmuştur. Her bir tohum bir yumurtanın döllenmesi ile oluştuğuna göre, bütün yumurtaların döllenmesi için en az yumurta sayısı kadar polen tüpünün çim borusundan geçerek yumurtaya ulaşması

beklenir. Muameleye tabi tutulmuş kapsüllerde ise döllenenin başlamasından tamamlanmasına kadar geçen sürede kademeli olarak tohum sayısı 19.2'den 73.3'e kadar yükselmiştir. 19.2 adet tohumun olduğu kapsüllerde birim tohum ağırlığı 4.42 mg olarak, 73.3 adet tohumun olduğu kapsüllerde ise birim tohum ağırlığı 3.77 mg olarak saptanmıştır (Tablo 1). Bu sonuç, kapsülde döl tutma oranı ile birim tohum ağırlığı arasındaki ilişkiyi yeterince açıklamaktadır.

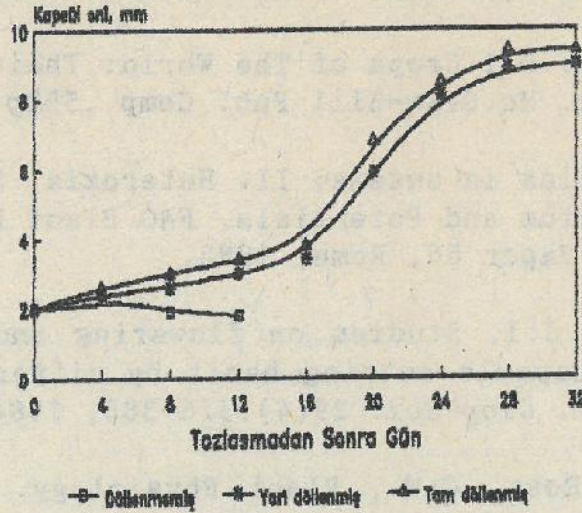
Şekil 4 ve 5'de susamda tozlaşmadan sonraki dönemlerde döllenenmiş, yarı döllenenmiş ve tam döllenenmiş kapsüllerde boyuna ve enine büyüme seyri gösterilmiştir. Yumurtalığın döllenenmesi sonucunda karpel dokusunun gelişmesi ile susamda kapsül olarak adlandırılan meyva meydana gelmektedir. Şekil 4'den de görüldüğü gibi susamda kapsül büyümesi tozlaşmadan yaklaşık 4 gün sonra belirgin olarak görülebilmektedir. Tozlaşma olmuş fakat döllenenmesi engellenmiş çiçeklerde, yumurtalık döllenenme öncesi büyüklüğüne göre biraz daha irileşmekte fakat bir süre sonra büyümesini durdurmaktadır. Döllenenmenin olmamasına karşın yumurtadaki bu uyarılma polenin yumurtada karpel gelişimini uyarıcı etkisinden kaynaklanabilir. Çünkü yumurtalıkta oksin seviyelerinin polenden gelen bazı sinyallerle hızla artış gösterdiği ve artan oksin seviyelerinin karpel gelişimini başlattığı ileri sürülmektedir (5). Oysa döllenenmesi yarı ve tam olan kapsüller hızlı bir gelişme ile maksimum büyüklüklerine tozlaşmadan sonra 30. günde ulaşmışlardır (Şekil 4 ve 5).

Eksik döllenenmiş kapsüllerle tam döllenenmiş kapsüller arasındaki gelişme farklılıkları daha çok döl tutma farklılıklarından ileri gelmektedir. Döl tutma oranı arttıkça kapsül büyüme ve gelişimi de hızlı olmaktadır. Benzer sonuçlarla Salibury ve Ross (5) meyve büyümesinin meyvede bulunan tohum sayısı ile doğru orantılı olarak geliştiğini, döllenenmiş tohumların daha çok embriyosundan salgılanan oksin ve gibberellinlerin yumurtalık çeperini uyararak meyve gelişimini hızlandırdığını bildirmişlerdir.





Sekil 4. Susamda döllenmemiş, yarı döllenmiş ve tam döllenmiş kapsüllerin tozlaşmadan sonraki uzunluğuna gelişimi



Sekil 5. Susamda döllenmemiş, yarı döllenmiş ve tam döllenmiş kapsüllerin tozlaşmadan sonraki enine gelişimi

Susamda tozlaşma ve onu izleyen döllenme sonrası dönemlerde kapsül gelişimine paralel olarak tohum gelişimi de sürmektedir. Yermanos (1) tozlaşmadan sonraki 4-6 hafta içinde susam tohumunun maksimum büyüklüğüne ulaştığını bildirmiştir. Bu gelişim sürecinde tohum depo besin maddeleri akışı da hızla devam etmektedir. Susam tohumunun başlıca depo besin maddesi olan yağ, çiçeklenmeden sonraki 50. güne kadar artış, daha sonraki günlerde ise bir miktar düşüş göstermektedir. Tohumun oluşumundan olgunlaşmasına kadar geçen sürede ise depolanan yağda oleik asit azalırken, linoleik asit artmaktadır (6).

Sonuç olarak; susamda döllenme tozlaşmadan sonra ortalama 5.5 saat sonra başlamakta ve yaklaşık 11 saat sonra tamamlanmaktadır. Döllenme sürecinde kademeli olarak döl tutma oranı artmakta, buna paralel olarak birim kuru tohum ağırlığı azalmaktadır. Yumurtalığın kapsül olarak gelişimi tozlaşmadan sonraki 4. günden itibaren hızlı bir büyüme ile başlamakta ve 30. günde maksimum büyüklüğüne ulaşmaktadır.

#### Kaynaklar

1. Yermanos, D.M., Sesame. Hybridization of Crop Plants. American Soc. of Agronomy, Madison-Wisc., USA, 1980.
2. Ashri, A., Sesame. Oil Crops of The World: Their Breeding and Utilization. Mc.Graw-Hill Pub. Comp., 552p, 1989.
3. Osman, H.E., Studies in sesame: II. Heterosis. Sesame and Safflower : Status and Potentials. FAO Plant Production and Protection Paper 66, Rome, 1985.
4. Kang, C.W., Lee, J.I, Studies on flowering and maturity in sesame II. Capsule setting habit by different plant types. *Korean J. Crop Sci.* 29(4):376-385, 1984.
5. Salisbury, F.B., Ross, C.W., Plant Physiology. Wadsworth Publishing Comp., 540p, U.S.A., 1985.
6. Turgut, I., Baydar, H., Marquard, R., Susamda (*Sesamum indicum* L.) yağ ve yağ asitlerinin morfogenetik ve ontogenetik varyabilitesi. *Tr.J.of Agriculture and Forestry* 20:459-462, 1996.