



## **Mısırdada (*Zea mays*) Büyüme ve Gelişim**

**Doç. Dr. Yüksel KAYA**

**Siirt Üniversitesi**

**Ziraat Fakültesi**

**Tarla Bitkileri Bölümü**

**Temmuz 2020**

**E-Kitap: 1**

### **Kaynak gösterme (atıf yapma şekli)**

Kaya, Y. 2020. Mısırdada (*Zea mays*) büyüme ve gelişim. E-Kitap: 1 (309 sayfa). Siirt Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Siirt.

## Güncelleme

Bu e-kitap sizlerden gelecek öneriler, düşünceler, görüşler ve eleştirilerle sürekli güncellenecektir.

Lütfen e-posta ile ulaşınız: [y.kaya@siirt.edu.tr](mailto:y.kaya@siirt.edu.tr)

Bu kitabın güncel e-baskısına ulaşmak için belirli aralıklarla sitemizi ziyaret etmenizi tavsiye ederiz.

**Güncelleme tarihleri**

**20 Temmuz 2020**

## Yasal Uyarı

Bu e-kitabın yazarı, kitabın sadece metin kısmı için telif hakkı iddiasında bulunabilir. Bu e-kitap içerisindeki fotoğrafların telif hakları, bu e-kitabın yazarına ait değildir ve hiçbir hak iddia edemez.

Bu e-kitap içerisindeki fotoğraflar, bu e-kitaba atıf yapılarak kullanılamaz. Fotoğrafları kullanmak için orijinal eserlerden/sahiplerinden izin alınmalıdır.

Bu e-kitabın metin kısmı, resmi eğitim veren kurum ve kuruluşların eğitimlerinde kullanılabilir ve/veya çoğaltılabilir.

Bu e-kitap içerisinde verilen herhangi bir kurum/kuruluş/şirket ile bu e-kitabın yazarı arasında hiçbir çıkar çatışması/çatışması bulunmamaktadır.

## Teşekkür

Bu e-kitapta verdiğimiz bilgilerin çoğunu, Amerika Birleşik Devletleri (ABD) Purdue Üniversitesi'nden Prof. Dr. R. L. (Bob) Nielsen tarafından hazırlanan internet sitesinden (<https://www.agry.purdue.edu/ext/corn/cornguy.html>) oluşturduk. Bilgi ve deneyimlerini tüm dünya ile paylaşan Sayın Prof. Dr. R. L. (Bob) Nielsen'a, kendi söylemiyle Mısır Adam'a (Corn Guy) çok teşekkür ederiz.

Bu e-kitapta verilen 'Mısırın Büyüme ve Gelişimini Tanımlama Yöntemi', ABD Iowa Eyalet Üniversitesi tarafından geliştirilmiştir. Aşağıdaki internet bağlantısından orijinal kitabın e-kopyasına ulaşabilirsiniz.

<https://store.extension.iastate.edu/product/Corn-Growth-and-Development>

Orijinal eser: Abendroth, L.J., R.W. Elmore, M.J. Boyer, and S.K. Marlay. 2011. Corn growth and development. PMR 1009. Iowa State University Extension, Ames, Iowa.

Bu e-kitabın sulama kısmı, Siirt Üniversitesi Ziraat Fakültesi Biyosistem Mühendisliği Bölümünden Doç. Dr. Ali Beyhan UÇAK'ın yardımlarıyla hazırlanmıştır. Değerli Hocama katkılarından dolayı şükranlarımı arz ederim.

Tarım Bakanlığının 'Mısırın Entegre Mücadele Teknik Talimatı' adlı kitabından da bahsetmeden geçemeyeceğim. Çünkü mısırdaki hastalıklar, zararlılar ve yabancı otlarla nasıl mücadele edileceğini anlatan harika bir kitap... Hazırlayanlara çok teşekkür ederiz.

Ülkemizde pek çok mısır ıslahçısı, agronomisti, entomologu, patoloğu, kalitecisi, tüccarı, üreticisi, danışmanı, teknik elemanı ve akademisyeni vardır. Onların sayesinde ülkemizin verim ortalaması, dünya ortalamasının üstündedir. Mısıra emek verenlere çok teşekkür ederiz.

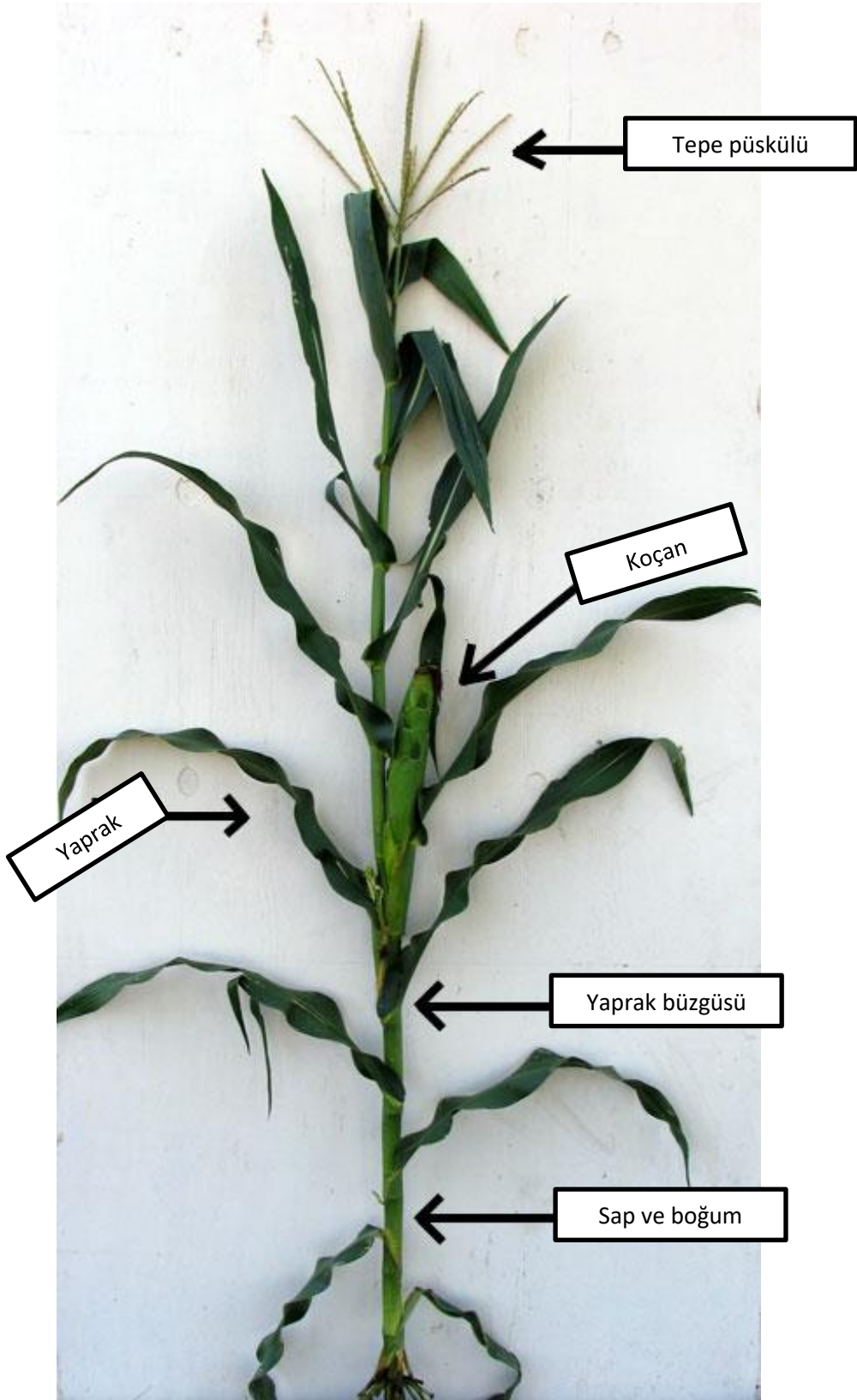
Rahmetli Prof. Dr. Yusuf KIRTOK'a 1998 yılında basılan 'Mısır' adlı kitabı için çok teşekkür ederiz. Çünkü aradan geçen onca yıla rağmen Sayın KIRTOK'un kitabı kadar, değerli bilgileri içeren henüz yeni bir kitap yazılamamıştır.



## İçindekiler

|  |     |
|--|-----|
| Tane.....  | 8   |
| Sıcaklık isteği (GDU, GGD, TU, Crop heat units)..... | 11  |
| Ekim.....  | 19  |
| Çimlenme .....                                       | 24  |
| Kökler .....   | 29  |
| Kardeşlenme .....                                    | 38  |
| Büyüme ve Gelişim Dönemleri .....                    | 40  |
| Vegetatif Dönemler .....                             | 40  |
| Çıkış dönemi (VE) .....                              | 40  |
| Bir yapraklı dönem (V1).....                         | 51  |
| İki yapraklı dönem (V2) .....                        | 57  |
| Üç yapraklı dönem (V3) .....                         | 59  |
| Dört yapraklı dönem (V4).....                        | 61  |
| 5 Yapraklı Dönem (V5).....                           | 64  |
| 6 Yapraklı Dönem (V6).....                           | 67  |
| 7 ve 8 yapraklı (V7 ve V8) dönemler .....            | 73  |
| 11 ve 12 yapraklı dönemler (V11-V12).....            | 85  |
| 15 yapraklı dönem (V15) .....                        | 90  |
| 18 yapraklı dönem (V18) .....                        | 96  |
| Tepe püskülü çıkarma (VT) dönemi.....                | 104 |
| Generatif Dönemler.....                              | 125 |
| Koçan püskülü çıkarma (R1) dönemi.....               | 126 |
| Kabarcık (Blister) dönemi (R2) .....                 | 182 |
| Süt olum dönemi (R3).....                            | 187 |
| Hamur (sarı) olum dönemi (R4).....                   | 193 |
| Diş (dent) olum dönemi (R5) .....                    | 198 |
| Fizyolojik olum dönemi (R6).....                     | 206 |
| Hasat olum dönemi.....                               | 215 |
| Yetiştirme Teknikleri.....                           | 217 |
| Bitkide ve tanede kuru madde birikimi .....          | 218 |
| Besin elementlerinin alımı ve kullanımı.....         | 220 |
| Sulama.....  | 240 |
| Bitkisel karakterler.....                            | 290 |

**Bu e-kitapta sadece at dişi mısırın (*Zea mays indentata*) büyüme ve gelişme dönemleri hakkında bilgi verilmiştir.**



<http://passel-test.unl.edu/beta/Image/siteImages/CornPlantCBLG.jpg>



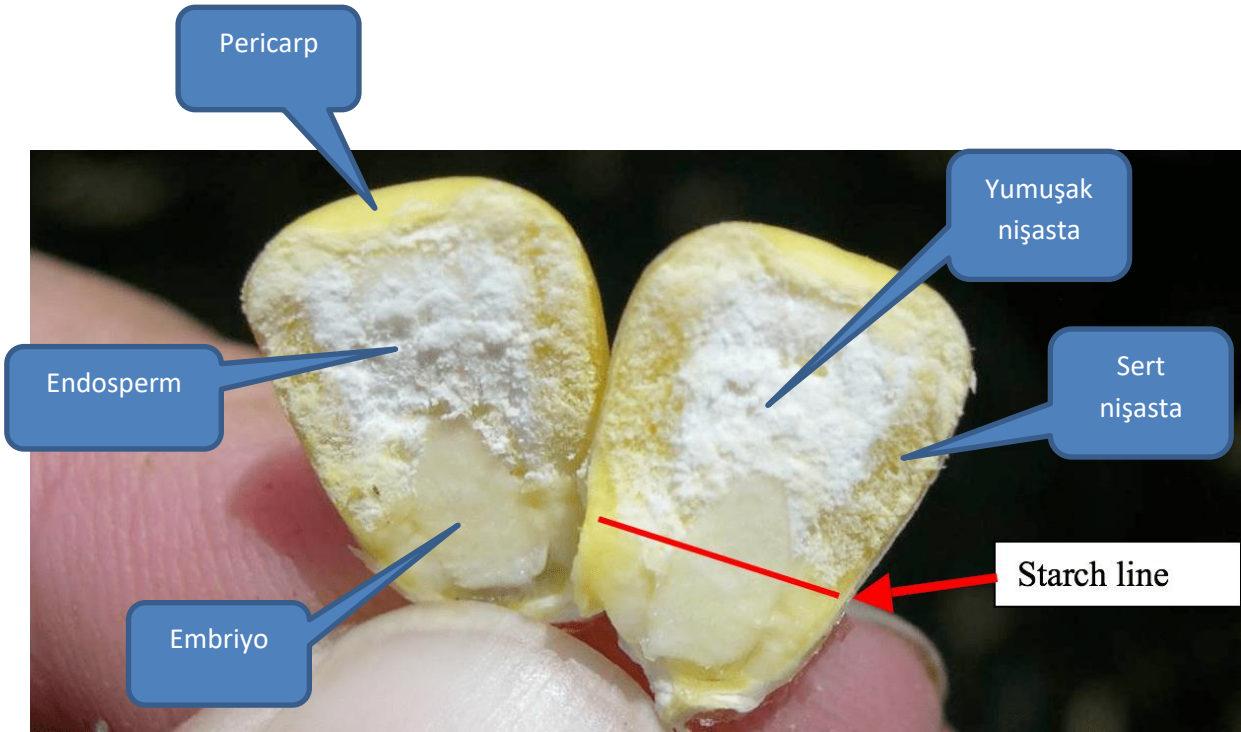
<https://u.osu.edu/mastercorn/mixed-kernel-colors/>

At dişi mısır koçanları

## Tane

At dişi mısır tanesinin içeriğinde (tüm tanede %, kuru madde üzerinden) %68-74 nişasta, %4-6 yağ ve %8-11 protein bulunmaktadır. Protein ve yağın çoğu embriyoda bulunur. Embriyo tüm tohumun %11-12'sini kaplar. Fakat mısırın üretim amacı, sahip olduğu nişastasıdır. Silajı ve tanesi hayvan beslemede temel enerji (karbonhidrat) kaynağıdır. Mısırın dünya üretiminin %85'ten fazlası sadece hayvan beslemede kullanılır.

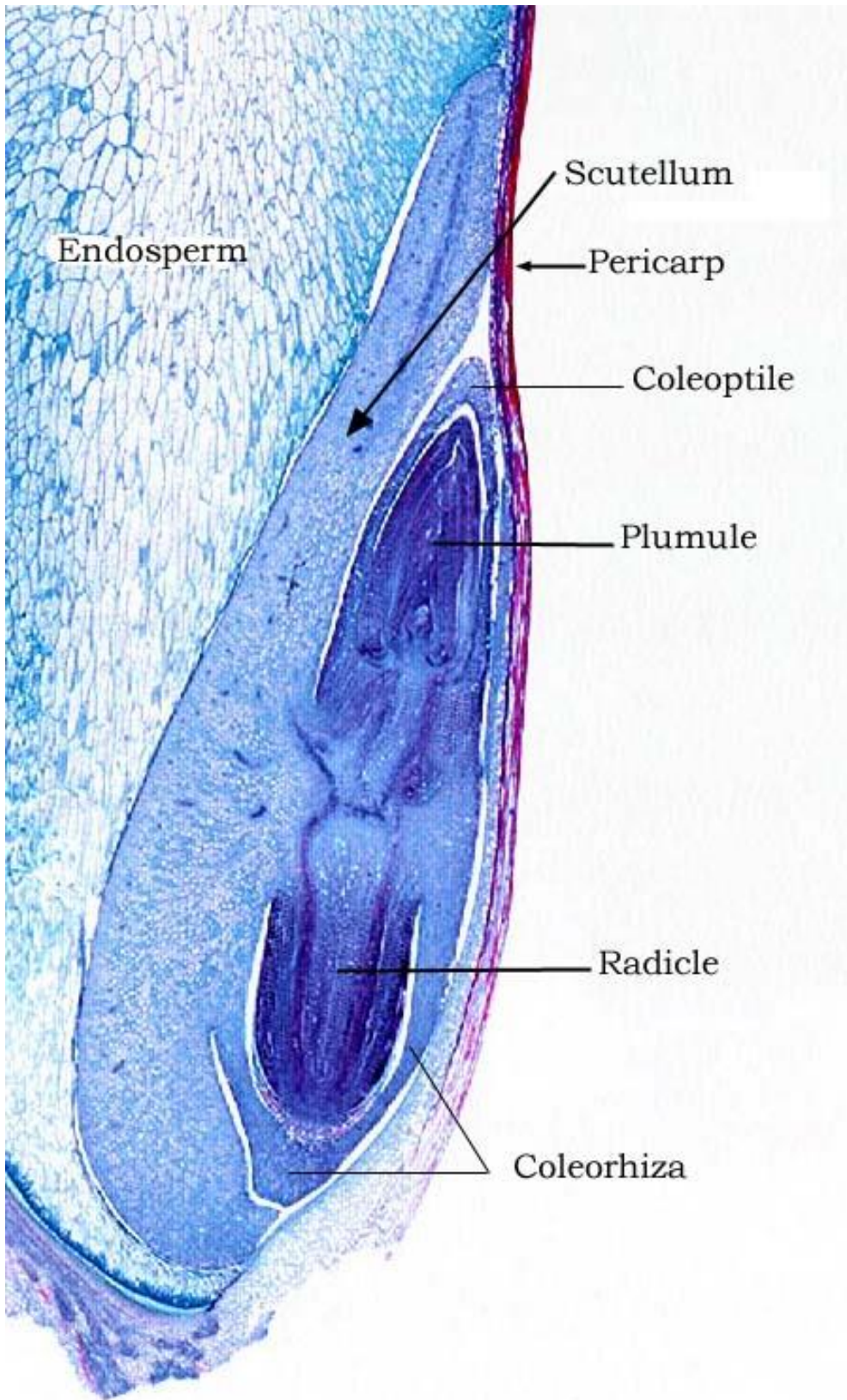
<https://www.elsevier.com/books/starch/bemiller/978-0-12-746275-2>



<https://cornsouth.com/wp-content/uploads/2019/07/figure-1-starch-line.png>

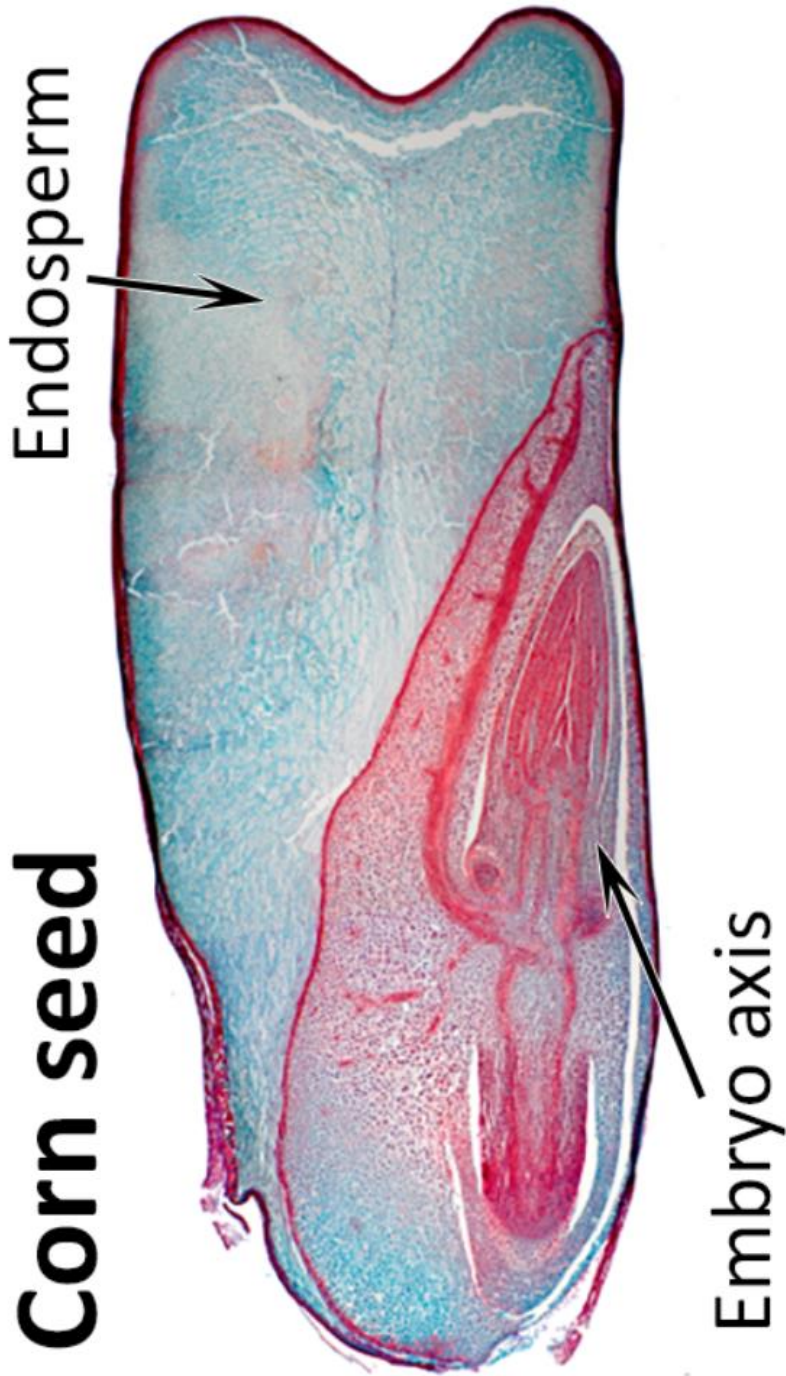
At dişi mısır tanesinin kısımları





<http://botit.botany.wisc.edu/Resources/Systematics/Magnoliophyta/Liliopsida/Poales/Poaceae/Zea/Zea%20%20mays/Corn%20embryo%20MC%20.jpg.html>

Embriyonun kısımları



<https://irrecenvhort.ifas.ufl.edu/plant-prop-glossary/01-biology/02-cell-types/07-celltypes-parenchyma.html>

At dişi mısır tanesinin boyuna kesiti

## Sıcaklık isteği (GDU, GGD, TU, Crop heat units)

Ülkemizde mısır (*Zea mays*) üzerine yazılmış kitap, makale vb. pek çok yayında mısırın toplam sıcaklık isteği (growing degree units-GDU, growing degree days-GDD, heat units-HU, thermal time-TT, thermal units-TU), 2500 ile 5000 olarak verilmektedir. ABD’de sıcaklık birimi olarak Celsius (°C) yerine Fahrenheit (°F) kullanılmaktadır. F değerleri üzerinden hesaplanmış toplam sıcaklık değerlerini veren makale veya kitaplardan alıntı yapılarak ülkemizde yazılan kitap veya makalelerde maalesef sıcaklık değerleri F’den C’ye dönüştürülmeden verilmektedir. Örneğin aşağıda verilen çizelge (Table 1 olarak verilen) soldan ikinci ve üçüncü sütundaki veriler F sıcaklık biriminde olup C’ye çevirmek için  $C = (F-32) \times 5/9$  formülünü kullanmak gerekmektedir.

**Table 1** Maize relative maturity rating systems: RM, GDUs, OCHUs, and FAO. (Adapted from Troyer 2000a)

| Minnesota Relative Maturity (days) | U.S. Growing Degree Days (GDUs) | Ontario Corn Heat Units (OCHUs) | FAO (units) |
|------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|-------------|
| 70                                 | 1650                            | 2100                            | 100         |
| 75                                 | 1750                            | 2300                            |             |
| 80                                 | 1850                            | 2500                            | 200         |
| 85                                 | 1950                            | 2600                            |             |
| 90                                 | 2050                            | 2700                            | 300         |
| 95                                 | 2150                            | 2800                            |             |
| 100                                | 2250                            | 2900                            | 400         |
| 105                                | 2350                            | 3200                            |             |
| 110                                | 2450                            | 3400                            | 500         |
| 115                                | 2550                            | 3500                            |             |
| 120                                | 2650                            | 3700                            | 600         |
| 125                                | 2750                            | 3900                            |             |
| 130                                | 2850                            | 4100                            | 700         |
| 135                                | 2950                            | 4300                            |             |
| 140                                | 3050                            | 4500                            | 800         |

Birim dönüştürmeleri için

<https://www.extension.iastate.edu/agdm/wholefarm/html/c6-80.html>

Yukarıda verilen Table 1 adındaki çizelge, aşağıda bağlantısı verilen kitabın 150. Sayfasından alınmıştır.

<https://www.springer.com/gp/book/9780387778624>

Mısırın 10 °C ile 30 °C arasında optimal yetiştiği bildiğinden dolayı, mısırın toplam sıcaklık isteğinin hesaplamasında bu iki sıcaklık değerleri alt ve üst sınırlar olarak kabul edilir.

Ülkemizde ekim, kasım, aralık, ocak, şubat, mart aylarında mısırın yetiştirilmesi mümkün değildir. Ege, Akdeniz ve Güneydoğu Anadolu Bölgelerinde mısırın mart ayında (özellikle 15 Marttan sonra) ekilmesi, ekim ayında tane olum dönemlerini geçirmesi mümkün olduğunda mısırın yetiştirme periyodu ılıman bölgelerimizde 7-8 ay, Marmara, Karadeniz ve İç Anadolu Bölgelerimizde 5-6 ay ve Doğu Anadolu Bölgemizde ise 4-5 ay kabul edilebilir.

Ülkemizde mısır yetiştiriciliği için en uygun toplam sıcaklık aralığı, 1300 ile 1600 °C yani FAO 500 ile FAO 700 grupları arasındır.

Mısırın doğru toplam sıcaklık isteğini öğrenmek için Ankara Tohum Tescil ve Sertifikasyon Merkezi Müdürlüğü'nün 'Mısır Teknik Talimatı'na başvurabilirsiniz.

[https://www.tarimorman.gov.tr/BUGEM/TTSM/Belgeler/Tescil/Teknik%20Talimatlar/S%C4%B1cak%20%C4%B0klm%20Tah%C4%B1lar%C4%B1/MISIR\\_TEKNIK\\_TALIMATI.pdf](https://www.tarimorman.gov.tr/BUGEM/TTSM/Belgeler/Tescil/Teknik%20Talimatlar/S%C4%B1cak%20%C4%B0klm%20Tah%C4%B1lar%C4%B1/MISIR_TEKNIK_TALIMATI.pdf)

### Sıcaklık isteğinin belirlenmesi

Mısır çimlenme, büyüme ve gelişmesini 10 °C (taban) ile 30 °C (tavan) sıcaklıklar arasında gerçekleştirir. Mısırın sıcaklık isteği hesaplanırken gün içerisinde 10 °C'den düşük ve 30 °C'den yüksek sıcaklıklar dikkate alınmaz.

Gün içerisinde sıcaklık örneğin 10 °C'den 5 °C'ye düşerse, GDU hesaplamasında minimum sıcaklık 5 °C değil, taban sıcaklık olan 10 °C alınır. Çünkü mısır 10 °C'den düşük sıcaklıklarda herhangi bir büyüme ve gelişme gösteremez.

Gün içerisinde sıcaklık örneğin 30 °C'den 37 °C'ye yükselirse, GDU hesaplamasında maksimum sıcaklık 37 °C değil, tavan sıcaklık olan 30 °C alınır. Çünkü mısır 30 °C'den yüksek sıcaklıklarda herhangi bir büyüme ve gelişim gösteremez.

GDU hesaplamasında kullanılan formül

$$GDU = (\text{Maksimum sıcaklık} + \text{Minimum sıcaklık})/2 - \text{taban sıcaklık}$$

GDU hesaplamasını bir örnek ile açıklayalım.

**Soru:** Aşağıda verilen günlerin mısır için GDU değerini hesaplayınız

| Günler    | Maksimum sıcaklık (°C) | Minimum sıcaklık (°C) | Taban sıcaklık (°C) | Tavan sıcaklık (°C) |
|-----------|------------------------|-----------------------|---------------------|---------------------|
| Pazartesi | 38                     | 12                    | -                   | 30                  |
| Salı      | 30                     | 8                     | 10                  | -                   |
| Çarşamba  | 28                     | 14                    | -                   | -                   |
| Perşembe  | 35                     | 7                     | 10                  | 30                  |



Günler için GDU hesaplaması

Pazartesi

Pazartesi gününde maksimum sıcaklık 38 °C olup, bu sıcaklık tavan sıcaklık sınırı olan 30 °C den yüksek olduğu için hesaplamada maksimum sıcaklık değeri olarak 30 °C alınır.

Pazartesi gününde minimum sıcaklık 12 °C olup, bu sıcaklık 30 °C den düşük ve taban sıcaklık olan 10 °C'den yüksek olduğu için hesaplamaya doğrudan dâhil edilir.

$$GDU = (30+12)/2-10 = 11$$

Salı

Salı gününde maksimum sıcaklık 30 °C olup, bu sıcaklık doğrudan hesaplamada maksimum sıcaklık olarak alınır.

Salı gününde minimum sıcaklık 8 °C olup, bu sıcaklık taban sıcaklık olan 10 °C'den düşük olduğu için hesaplamada minimum sıcaklık değeri olarak 10 °C alınır.

$$GDU = (30+10)/2-10 = 10$$

Çarşamba

Çarşamba gününde maksimum sıcaklık 28 °C olup, bu sıcaklık maksimum sıcaklık sınırı olan 30 °C'den düşük olduğu için doğrudan hesaplamada 28 °C maksimum sıcaklık olarak alınır.

Çarşamba gününde minimum sıcaklık 14 °C olup, bu sıcaklık 30 °C den düşük ve taban sıcaklık olan 10 °C'den yüksek olduğu için hesaplamaya doğrudan dâhil edilir.

$$GDU = (28+14)/2-10 = 11$$

Perşembe

Perşembe gününde maksimum sıcaklık 35 °C olup, bu sıcaklık 30 °C den yüksek olduğu için hesaplamada 30 °C (tavan) olarak alınır.

Perşembe gününde minimum sıcaklık 7 °C olup, bu sıcaklık taban sıcaklık olan 10 °C'den düşük olduğu için hesaplamada minimum sıcaklık olarak 10 °C alınır.

$$GDU = (30+10)/2-10 = 10$$

GDU değerlerinin hesaplamasına somut bir örnek verelim. Siirt'te mısır yetiştiriciliği için GDU değerinin hesaplamasını yapalım.

Siirt ili uzun yıllar (1939-2018) meteorolojik verileri

(Aşağıdaki çizelgede verilen sıcaklık değerleri, havada ölçülen değerlerdir. Toprak sıcaklığı değerleri değildir)

| Aylar   | Ortalama Sıcaklık (°C) | Ortalama En Yüksek Sıcaklık (°C) | Ortalama En Düşük Sıcaklık (°C) | Ortalama Güneşlenme Süresi (saat) | Ortalama Yağışlı Gün Sayısı | Aylık Toplam Yağış Miktarı Ortalaması (mm) |
|---------|------------------------|----------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------|--|
| Ocak    | 2.7                    | 6.6                              | -0.6                            | 3.6                               | 12.4                        | 96.3                                       |
| Şubat   | 4.2                    | 8.8                              | 0.5                             | 4.5                               | 12                          | 97.2                                       |
| Mart    | 8.3                    | 13.3                             | 4.1                             | 5.5                               | 14                          | 110.3                                      |
| Nisan   | 13.8                   | 19.2                             | 8.9                             | 6.5                               | 13.1                        | 104.2                                      |
| Mayıs   | 19.3                   | 25.2                             | 13.6                            | 8.9                               | 10.3                        | 63.1                                       |
| Haziran | 26                     | 32.2                             | 19                              | 11.6                              | 3.3                         | 8.6  |
| Temmuz  | 30.6                   | 37.1                             | 23.4                            | 12.1                              | 0.6                         | 1.6  |
| Ağustos | 30.1                   | 37                               | 23.2                            | 11.4                              | 0.6                         | 0.9  |
| Eylül   | 25.1                   | 32.2                             | 18.7                            | 9.9                               | 1.6                         | 4.8  |
| Ekim    | 18                     | 24.4                             | 12.7                            | 7.2                               | 7.2                         | 50.1                                       |
| Kasım   | 10.4                   | 15.4                             | 6.3                             | 5.2                               | 9                           | 81.6                                       |
| Aralık  | 4.8                    | 8.7                              | 1.6                             | 3.6                               | 11.5                        | 95.6                                       |
| Yıllık  | 16.1                   | 21.7                             | 11                              | 90                                | 95.6                        | 714.3                                      |

<https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?m=SIIRT>

Aralık, kasım, ocak, şubat ve mart aylarında ortalama en yüksek sıcaklıkların 6.6 °C ile 15.4 °C arasında, ortalama en düşük sıcaklıkların ise -0.6 °C ile 6.3 °C arasında olduğu görülmektedir. Bu sıcaklık dereceleri mısırın güvenli olarak yetiştirileceği sıcaklık derecelerinden (10 °C ile 30 °C arası) çok düşüktür. Dolayısıyla bu aylarda Siirt'te mısırın yetiştirilmesi mümkün değildir.

Geriye kalan 7 ayın (nisan, mayıs, haziran, temmuz, ağustos, eylül ve ekim) ortalama en yüksek sıcaklıkları 19.2 °C ile 37.1 °C arasında, ortalama en düşük sıcaklıkları ise 8.9 °C ile 23.4 °C arasında değişmektedir. Mısır yetiştiriciliği için bu sıcaklık aralıkları uygun görünmektedir. Fakat temmuz ve ağustos aylarındaki 37 °C'lik yüksek sıcaklıklar özellikle tozlanma ve dölllenmeyi olumsuz yönde etkilemektedir. Siirt'te ana ürün mısır yetiştiriciliğinde çiçeklenme döneminin temmuz ve ağustos aylarından önceye denk getirilmesi gerekmektedir.

Siirt'te güvenli bir ana ürün mısır yetiştiriciliği için nisan, mayıs ve haziran aylarında bitki tüm vegetatif gelişme dönemlerini (VE-VT) ve generatif dönemlerden de koçan püskülü çıkarma (R1) dönemini yani tozlanma ve dölllenme aşamalarını tamamlaması gerekir. Temmuz ve ağustos aylarında bitki sadece tane dolum dönemlerini (R2-R6) tamamlamalıdır. Tozlanma ve

döllenme süreçleri temmuz ve ağustos aylarına kadar uzarsa, yüksek sıcaklıktan dolayı polenler canlılıkları yitirmekte, koçan püsküllerinin uç kısımları kurumakta ve döllenme gerçekleşmediği için koçan üzerinde oluşan tane sayısı azalmaktadır. Yüksek sıcaklık, su stresi ve yetersiz gübreleme koçan üzerinde hem tane sayısını hem de tane ağırlığı düşürmektedir.

Siirt'te ana ürün mısır yetiştirmek için FAO 700 grubundan olan ve toplam sıcaklık isteği 1550 GDU olan bir hibrit çeşidi tavsiye ettiğimizi kabul edelim. Ortalama olarak söylersek bu mısır çeşidi ihtiyaç duyduğu toplam sıcaklığın yarısını vegetatif dönemlerde diğer yarısını da generatif dönemlerden biriktirir. Yani bu çeşit, döllenmeye kadar 775 GDU'ya ihtiyaç duyar. Öyleyse nisan, mayıs ve haziran ayları için GDU değerlerini hesaplayalım. Çünkü bu üç ayda mısır vegetatif dönemlerini ve döllenmesini tamamlaması gerekir.

$$\text{Nisan GDU} = (19.2+10)/2-10=4.6 \text{ GDU (1 gün)} \times 30 \text{ gün} = 138 \text{ GDU}$$

$$\text{Mayıs GDU} = (25.2+13.6)/2-10=9.4 \text{ GDU (1 gün)} \times 31 \text{ gün} = 291.4 \text{ GDU}$$

$$\text{Haziran GDU} = (30+19)/2-10=14.5 \text{ GDU (1 gün)} \times 30 \text{ gün} = 435 \text{ GDU}$$

3 aylık toplam 864.4 GDU elde edilir. Mısır 864.4 GDU'un 775 GDU'ni vegetatif dönemler (VE-VT) için kullanır. Geriye kalan 89.4 GDU değeri döllenme süresi için yeterli olabilir. Fakat mısır çeşitleri arasında tozlanma ve döllenme süreçlerini özellikle sabahın erken saatlerinde gerçekleştiren çeşitlerin seçilmesi, çiçeklenme döneminin sorunsuz atlatılmasını sağlayacaktır.

Ekim zamanını 1 Nisan daha önceye yani 15 Mart civarlarında kaydırarak çiçeklenme zamanının temmuz ve ağustos aylarına denk gelmesi önlenebilir. Fakat toprak sıcaklığının en az 10 °C olmasına dikkat edilmelidir. Çünkü soğuk topraklar çimlenmeye ve çıkışı geciktirirken, yeni fidenin fungal hastalıklara yakalanma riski artmakta ve uzun süre çimlenemeyen ve çıkış yapamayan tohum/fide toprak altında çürüyebilmektedir.

Temmuz ve ağustos aylarında oluşacak yüksek sıcaklıklardan özellikle tane doldurma dönemlerinden süt ve hamur olum dönemlerinin fazla etkilenmemesi için sulama ve gübrelemenin zamanında ve yeterli miktarlarda yapılması gerekir.

$$\text{Temmuz GDU} = (30+23.4)/2-10=16.7 \text{ GDU (1 gün)} \times 31 \text{ gün} = 517.7 \text{ GDU}$$

$$\text{Ağustos GDU} = (30+23.2)/2-10=16.6 \text{ GDU (1 gün)} \times 31 \text{ gün} = 514.6 \text{ GDU}$$

Tane doldurma dönemi için temmuz ve ağustos aylarında toplam 1032.3 GDU birikir. Siirt şartlarında tane doldurma dönemleri için 700-800 GDU yeterlidir. Eylül ayının ilk haftasında tane fizyolojik olumu tamamlar ve 15-20 gün sonra tane nemi hasat yapılabilir seviyeye gelir.

Toplam sıcaklık isteklerinin hesaplanması hakkında bilgi almak için önceki sayfalara, mısırın büyüme ve gelişim dönemlerinde kullanılan semboller (VE, VT, R1, R6 vb.) ve anlamları için ileriki sayfalara bakınız.

## Öneri

Mısır için GDU hesaplaması, ekimden fizyolojik olum dönemine kadar geçen günlerin her birisi için ayrı ayrı yapılır. Her bir büyüme ve gelişme dönemleri için gerekli olan GDU değeri bulunur. Toplam GDU değeri, bir bölgede yetiştirilmesi düşünülen çeşidin, o bölgede kış, ilkbahar ve sonbaharın soğuk günler çıkarıldıktan sonra sorunsuz bir şekilde yetiştirilebileceği gün sayısını (10 °C ile 30 °C arası günleri) göstermektedir. Herhangi bir hibrit mısır çeşidini ekmeden önce o çeşidin toplam GDU isteğini ve o çeşidin ekileceği bölgenin toplam GDU değerini bilmek gerekir. Meteoroloji Genel Müdürlüğünden bir yerin günlük ortalama maksimum ve ortalama minimum sıcaklık değerleri alınarak toplam GDU değeri hesaplanabilir. Mısır çeşidinin toplam GDU değeri de kurum/kuruluş/özel sektörden öğrenilir.

## İlave Bilgi

Mısırın olgunlaşma gruplarını belirlemek için FAO, ABD Minnesota, Kanada Ontario sistemleri de kullanılmaktadır. Minnesota sisteminde yeni çeşitler eski çeşitlerle kıyaslanarak olgunlaşma gün sayıları belirlenir. Ontario bitki ısı birimi (crop heat unit) sisteminde mısırın taban gece sıcaklık isteği 4.4 °C ve gündüz ise 10 °C alınırken, tavan gece ve gündüz sıcaklıkları 30 °C olarak alınır.

Yukarıda açıklandığı gibi ABD’de GDU hesaplamalarında taban ve tavan sıcaklıklar sırasıyla 10 °C ve 30 °C alınırken, Avrupa’da 6 °C (son yıllarda önerilen 8 °C) ve 30 °C alınmaktadır.

<https://www.crcpress.com/Specialty-Corns/Hallauer/p/book/9780849323775>

## Yorum

Bitkilerin büyüme ve gelişmeleri için gerekli olan sıcaklık ve/veya ısı istekleri konusunda kavramsal bir karmaşa olduğu açıktır. Sıcaklık (temperature) ile ısı (heat) kavramları farklı olmasına rağmen İngilizcede growing degree days, thermal time, heat unite gibi teknik terimlerin ısı (birimi kalori veya joule) ile ilişkili olmasına rağmen sıcaklık (ülkemizde kullanılan birimi santigrat derece veya Celsius) ile ilişkilendirilerek verilmesi, konuyu daha da derinleştirmektedir. Bitkinin bir büyüme ve gelişme aşamasından, diğerine geçebilmesi için örneğin 120 °C toplam sıcaklık isteğine ihtiyaç duyduğunu söylediğimizde aslında ifade edilmesi gereken sıcaklık mı? yoksa ısı mı? olmalıdır. Çünkü bitkide sadece ısı biriktirilebilirken (accumulation) sıcaklık biriktirilemez. Bundan dolayı bitkinin büyüüp gelişebilmesi için sıcaklığa değil ancak ısıya ihtiyacı olabilir. 1730 yılında Reaumur, bitkilerin büyüme ve gelişmeleri için ısıya ihtiyaç duyduklarını teknik olarak ortaya koymuştur.

<https://www.nature.com/articles/s41598-017-16071-4>

## Büyüme ve gelişim dönemleri

Mısırın büyüme ve gelişim dönemlerinin tanımlanmasında kullanılan özet bilgiler aşağıdaki çizelgede verilmiştir.

(Bu e-kitapta açıklanan mısırın büyüme ve gelişim dönemleri, ABD Iowa Eyalet Üniversitesi tarafından geliştirilmiştir)

<https://store.extension.iastate.edu/product/Corn-Growth-and-Development>

| Vegetatif dönem kotları | Vegetatif dönemler (vegetative stages) | Sıcaklık isteği (GDU) FAO 500 | Sıcaklık isteği (GDU) FAO 700 | Gün sayısı FAO 500         | Gün sayısı FAO 700         |  |  |
|-------------------------|--|-------------------------------|-------------------------------|----------------------------|----------------------------|--|--|
| VE                      | Çıkış dönemi                           | 120                           | 140                           | Ekimden çıkışa kadar 10-15 | Ekimden çıkışa kadar 10-15 |  |  |
| V1                      | 1 yapraklı dönem                       | 35                            | 45                            | 3-5                        | 3-5                        |  |  |
| V2                      | 2 yapraklı dönem                       | 35                            | 45                            | 3-5                        | 3-5                        |  |  |
| V3                      | 3 yapraklı dönem                       | 35                            | 45                            | 3-5                        | 3-5                        |  |  |
| V4                      | 4 yapraklı dönem                       | 35                            | 45                            | 3-5                        | 3-5                        |  |  |
| V5                      | 5 yapraklı dönem                       | 35                            | 45                            | 3-5                        | 3-5                        |  |  |
| V6                      | 6 yapraklı dönem                       | 35                            | 45                            | 3-5                        | 3-5                        |  |  |
| V7                      | 7 yapraklı dönem                       | 25                            | 30                            | 3                          | 3                          |  |  |
| V8                      | 8 yapraklı dönem                       | 25                            | 30                            | 3                          | 3                          |  |  |
| V9                      | 9 yapraklı dönem                       | 25                            | 30                            | 3                          | 3                          |  |  |
| V10                     | 10 yapraklı dönem                      | 25                            | 30                            | 3                          | 3                          |  |  |
| V11                     | 11 yapraklı dönem                      | 25                            | 30                            | 3                          | 3                          |  |  |
| V12                     | 12 yapraklı dönem                      | 25                            | 30                            | 3                          | 3                          |  |  |
| V13                     | 13 yapraklı dönem                      | 25                            | 30                            | 3                          | 3                          |  |  |
| V14                     | 14 yapraklı dönem                      | 25                            | 30                            | 3                          | 3                          |  |  |
| V15                     | 15 yapraklı dönem                      | 25                            | 30                            | 3                          | 3                          |  |  |
| V16                     | 16 yapraklı dönem                      | 25                            | 30                            | 3                          | 3                          |  |  |
| V17                     | 17 yapraklı dönem                      | 25                            | 30                            | 3                          | 3                          |  |  |

|                              |  |                               |                               |   |   |  |  |
|------------------------------|--|-------------------------------|-------------------------------|---|---|--|--|
| V18                          | 18 yapraklı dönem                        | 25                            | 30                            | Yaprak sayısı 16-18 arasında 3            | Yaprak sayısı 19-21 arasında 3+3+3+3      |  |  |
| VT                           | Tepe püskülü çıkarma (tasseling) dönemi  | 90                            | 100                           | 7-10                                      | 7-10                                      |  |  |
|                              |  |                               |                               | Vegetatif dönemler toplamı 55-60          | Vegetatif dönemler toplamı 65-70          |  |  |
| Generatif dönem kotları      | Generatif dönemler (reproductive stages) | Sıcaklık isteği (GDU) FAO 500 | Sıcaklık isteği (GDU) FAO 700 | Gün sayısı FAO 500                        | Gün sayısı FAO 700                        |  |  |
| R1                           | Koçan püskülü çıkarma (silking) dönemi   | 120                           | 150                           | 8-10                                      | 10-14                                     |  |  |
| R2                           | Kabarcık (Blister) dönemi                | 90                            | 100                           | 8-10                                      | 10-12                                     |  |  |
| R3                           | Süt olum dönemi                          | 100                           | 100                           | 8-10                                      | 10-12                                     |  |  |
| R4                           | Hamur olum dönemi                        | 100                           | 100                           | 8-10                                      | 10-12                                     |  |  |
| R5                           | Diş (dent) dönemi                        | 170                           | 250                           | 16-20                                     | 20-24                                     |  |  |
| R6                           | Fizyolojik olum dönemi                   | 30                            | 50                            | 4-5                                       | 6-8                                       |  |  |
|                              |  |                               |                               | Generatif dönemler toplamı 55-60          | Generatif dönemler toplamı 65-70          |  |  |
| Toplam sıcaklık isteği (GDU) |  | 1340                          | 1570                          | Fizyolojik olumda (R6) tüm toplam 110-120 | Fizyolojik olumda (R6) tüm toplam 130-140 |  |  |

Mısırdaki çeşide bağlı olarak toplam yaprak sayısı 18-21 arasında değişir. Bitki, 6 yapraklı dönemden itibaren en alttaki yapraklarını dökmeye başlar ve süt olum dönemine gelindiğinde en alttaki 6-8 yaprak dökülüp kaybolur. Silajlık veya tanelik mısır çeşitlerinin generatif dönemlerinde sayılan yaprak sayılarına 6-8 yaprak daha ilave edilmesi gerekir.

**Mısırın her bir büyüme ve gelişim dönemleri hakkında ayrıntılı bilgi ilerleyen konularda verilecektir.**

## Ekim

Tohum ekim derinliği: 5-6 cm (ana ürün) ve 7-8 cm (ikinci ürün)

Çiftçinin ekim derinliği: 7-8 cm (ana üründe dahi bazı çiftçiler derin ekimi tercih edebilmektedir)

### Tek sıra ekim

Yeni çeşitler, genetiksel olarak sık ekime uygundur.

Sıra arası mesafe: 70 cm

Tohum ekiminde sıra üzeri mesafe: 13-14 cm (silajlık), 14-15 cm (tanelik)

Bitki çıkışında sıra üzeri mesafe: 14-15 cm (silajlık), 15-16 cm (tanelik)



Tane mısır





## DİSKLİ HİDROLİK KIZAKLI PNÖMATİK HASSAS EKİM MAKİNESİ

Tek sıra ekim makine

Ekim normu çizelgesi (sıra arası 70 cm ve çimlenme oranı %90)

| Ekimde sıra üzeri (cm) | Tohum sayısı (adet/da) | Çimlenme kaybı (% 10) | Çıkış sonrası sıra üzeri (cm) | Silajlık çeşit                              | Tanelik çeşit                              |
|------------------------|------------------------|-----------------------|-------------------------------|---|--|
| 12                     | 11900                  | 10710                 | 13.3                          |   |  |
| 13                     | 11000                  | 9900                  | 14.4                          | 10000 bitki/da,<br>13 cm<br>sıra arası ekim |  |
| 14                     | 10200                  | 9180                  | 15.5                          |   | 9000 bitki/da,<br>14 cm<br>sıra arası ekim |
| 15                     | 9500                   | 8550                  | 16.7                          |   |  |
| 16                     | 8900                   | 8010                  | 17.8                          |   |  |
| 17                     | 8400                   | 7560                  | 18.9                          |   |  |
| 18                     | 7900                   | 7110                  | 20                            |   |  |



## Ekim normu

Sıra arası mesafe 70 cm olacak şekilde ekim normu hesaplaması yapalım.

1 dekar = 1000 m<sup>2</sup> yi, sıra arası mesafeye 70 cm = 0.7 m'ye bölersek 1428.57 m sıra uzunluğu yani bir dekarda toplam sıra uzunluğunu buluruz. 1428.57 m sıra uzunluğu, sıra arası mesafe olan 14 cm = 0.14 m'ye bölersek 10200 adet tohum yani 70 cm sıra arası ve 12 cm sıra üzeri mesafeler kullanılarak 1 dekara toplam 10200 adet tohum ekeriz. Sertifikalı mısır tohumlarında minimum çimlenme oranı %90 kabul edilir. Toprakta oluşabilecek çimlenme problemlerini de dikkate aldığımızda yaklaşık %5-10 çimlenme kaybı söz konusu olacaktır. 10200 adet tohumun %10'u, 1020 adet tohum eder ki bu tohumların çıkış yapmadığı kabul edilir. Bu durumda 1 dekarda çıkış yapan tohum sayısı 9180 adet olacaktır. Yani 1 dekara 14 cm sıra üzeri mesafe ile 10200 adet tohum ekmemize rağmen %10 çıkış kaybı ile dekardaki bitki sayısı 9180'e düşmektedir. Dekardaki 9180 adet bitkinin sıra üzerine çıkış sıklığına bakacak olursak 15.5 cm'ye denk geldiğini buluruz. Kısacası 70 cm sıra arası ve 14 cm üzerinde yaptığımız ekim, gerçekte 15.5 cm sıra üzerine ekime eşdeğer olmaktadır.

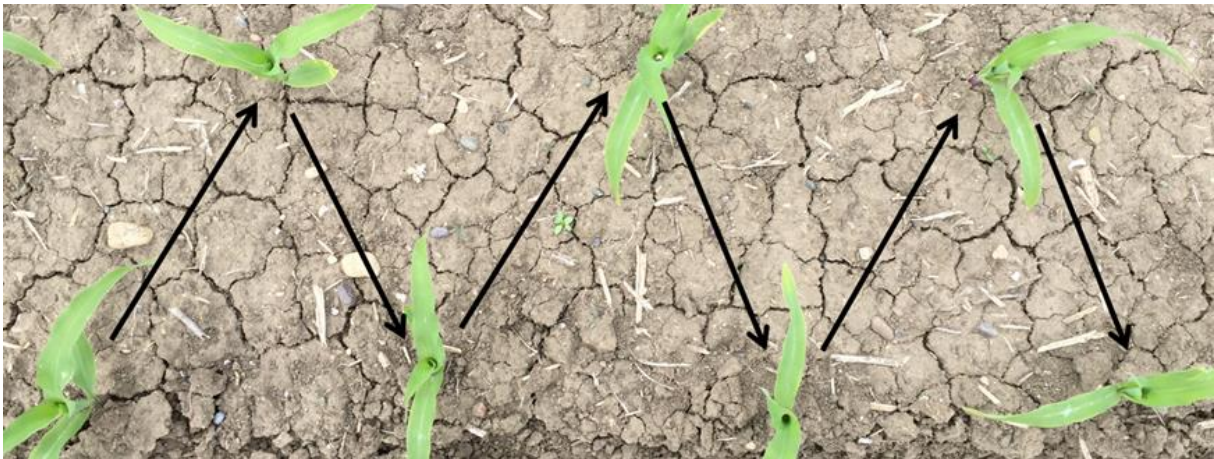
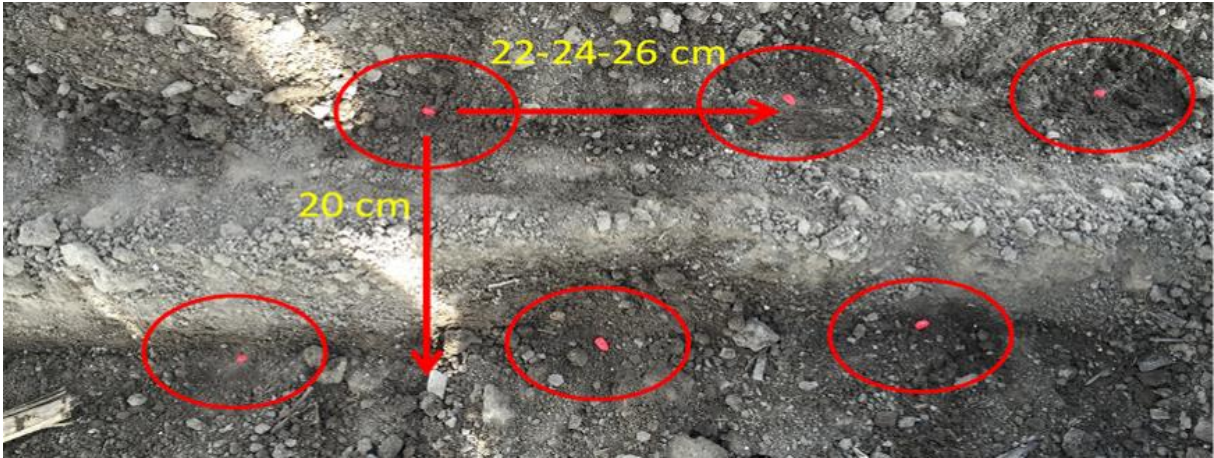
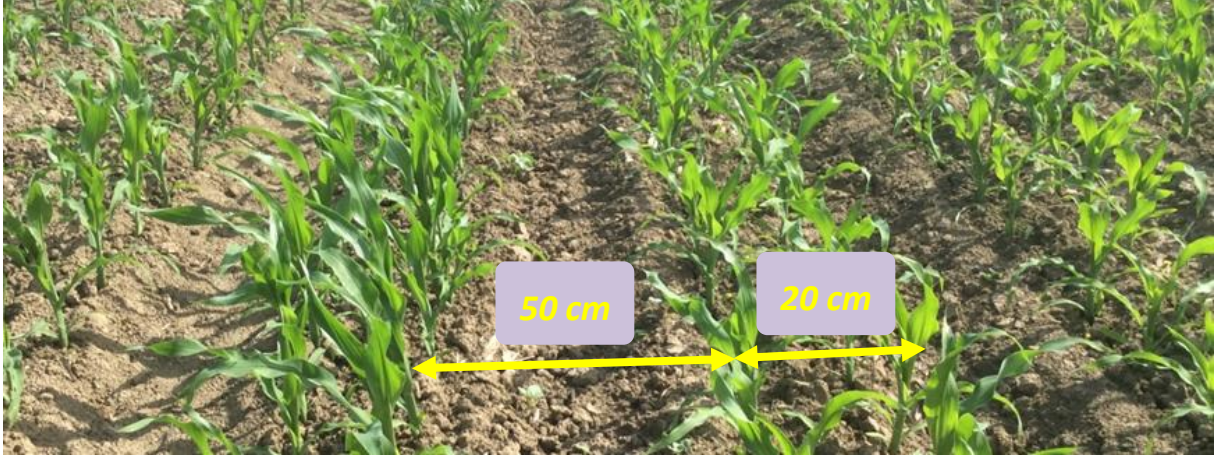
Mısırda ekim yapılırken 1 dekara ekilecek tohum miktarı değil, 1 dekarda çıkış yapacak bitki sayısı dikkate alınır. Çünkü günümüzde geliştirilen ve ticareti yapılan mısır çeşitlerinin kardeşlenmesi oldukça zayıftır ve hatta yok kabul edilir. Mısırda kardeşlenme olmadığı için çimlenip çıkış yapamayan tohumun yeri boş kalacaktır. Mısırda ekim yaparken dekara atılacak tohum miktarı, %5-10 arasında atırılmalıdır. Böylece çimlenme kayıpları en aza indirilerek optimum bitki sıklığı sağlanmaktadır.

Ekim sonrası çıkış yapacak bitki sayısı, sertifikalı çeşitlerde minimum çimlenme oranı %90 olduğu gerçeği dikkate alınarak ayarlanmalıdır. Metrekarede bitki sayısı mısırın verimini etkileyen en önemli 7 unsurdan birisidir (ekim zamanı, metrekarede bitki sayısı, sulama, gübreleme, yabancı otlar, hastalıklar ve zararlılar).

## Çift sıra ekim

Günümüzde ve gelecekte mısırda tane verimi artışının dekarda bitki sayısının artışıyla sağlanabileceğini gösteren pek çok çalışma vardır. Mısır ekiminde hem sıra üzeri ve hem de sıra arası mesafenin daralması, verim artışında en büyük etken olmaktadır/olacaktır. Bunun bir örneğini çift sıra ekimde görmekteyiz. Normal şartlarda tek sıra ekimde bitki sıklığı, 9000-9500 adet/da iken çift sıra ekimde bitki sıklığı, %40 artırarak 12000-13000 adet/da şeklinde dizayn edilebilmektedir. Böylece dekarda bitki sayısının artmasıyla tane veriminde de artışlar olmaktadır. Buna bağlı olarak su ve gübre tüketimi de artmaktadır.

Çift sıra ekimde iki farklı sıra kavramı vardır: Dar ve geniş aralıklı sıralar. Dar aralıklı sıralar arası mesafe 20 cm iken geniş aralıklı sıralar arası mesafe 50 cm'dir. Aslında çift sıralı sistem, tek sıralı sistemin basit bir modifikasyonudur. Tek sıralı sistemdeki 70 cm sıra arasına bir tane daha sıra ilave edilmektedir. Yeni sıra, bir sıraya 20 cm mesafede oluşturulurken diğer sıra ile arasındaki mesafe 50 cm olmaktadır. Dar sıralar üzerinde tohumlar, çapraz ekilmektedir. Dolayısıyla çift sıra ekimlerde sıra üzeri mesafe 21-25 cm arasında değişmektedir.





Çift sıra ekim makinesi

**SIRA ARASI VE SIRA ÜZERİ MESAFELER :**

Çift sıra ekimde kullanılan sıra arası mesafeler 60-65-70-75 santimetredir. Sıra üzeri mesafeleri ise aşağıdaki tabloda inceleyebilirsiniz.

| Sıra Üzeri Mesafe(cm) | Sıra Arası Mesafe(cm) |        |        |        |
|-----------------------|-----------------------|--------|--------|--------|
|                       | 60                    | 65     | 70     | 75     |
| 16                    | 20,834                | 19,230 | 17,858 | 16,666 |
| 17                    | 19,608                | 18,100 | 16,806 | 15,686 |
| 18                    | 18,518                | 17,094 | 15,874 | 14,814 |
| 19                    | 17,544                | 16,194 | 15,038 | 14,036 |
| 20                    | 16,666                | 15,384 | 14,286 | 13,334 |
| 21                    | 15,874                | 14,652 | 13,606 | 12,698 |
| 22                    | 15,152                | 13,986 | 12,988 | 12,122 |
| 23                    | 14,492                | 13,378 | 12,422 | 11,594 |
| 24                    | 13,888                | 12,820 | 11,904 | 11,112 |
| 25                    | 13,334                | 12,308 | 11,428 | 10,666 |
| 26                    | 12,821                | 11,834 | 10,989 | 10,256 |
| 27                    | 12,346                | 11,396 | 10,582 | 9,877  |
| 28                    | 11,905                | 10,989 | 10,204 | 9,524  |
| 29                    | 11,494                | 10,610 | 9,852  | 9,195  |
| 30                    | 11,111                | 10,256 | 9,524  | 8,889  |
| 31                    | 10,753                | 9,926  | 9,217  | 8,602  |
| 32                    | 10,417                | 9,615  | 8,929  | 8,333  |

<https://www.dekalb.com.tr/tarim-kutuphanesi/misir-yetistiriciligi/twin-row>

Dekara ekilen bitki sayısı %40 civarında arttırıldığından dolayı gübre ve sulama miktarını da aynı oranda arttırmak gereklidir.



## Çimlenme

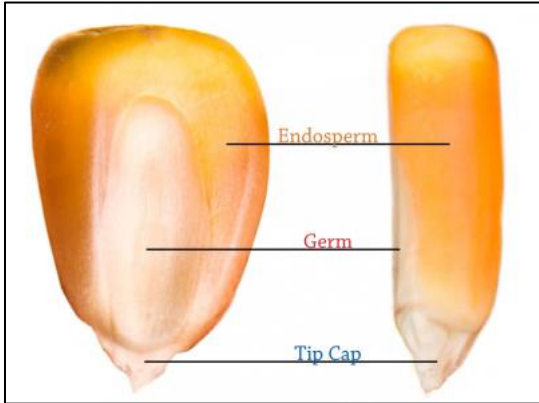
Mısır ekimi zamanının belirlenebilmesi için toprak sıcaklığının ölçülmesi gerekir. Toprak sıcaklığı sabah saat 7-8'de ölçüldüğünde en az 10 °C ve öğle ölçüldüğünde en az 12 °C'yi gösteriyorsa ve soğuk periyotlar bitmiş ise mısır ekim zamanı gelmiş demektir.



Tohum kuru ağırlığının %35-40'ı kadar su alınca çimlenmeye başlar.

Tohum dip kısmından daha hızlı su alırken yan ve tepe kısımlarında daha yavaş su alır.

Tohumun yan ve tepe kısmındaki pericarp tabakası suyu kolayca geçirmez.



Tohum ile toprak iyi temas etmeli (toprak tohumun yüzeyini en az %80 sarmalı)

Tohum ekim derinliğine bırakılmalı, yeterince toprak sıkıştırılmalı, anız tohum ekim derinliğe girmemeli, çünkü tohum yatağını gevşetir ve tohumla toprak yeterince temas etmez.



<https://cropwatch.unl.edu/2018/cold-soil-temperature-and-corn-planting-windows>

Soğuk ve nemli topraklarda tohumun çimlenmesi gecikir. Ana ürün olarak mısır ekiminde genelde toprak sıcaklığı düşük olduğundan çimlenme, yıla ve bölgeye göre 15-20 gün sürebilir. Düşük toprak sıcaklığında çimlenme süresi uzarken, yüksek toprak sıcaklığında çimlenme ve çıkış süresi kısalmır.

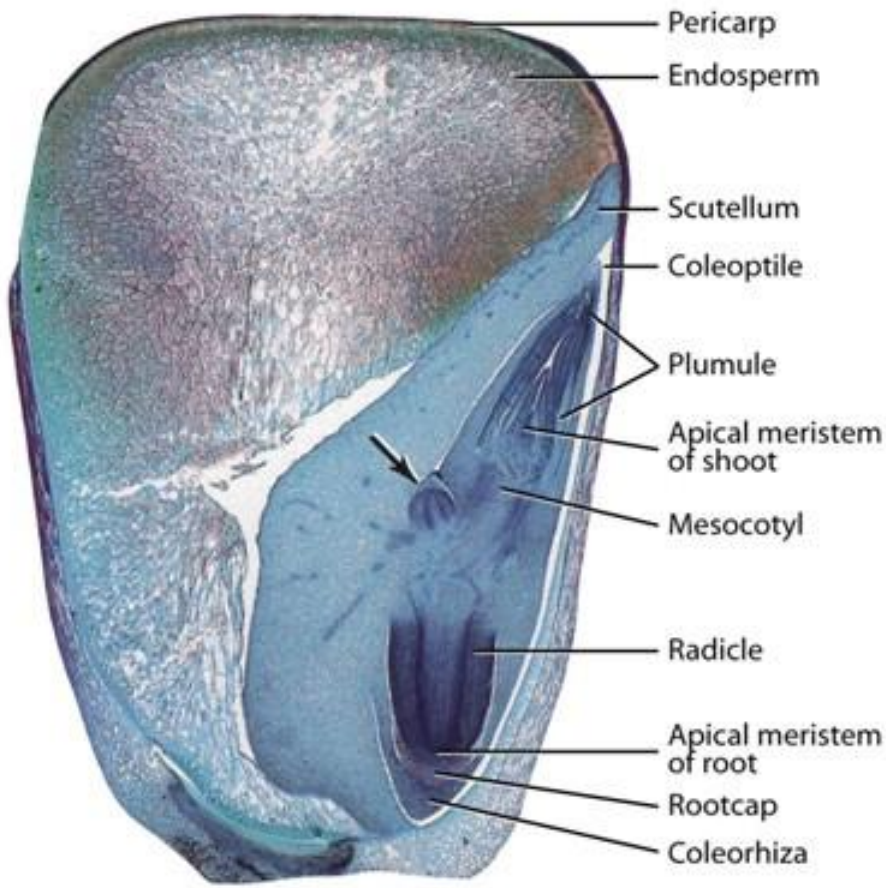
Çimlenme süresi 24-25 günden fazla sürerse toprak içerisindeki çimlenmemiş, çimlenmiş fakat çıkış yapmamış fidelerin toprak altında (özellikle ağır bünyeli ve soğuk topraklarda) çürüdükleri görülmektedir. Mantarı hastalıklar artabilir.

İkinci ürün mısırdaki çimlenme, toprak sıcaklığı yüksek olduğu için 5-8 günde tamamlanmaktadır. İkinci ürün ekiminde çimlendirme sulaması yapılmaksızın tohum çimlenmesi mümkün değildir.

### Çimlenmenin oluşumu

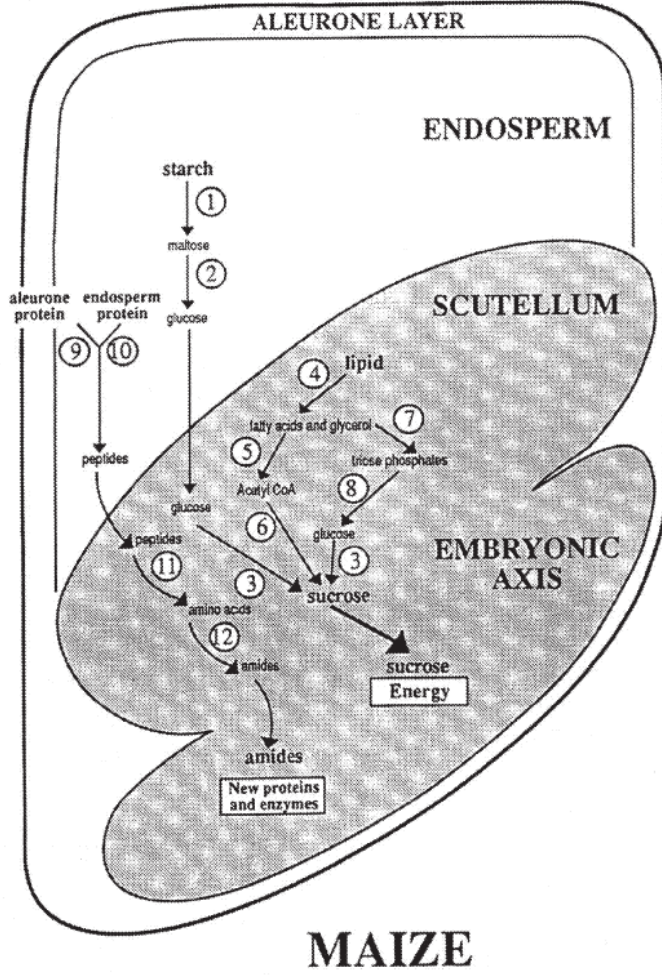
Tohum su alarak embriyoda gibberellik (GA) sentezini uyarır. GA, scutelluma (kalkancığa) gönderilir. Kalkancıkta (bitki türe göre aleuron da dahil olabilir örneğin arpa) GA, hidrolitik enzimlerin (alfa-amilaz, nükleaz, fosfataz, lipaz, proteaz vb.) sentezini uyarır. Scutellumdan hidrolitik enzimler endosperme yönlendirilir. Endospermde alfa-amilaz, nişastayı önce maltoza, sonra glikoza çevirir. Fitaz, fitinden fosfor elementinin serbest kalmasını sağlar. Endospermde hazırlanan indirgenmiş malt şekeri (maltoz), elementler, yağlar, proteinler vb. besin maddeleri önce kalkancığa taşınır. Aslında kalkancık geçiş noktası olarak görev yapar. Kalkancıktan embriyoya transfer edilen endosperm orijinli indirgenmiş besin maddelerinin esas kullanıldığı yer embriyodur. Çimlenmekte olan tohumun en fazla ihtiyaç duyduğu

karbonhidrat kaynaklı enerji, maltozdan sağlanır. Maltoz önce glukozu indirgenir (endospermde). Glukozda sukroza dönüştürülür (embriyoda). Örneğin ilk oluşan kökler ve yapraklar, nişastadan gelen sukrozu ve fitinden gelen fosforu kullanırlar. Lipaz ve proteaz vb. hidrolitik enzimler, katabolizmanın belirli aşamalarında devreye girerler. Tohumun kök ve yaprak gelişimi ve büyümesi için DNA ve RNA sentezlerinde görev alan nükleaz tipinde pek çok enzim, çimlenmenin başlangıcında aktif olurlar.



<http://sta.uwi.edu/fst/lifesciences/bl11f/IMAGES/Fruit%20D/15%20Coloured%20I.html>

Mısırın çimlenmesinde rol oynayan organlar (ok, seminal kök taslağını göstermektedir)



<https://www.springer.com/gp/book/9780792373223>

Mısırın çimlenme fizyolojisi

Çimlenen tohumdan çıkan kökler ve yapraklar, 14 gün endospermden beslenebilirler.

Mısır, hipogeal bir çıkış gerçekleştirir.

Tarla şartları çimlenme için uygunsa radicle'nin çıkışını hemen koleoptilin çıkışı takip eder.

Koleoptil yaklaşık 2 cm uzayınca, hemen alt kısmında mezokotil de uzamaya başlar.

Mezokotil tohum ile koleoptilin boğumu arasında oluşur. Mezokotil uzayarak koleoptilin toprak üstüne ulaşmasını sağlar. Mezokotil, koleoptili toprak üzerine çıkarınca kadar uzar ve koleoptil güneşin ışını alınca mezokotilin uzaması durdurulur.

Yapılan araştırmalar mezokotilin 15 cm derinliğe ekilmiş bir mısır tohumunun koleoptilini toprak yüzeyine çıkararak kadar uzayabildiği göstermektedir. Fakat bu durum nadir olup genetiksel bir özelliktir. Böyle bir durumda çıkış süresi uzar ve çıkış yapacak fide sayısı da



azalır. Hızlı ve yüksek çıkış oranı istenen bir durumdur. Gerçekte mısırdaki optimum ekim derinliği 5 cm, en fazla 7 cm olarak tavsiye edilir.



<https://www.agry.purdue.edu/ext/corn/news/timeless/GerminationEvents.html>

Mısırın çimlenmesi: çimlenme başladıktan 60 saat sonraki görüntüsü. Önce radícula, sonra plumula/coleoptile çıkışı



Mısırın çimlenmesi: çimlenme başladıktan 72 saat sonraki görüntüsü. Radícula, plumula/coleoptile ve seminal köklerin çıkışı





<https://www.agry.purdue.edu/ext/corn/news/timeless/GerminationEvents.html>

Mısırın çimlenmesi: çimlenme başladıktan 5 gün sonraki görüntüsü. Radicula, coleoptile, mezokotil, ilk gerçek yaprak ve seminal köklerin oluşumu

## Kökler

Kökler, toprak sıcaklığı 10 °C'nin altına düştüğünde önce büyüme ve gelişimini yavaşlatılır, sonra sıcaklığın düşmeye devam etmesi durumunda büyüme ve gelişmesini durdurur.

Köklerin adlandırılması konusunda çok farklı görüş vardır. Fakat en son yapılan sınıflandırma gayet açıklayıcı ve anlaşılır niteliktedir. Aşağıda yeni sınıflandırmaya göre köklerin tanımları verilmiştir.

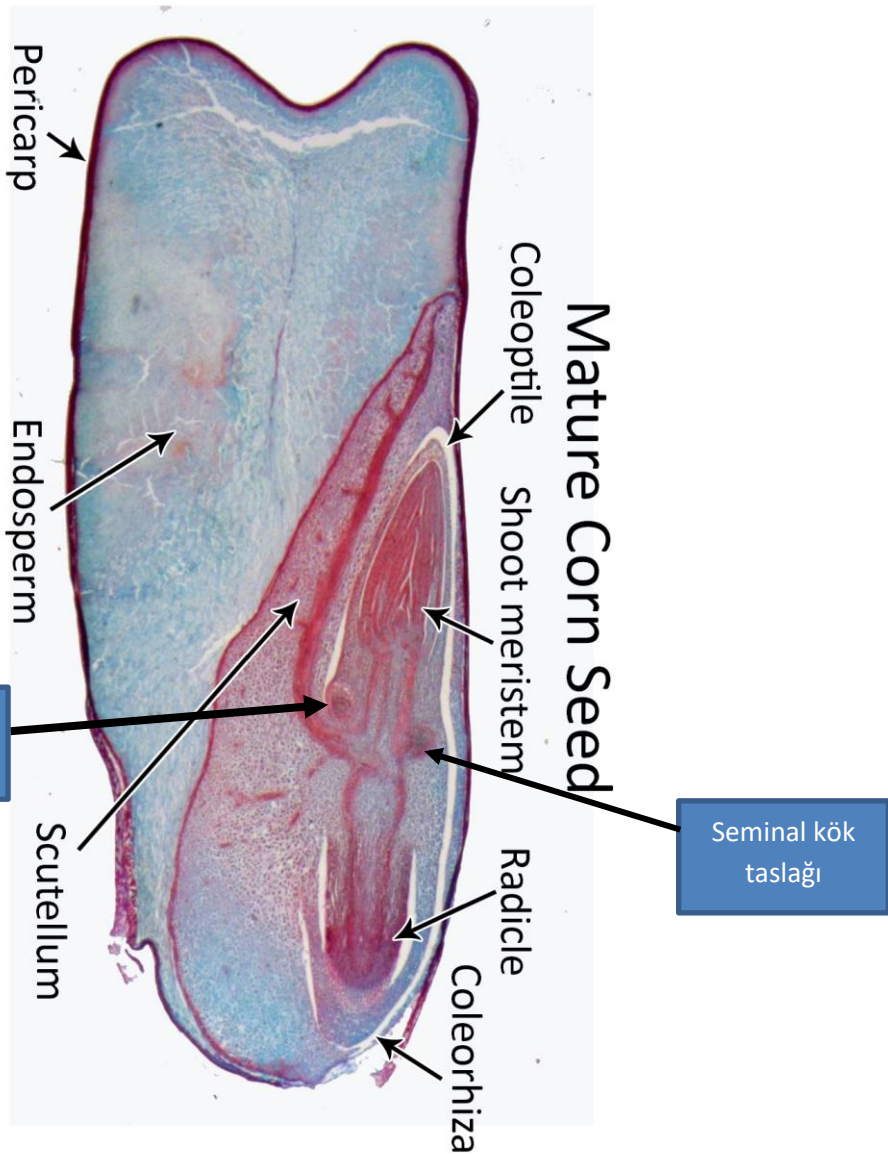
(<https://link.springer.com/book/10.1007/978-0-387-79418-1>)

### Embriyonal kökler (çim kökleri-tohum kökleri-seminal kökler-primer kökler-birincil kökler)

Embriyonal kökler doğrudan tohumdaki embriyodan çıkış yaparlar. Embriyonal kökler ikiye ayrılır: Ana embriyonal kök (ana tohum kökü, primer kök, primary kök, radícula) ve diğer embriyonal kökler (tohum kökleri, seminal kökler)

Embriyonun kök ekseninden çıkan radicle ilk köktür. Embriyo üzerinde koruyucu kılıfı (coleorhiza) ile birlikte bulunur. Radicle çıkış yaptıktan sonra diğer seminal kökler oluşmaya başlar. İlk yan (lateral) kök oluşumu radiclede gerçekleşir. Seminal köklerde yan kök oluşumu zayıf kalır. En güçlü yan kök oluşumu nodal köklerde meydana gelir.

Bir tohumdan çeşidine, iklim ve toprak şartlarına bağlı olarak 0-13 arasında seminal kök çıkabilir. Tohum kökleri, mezokotilin çıktığı boğumdan çıkarlar. Bu boğuma, kalkancık boğumu (scutellar node) veya kotiledon boğumu (cotyledon node) denilmektedir. Ana tohum kökü (radicle) ile diğer tohum kökleri (seminal kökler) ilk aşamada genelde zıt yönde çıkış yaparlar. Daha sonra seminal kök sayısı arttıkça (13'e kadar) her yöne yönelirler. İlk üç yapraklı (V3) döneme kadar bitkinin (fide) topraktan su ve besin maddesi alımını sağlarlar.



Mısırın embriyosunda seminal (tohum) köklerinin taslakları bulunur



Mısırın embriyonal (seminal ve radícula) kökleri

### **Toprak altı boğum kökleri (nodal kökler, taç kökleri)**

İlk altı boğumdan nodal kökler çıkar. Taç kökleri (nodal kökler), mezokotilin üstünde yer alan ilk 5-6 toprak altı boğumdan çıkan köklerdir. Bu köklere ikincil (secondary) köklerde denilmektedir. Mezokotilin üzerinde oluşan ilk 5-6 boğumdan (ilk 5-6 yaprağın çıktığı boğumlar) nodal kökler çıkış yapar. Nodal köklerin çıkış yaptığı boğumlar toprak altındadır. Bitkinin gerçek kökleri nodal köklerdir. Bitki, su ve besin maddelerini nodal kökler vasıtasıyla alır. V1 den V4 e kadar nodal kök büyüme ve gelişimi hızla artar. Her boğumdan 2-15 kök oluşur. Bir bitkide 70'e yakın nodal kök oluşabilir. Nodal kökler toprak altında ilk önce 35-38 cm yatay, daha sonra aşağıya dikey 120-150 cm uzarlar. Mısırdaki etkili kök derinliği (köklerin %80-85'inin bulunduğu derinlik) genelde 60-90 cm arası kabul edilir. Her yeni oluşan yaprak mısırın kökünde 6-7 cm uzamaya yardımcı olur. 6 yapraklı döneme kadar mısırın kökü günlük 6-7 mm uzarken, 6 yapraklı dönemden sonra günlük 2.5-3.5 cm uzar.

### **Toprak üstü kökler (destek kökler)**

Destek kökler toprağın hemen üstündeki 2-3 boğumdan çıkarlar. Aslında bu köklerde boğum kökleridir. Genelde toprak üstündeki ilk 2 (7. ve 8. boğumlar) boğumdan destek kökler çıkış yapar. Bazen tohum yüzlek ekilir (5 cm'den az) ve/veya boğaz doldurma yapılmazsa 6.

yaprağın çıktığı boğumdan da destek kök çıkabilir. Toprak yüzeyi kuru ve sıcak olmadığı sürece destek kökler toprağa ulaşmakta, topraktan su ve besin maddeleri alarak bitkiye destek olmaktadır. Destek köklerin oluşumu genelde 12 yapraklı dönemde başlar ve tepe püskülü çıkarma dönemine kadar devam eder.

### **Yan kökler (lateral kökler)**

Yan kökler ana köklerin dallanmasıyla oluşan köklerdir. İlk yan kök oluşumu radicle (ana tohum kökü) üzerinde oluşur.

### **Adventif kökler**

Normal şartlarda bitki tarafından oluşturulmayan, bitkinin iç ve dış etkenlere karşı tepki vermek amacıyla oluşturduğu köklerdir.

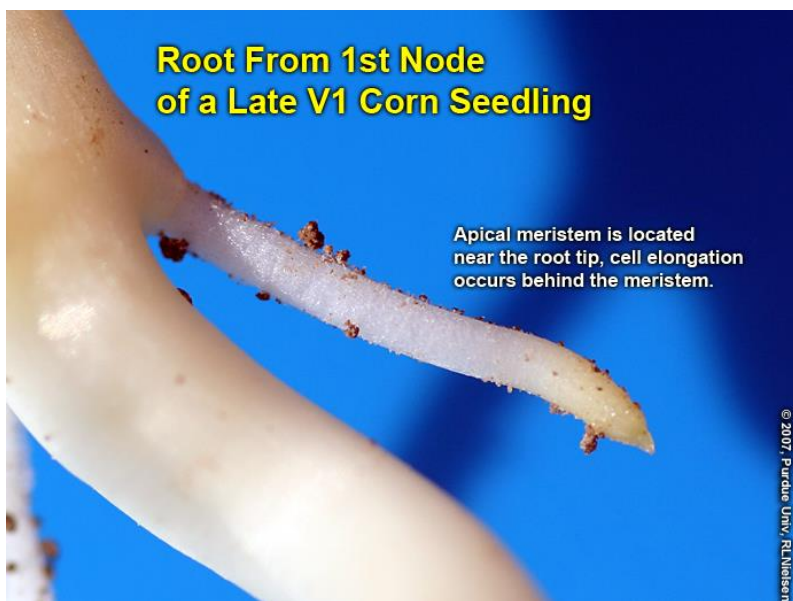


Radicle üzerinde adventif kök gelişi





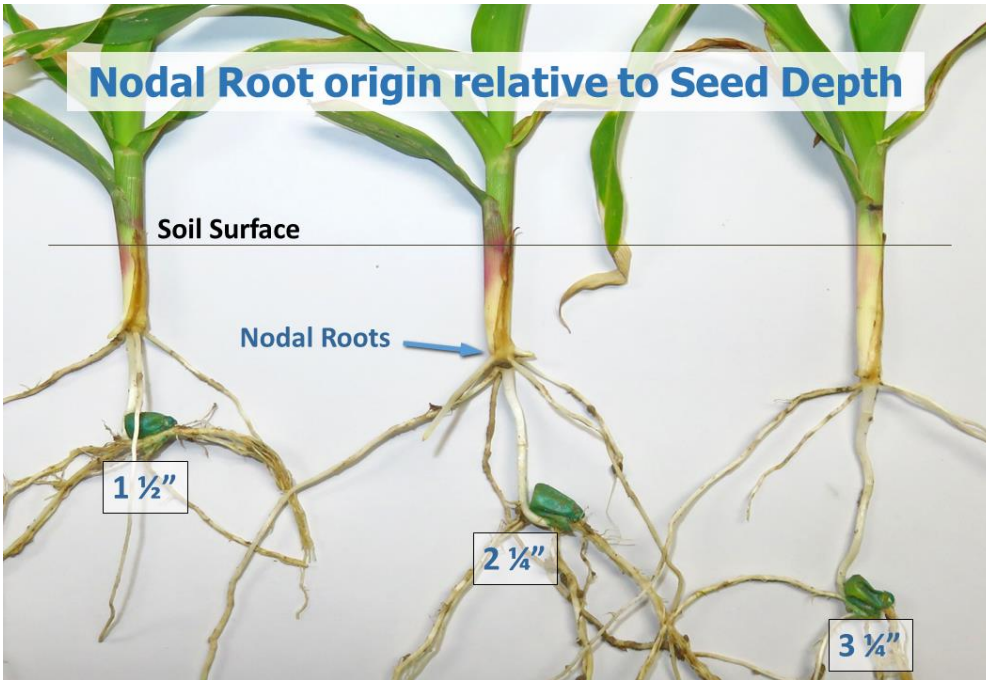
Mısır fidesinde embriyonal ve ilk nodal kökler



Bir yapraklı (V1) dönemde ilk nodal kök oluşu



Nodal (boğum) köklerinin tüyleri

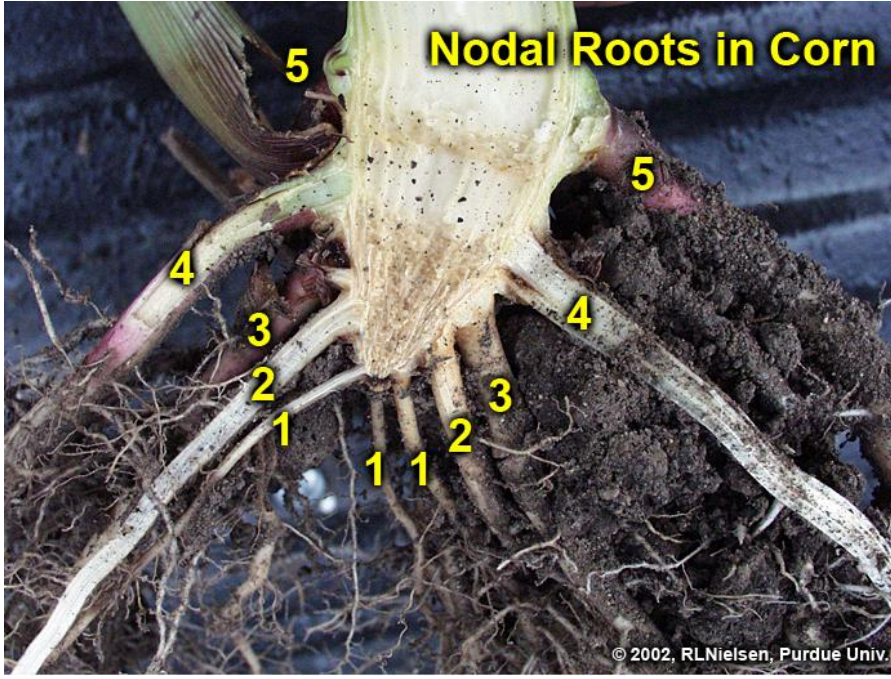


Farklı derinlikte ekilen mısır tohumu ve çıkan fide

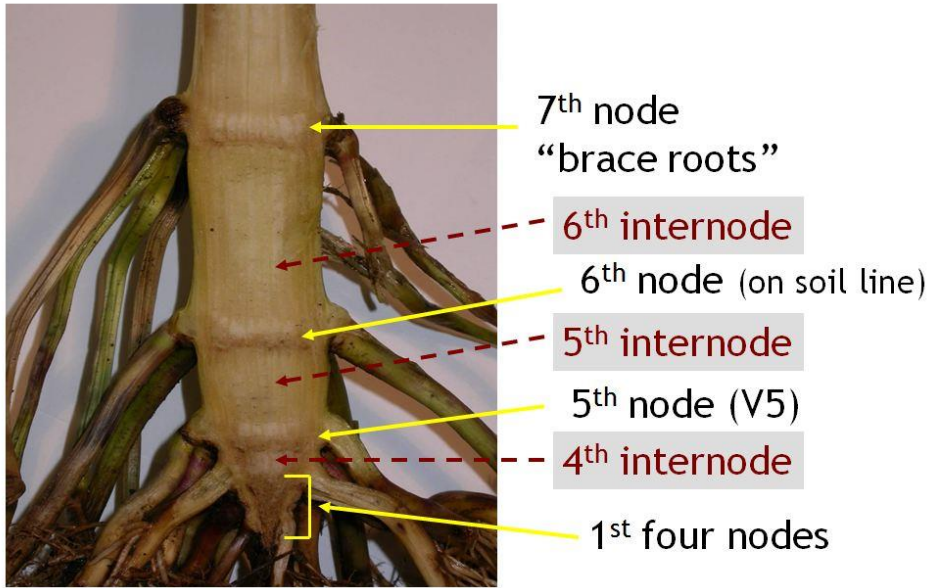
(soldaki tohum 3.8 cm derinliğe ekilmiş ve yaklaşık koleoptil ve mezokotil uzunluğu eşit, ortadaki 5.7 cm derinlikte ve koleoptil ve mezokotil eşit uzunlukta, sağdaki ise 8.3 cm derinliğe ekilmiş ve mezokotilin uzunluğu, koleptilden daha fazla)

**Fotoğrafın mesajı:** Mısırın ekim derinliği artıca koleoptil uzunluğu yaklaşık sabit kalırken mezokotil daha fazla uzayarak, fidenin toprak üzerine güvenli şekilde ulaşmasını sağlar. Mısır 7-8 cm den daha fazla derine ekmek gerekir. Çünkü en fazla nodal (boğum) kök sayısı ve gelişimi 5-6 cm derinlikte yapılan ekimde oluşmaktadır.





Toprak altındaki ilk 5 boğumdan nodal (boğum) kökleri oluşur.



<http://corn.agronomy.wisc.edu/Management/L011.aspx>

Destek (brace) ve nodal kökleri



<https://www.ag.ndsu.edu/williamscountyextension/a-little-bit-country/articles-2014/corn-has-a-unique-root-system>

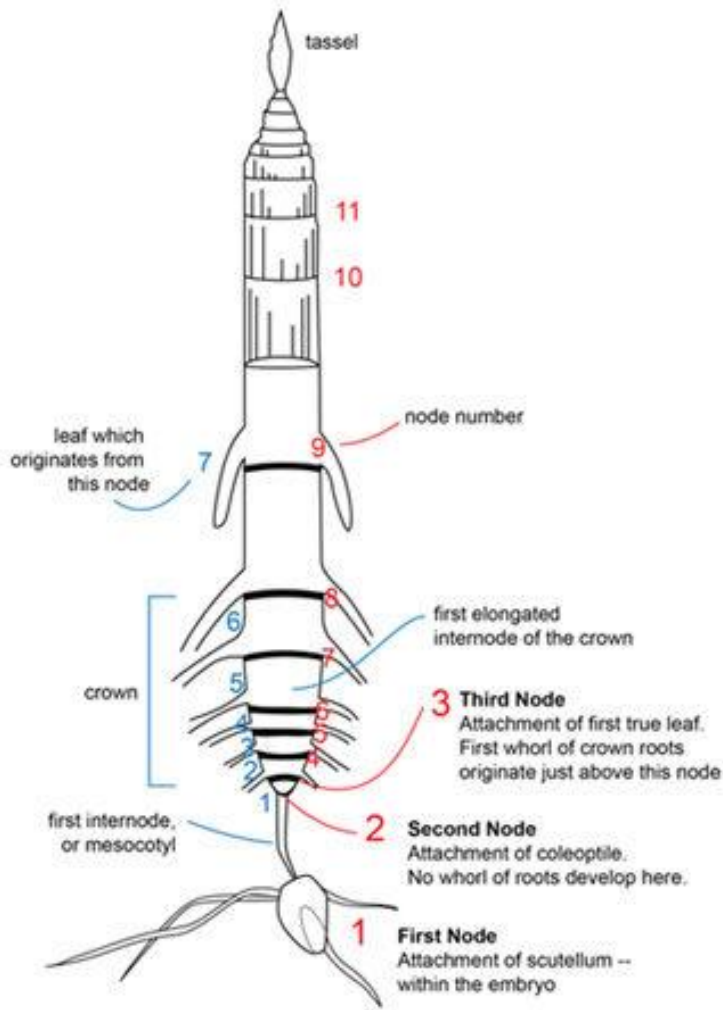
Nodal ve destek kökler



<https://twitter.com/cropdoc2/status/362289440909049856>

Destek kökler





[https://www.pioneer.com/us/agronomy/staging\\_corn\\_growth.html#growth-stages](https://www.pioneer.com/us/agronomy/staging_corn_growth.html#growth-stages)

### **Mısırdaki boğumların iki farklı yöntemle göre numaralandırılması**

(Mavi renkli kodlama sistemi bilinen yaygın bir yöntem olup, kırmızı renkli kodlama sistemi ise henüz yaygın değildir. Fakat ikinci yöntem, birinci yöntemle göre daha tercih edilebilir gibi görünüyor)

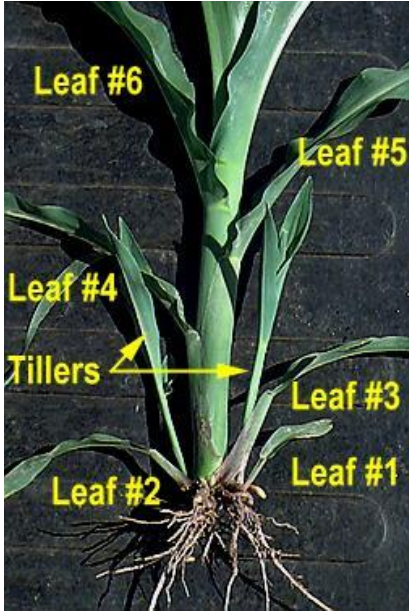
### **Mısırdaki kökler hakkında daha fazla bilgi almak için**

<https://doi.org/10.1093/aob/mch056>

<https://academic.oup.com/aob/article/93/4/359/196932>

## Kardeşlenme

3 ve 4 yapraklı dönemlerde (V3 ve V4) kardeş oluşmaya başlar ve 5 ve 6 yapraklı dönemlerde (V5 ve V6) gözle görülebilecek kadar büyürler.



<https://www.agry.purdue.edu/ext/corn/news/articles.03/Tillers-0623.html>

Birinci ve ikinci yaprakların çıktığı boğumlardan kardeş oluşumu



[https://www.youtube.com/watch?v=-HoACZx\\_RS0](https://www.youtube.com/watch?v=-HoACZx_RS0)

Kardeş oluşumu

Genellikle ilk 5-7. boğumlardan çıkarlar. Kardeşlerin çıktığı boğumların üstündeki boğumlarda ise koçan taslakları oluşur. Bazen boğumlardan çıkan taslakların kardeş mi koçan mı olduğu karıştırılabilir. Koçan taslaklarının sap boğum araları daha kısa, yaprak taslakları daha küçüktür ve uç kısımlarında koçan taslağı bulunur. Kardeş taslaklarının uç kısımlarında ise tepe püskülü taslağı yer alır.

#### Kardeşlenmenin nedenleri

- Ekilen çeşit genetiksel olarak kardeşlenmeye istekli olabilir
- Bitki sıklığı yeterli olmaz (dekaradaki bitkisi sayısı optimal sayıdan düşükse) ise kardeşlenme uyarılabilir
- İklim, toprak, sulama ve gübreleme gibi faktörlerin optimal olması kardeşlenmeyi uyarabilir
- Dolu, böcek zararı, herbisit zararı gibi dış etmenler bitki ölümlerine neden olabilir ve bunların sonucunda kardeşlenme uyarılabilir

Her ne sebeple olursa olsun kardeşlenmesinin mısır üzerine olumsuz etkide bulunacağına dair bir kanaat vardır. Fakat bu kanaat bilimsel verilerle desteklenmiyor. Aksine ana sap üzerindeki koçanın beslenmesi için kardeşler destek olabilmektedir.

<https://www.pioneerseeds.com.au/corn-silage/product-information/silage-technical-insights/do-corn-tillers-hurt-or-help-yields.html>



#### Kardeş oluşumu

## Büyüme ve Gelişim Dönemleri

Ülkemizde yetiştirilen mısır çeşitlerinin çoğunun çimlenme-çıkıştan fizyolojik oluma kadar ihtiyaç duyduğu gün sayısı 120, 130 ve 140 gün civarındadır. Vegetatif dönemlerde geçen gün sayısı toplam gün sayısının yaklaşık %55'i kapsamaktadır. Generatif dönemlerin gün sayısı toplamı, vegetatif dönemlerin toplam gün sayısından biraz düşük olmaktadır. Yani generatif periyot, ülkemizde vegetatif periyoda göre biraz kısa sürmektedir. Bunun nedeni de sıcak günlerin generatif periyota denk gelmesi ve tane dolu sürelerini bir miktar kısaltmaktadır. Tabii ki bu bulgular ikinci ürün için geçerli olmayabilir.

| Dönemler  | Çıkıştan (VE) fizyolojik oluma (R6) kadar geçen gün sayıları ve olum grupları |         |         |
|-----------|---|---------|---------|
|           | Geç   | Çok geç | Çok geç |
| Vegetatif | 65  | 70      | 75      |
| Generatif | 55  | 60      | 65      |
| Toplam    | 120   | 130     | 140     |

## Vegetatif Dönemler

Vegetatif dönemler yaklaşık 65-75 gün sürer.

Çıkıştan (VE) den 6 yapraklı döneme (V6) kadar vegetatif faz tamamlanır. Embriyoda 4-5 yaprak taslağı vardır. Tepe püskülü dönemine ulaşan bir mısır bitkisi tüm yaprakları çıkarmış demektir. Genelde tüm bitkide 18-21 arası yaprak oluşur. Bu yapraklarda 4-5'inin embriyoda taslak şeklinde bulunduğu gerçeğinden hareketle geriye kalan 13-16 yaprak taslağı ise 6 yapraklı döneme kadar oluşmaktadır. Hızlı büyüme ve gelişim yani sapa kalkma V6'da başlar.

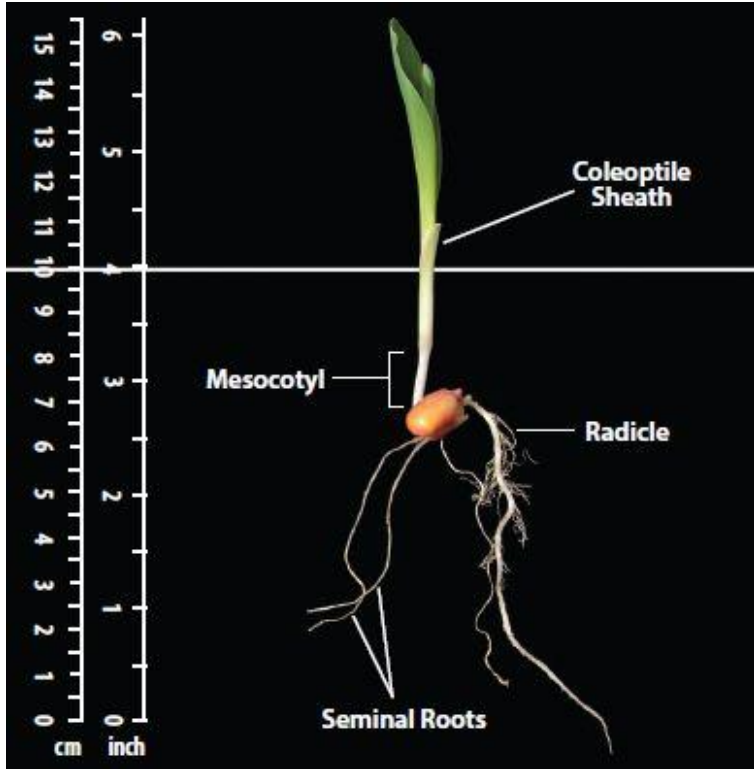
## Çıkış dönemi (VE)

Koleoptilden ilk yaprağın çıkışı ile ilk yaprağın büzgüsünün tam oluşması arasındaki dönemdir. Bu dönemde kökleri radicle ve seminal kökler oluşturur. Radicle dallanmaya (lateral) başlar. Çimlenme ile çıkış dönemleri 120-140 GDD toplam sıcaklıkta gerçekleşmektedir.

Örnek: Şanlıurfa ikinci ürün ekimi haziran sonu temmuz başı gibi ekim yapılıyor. [mgm.gov.tr](http://mgm.gov.tr) verilerine göre temmuz ayı Şanlıurfa'nın hava sıcaklığı en düşük ortalama 24.2 °C ve en

yüksek ortalama 38.7 °C ise 7 günde çimlenen mısırın  $(30+24.2)/2-10=17.1$  °C x 7 gün = 119.7 °C yani yaklaşık 120 °C toplam sıcaklık isteğine ihtiyacı vardır.

Koleoptilden çıkan ilk 4-5 yaprak, taslak şeklinde embriyonun plumula kısmında bulunmaktadır. Çimlenme ve çıkış dönemlerinde koleoptilden ilk yapraklar çıkarlar ve hemen fotosentez yapmaya başlarlar.



Abendroth, Lori & Elmore, Roger & Boyer, Matthew & Marlay, Stephanie. (2011). In Corn Growth and Development. Iowa State University

### Çıkışların uniform olmamasının dolayı verim kayıpları

ABD 'de yapılan bir çalışmada;

Tarlada %25 civarında çıkış gecikmesi olursa verimde %7 civarında, %25-50 civarında çıkış gecikmesi olursa verimde %10 civarında, %50'den fazla çıkış gecikmesi olursa verimde %20 civarında kayıp olabilmektedir.

Çıkışların gecikmesi tozlanma ve döllenme sürelerini uyumsuz hale getirmekte, geç çıkış sağlayan bitkiler hastalıklara ve zararlılara daha fazla maruz kalmakta ve geç çıkış yapan bitkiler erkencilere göre, daha az gübre ve sudan yararlanmaktadır. Genelde erkencilerle

geçciler arasında 2 yaprak gelişim farklılığı oluşmaktadır. Örneğin erkenciler V4 döneminde iken, geçciler V2 döneminde olabilmektedir.

### **Çıkışların uniform olmamasının nedenleri**

Ekim derinliğinde (5-7 cm) yeterli toprak neminin olmaması ya da nemin üniform dağılmaması

Ekim derinliğinin uniform sıcaklıkta ( $> 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) olmaması. Toprak sıcaklığının tarla boyunca farklılık göstermesi

Toprağın tohumu sıkıca sarmaması veya tohum ile toprağın yeterince temas etmemesi (yabancı otlar, bitki artıkları (anız gibi), kesek, taş, kum vb.)

## Vegetatif dönemler nasıl belirlenir?

Mısırın büyüme ve gelişim dönemleri bilmeliyiz ki aşağıdaki sorulara cevap verebilelim.

Sorular:

1. Bitkinin hangi dönemlerinde sulama yapmalıyız?
2. Bitkinin hangi dönemlerin gübreleme yapmalıyız?
3. Bitkinin hangi dönemlerinde herbisit (yabancı ot ilacı) uygulamalıyız?
4. Bitkinin hangi dönemlerinde çapalama yapmalıyız?
5. Bitkinin hangi dönemlerinde zararlılarla mücadele etmeliyiz?
6. Bitkinin hangi dönemlerinde hastalıklarla mücadele etmeliyiz?
7. Bitkinin hangi döneminde son sulamayı yapmalıyız?
8. Bitkinin hangi döneminde silaj için biçim yapmalıyız?
9. Bitkinin hangi döneminde tane hasadını yapmalıyız?

Bilimsel olmayan öneriler:

Çapalama, sulama ve gübreleme: bitki boyu 20-30 cm gelince birinci gübre ver+çapa yap+sulamayı yap, bitki 50-60 cm (yani diz boyu) olunca ikinci çapa+gübre+sulama yap, göbek hizasına gelince, omuz hizasına gelince sulama yap, baş hizanı geçince sulama yap gibi hiçbir bilimsel veriye dayanmayan sadece tecrübe ve duyumlara dayalı mısır yetiştirme uygulamaları...

Yabancı ot uygulaması: 4-5 yapraklı dönemde herbisit uygula, 6-8 yapraklı dönemde uygula, erken dönemde uygula, diz boyuna gelmeden uygula, diz boyunda en geç uygula, bitki 20-30 cm olunca uygula...gibi oldukça fazla öneri şekli bulunmaktadır.

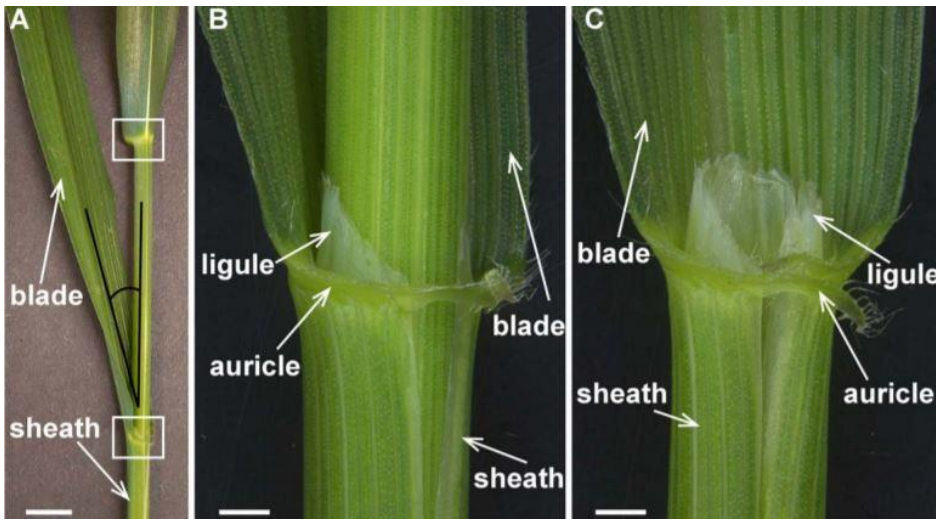
Görüldüğü gibi yukarıdaki önerilerin hiç birisi mısır bitkisinin büyüme ve gelişim dönemleriyle ilişkilendirilmemiş yani vegetatif ve generatif dönemleriyle bitkiye yapılacak tarımsal uygulamaların bitkinin hangi büyüme ve gelişim döneminde yapılacağı belirtilmemiştir. Dahası bitki hangi büyüme ve gelişme dönemlerinde suya ve gübreye ihtiyaç duyduğu açık bir şekilde ortaya konmamıştır.



Bu sorunları giderecek bir çözüm var mıdır?

Mısır bitkisinin büyüme ve gelişim dönemlerini tanımlayan, anlaşılması ve uygulaması çok kolay bir yöntem vardır.

ABD Iowa Eyalet Üniversitesi tarafından mısırın vegetatif ve generatif büyüme ve gelişme dönemlerinin nasıl tanımlandığı bu e-kitapta ayrıntılı şekilde verilmektedir. Çıkış yapmış olan yeni bitkinin (fide) tepe püskülü çıkarınca kadar hangi vegetatif dönemlerden geçtiği ancak yapraklarla tanımlanmaktadır. Fakat yaprakların tanımlanmasının nasıl yapıldığının bilinmesi en önemli konudur.

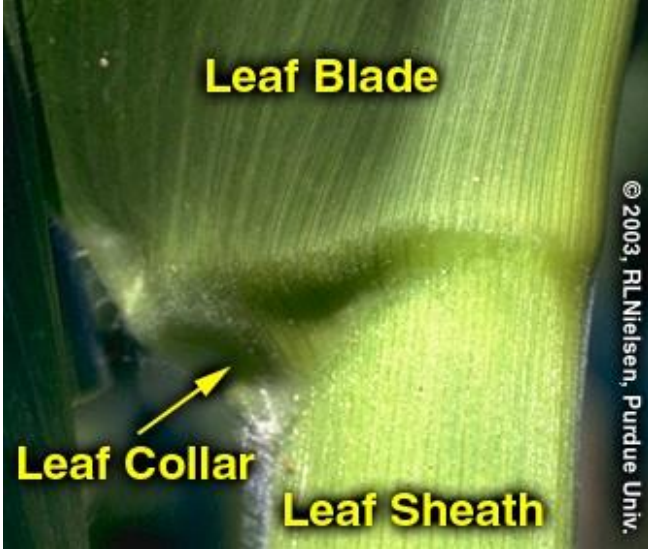


<https://plantae.org/liguleless1-a-conserved-gene-regulating-leaf-angle-and-a-target-for-yield-improvement-in-wheat/>

Buğdayda yaprağın kısımları

ABD Iowa Eyalet Üniversitesi yöntemine göre bir yaprağın sayıma dâhil edilebilmesi için yaprağın tam gelişmiş olması gerekir. Yaprak kını ve ayası tam uzamış (gelişmiş) olmalıdır. Yaprak ayası ile kınının birleştiği kısımda bir büzgünün (collar) görülmesi, o yaprağın tam olarak geliştiğine işaret eder. Serin iklim tahıllarda büzgünün olduğu kısımdan türe özgü olarak kulakçık (auricle) ve/veya yakacık (ligule) çıkış yapar. Fakat mısırın yaprağında kulakçık ve yakacık oluşmadığında dolayı kın ile ayanın birleştiği kısımda beyaz renkli ve çember şeklinde bir büzgü (collar) oluşur. Kın ve ayadan sonra oluşan büzgü, yaprağın tam geliştiğini gösterir. Yaprak sayımında büzgünün oluşup oluşmadığına bakılır.

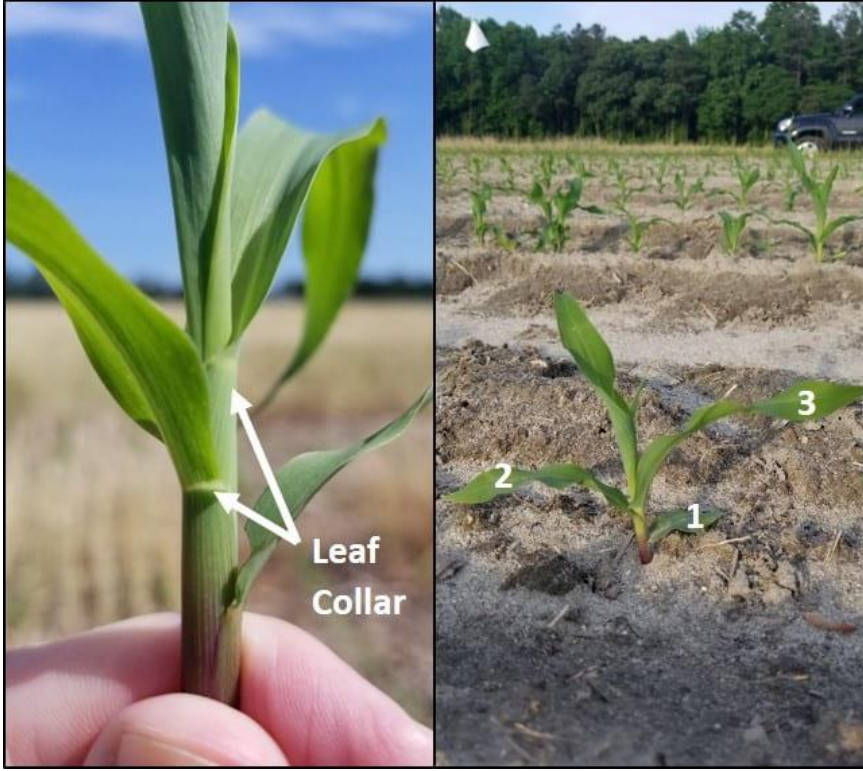




Yaprak büzgüsü (leaf collar), yaprak ayası (leaf blade) ve yaprak kını (leaf sheath)

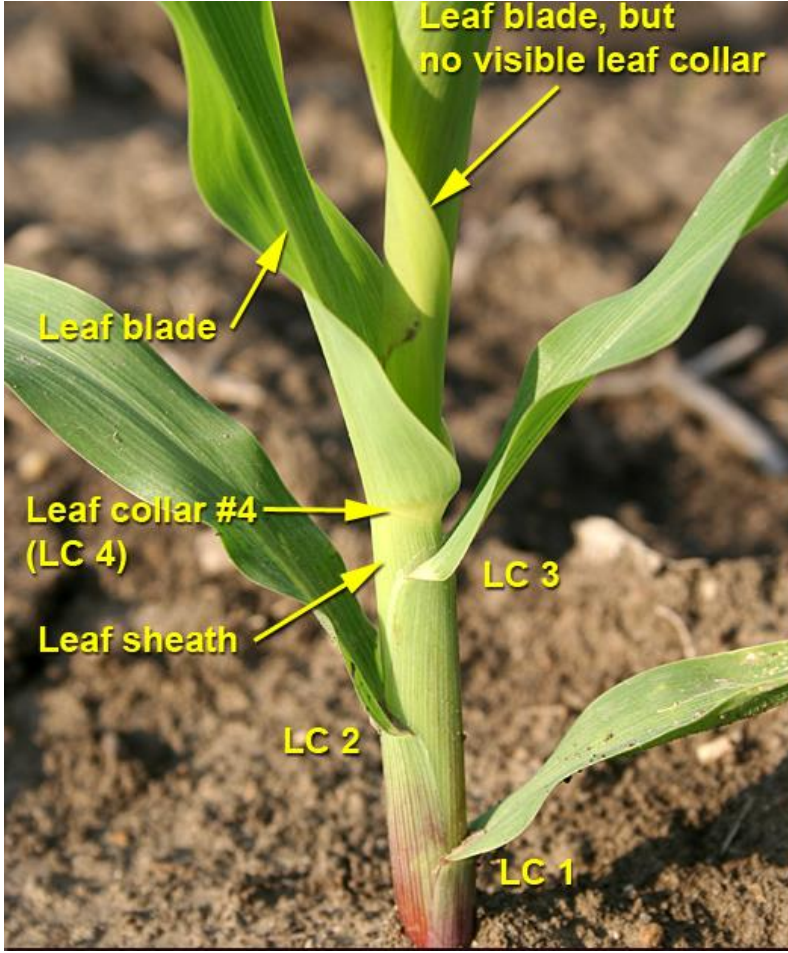


Yaprak büzgüsü (leaf collar)



#### Yaprak büzgüsü

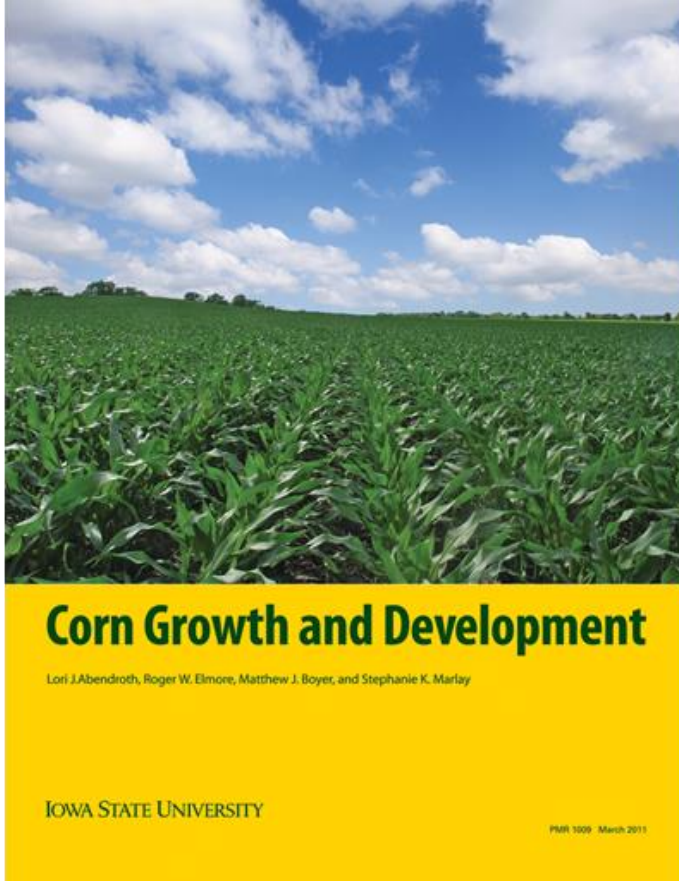
Örneğin aşağıda verilen fotoğrafta yaprak sayısının belirlenmesinde büzgünün (collar) ıkıp çıkmadığı dikkate alınmadan yaprak sayımı yapılırsa, bitkinin en az 7 yapraklı olduğu kabul edilecektir. Fakat ABD Iowa Eyalet niversitesinin önerdiği yaprak büzgüsü (leaf collar) yöntemine göre bitkinin 4 yapraklı dönemde (V4) olduğu kabul edilir.



Yukarıdaki fotoğraftaki bitki, ABD Iowa Eyalet Üniversitesi yaprak büzgüsü (leaf collar) yöntemine göre 4 yapraklı (V4) dönemdedir.

Mısırdaki bitki büyüme ve gelişme dönemlerinin belirlenmesinde dikkate edilecek bir konu daha vardır. Bir parsel veya tarlada bitkinin hangi dönemde olduğuna karar verirken bitkilerin en az %50'sinin aynı büyüme ve gelişim döneminde olması gerekir. Örneğin bitkinin tepe püskülü çıkarma dönemine girip girmediğine karar verebilmek için parseldeki veya tarladaki bitkilerin en az yarısının (%50) tepe püskülü çıkarmış olması gerekir. Bitkilerin %50'sinden daha azı, tepe püskülü çıkarmış ise henüz bitki, tepe püskülü dönemine girmemiştir. Deneme parsellerinde bitkilerin büyüme ve gelişim dönemlerini takip etmek kolaydır. Fakat yüzlerce dekarlık tarlalarda bitkinin hangi dönemde olduğunu tespit etmek kolay değildir. Tarlanın mümkün olduğunca farklı yerlerinde zikzak ve/veya çapraz yönlerde giderek pek çok bitkiyi inceleyip hangi dönemde olduğuna karar vermek gerekir. Özellikle yaprak sayılarına göre karar verilmesi gereken vegetatif dönemler oldukça karmaşıktır. Yaprak büzgüsü yöntemine göre örneğin bitkinin 6 yapraklı döneme girip girmediği belirlemek istiyorsunuz. Bunun için tarlanın farklı yerlerinden yaprak sayarak gözlemler yapınız. Örneğin 100 bitkide yaprak sayımı yaptınız ve gözlemleriniz sonucunda 30 bitkinin 4 yapraklı (V4), 30 bitkinin 5 yapraklı (V5), 40 bitkinin 6 yapraklı (V6) döneminde olduğuna karar verdiniz. Toplam 100 bitkinin 60

tanesi 4 ve 5 yapraklı dönemlerde (V4 ve V5) ve 40 tanesi 6 yapraklı dönemde olduğundan dolayı bir müddet daha bekleyerek bitkilerin en az %50'sinin 6 yapraklı döneme ulaşmasını sağlamanız gereklidir. Fakat bazı kritik dönemler vardır ki bu dönemlerin kesinle doğru tespit edilmesi gerekir. Çünkü yanlış dönemde yapılacak yanlış uygulamalar mısırın tane verimi ve kalitesini düşürecektir. Örneğin 6 yapraklı dönem ve sonrasında kesinlikle herbisit kullanılmamalıdır. Herbisitten bitkinin etkilenmemesi için tarladaki bitkinin yaprak sayısı (yaprak büzgüsü yöntemine göre) öyle takip edilmeli ki neredeyse hiçbir bir bitki 6 yapraklı (büzgüsü gözle görülen) döneme girmiş olmamalıdır.



<https://store.extension.iastate.edu/product/Corn-Growth-and-Development>



## Mısırın büyüme ve gelişme dönemleri

ABD-IOWA Eyalet Üniversitesi (Yaprak büzgüsü (leaf collar) yöntemi)

<https://store.extension.iastate.edu/product/Corn-Growth-and-Development>

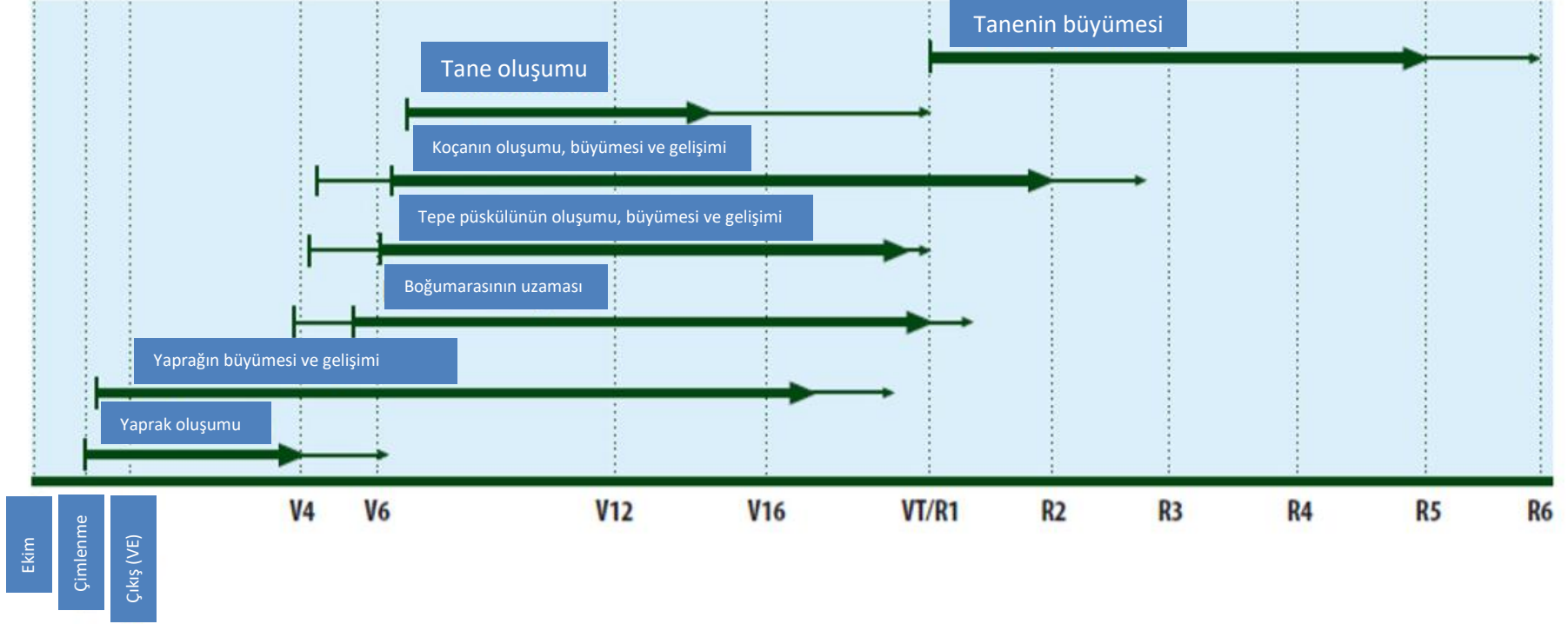
| Vegetatif (V)dönemler | Vegetatif (V)dönemler-devamı | Generatif (Reproductive-R) dönemler |
|-----------------------|------------------------------|-------------------------------------|
| Çıkış-VE              | 11 yapraklı-V11              | Koçan püskülü çıkarma-R1            |
| 1 yapraklı-V1         | 12 yapraklı-V12              | Tane kabarcık-R2                    |
| 2 yapraklı-V2         | 13 yapraklı-V13              | Süt olum-R3                         |
| 3 yapraklı-V3         | 14 yapraklı-V14              | Hamur (sarı) olum-R4                |
| 4 yapraklı-V4         | 15 yapraklı-V15              | Diş (dişlenme) olum-R5              |
| 5 yapraklı-V5         | 16 yapraklı-V16              | Fizyolojik olum-R6                  |
| 6 yapraklı-V6         | 17 yapraklı-V17              |                                     |
| 7 yapraklı-V7         | 18 yapraklı-V18*             |                                     |
| 8 yapraklı-V8         | 19 yapraklı-V19**            |                                     |
| 9 yapraklı-V9         | 20 yapraklı-V20**            |                                     |
| 10 yapraklı-V10       | 21 yapraklı-V21***           |                                     |
|                       | Tepe püskülü çıkarma (VT)    |                                     |

\*100-110 günlük-orta olum grubu çeşitler 18 yapraklı

\*\*115-125 günlük-geçici çeşitler 19-20 yapraklı

\*\*\*130-140 günlük-çok geçici çeşitler 21 yapraklı

Aşağıdaki şekil mısırın büyüme ve gelişme dönemlerine göre yaprak, boğumarası, tepe püskülü, koçan ve tanenin nasıl büyüme ve gelişme sergilediğini göstermektedir.



<https://store.extension.iastate.edu/product/Corn-Growth-and-Development>

Mısır bitkisinin büyüme ve gelişim dönemlerinde yaprak, sap, üreme organları ve tanenin oluşum periyodu

## Bir yapraklı dönem (V1)

İlk yaprağın büzgüsü (collar) tam belirginleşir.



<https://thomascountyag.com/2017/03/31/corn-coming-up/>

Bir yapraklı (V1) dönem

Bitkinin 30 yaprak oluşturma potansiyeli vardır.

Fakat çoğunlukla 18-21 (erkenci-geçci) arasında yaprak oluşur.

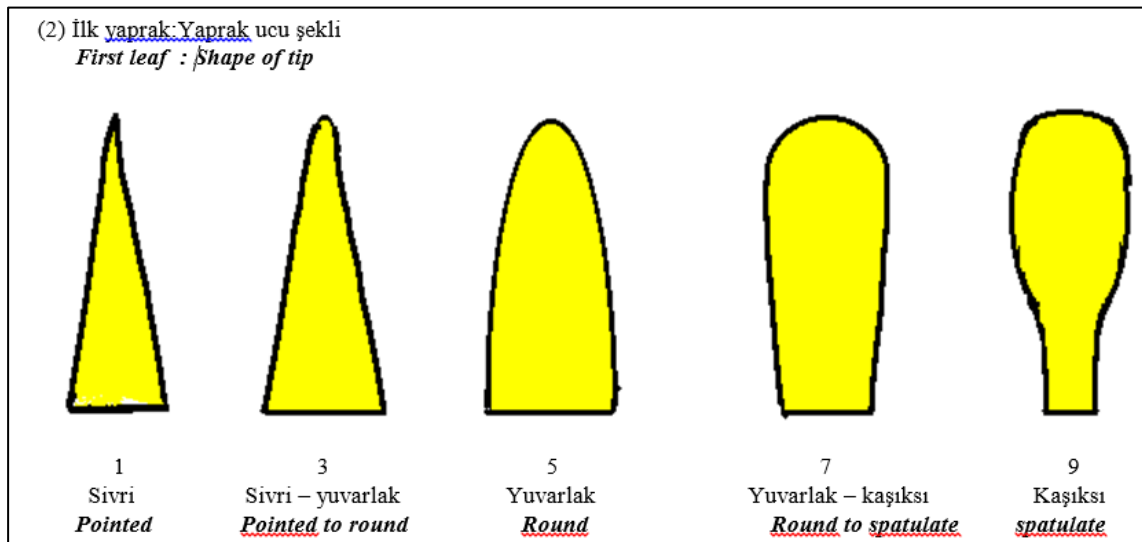
Optimal koşullarda 6 yapraklı döneme kadar 3-5 günde bir yaprak çıkışı olur.

Yeni yaprak çıkışı, tepe püskülü çıkışına kadar devam eder.

İlk yaprağın uç kısmı genellikle yuvarlak görünür.

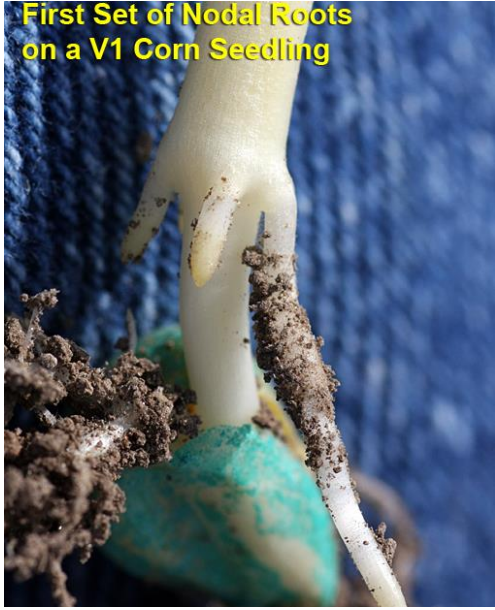


Fakat ilk yaprak daima yuvarlak görümlü olmayıp çok farklı şekillerde de olabilir.



<https://www.tarimorman.gov.tr/BUGEM/TTSM/Sayfalar/Detay.aspx?Sayfald=49>

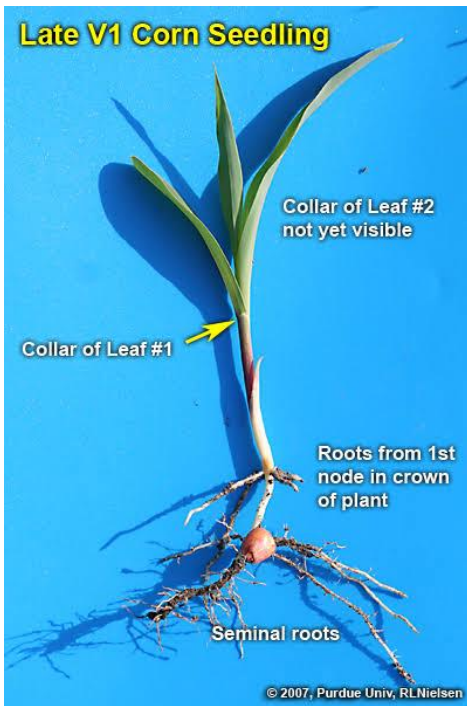




İlk boğumdan nodal kök oluşumu

Nodal (boğum) köklerinin çıkışı V1 döneminde başlıyor.

İlk gerçek yaprağın çıktığı boğumdan ilk nodal kökler çıkmaya başlar.



Bir yapraklı (V1) döneminde nodal kök oluşumu

Seminal kökler topraktan su ve mineral maddeleri almaya devam ederler (V1 ve V2)

Nodal kökler V3 ve V4'de baskın olurlar.

Telkurdu ve bozkurt zararına karşı kontroller yapılmalı (bu zararlılara karşı ilaçlı tohum ekilmeli)



<http://blogs.cornell.edu/ipmwpr/black-cutworm-bcw-agrotis-ipsilon-in-field-corn/>

Bozkurt



Şekil 22. Telkurdu: a) Ergin b) Larva

<https://www.tarimorman.gov.tr/TAGEM/Belgeler/Entegre/m%C4%B1s%C4%B1r%20entegre.pdf>

Yabancı ot gelişimi kontrol edilmeli (V1-V2 dönemlerinde bitki körpe olduğundan herbisit uygulanmasını tavsiye etmiyoruz. Herbisit için en ideal dönem V4'tür)

V1 döneminde mısır bitkisi herbisitlere karşı çok hassastır.

Genelde 5 yapraklı (V5) dönemden sonra ilk yaprak kurumaya başlar.

VT dönemine gelindiğinde genelde en alttaki 6-7 yaprak (bazen 8. yaprak dâhil) kurumaktadır.

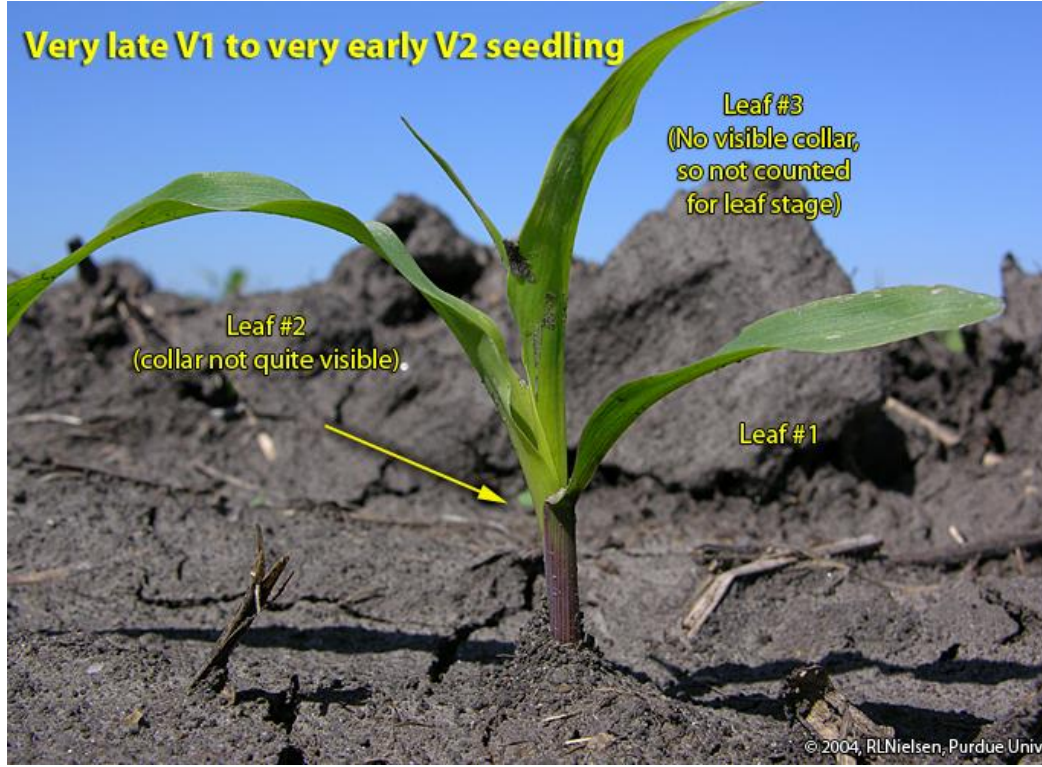
İlk oluşan yapraklar dökülmeye başlayacağından dolayı, 5-6 yapraklı dönemden sonra, bitki vegetatif dönemlerini belirlemek için yaprak saymak hatalı sonuçlara götürebilir. 5-6 yapraklı dönemlerden sonra, vegetatif dönemleri belirlemek için sap üzerindeki boğumları saymak gerekmektedir.



<https://www.agry.purdue.edu/ext/corn/news/timeless/Roots.html>

Birinci yaprakta büzgü oluşu





Bir yapraklı (V1) dönem. İkinci yaprakta henüz büzgü oluşmamıştır



## İki yapraklı dönem (V2)

İkinci yaprağın büzgüsünün (leaf collar) görüldüğü dönemdir.



<https://thomascountyg.com/2017/03/31/corn-coming-up/>

İki yapraklı (V2) dönem

Genç fide bu dönemde hala endospermden beslenir. Diğer taraftan fotosentez yapma yeteneğini artırır.

V1 ve V2'de ilk boğumdan nodal kökler çıkmaya devam eder.

Çimlenme-çıkış (VE), V1, V2, V3 ve V4 dönemlerinde telkurt ve bozkurt zararları için tarlada kontroller yapılır.

Herbisit uygulaması yapılabilir (V1-V4).



<http://www.arkansas-crops.com/2014/05/02/identification-leaf-stages/>

İki yapraklı (V2) dönem



## Üç yapraklı dönem (V3)

Üçüncü yaprağın büzgüsünün (collar) görüldüğü dönemdir.



3 yapraklı dönem (V3)

<https://www.mississippi-crops.com/2019/05/25/how-to-determine-growth-stages-of-young-corn-or-sorghum/>

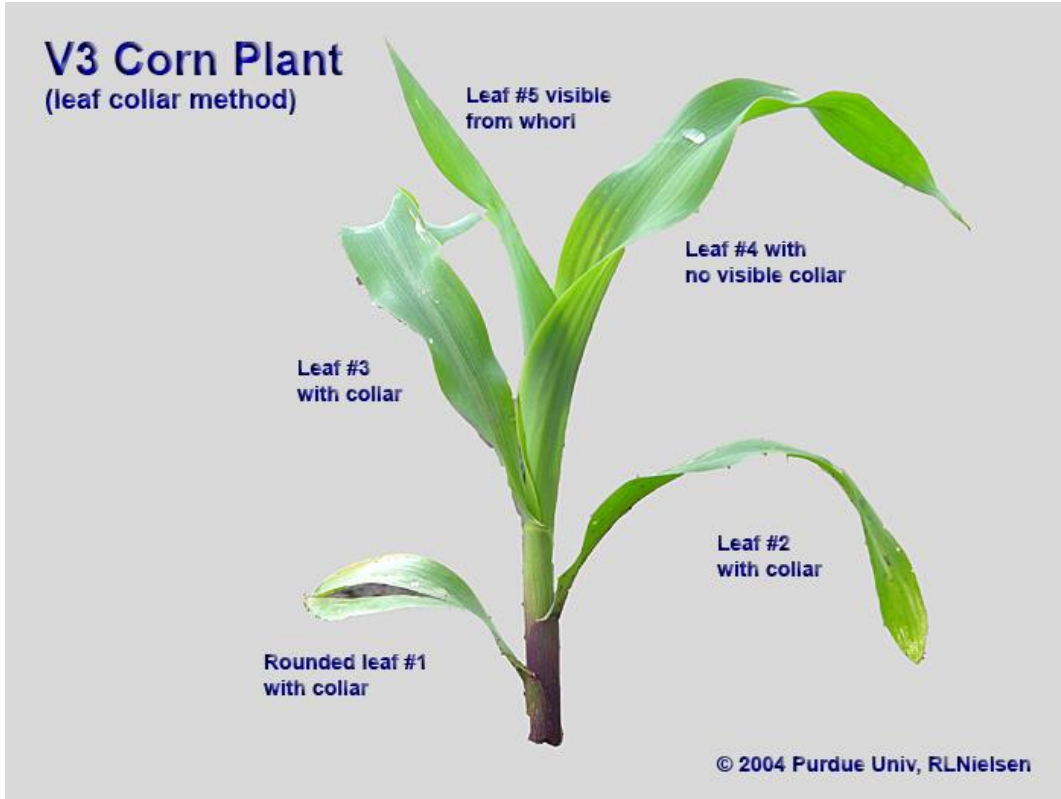
Üç yapraklı (V3) dönemde ikinci boğumdan nodal kökler çıkmaya başlar.

Genelde çıkıştan (VE) 12-15 gün sonra 3 yapraklı döneme girilir. Büyüme noktası toprak altındadır ve yeni yapraklar oluşturma devam eder. Bu dönemde büyüme noktasının toprak altında 2-3 cm derinlikte olması istenir. Böylece bitki, olumsuz hava şartları (soğuk vs.) ve herbisit zararından korunur. Çıkış sonrası herbisit uygulamalarının, en erken 1 yapraklı dönemde, en geç 5 yapraklı dönemde, en uygunu 4 yapraklı (V4) dönemde yapılması tavsiye

edilir. **6 yapraklı dönemde (V6) ve ileri dönemlerde kesinlikle herbisit uygulanmamalıdır.** Zira 6 yapraklı (V6) dönemde büyüme noktası (apical meristem) toprak üstüne çıkar ve herbisitten zarar görür.

3 yapraklı dönemde bitki, fotosentez kapasitesini (makinesini) tam olarak çalıştırmaya başlar.

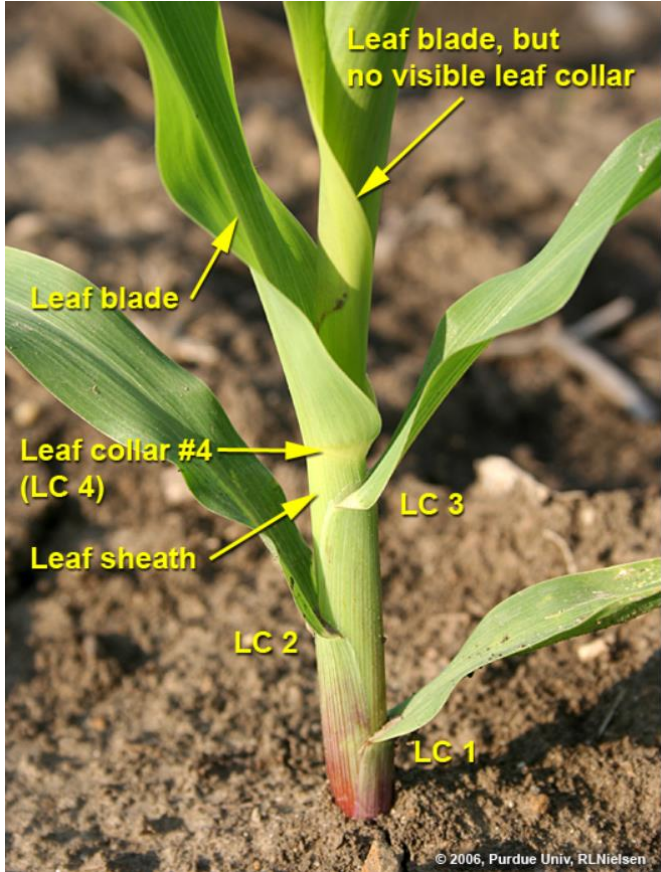
Dolu zararı olursa tekrar ekim yapmaya karar vermek için en uygun dönem, 3 yapraklı dönemdir. Büyüme noktasının (apikal meristem) toprak altında (en az 2 cm aşağıda olmalı) tekrar yaprak oluşturma ihtimali göz önünde bulundurulmalıdır. Yeniden ekime karar verilirse daha kısa yetiştirme süresine sahip çeşitler (FAO olum grubu daha düşük) tercih edilmelidir. Örneğin, ilk ekimde FAO 700 grubu seçildiyse, tekrar ekimde FAO 500 grubu tercih edilmelidir. Bu durumda verimin azalacağı önceden bilinmelidir.



3 yapraklı dönem (V3)

## Dört yapraklı dönem (V4)

Dördüncü yaprağın büzgüsünün (collar) görüldüğü dönemdir.



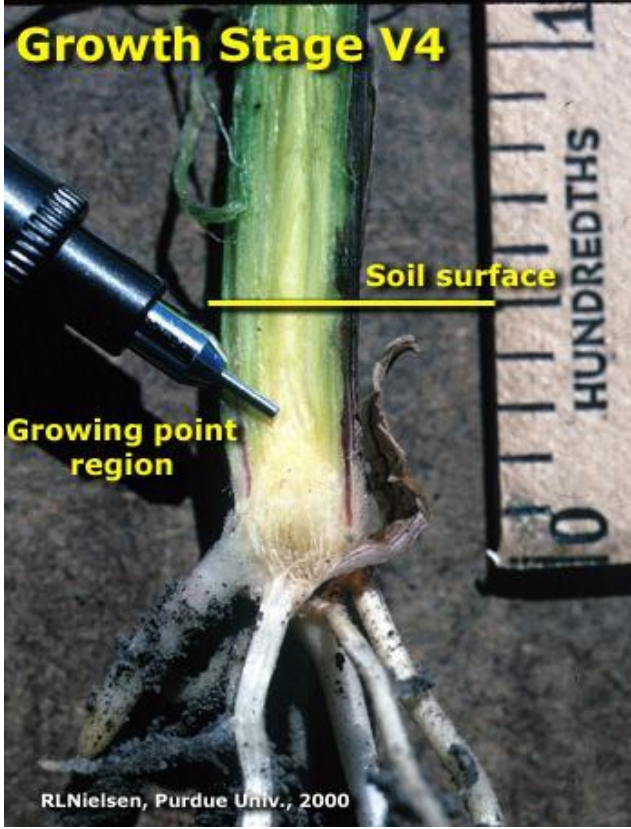
## 4 yapraklı dönem (V4)

V3 ve V4'te ikinci boğumdan nodal kökler çıkmaya devam eder.

Nodal kök gelişimi bu dönemde hızla artar.

Büyüme noktası, toprak üstüne doğru yaklaşır.





Dört yapraklı (V4) dönemde büyüme noktası toprak yüzeyinin hemen altında yer alır.

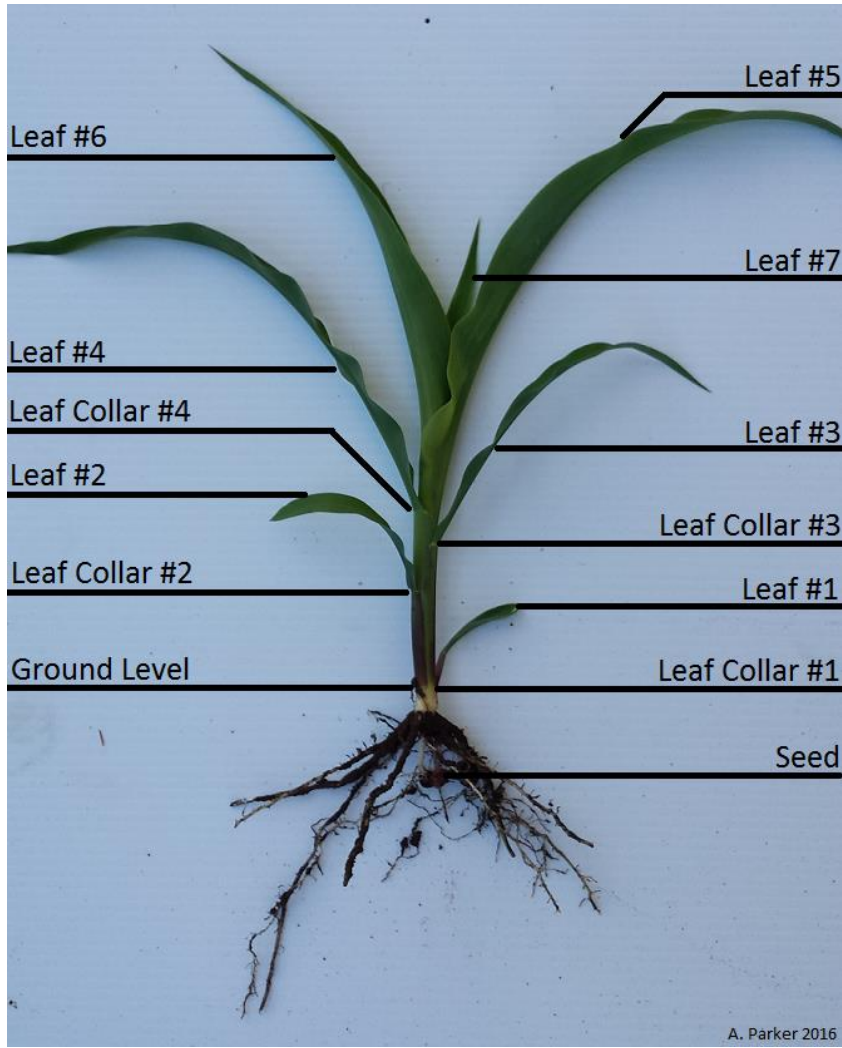
Mısırın yabancı otlarla rekabeti, V3-V4 dönemlerinde zayıf olduğundan (**en uygun V4**, en geç V5) dolayı **çıkış sonrası herbisit uygulanabilir**. Geniş ve dar yapraklı yabancı ot türü, yoğunluğu (birim alandaki sayısı) ve yayılışı (bulunma sıklığı ya da rastlanma frekansı) dikkate alınarak herbisit uygulamasına karar verilmelidir.

Çapa yapma imkânı varsa **ilk çapa yapılır**. İkinci çapada (V5 sonu V6 başı) **üst gübreleme** yapılmalıdır.

**Ana üründe V4 döneminde genelde sulama tavsiye edilmez**. Mısır kök gelişimi artırmak için V4'de sulama yapılmaması tavsiye edilir. Fakat kurak yıllarda sulama yapılmalıdır.

İkinci üründe bu dönemde sulama ihtiyacı varsa kök gelişimi teşvik etmekten ziyade bitkinin su ihtiyacının giderilmesi daha önemlidir.

V4 dönemi, bitkinin koçan ve tepe püskülü taslağı oluşturma başlamasına hazırlık için çok önemli bir **geçiş dönemi**dir.

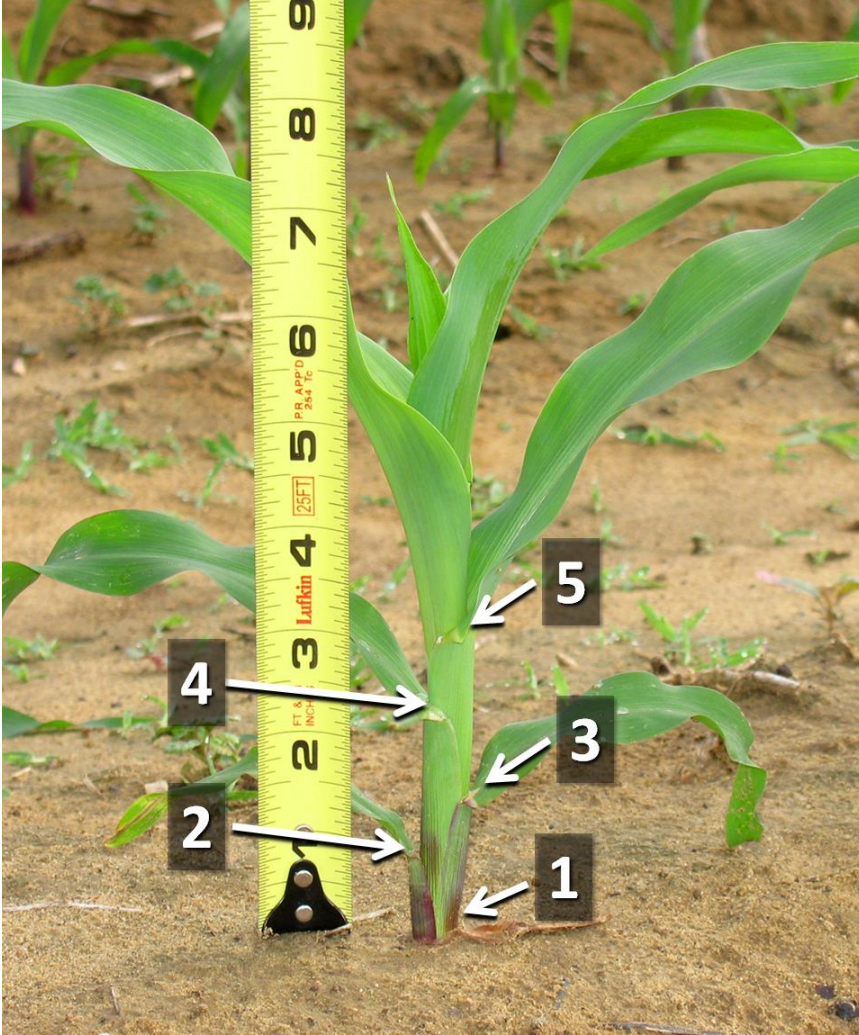


<http://www.maizex.com/news/blog/staging-corn-and-soybeans>

4 yapraklı dönem (V4)

## 5 Yapraklı Dönem (V5)

Beşinci yaprağın büzgüsünün (leaf collar) görüldüğü dönemdir.

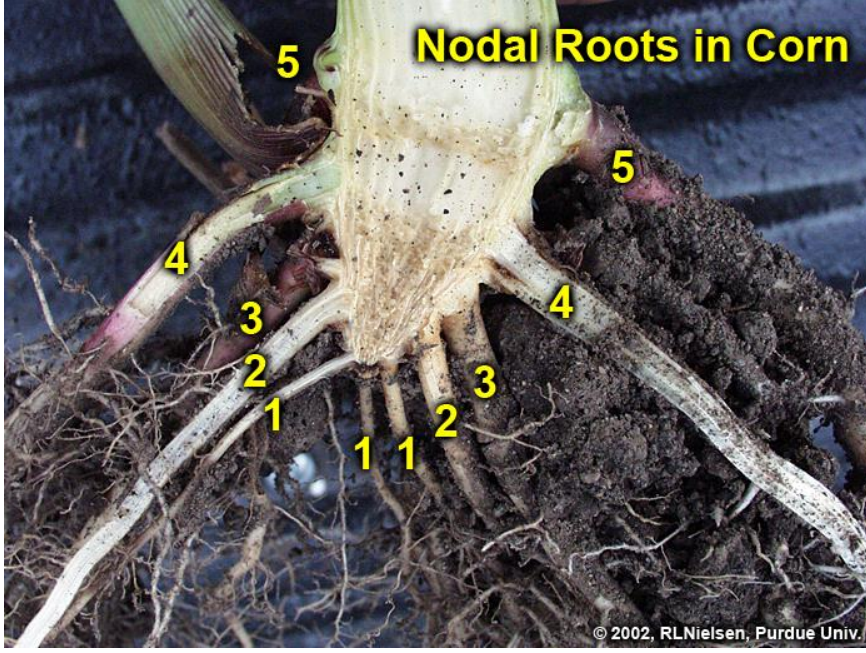


<https://www.mississippi-crops.com/2019/05/25/how-to-determine-growth-stages-of-young-corn-or-sorghum/>

Beş yapraklı (V5) dönem

V5'te üçüncü yaprağın çıktığı boğumdan nodal kökler çıkmaya başlar.

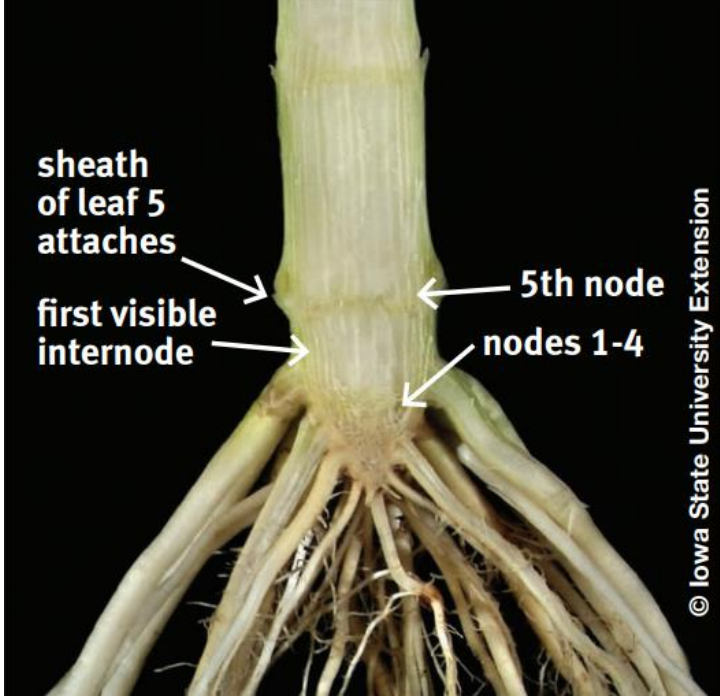




Nodal kökler

Çıkış sonrası herbisit uygulaması V1-V4'de yapılmalıdır. Fakat herhangi bir nedenden dolayı (yağışlar vb.) **herbisit V4'de uygulanamaz ise en geç V5'te uygulanabilir**. V5'te bitkinin büyüme noktasının (apikal metristem) toprak üstüne çıkıp çıkmadığına bakılması gerekir. Genelde büyüme noktası toprağın üzerine çıkmak üzeredir. Çünkü **sapa kalma dönemi V5 ile başlar**. Bir bitkide oluşacak tüm yaprakların tamamına yakınının taslakları, bu dönemde oluşturulur. Yaprak taslaklarının oluşumunun neredeyse tamamlanması, büyüme noktasında değişime neden olur ve tepe püskülü taslağının oluşumu için büyüme noktasında geçiş-değişim-dönüşüm süreci başlar.

Koleoptil yaprağı kuruyup kaybolur. **5. yaprağın çıktığı boğum ile 4. yaprağın çıktığı boğum arası yaklaşık 12-14 mm uzar ki bu sapa kalkmanın başladığını gösterir.**



İlk boğumarasının oluşumu



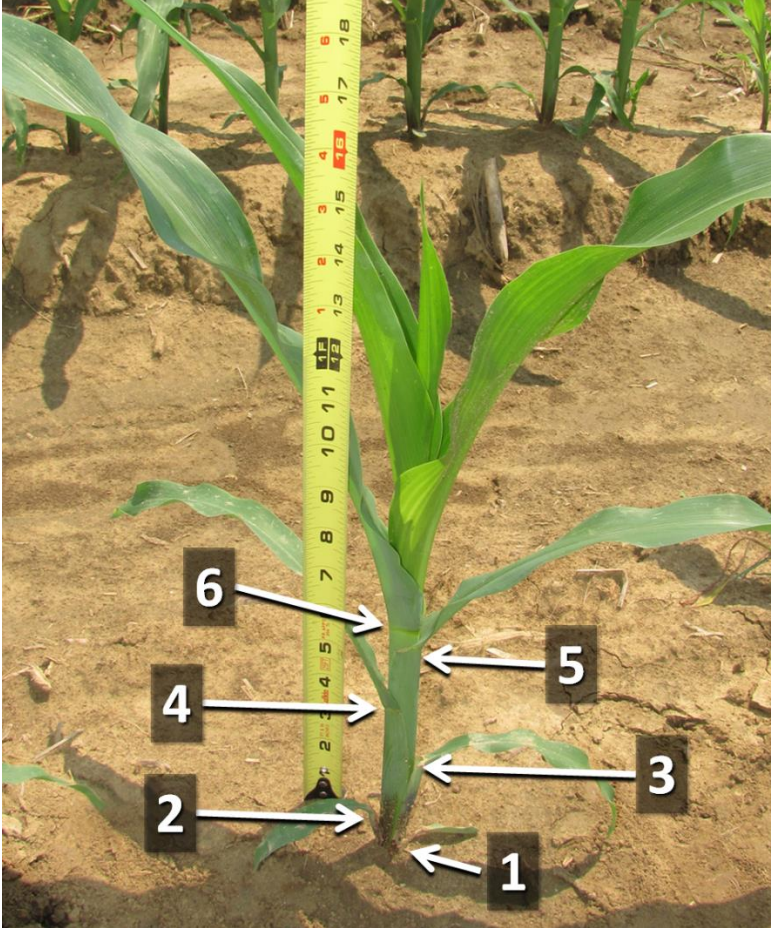
Boğumalarının oluşumu

**V5 dönemi ilk üst gübre uygulaması için en uygun dönemdir.** Çıkış sonrası herbisit uygulaması için V5, en geç dönemdir. Bu dönemden sonra herbisit kesinlikle uygulanmamalıdır. **En uygun herbisit uygulama dönemi, V4 dönemidir.**



## 6 Yapraklı Dönem (V6)

Altıncı yaprağın büzgüsünün (collar) görüldüğü dönemdir.



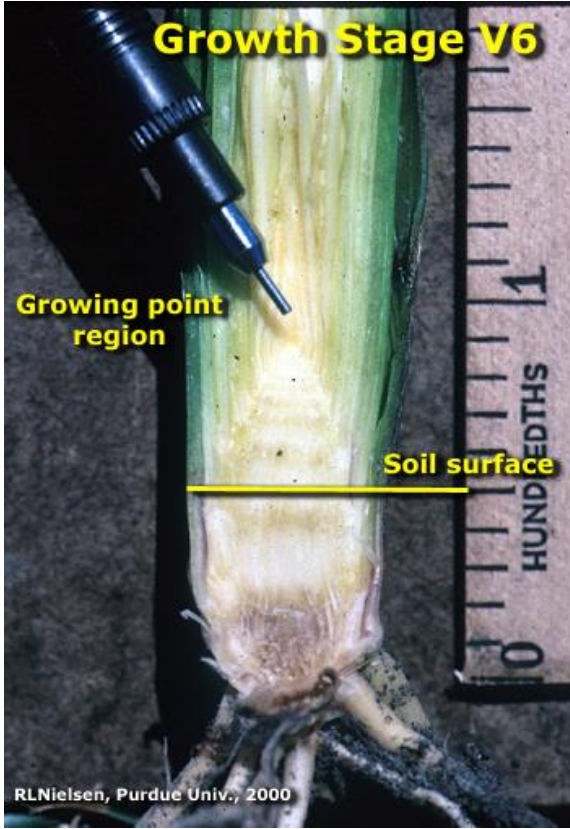
<https://www.mississippi-crops.com/2019/05/25/how-to-determine-growth-stages-of-young-corn-or-sorghum/>

6 yapraklı (V6) dönem

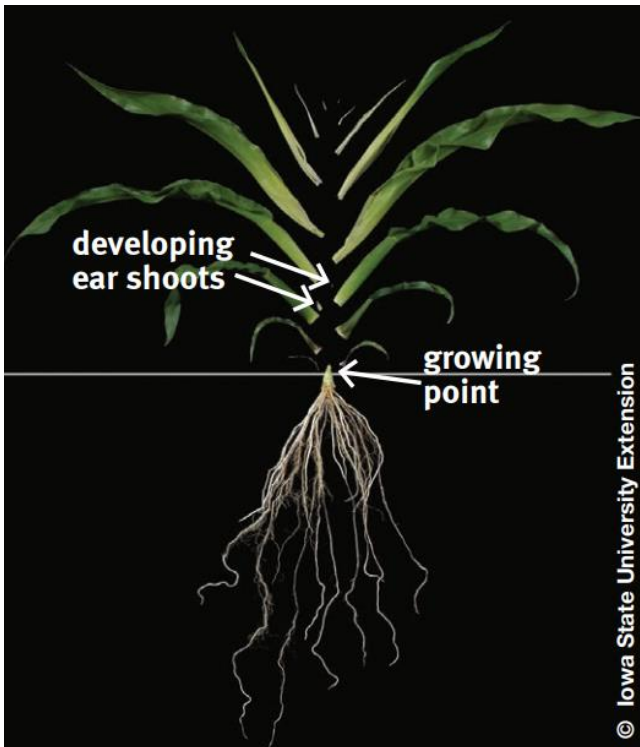
Mısırın en önemli vegetatif dönemlerinden birisidir.

V5 ve V6'da üçüncü boğumdan nodal kökler çıkmaya devam eder.

V6'dan itibaren bitkide çok hızlı bir büyüme ve gelişim meydana gelir. V5'de başlayan sapa kalma süreci, V6'da hızlanır. Büyüme noktası (apikal meristem) yaprak üretimini sonlandırır.



Büyüme noktasının toprak üzerine çıkması

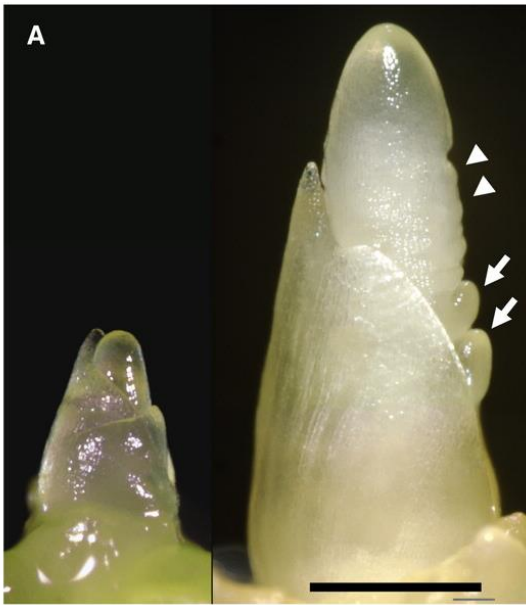


Büyüme noktasının toprak üzerine çıkması

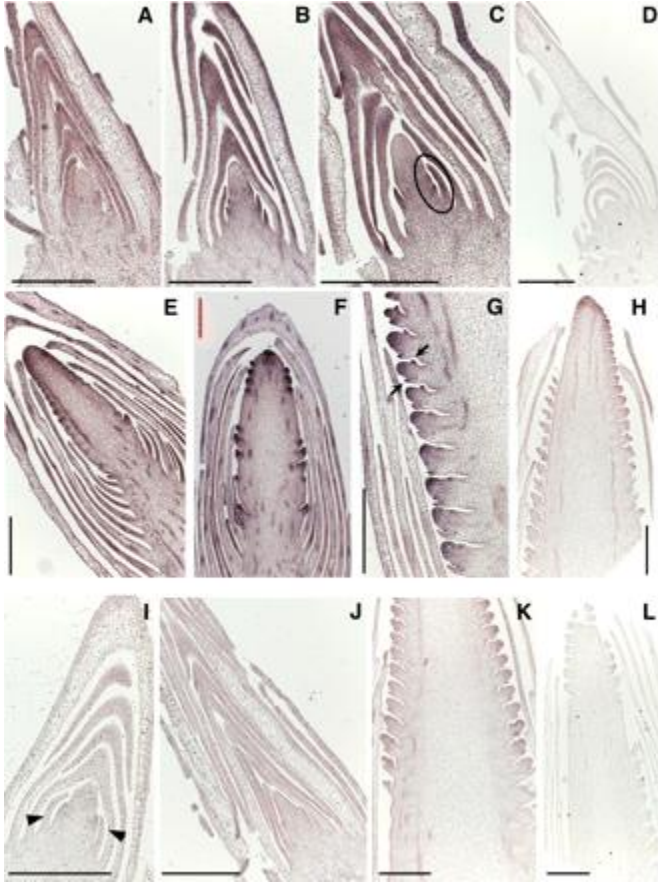


<https://store.extension.iastate.edu/product/6065>

Boğumların üzerinde büyüme noktası bulunmaktadır



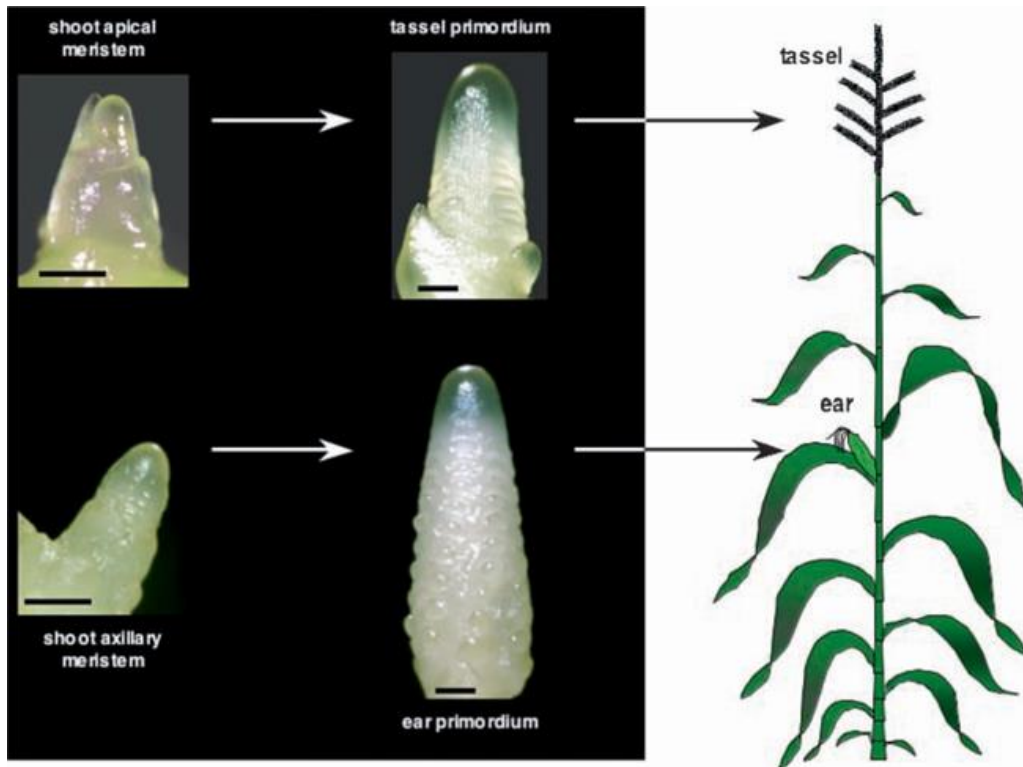
Büyüme noktasının oluşumu (soldaki foto) ve büyüme noktasında başakçıkların oluşumu (sağdaki foto)



<http://www.plantphysiol.org/content/147/4/2054>

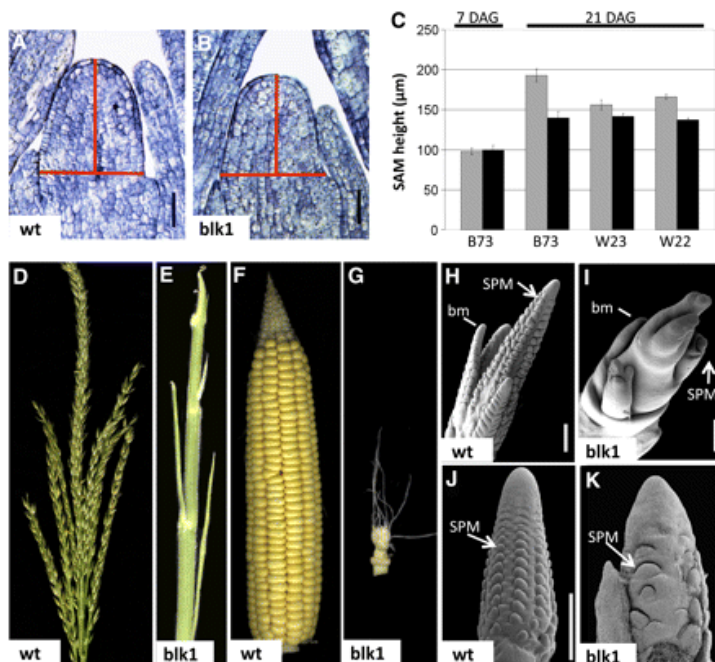
Büyüme noktasında tepe püskülü taslağının oluşumu





[https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-0-387-79418-1\\_3](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-0-387-79418-1_3)

Tepe püskülü ve koçan taslaklarının oluşumu



<http://www.plantcell.org/content/22/10/3305>

Tepe püskülü ve koçan taslaklarının oluşumu



V6'a kadar bitkide oluşacak toplam yaprak sayısı belirlenir. Apikal meristem farklılaşarak tepe püskülü taslağını oluşturmaya başlar. Yaklaşık 2-3 gün sonra çoğunlukla toprak üstündeki ilk boğumdan (6. boğum) başlayarak 12, 13 ve 14. boğumlarda dâhil, yaklaşık 8-10 adet boğumda koçan taslakları oluşmaya başlar. Bitkinin en üst 6-8 boğumu ile bitkinin ilk 5 boğumunda genelde koçan taslağı oluşmaz.

V6 döneminin önemi

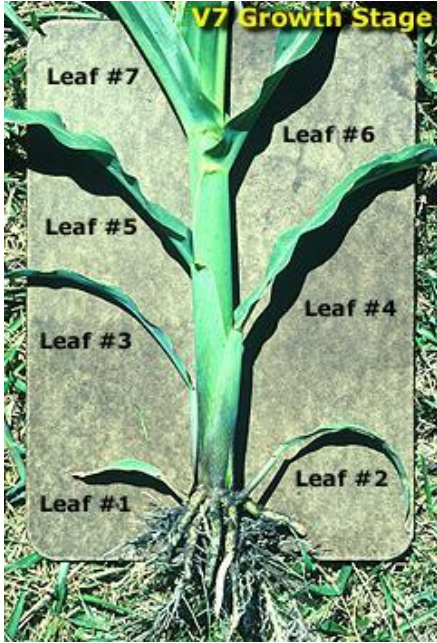
- a) Sapa kalmak dönemi V5 'de başlar ve V6'da hızlanır. Boğumalarını uzamaya devam eder. Bitkinin boyu uzamaya hızla uzamaya başlar.
- b) Apikal meristem toprak üzerine çıkar (Kesinlikle herbisit V6'da uygulanmaz).
- c) **Tepe püskülü taslağı oluşmaya başlar** (ilk önce tepe püskülü taslağı sonra koçan taslağı oluşur).
- d) **Koçan taslakları oluşmaya başlar. Koçanda sıra sayısı belirlenir** (V6-V7). Koçanda sıra sayısı erkenci çeşitlerde 12, 14, 16 geçici çeşitlerde ise 16, 18, 20 olabilmektedir. Çeşit ve bölgeye göre koçan taslak oluşumu V6'dan başlar ve V7-V8'de devam eder.
- e) Yaprak taslaklarının oluşumu tamamlanır (potansiyel yaprak sayısı belirlenir).
- f) İlk oluşan yapraklar (en alttaki yaşlı yapraklar) deforme ve yok olmaya başlar.
- g) Kardeş oluşumu belirginleşir (mısırdaki kardeş oluşumu istenmez).
- h) Nodal kök sistemi tamamen fonksiyonel hale gelir.

Yukarıda belirtilen nedenlerden dolayı **V4-V5 dönemlerinde bitkinin sulanması, gübrelenmesi ve çıkış sonrası herbisit uygulamaları** çok önemlidir. Bitkinin V6 dönemine sorunsuz bir şekilde girebilmesi için sulama ve gübreleme uygulamalarının, V4-V5 dönemlerinde yapılması gerekmektedir. **Herbisit uygulaması mutlaka V6 döneminden önce** yapılmalıdır. V6'da herbisit uygulanırsa yeni oluşmuş fakat henüz çıkış yapmamış **tepe püskülü taslağı ve koçan taslakları zarar görecektir**. V6'da uygulanan herbisitler, morfo-fizyolojik deformasyonlara neden olmaktadır. Tane verimi ve kalitesini düşmektedir.

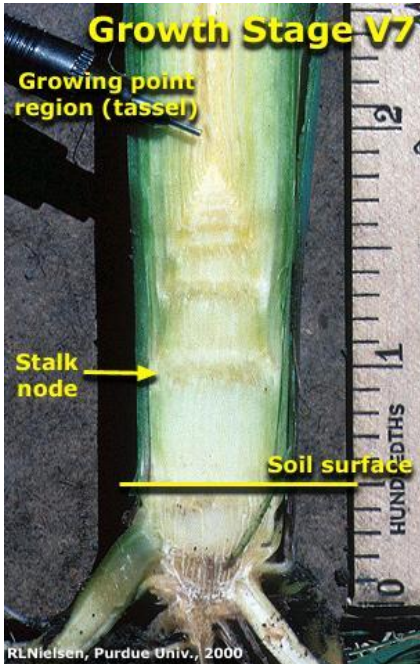
**V6'ya kadar kökler 45 cm derinliğe ve 60 cm çapa ulaşır**. Mısır köklerinin geniş bir alana yayılmasından dolayı sıra arasına gübre uygulanması çok önemlidir. V6'daki gübre ihtiyacının karşılanması için V4-V5 dönemlerine gübreleme yapılmalıdır. Özellikle V6 dönemi ve sonrasında çapalama yapılmamalıdır. Çünkü **yanlara doğru yayılmış olan mısır kökleri çapa ile kesilmekte**, verim ve kalite düşmektedir.

## 7 ve 8 yapraklı (V7 ve V8) dönemler

V7 ve V8 dönemlerinde; yeni yaprak çıkışları devam eder.



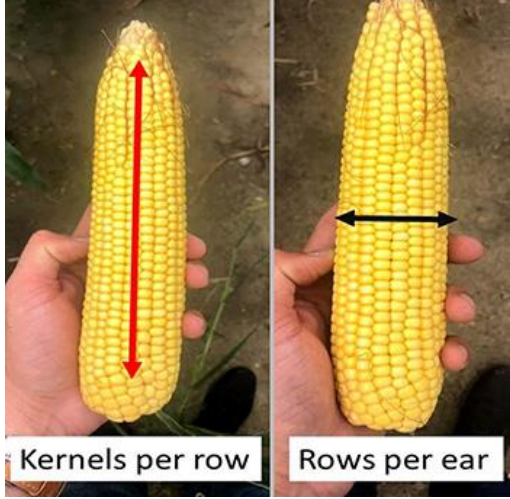
7 yapraklı (V7) dönem



Boğumalarını uzaması devam eder (sapa kalkma devam eder).

Tepe püskülünün taslakları gelişmeye devam ediyor.

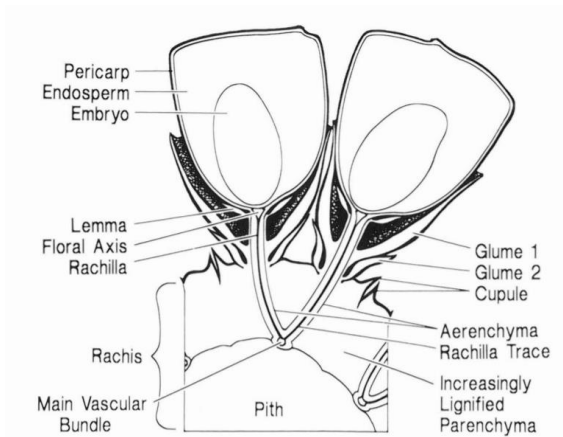
7 yapraklı (V7) dönemde koçan taslağı oluşumu başlıyor.



<https://www.canr.msu.edu/news/estimating-corn-yield-potential>

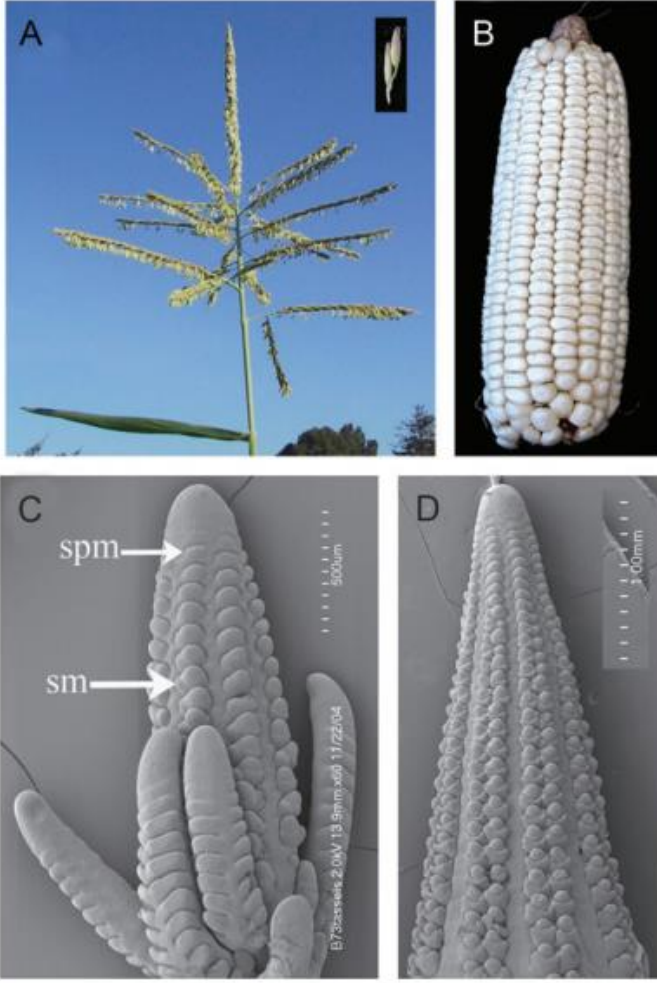
Koçanda sıra ve sırada tane sayısı

Koçanda sıra sayısı V6, V7 ile V8 dönemlerinde, koçanda sıra üzerindeki tane sayısı V9-VT (en yoğun dönem V11-V15 arasında) dönemlerinde belirlenir. Yani mısırdaki tane verimi, VT dönemine kadar koçanda sıra sayısı ve sıra üzerinde tane sayısı olarak belirlenmektedir. VT'den sonra tane verimini belirleyen unsurlar; koçanda fertil tane sayısı ve tane ağırlığıdır.



The American Phytopathological Society, 1990. DOI: 10.1094/Phyto-80-1287

Şekil...Koçan üzerinde tane, başakçık kavuzu (gluma), çiçek kavuzu (lemma), başak eksenini (rachis), başakçık eksenini (rachilla) ve diğer kısımlar

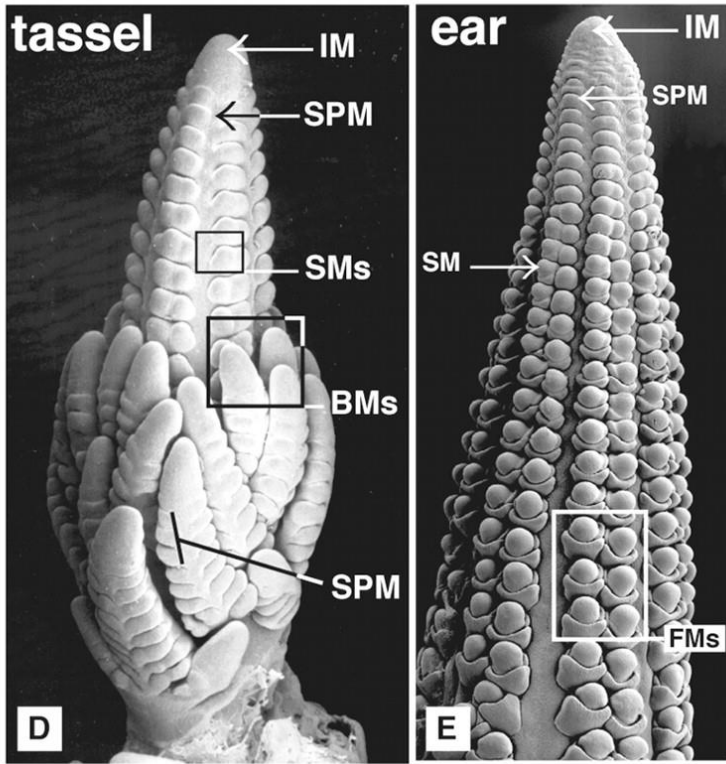
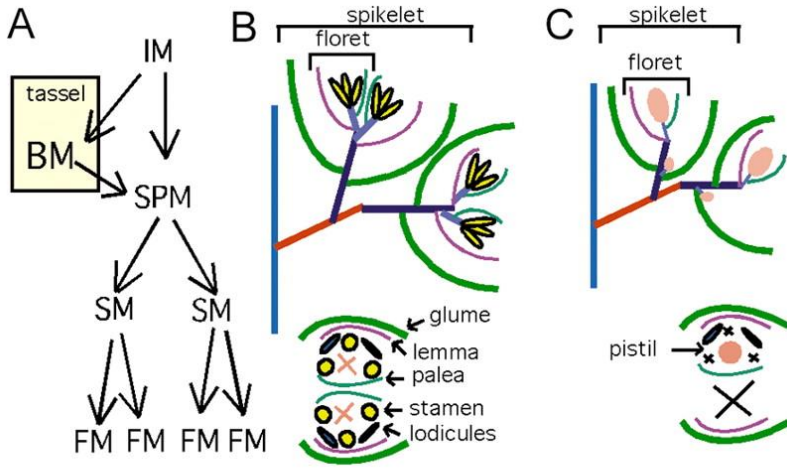


Journal of Experimental Botany, Vol. 58, No. 5, pp. 909–916, 2007

Tepe püskülü ve taslağı (Foto A ve C) ile koçan ve taslağı (Foto B ve D)

Tepe püskülü taslağında önce ana eksen sonra yan dalların taslağı oluşur. Ana eksen de alt kısımdan üste doğru erkek çiçek taslakları önce tekli sonra ikili şekilde oluşur. Ana eksenini, yan dallardaki çiçek taslaklarının oluşumu takip eder.

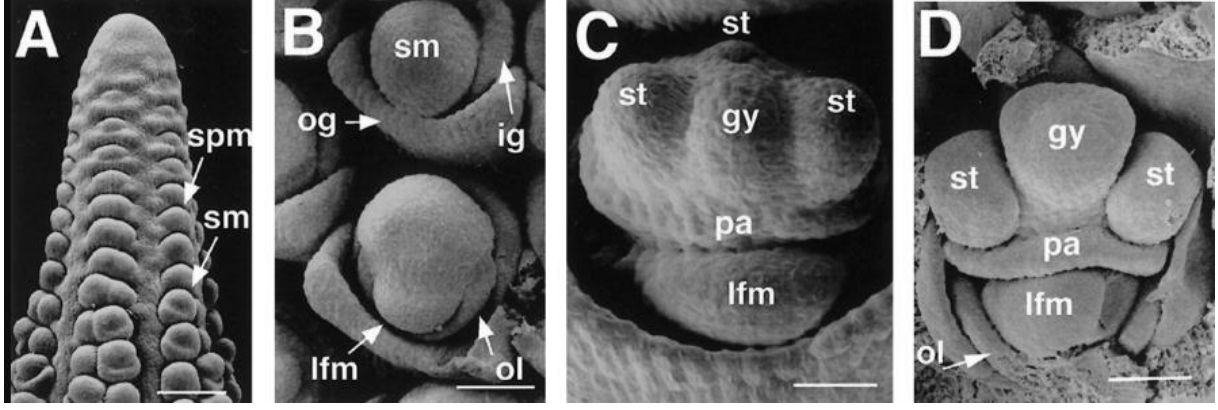
Koçanda en alttaki çiçek taslakları önce tekli sonra ikili şekilde oluşur ve koçan ucuna doğru ilerler.



<https://dev.biologists.org/content/129/11/2629>

Tepe püskülünün erkek çiçekleri taşıyan başakcıkları (Şekil A ve B), tepe püskülünün taslağı (Foto D), koçan üzerinde dişi çiçekleri taşıyan başakcıklar (Şekil C), koçan taslağı (Foto E)





<http://genesdev.cshlp.org/content/12/8/1145.abstract>

Koçanda dişi çiçek taslağının oluşumu. Başakçıkta oluşan ikinci dişi çiçek gelişemez (lfm-lower floral meristem aborted)



Gustin, J.L., Boehlein, S.K., Shaw, J.R. *et al.* Ovary abortion is prevalent in diverse maize inbred lines and is under genetic control. *Sci Rep* **8**, 13032 (2018)

Koçandaki dişi çiçeklerin yumurtalıklarının gelişip tane oluşturamaması genetik kontrol altındadır.

V7 ile V8 arasında koçan taslağı üzerinde taneyi oluşturacak dişi organların (yumurtalıkların) taslağı oluşmaya başlar.

8 yapraklı (V8) dönemde tane oluşunun ilk aşaması olan yumurtalıkların taslaklarının üretimi başlar.

V8'de mısır kurdunun (*Ostrinia nubilalis*) yumurtaları, yaprak altlarına bakılarak kontrol edilmelidir.

Mısır zararlıları hakkında daha fazla bilgi almak için **Tarım Bakanlığı'nın 'Mısır Entegre Mücadele Teknik Talimatı'na bakınız.**

[https://www.tarimorman.gov.tr/TAGEM/Menu/28/Yayinlar\\_veriler](https://www.tarimorman.gov.tr/TAGEM/Menu/28/Yayinlar_veriler)



<https://www.gov.mb.ca/agriculture/crops/seasonal-reports/insect-report-archive/print,insect-update-2015-07-28.html>

Mısır kurdu



<https://vegento.russell.wisc.edu/pests/european-corn-borer/>

Mısır kurdu



[http://www.pyrgus.de/Sesamia\\_nonagrioides\\_en.html](http://www.pyrgus.de/Sesamia_nonagrioides_en.html)

Mısır koçan kurdu



[http://www.pyrgus.de/Sesamia\\_nonagrioides\\_en.html](http://www.pyrgus.de/Sesamia_nonagrioides_en.html)

Mısır koçan kurdu



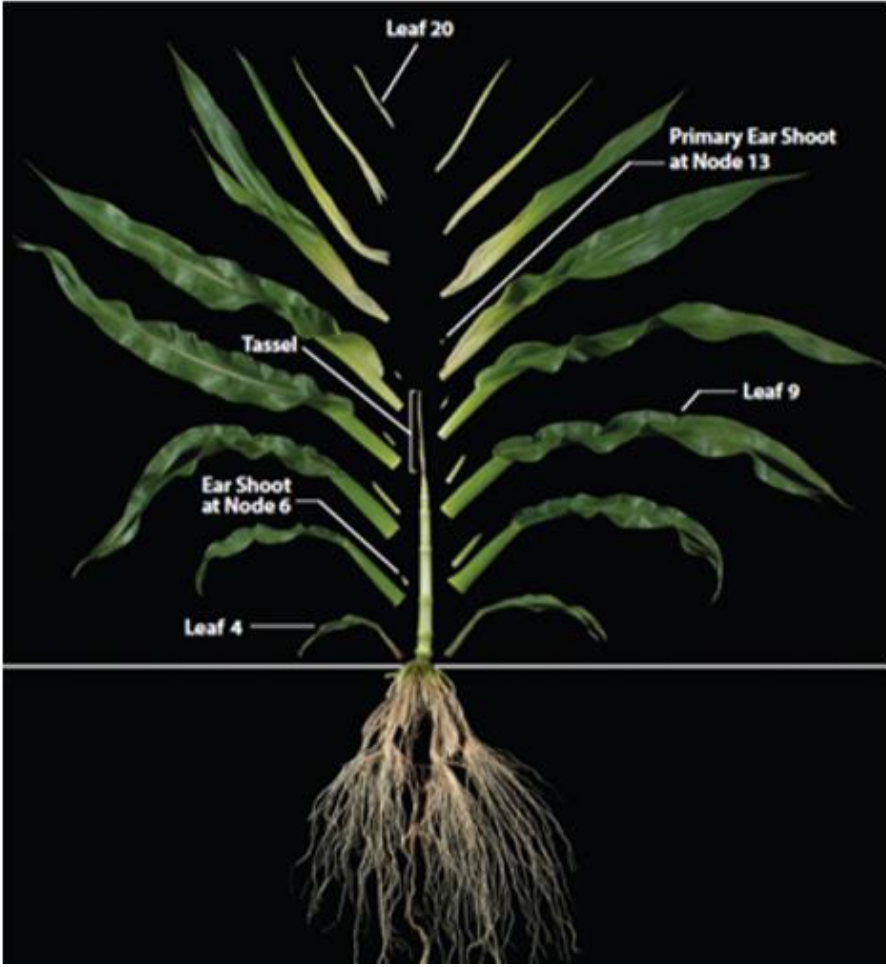
## 9 ve 10 yapraklı (V9 ve V10) dönemler

V8 ve V9'da dördüncü boğumdan nodal kökler çıkmaya başlar ve V10'da da devam edebilir.



Bitkide oluşabilecek toplam yaprak sayısının neredeyse yarısının tam çıkış bu dönemde gerçekleşir. Olgun bir bitkide 18-21 arasında yaprak oluşur. Bu dönemde en alttaki 2-3 yaprağın tamamına yakını kurur ve yok olur.



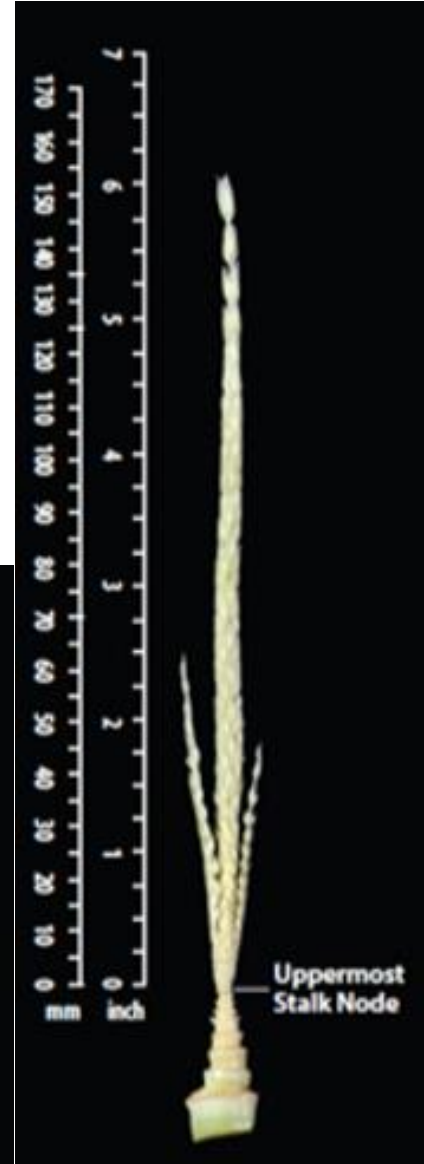
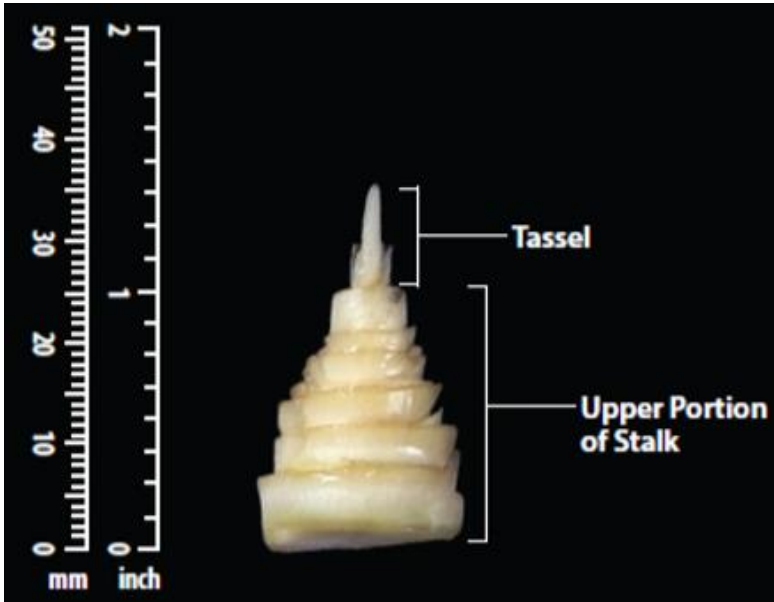


<https://store.extension.iastate.edu/product/6065>

V9 döneminde koçanlar ve tepe püskülünün gelişimi

Alt yaprakların dökülmesinden dolayı, V6 yapraklı dönemden sonra, bitkinin hangi yapraklı dönemde olduğu belirlemek için sap üzerindeki boğumları saymak gerekir. Boğum sayılırken özellikle toprak altında nodal köklerin çıktığı boğumların ilk dördü bir grup şeklinde bulunurlar. Dördüncü boğum ile beşinci boğum arası ilk boğumarası genelde 1.2-1.4 cm uzunluktadır ve büyüteç ile fark edilebilir. Beşinci boğumdan itibaren bitkinin en üst yaprağının (büzgüsü gelişmiş) çıktığı boğuma kadar boğum sayılarak hangi dönemde olduğuna karar verilir. Bu noktada dikkat edilmesi gereken en önemli konu, en üstteki yaprağın büzgüsünün oluşup oluşmaması durumudur.

Boğum sayısını belirlemenin diğer bir yolu daha vardır. Normal ekim derinliğinde (5-6 cm) ekim yapıldığında toprak üzerinde ilk görülen boğum genelde 6. boğumdur (boğaz doldurma toprak üstündeki ilk boğum sayısını değiştirebilir). Bitkiyi topraktan sökmeden ve sapı açmadan kabaca ilk boğum olan 6. boğumdan bitkinin en üst yaprağına (büzgüsü gelişmiş) kadar sayılmasıyla, bitkinin hangi yapraklı dönemde olduğu belirlenebilir. Fakat bu yol tam doğruluk sağlamaz. Çünkü boğaz doldurma ile altıncı boğum toprak altında kalabilmektedir.



<https://store.extension.iastate.edu/product/6065>

Tepe püskülü V7 döneminde (solda) yaklaşık 1 cm iken V9 döneminde (sağda) 15 cm ulaşıyor.

V9-V10 dönemlerinde koçan taslakları belirginleşir. **Bitkinin en üsteki 6-8 boğumu ve toprak altındaki ilk beş boğumu hariç diğerlerinde koçan taslağı (7-9 arasında) oluşur.** Başlangıçta bitkinin alt kısımlarındaki koçan taslakları daha hızlı gelişirken, ilerleyen zaman içerisinde **12., 13. veya 14. boğumda gelişen koçan taslakları (bu boğumlarda gelişen koçanlar ana koçanlardır)** daha fazla belirginleşirler. **Hibrit çeşitlerde genelde 1-2 koçan olgunlaşır ve tane verir.** Çok koçanlılık **genetik karakter olmakla birlikte, bitki sıklığı az ise bitki başına koçan sayısı artabilir.**



<https://store.extension.iastate.edu/product/6065>

V9 döneminde koçanların gelişimi (en iyi gelişmiş koçan 7. boğumda, en az gelişen koçan 13. boğumda)

V9 ve V10 dönemlerinde bitkide **su ve besin maddesi tüketimi çok hızlı bir şekilde artar.** Bu dönemlerde yeterli **su ve gübre verilmezse önce koçanda sıra sayısı, ilerleyen dönemlerde ise koça sırasındaki tane sayısı azalmaktadır.** V11 ve V12 dönemleri koçan sırasındaki tane sayısının belirlendiği dönemler olup, bu dönemlerin su ve besin maddesi ihtiyaçlarının sorunsuz karşılanabilmesi için V9-V10 dönemlerindeki gübre ve sulama uygulamaları çok önemlidir. V11-V12 dönemleri sonrası sulama ve gübreleme tane sayısından ziyade tane ağırlığı üzerine etkili olmaktadır. Bu koşul VT ve R1 dönemlerinde stres yaşanmadığı sürece geçerlidir.

**Tip of Upper Ear Shoot  
of ~ V10 Plant**

**Ovule differentiation  
not yet complete**

© 2005, Purdue Univ, RLNielsen

10 yapraklı (V10) döneminde en üsteki koçan taslağındaki dişi çiçekler gelişimlerini tamamlamak üzereler.

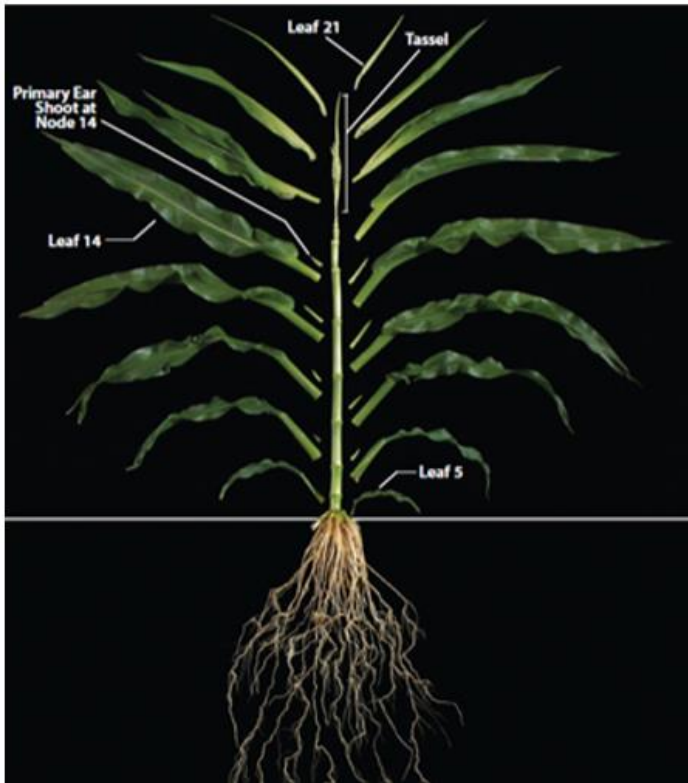


## 11 ve 12 yapraklı dönemler (V11-V12)

V12 döneminde mısır bitkisi bir insan boyuna ulaşır.



<https://www.youtube.com/watch?v=9eiHvHkqYjE>



<https://store.extension.iastate.edu/product/6065>

V12 döneminde koçanlar ve tepe püskülünün gelişimi

V12 döneminde bitki, toplam kuru ağırlığının sadece %10'na ulaşır.

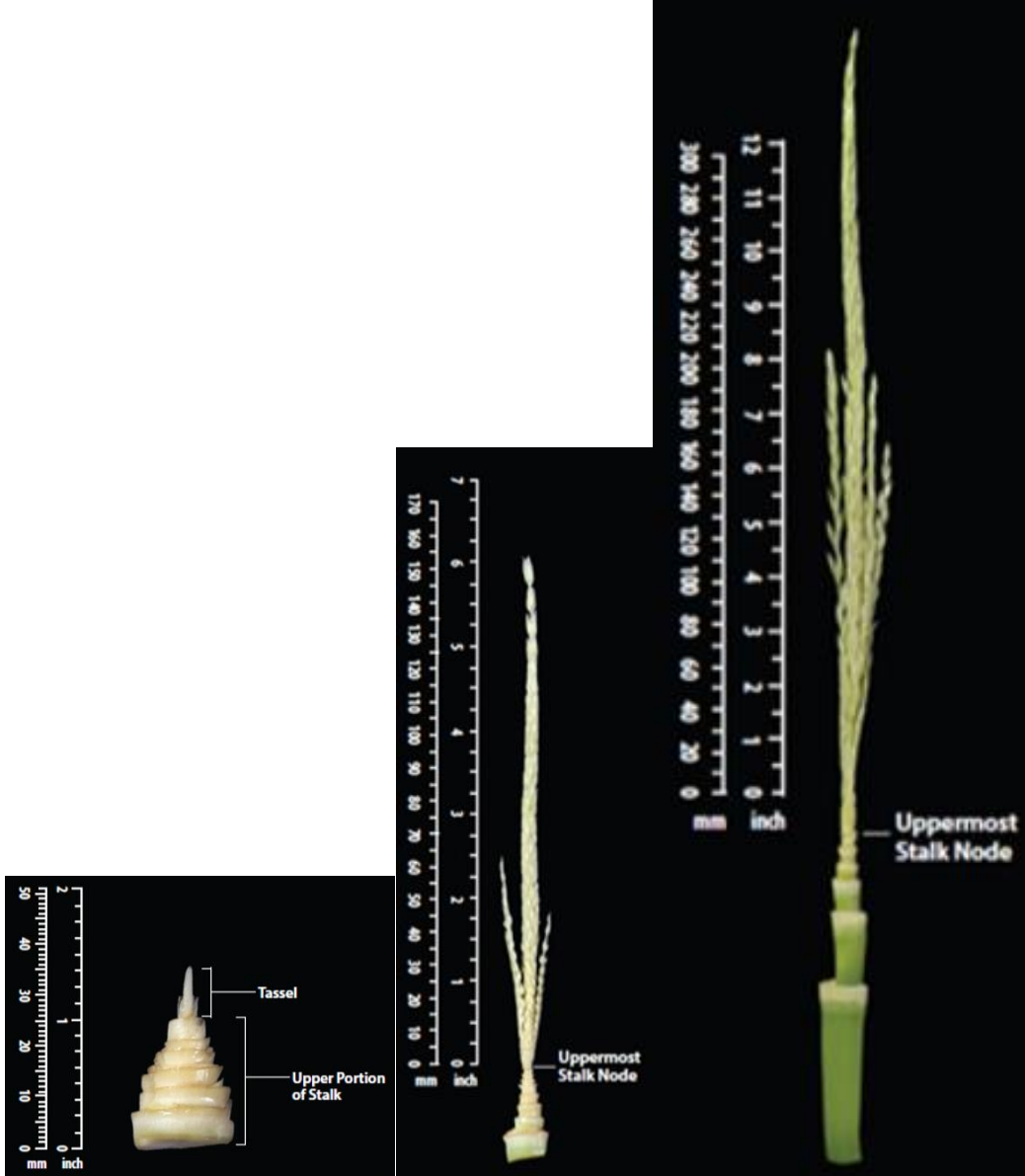
Bitkinin ilk oluşan 3-4 yaprağı, sap uzaması ve alt yapraklardan üst yapraklara retranslokasyondan dolayı, V12 döneminde dökülür.

Alt yaprakların dökülmesinden dolayı V6-V7 dönemlerinden itibaren, bitkinin hangi yaprak döneminde olduğu belirlemek için sap üzerindeki boğumları saymak gerekmektedir.

Büyüme noktası (apex) yukarıya doğru taşındıkça, ilk yaprakların çıktığı boğumların araları hedef uzunluklarına ulaşırlar (sap uzaması).

Koçan sırasındaki potansiyel tane sayısının yaklaşık %75'i, V7'den V12 dönemine kadar belirlenir. V7 ile V12 dönemleri arasında koçanın dip kısmından uç kısmına doğru (acropetal) ovaryum (potansiyel tane) üretimi gerçekleşir. Aslında potansiyel tane sayısının belirlenmesi V15-V16'ya, hatta V18'e kadar devam edebilmektedir.

Tepe püskülü taslağı büyümeye devam eder. Gelişimin göstergesi olarak sarımsı yeşil renk almaya başlar.



<https://store.extension.iastate.edu/product/6065>

Tepe püskülü V7 döneminde (solda) yaklaşık 1 cm, V9 döneminde (ortada) 15 cm ve V12 döneminde(sağda) 30 cm'ye ulaşır.

En üste yer alan koçan taslağı, diğerlerinden daha hızlı gelişmeye başlar. Bitkide genelde 8 koçan taslağı bulunur. En alt koçan taslağı (bazen 5. boğumda dâhil olur) 6. veya 7. boğumda oluşur. 12., 13. veya 14. boğumların birinde ana koçan taslağı gelişir. 6 ve 7. boğumlardaki koçan taslakları, destek köklerin oluşumundan dolayı körelir.



<https://store.extension.iastate.edu/product/6065>

V9 döneminde koçanların gelişimi



<https://store.extension.iastate.edu/product/6065>

V12 döneminde koçanların gelişimi



Koçan üzerindeki dişi çiçeklerin ovaryum (yumurtalık) boruları (stylus), yani dişicik boruları (ya da koçan püskülleri ya da ipekler) V12 döneminde uzamaya başlar.



Erkenci çeşitlerde V12'den itibaren R6'ya kadar büyüme ve gelişim safhaları daha hızlı gerçekleşir.

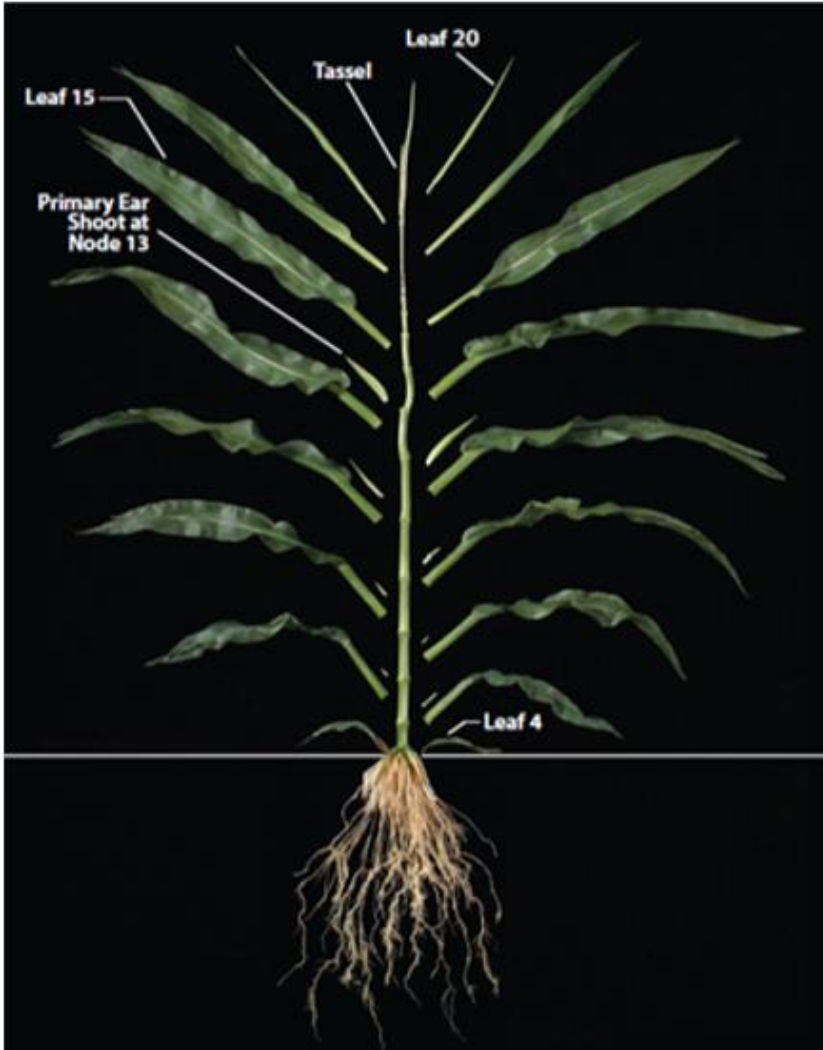
Bitki, V12'de hızlı ve yüksek oranda  $K > N > P$  alır. Günlük su tüketimi 6-8 mm'ye yükselir.

V12'de oluşacak su ve besin maddesi (gübre) eksikliği, doğrudan koçanda tane sayısı ve koçan iriliğini düşürmektedir.

V11-V2 dönemlerinde beşinci boğumdan (bu boğum ekim derinliğine bağlı olarak toprağın altında, üstünde veya seviyesinde oluşabilir) destek kökleri (brace roots) çıkmaya başlar.

## 15 yapraklı dönem (V15)

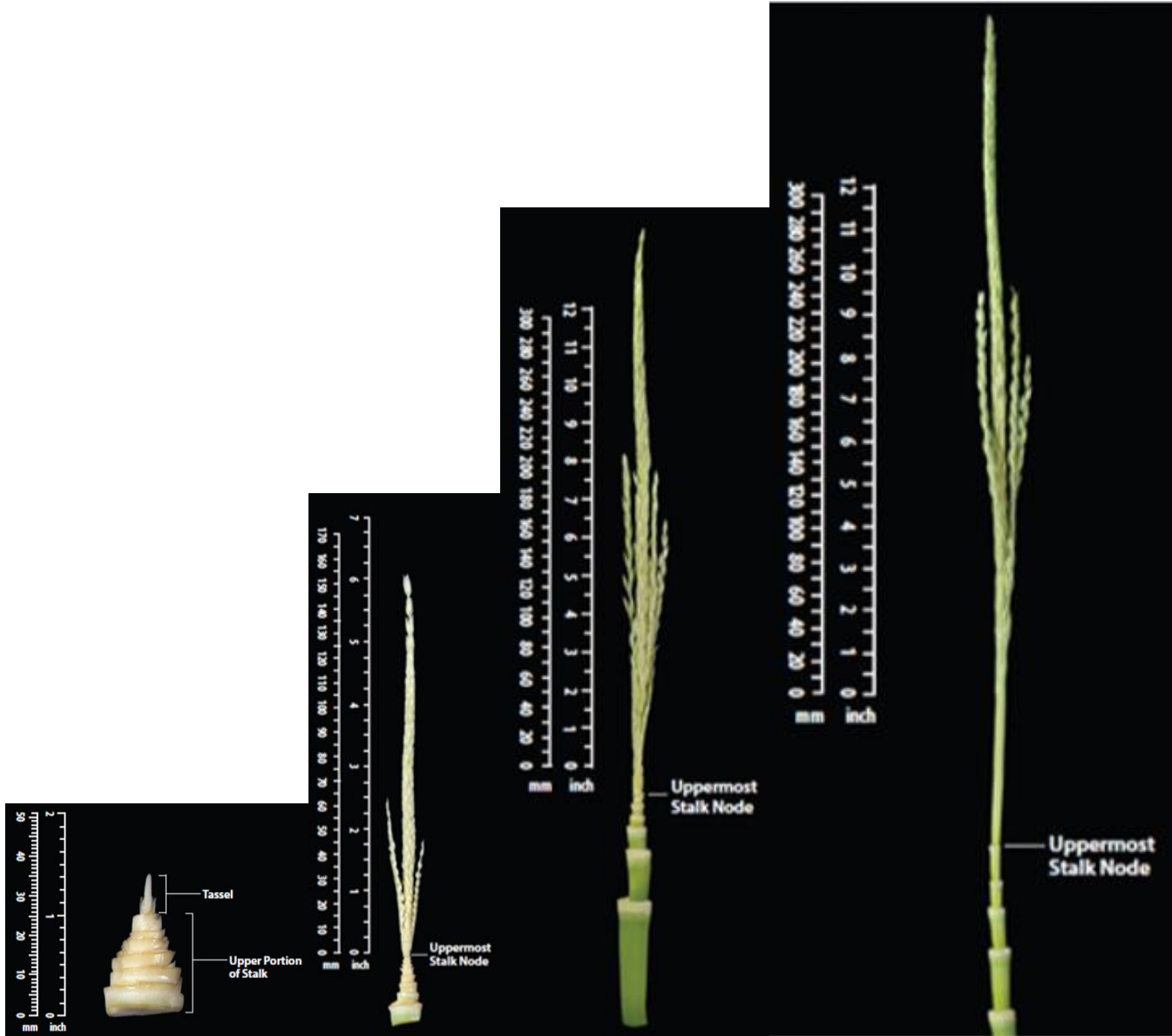
Koçanda potansiyel tane oluşturacak dişi çiçeklerin (yumurtalıkların) %90-95'i, V7 ile V15 dönemleri arasında oluşmaktadır. V15 döneminde koçanın ve tepe püskülünün büyüme ve gelişimi devam ediyor. Sap uzaması ve yaprak çıkışları hızlı şekilde sürüyor.



<https://store.extension.iastate.edu/product/6065>

V15 döneminde mısır bitkisinin organları

En alt 3-4 yaprak kuruyup dökülür. Boğum araları, tepe püskülü ve koça taslakları büyümeye devam eder. Fakat en üsteki koçan taslağı büyürken, alttaki diğer taslakların gelişimini durdurur. En üsteki koçan taslağının büyüklüğü, kendisine en yakın yani hemen altındaki koçan taslağının büyüklüğüne erişir. Kısa zaman sonra en üst koçan daha fazla baskın hale gelir. Çünkü fotosentez ürünleri en üsteki yani ana koçana yönlendirilir.



V15 döneminde yaprak konisinin üst kısmından tepe püskülünün ana eksenin en üst kısmının ilk başakçıkları görülebilir.

Fotoğrafların açıklaması:

Tepe püskülü, soldan sağa doğru sırasıyla V7 döneminde 1 cm, V9 döneminde 15 cm, V12 döneminde 30 cm ve V15 döneminde 45 cm civarında uzayabilir.

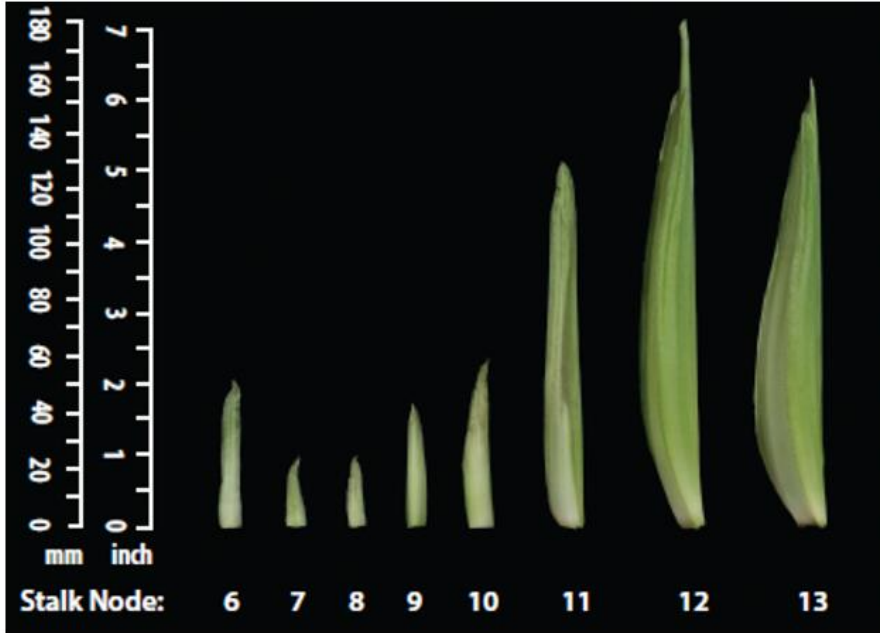
<https://store.extension.iastate.edu/product/6065>



V9 döneminde  
koçanların gelişimi  
(6. boğumdan 13.  
boğuma kadar)



V12 döneminde  
koçanların gelişimi  
(7. boğumdan 14.  
boğuma kadar)



V15 döneminde  
koçanların gelişimi  
(6. boğumdan 13.  
boğuma kadar)

<https://store.extension.iastate.edu/product/6065>

V15 döneminde koçan uçları yaprak kının üst kısmında görülebilecek seviyeye ulaşır.



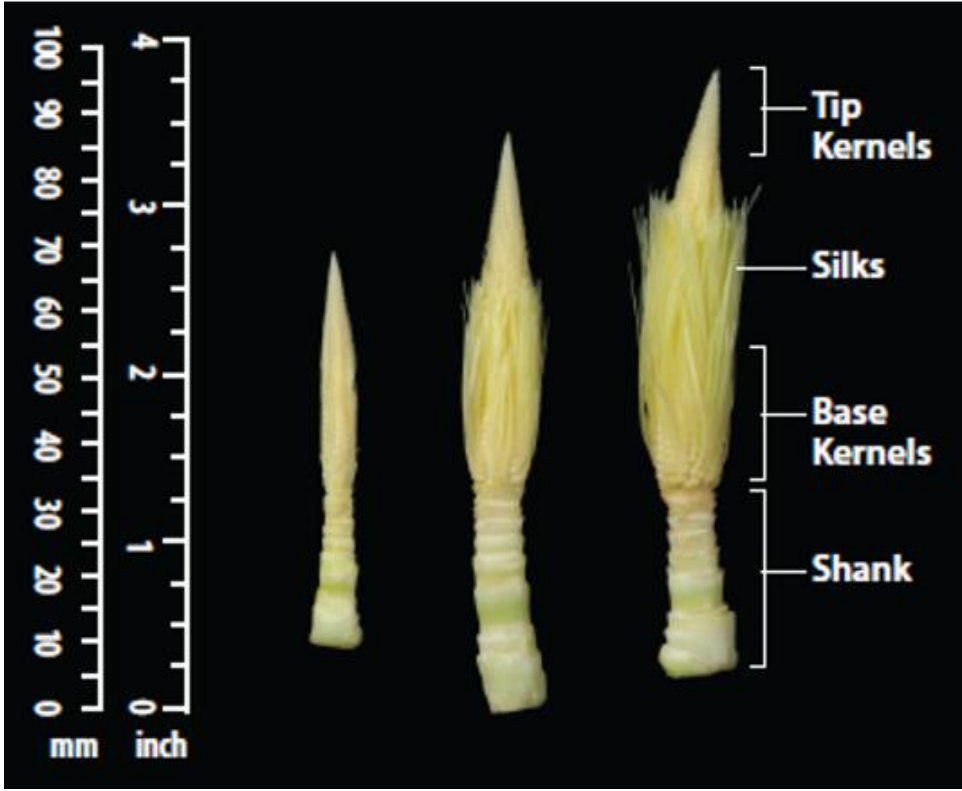


V12'de koçan püskülleri koçanın dip kısmından çıkmaya başlar.



V14'de koçan püskülü, koçanın yarısına kadar uzar.

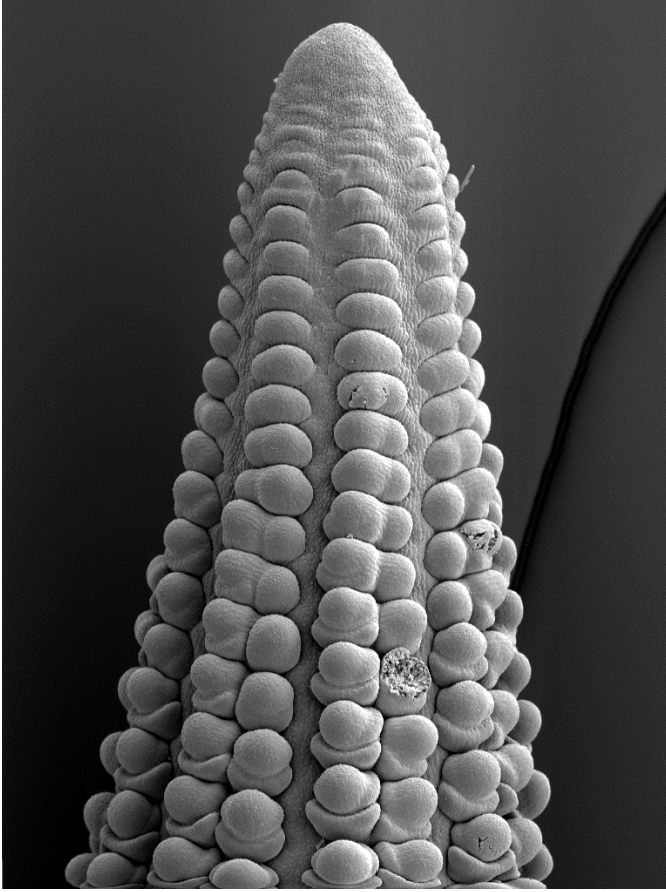
V12 döneminde koçanın dip kısmında ilk tane (acropetal) oluşumunun başlaması gibi ilk koçan püskülü oluşumda koçan dibinde başlar ve koçan ucuna doğru ilerler. V15 döneminde koçan püskülleri koçanın üçte iki uzunluğuna ulaşır.



<https://store.extension.iastate.edu/product/6065>

V15 döneminde sırasıyla 11., 12. Ve 13. boğumda oluşan koçanlar

Bir koçanda potansiyel tane sayısının belirlenmesi V15-V16'ya ve hatta V18'e kadar devam edebilmektedir. V14'den V18'e kadar koçanda potansiyel olarak 800-1100 adet tane oluşabilir. Genelde hasatta bir koçanda 400-600 adet alınır. Koçanda hasat edilebilir kaç tane tane oluşacağı tozlanma ve dölllenme dönemlerinde yani VT ile R1 dönemlerinde belirlenir.



<https://plantandmicrobiology.berkeley.edu/profile/hake>

Koçan üzerine sırasıyla başakçıkların ve dişi çiçek organlarının oluşumu

V15 dönemi bitki için tepe püskülü çıkarma dönemine (VT) giriş aşaması olduğu için bu dönemde yaşanacak kuraklık ve yüksek sıcaklık stresi, tane veriminde önemli olarak azalmaya neden olacaktır. V14-V15-V16 dönemlerinde su ve gübre dengesi, koçanda potansiyel tane sayısı etkilediği için bu dönemlerde bitkinin su ve besin ihtiyacının giderilmesi önemlidir. **V15 dönemi sulama ve gübreleme için kritik dönemlerden birisidir.**

Bitki, toplam kuru ağırlığının yaklaşık %25-30'una ulaşır.

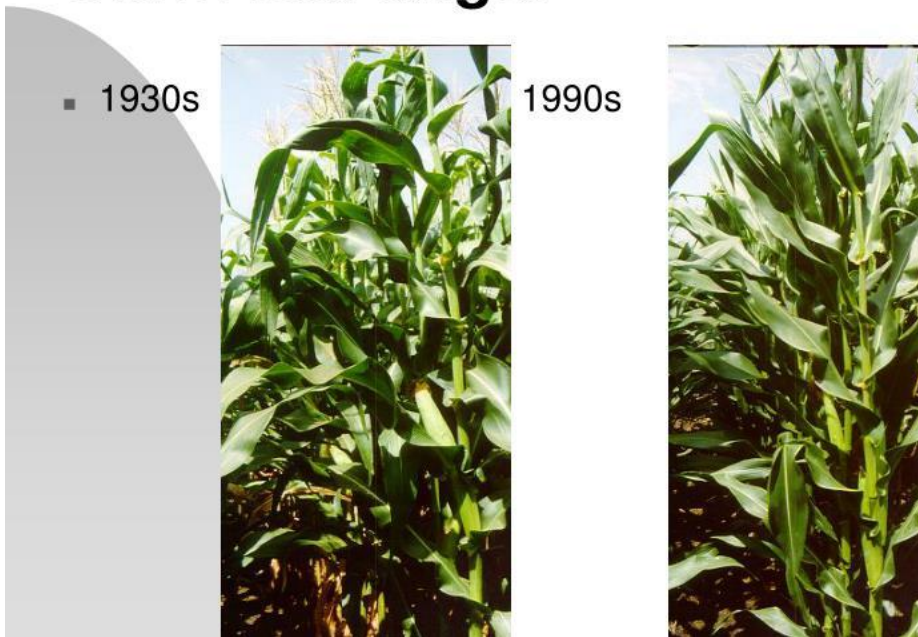
V14-V15 dönemlerinde altıncı boğumdan destek kökler (brace roots) çıkmaya başlar. Altıncı boğum, beşinci boğum toprağın üstünde oluşursa toprak üzerindeki ikinci boğum, beşinci boğum toprak altında oluşursa, toprak üzerindeki birinci boğum olarak adlandırılır.

## 18 yapraklı dönem (V18)

Koçanda potansiyel tane oluşturacak dişi çiçeklerin (yumurtalıkların) %95-98'i, V18 dönemine kadar oluşmaktadır. V15 döneminde koçanın ve tepe püskülünün büyüme ve gelişimi devam ediyor. Sap uzaması ve yaprak çıkışları tamamlama sürecine giriyor.

En üstteki yapraklar daha fazla dikleşir ve sap ile yaklaşık 30°'lik bir açı oluştururlar. Orta yaprakların sap ile açısı 45° civarındadır.

## Corn: leaf angle



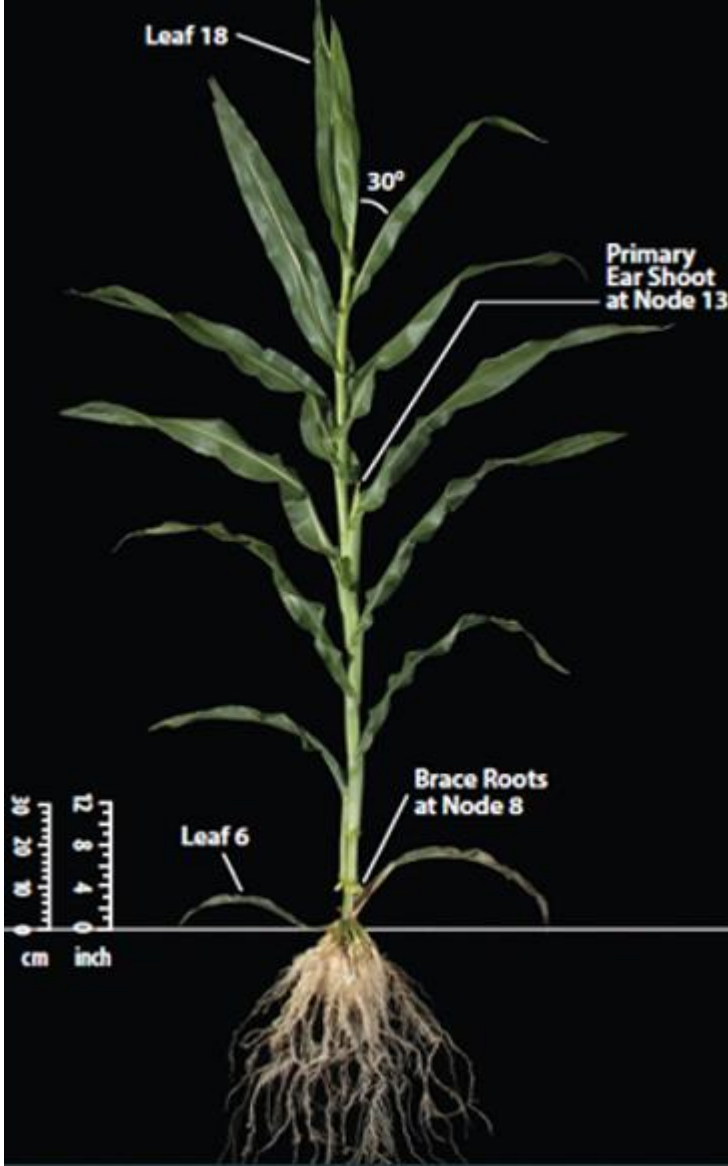
Eski çeşitlerde yaprakların sap ile açıları geniş iken yeni çeşitlerde dardır.

Eski çeşitlerde yaprağın sap ile açısı daha geniş olduğundan 1 dekadaki bitki sayısı 4500 civarında iken günümüzdeki çeşitlerde yaprakların sap ile açıları daraldığı için 1 dekadaki bitkisi sayısı iki katına yani 9000 civarına kadar çıkmıştır.

En alttaki 4-5 yaprak kurur ve dökülür.

En üst boğum araları hariç, diğer boğum araları nihai uzunluklarına ulaşırlar.





<https://store.extension.iastate.edu/product/6065>

Tepe püskülü, 50-60 cm uzunluğa yani nihai şekline yaklaşır. Erkeni çeşitlerde 3-4 gün sonra, orta olum grubundan olan çeşitlerde 19. ve/veya 20. yaprak çıkışından dolayı 5-7 gün sonra, geçcilerde ise 19., 20. ve 21. yaprak çıkışlarından dolayı 9-10 gün sonra tepe püskülü çıkarma dönemi (VT) başlayacaktır.

Tepe püskülünün farklı vegetatif dönemlerde büyüme ve gelişimi: Uzunluğu (cm)

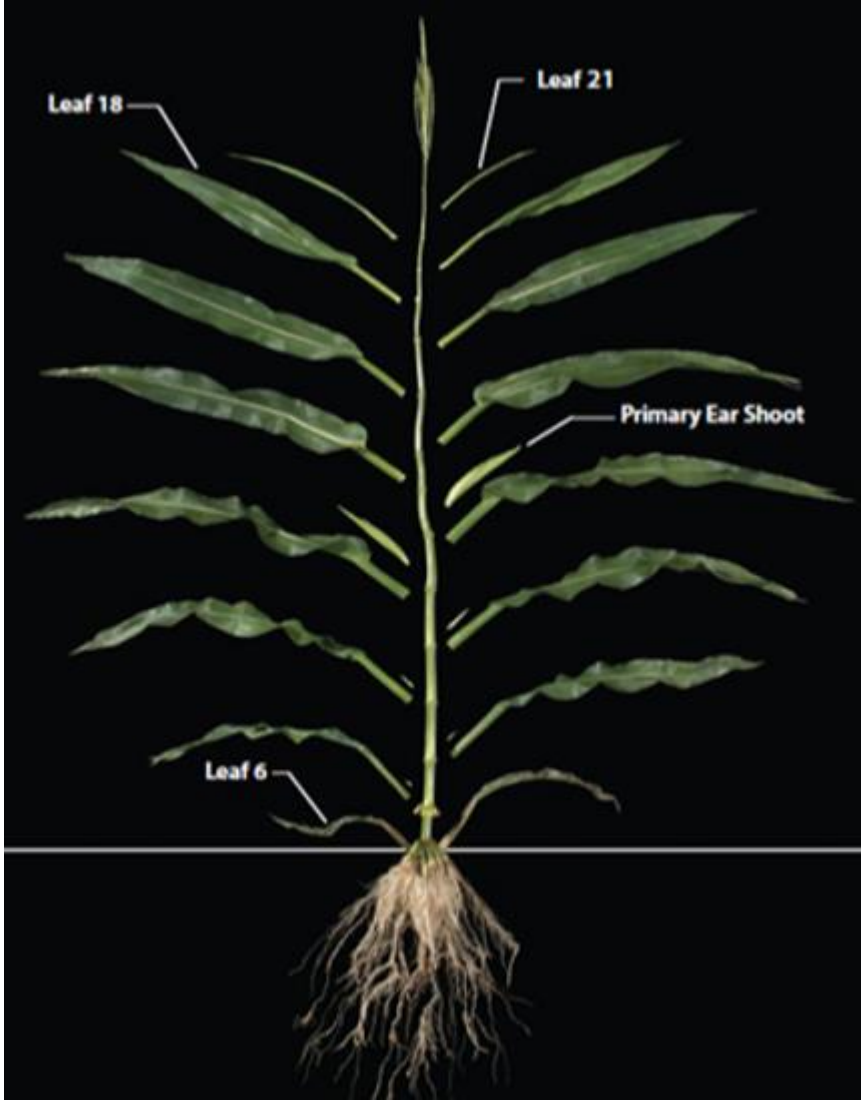




<http://publications.iowa.gov/18027/1/How%20a%20corn%20plant%20develops001.pdf>

Tepe puskülünün büyüme ve gelişimi (V14'den koçan puskülü çıkarma (R1) zamanına kadar)

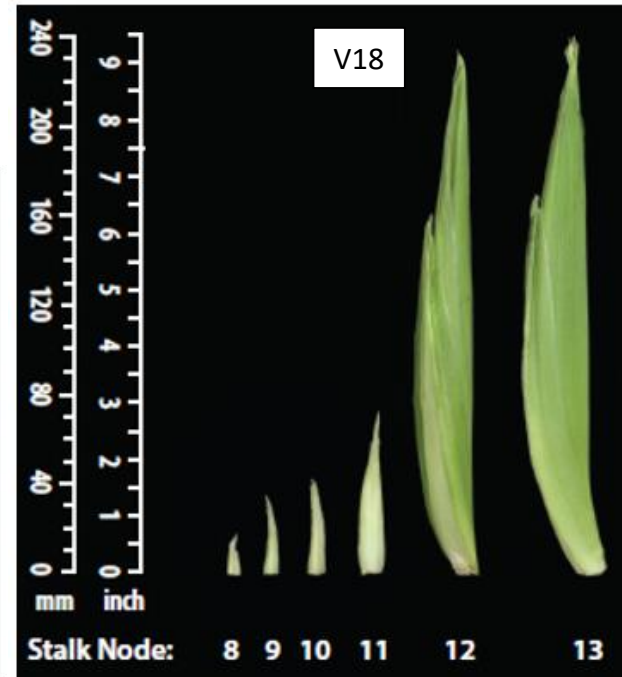
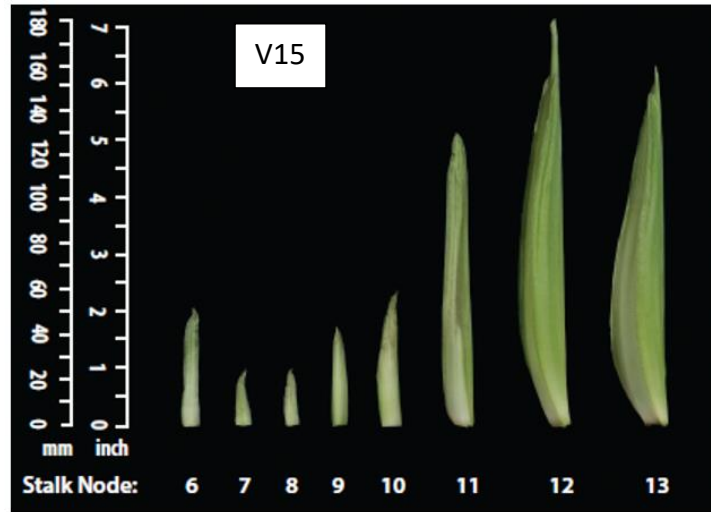
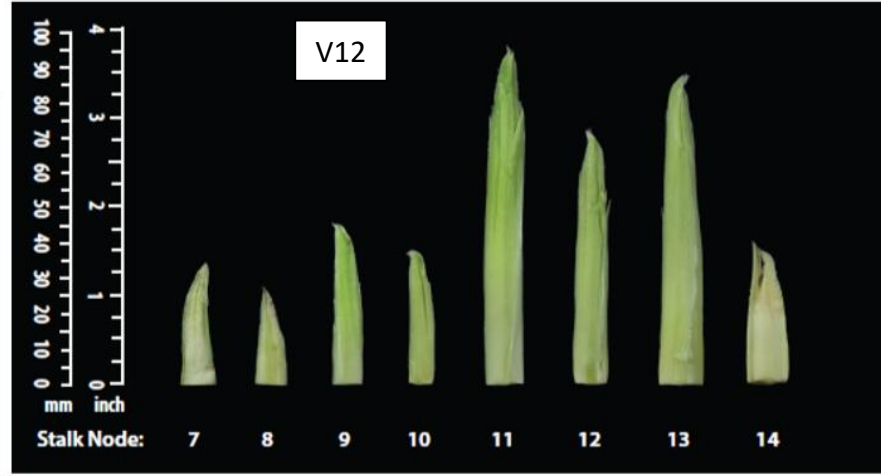
Ana koçan genelde 13. boğumda oluşur. Fakat genetik (çeşit özelliği), çevresel faktörler ve yetiştirme teknikleri (geç veya erken ekim vb.) ana koçanın çıktığı boğumu 12 veya 14'e kaydırabilir.



<https://store.extension.iastate.edu/product/6065>

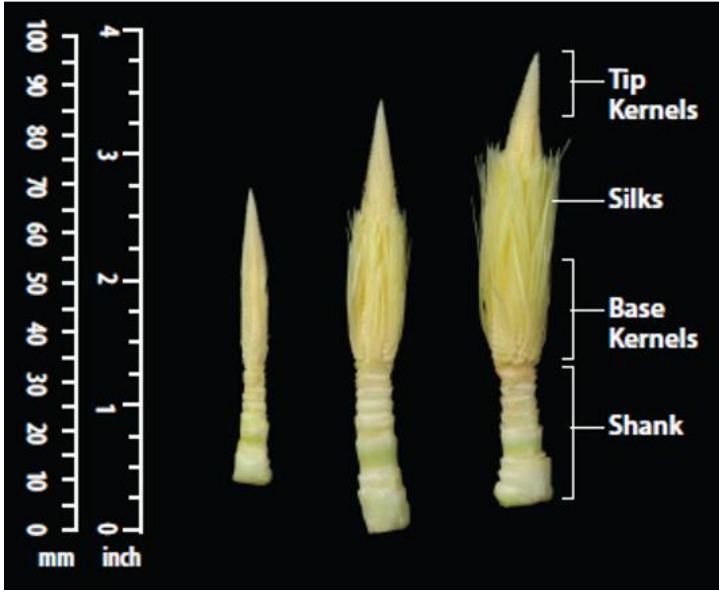
En üst iki koçanın irilikleri birbirine benzer duruma gelir. Bu iki koçanın yaprakları sıyrılırsa en üstteki koçanın püskülerinin daha fazla geliştiği görülür. Koçan püskülü oluşumu ve gelişimi koçanın dibinden koçanın ucuna doğru (acropetal) ilerler. En son oluşan ve gelişen püsküller koçan ucundakilerdir. Koçanın uç kısmındaki püsküllerin uzunlukları, hem koçan yapraklarının uçuna yakın oldukları ve hem de en geç oluştukları için daha kısadır.





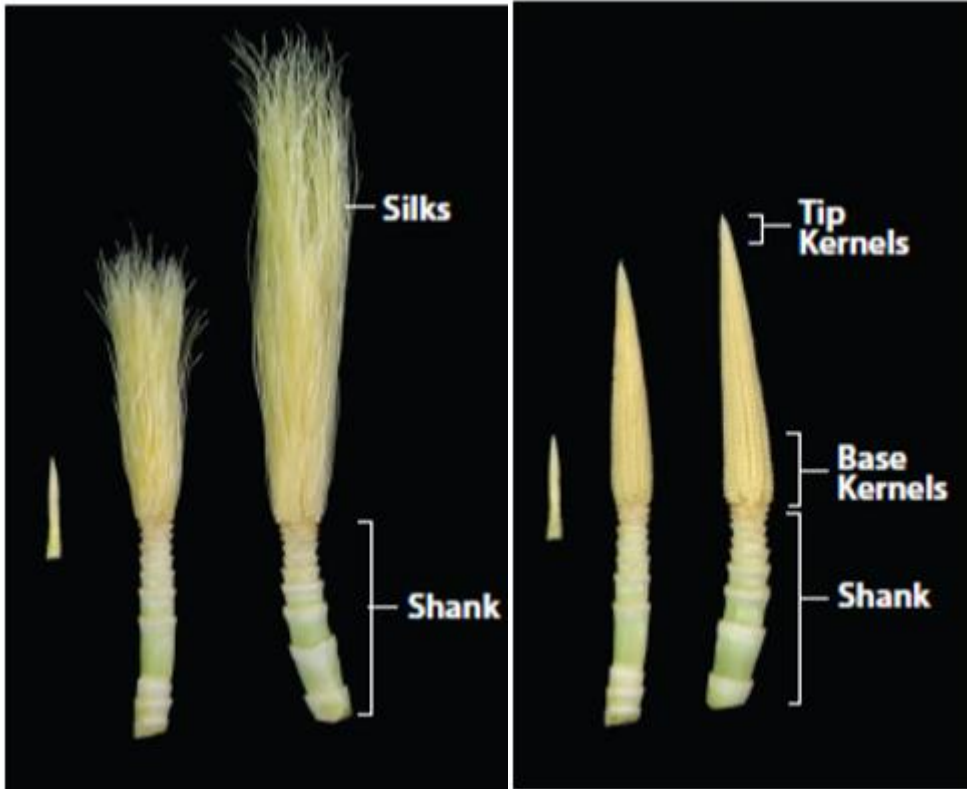
Koçanların büyüme ve gelişimi  
(farklı boğumlar üzerinde ve farklı  
vegetatif dönemlerde)

[https://store.extension.iastate.edu/  
product/6065](https://store.extension.iastate.edu/product/6065)



<https://store.extension.iastate.edu/product/6065>

V15 döneminde sırasıyla 11., 12. Ve 13. boğumda oluşan koçanlar



<https://store.extension.iastate.edu/product/6065>

V18 döneminde koçanların büyüme ve gelişimi (11. boğumdan ile 13. boğuma kadar)

İlk 4-5 yaprak kuruyup döküldüğü için toprak üzerinde görülen ilk yaprak 6. yapraktır. Fakat su ve gübrelemedeki aksaklıklar ve çevresel faktörler (kuraklık vb.) bitkinin en alttaki yaprak sayısını hızla düşürecektir. Bazı durumlarda en alttaki ilk 9-10 yaprak dökülebilir. Bitkinin V18 dönemine ulaşmış olduğunu belirlemek için saptaki boğum sayısının sayılması daha uygun olacaktır. İlave olarak en üstteki yaprakların büzgü oluşturup oluşturmadığına dikkat edilmelidir.

V18 döneminde bitkinin su ihtiyacı çok yükselir ve iklim şartlarına göre günlük 8-9 mm'ye ulaşır. V18 dönemi, bitkinin kuraklığa en hassas olduğu dönemlerden birisidir. Tepe püskülü çıkarma (VT) döneminin hemen başlangıcında olduğu için V18 döneminde yaşanacak su stresi polen oluşumu ve yayımını ve koçan çıkışını sekteye uğratarak tozlanma ve dölleme sorunlarına neden olmaktadır. **V18 dönemdeki kuraklık ve/veya su stresi tozlanmanın daha erken tamamlanmasına ve koçan püskülü çıkarma zamanının ise daha da gecikmesine yani dölleme sorunlarına (zaman uyumsuzluğu) neden olmaktadır.**

ABD'de yapılan çalışmalara göre, V18 döneminde yaşanan kuraklığın tane verimine etkisi günlük ortalama %4 civarındadır. Örneğin V18 dönemi civarında yaşanan 10 günlük su stresi, bitkide yaklaşık %40 tane veriminin düşmesine neden olabilmektedir.

<http://corn.agronomy.wisc.edu/Management/pdfs/CriticalStages.pdf>

Bitki, kuru madde birikiminin %35-40'a ulaşır.

V18 döneminde 7. boğumdan (toprak üzerindeki ilk boğum 6. boğum, toprak üzerindeki 2. boğum ise 7. boğum) destek kökler çıkar.

## Tepe püskülü çıkarma (VT) dönemi

Tepe püskülü tamamen çıkışını tamamladığında bitki maksimum boya yaklaşır. Erkenci çeşitlerde 18 yaprak oluştuğundan dolayı V18 ile VT arasındaki sürede en üstteki boyumaları da uzamasını tamamlar ve VT de maksimum boya ulaşırlar. Fakat orta ve geçici gruptaki çeşitlerde yaprak sayısı 19-21 arasında olduğundan dolayı VT döneminden sonrada dölleme sürecine kadar boy uzaması devam etmektedir.

VT dönemi sadece tepe püsküllerinin (yan dalları dahil) tamamen bayrak yaprak kınından çıktığını gösterir. Tepe püskülü çiçeklenmesi VT'den 3-4 gün sonra gerçekleşir.

VT döneminde koçanda dişi çiçek yumurtalıkların ve diğer dişi organların (örneğin dişicik borusu yani koçan püskülü) büyüme ve gelişimleri devam eder. Öte yandan VT dönemine gelindiğine koçanda oluşabilecek maksimum potansiyel dişi çiçek sayısı belirlenmiş olur.

Genelde ekimden 60-75 gün sonra tepe püskülü çıkmaya (görölmeye) başlar.



<https://thomascountyyag.com/2016/05/18/row-crop-disease-update-may-2016/>

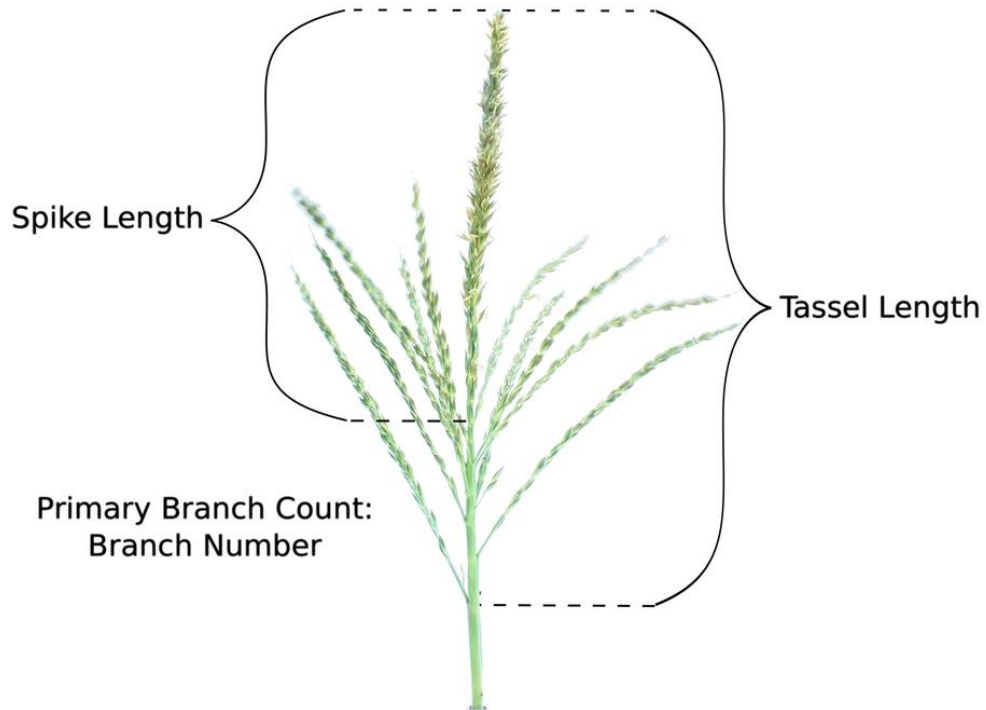
V15-V18 arası dönemlerde tepe püskülü





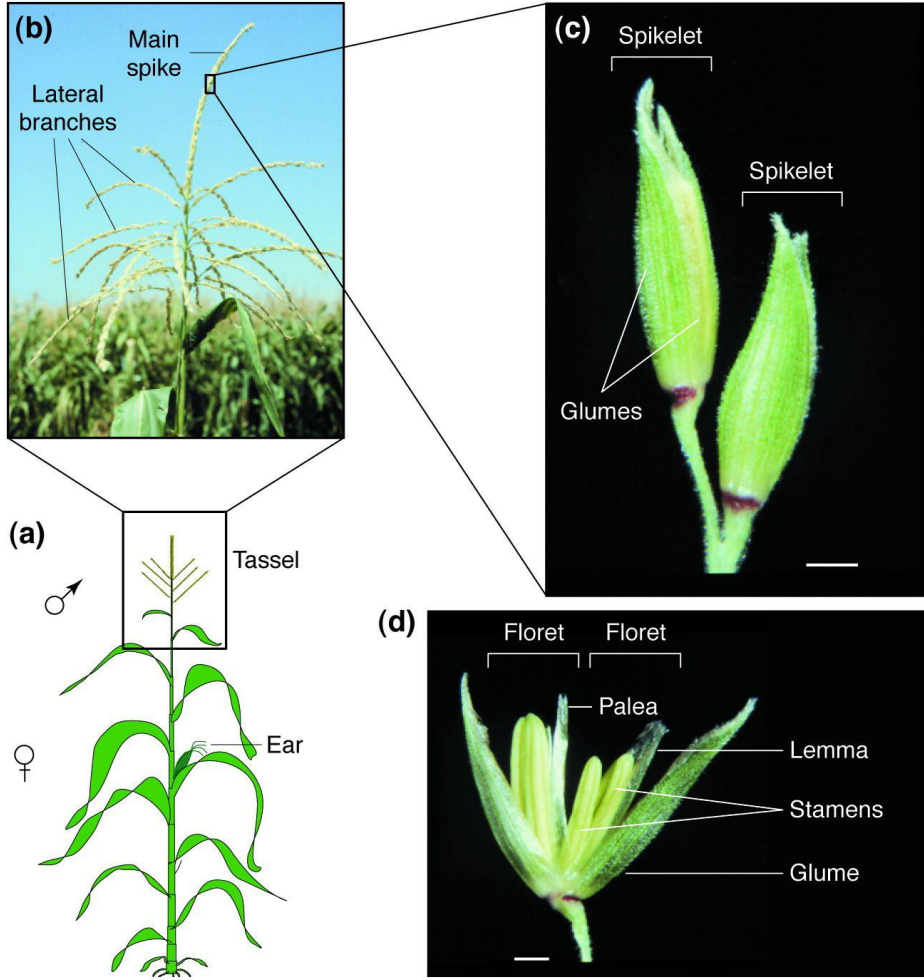
<https://fineartamerica.com/featured/corn-tassel-beth-vincent.html>

V18 döneminden VT dönemine geçiş: tepe püskülü



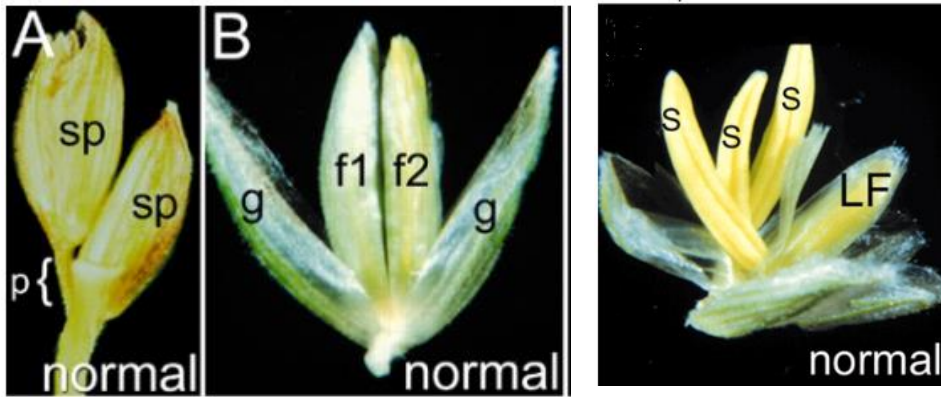
<https://plantmethods.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13007-017-0172-8>

Tepe püskülünün uzunluğu, ana eksen uzunluğu ve ana dal sayısı



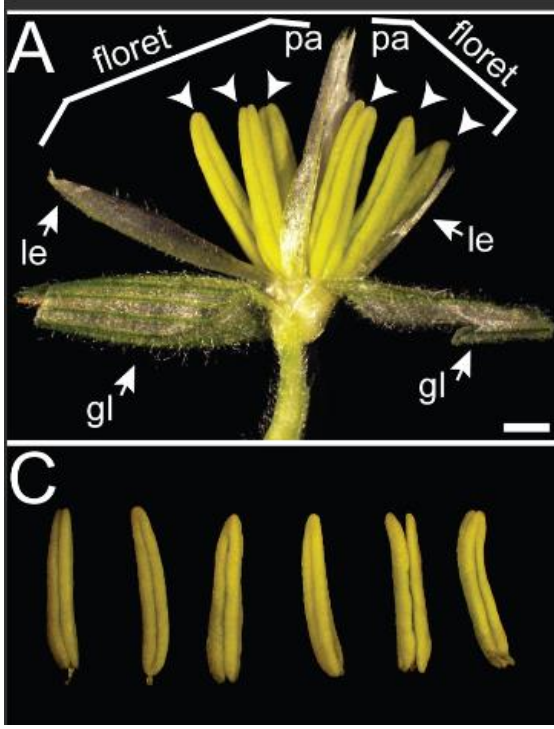
[https://doi.org/10.1016/S1360-1385\(99\)01541-1](https://doi.org/10.1016/S1360-1385(99)01541-1)

Tepe püskülü (Şekil a ve b), tepe püskülündeki erkek çiçekleri taşıyan başakcıklar (Şekil c), başakçık içerisindeki erkek çiçekler (Şekil d)



<https://dev.biologists.org/content/129/11/2629>

Tepe püskülündeki erkek çiçekleri taşıyan başakcıklar (Foto A), başakçık içerisindeki erkek çiçekler (Foto B)



<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0146534>

Tepe püskülündeki erkek çiçekleri taşıyan başakcıklar (Foto A), başakcık içerisindeki erkek çiçeklerin anterleri (Foto C)

Tepe püskülü çıkarma dönemi nasıl belirlenir?

ABD Iowa Eyalet Üniversitesi yöntemine (<https://store.extension.iastate.edu/product/6065>) göre, bir mısır bitkisinin tepe püskülü çıkarma döneminde olup olmadığını belirlemek için tepe püskülünün en alt yan dallarının bayrak yaprak kınından çıkıp çıkmadığına bakmak gerekmektedir. Tepe püskülünün en alt yan dalları gözle görülür şekilde bayrak yaprağından çıkış yapmışsa bitkinin tepe püskülü çıkarma dönemine girdiği anlaşılır. Tepe püskülünde en alt yan dalı çıkış yaparken, koçan püskülünün henüz çıkış yapmamış olması gerekir. Fakat yeni geliştirilen bazı çeşitlerde protandry (tepe püskülünün koçan püskülünden önce çıkış yapması) görülmemektedir. Dolayısıyla tepe püskülü ile koçan püskülü eş zamanlı çıkış yapabilmektedir. Hatta bazı yeni çeşitlerde protogyny (koçan püskülünün tepe püskülünden önce çıkış yapması) görülebilmektedir.

<https://www.agry.purdue.edu/ext/corn/news/timeless/Tassels.html>

## **Mısırdaki polenlerin dökülmesi (salımı veya yayılması) günün hangi saatlerinde olur ve polenler ne kadar süre canlı kalabilir?**

Yaz mevsiminin sabah saatlerinde (5:00-9:00 arası Güneydoğu Anadolu Bölgesi, 6:00 ile 10:00 arası diğer bölgeler) en fazla polen dökülür. Çünkü sabah saatlerinde nispi nem yüksek ve sıcaklık düşüktür.

Polenin canlı kalma süresi değişebilmektedir:

- 1- Serin bir havada polen 24 saat canlı kalabilmektedir. Sıcak ve kuru havada polen canlılığı 1 saatten daha azdır. Bundan dolayı polen salımı sabah serinliğinde olmaktadır (Sıcak İklim Tahılları, Sayfa 64, 2012, Ankara Üni. Zir. Fak.).
- 2- Polen uygun koşullarda 18-24 saat canlı kalabilir (Mısır Üretimi ve Kullanımı, Sayfa 26, 1998, Çukurova Üni. Zir. Fak.).
- 3- Sıcaklığın 35 °C aştığı tropikal yerlerde polen 1-2 saat canlı kalabilmektedir. Ancak polenlerin %10'unun canlı kalması tozlanma ve dölleme için yeterli olabilmektedir (Melez Mısırdaki 100. Yıl Çalıştayı, Sayfa 266, 2013).
- 4- Polen, normal tarla şartlarında %60-80 nispi nemde 2 saat içerisinde, kurak şartlarda ise 1 saat içerisinde canlılığını kaybetmektedir (Crop Science, 41: 1551-1557, 2001)

%55-60 nispi nemde, polen canlılığı en az %80-85 civarındadır ki bu da tozlanma ve dölleme için uygun koşulları sağlar. Nispi nem %55-60'tan %30'da düştükçe polen canlılığı da azalmakta ve %30 (ve altında) nispi nemde polen canlılığını tamamen yitirmektedir.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378429004002862>

Kuraklık, yüksek sıcaklık ve sıcak rüzgâr altında, örneğin GAP bölgesinde polen canlılığı (temmuz ve ağustos aylarında) polen canlılığını 30 dakikadan daha az bir süre içerisinde kaybetmektedir. Bu bölgede yaz mevsimi ortasında sıcaklıklar 38-45 °C ve nispi nem %28-30'lar civarında seyretmektedir. Polenin canlı kalmasının mümkün olmadığı bu şartlarda koçan püskülü de kurumaktadır. Tepe püskülü ile koçan püskülü çıkışları arasındaki zaman aralığı da uzamaktadır. Şanlıurfa ve Mardin gibi bazı illerde ana ürün yerine ikinci ürün mısır yetiştirilmesinin nedenleri bunlardır.

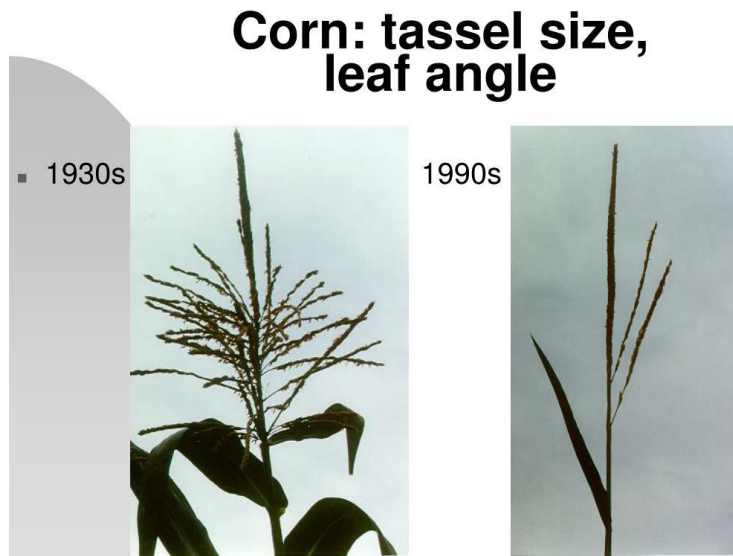
## **Bir mısır bitkisi kaç tane polen üretebilir ve yayabilir?**

Bir mısır bitkisi bir sezonda 200 bin ile 50 milyon arasında polen yayabilmektedir.

Bir tepe püskülündeki polen sayısı hakkında farklı görüşler var:

- 1- Bir tepe püskülünün 2 - 5 milyon arasında polen ürettiği bilinmektedir (Mısır Üretimi ve Kullanımı, Sayfa 24, 1998, Çukurova Üni. Zir. Fak.)
- 2- Bir tepe püskülünün her anterinde 2000 polen ve her tepe püskülünde 7000 adet anter yani toplamda 14 milyon olduğu bildirilmiştir (Sıcak İklim Tahılları, Sayfa 63, 2012, Ankara Üni. Zir. Fak.)
- 3- Bir tepe püskülü ortalama 25 milyon polen oluşturur (*Agronomy* **2018**, 8(11), 242, atıf yapılan kitabın baskısı 1949).
- 4- Eski çeşitlerde 20-42 milyon arasında olduğunu bildiren araştırmalarda var (Crop Management Research, 2(1): 1-15, 2003).
- 5- Çeşide ve yetiştirme şartlarına bağlı olarak 1 bitki 1 sezonda 5-50 milyon arasında polen yayabilmektedir <https://enveurope.springeropen.com/articles/10.1186/s12302-014-0024-3>

Bir tepe püskülünün ürettiği polen sayısının çok farklı olmasının bazı nedenleri vardır. Eski çeşitlerin tepe püskülleri daha büyük olup daha fazla polen üretebiliyorlardı. Oysaki yeni hibrit çeşitlerde tepe püskülleri küçültüldü ve ürettiği polen sayısı düşürüldü. Polen üretimi üzerine çeşit özelliğinin yanında çevre ve yetiştirme şartları etki etmektedir. Olumsuz çevre ve yetiştirme şartları polen üretimini sekteye uğratmaktadır.



Eski çeşitler ile yeni çeşitlerin tepe püsküllerinin karşılaştırılması

Yeni çeşitlerin polen üretiminin azalmasından dolayı, yeni çeşitlerin yabancı dölleme oranlarının eski çeşitlere göre daha yüksek olduğu bildirilmektedir. Hatta öyle ki günümüzde geliştirilmiş kendilenmiş baba hatların dahi polen üretimlerinin 200 bin ile 3 milyon arasında olduğu belirlenmiştir (Crop Management Research, 2(1): 1-15, 2003).



Pek çok araştırma bir tepе püskülündeki polen sayısının 2 - 5 milyon civarında olduğunu ve normal şartlarda bu polenlerin yaklaşık % 80'nin canlı olduğunu ve ana koçandaki potansiyel 800 ile 1100 dişi çiçeği (yumurtayı) tozlayıp dölleyebileceğini bildirmektedir.

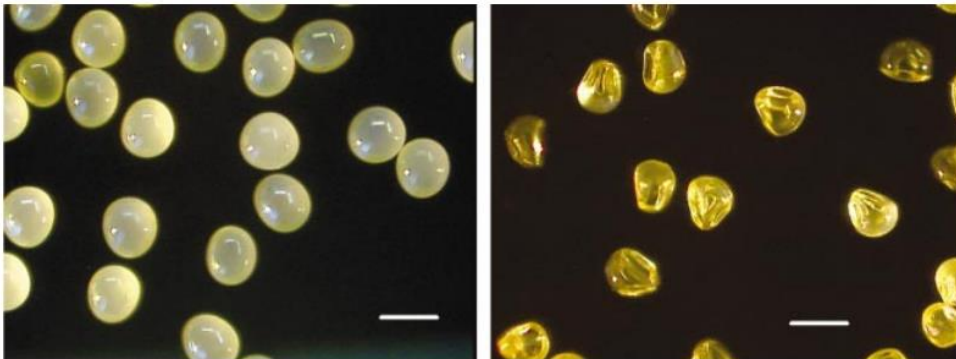
### Polen nasıl ve nerede üretilir?



[https://doi.org/10.1016/S0168-1923\(03\)00159-X](https://doi.org/10.1016/S0168-1923(03)00159-X)

### Anterlerden polen salınımı

Anterlerden polen dökülmesi, tepе püskülünün çiçeklenme zamanında gerçekleşir. Olgun anterler sabahın erken saatlerinde düşük sıcaklık ve yüksek nispi nemde uç kısımlarından patlarlar ve polenleri yayarlar.

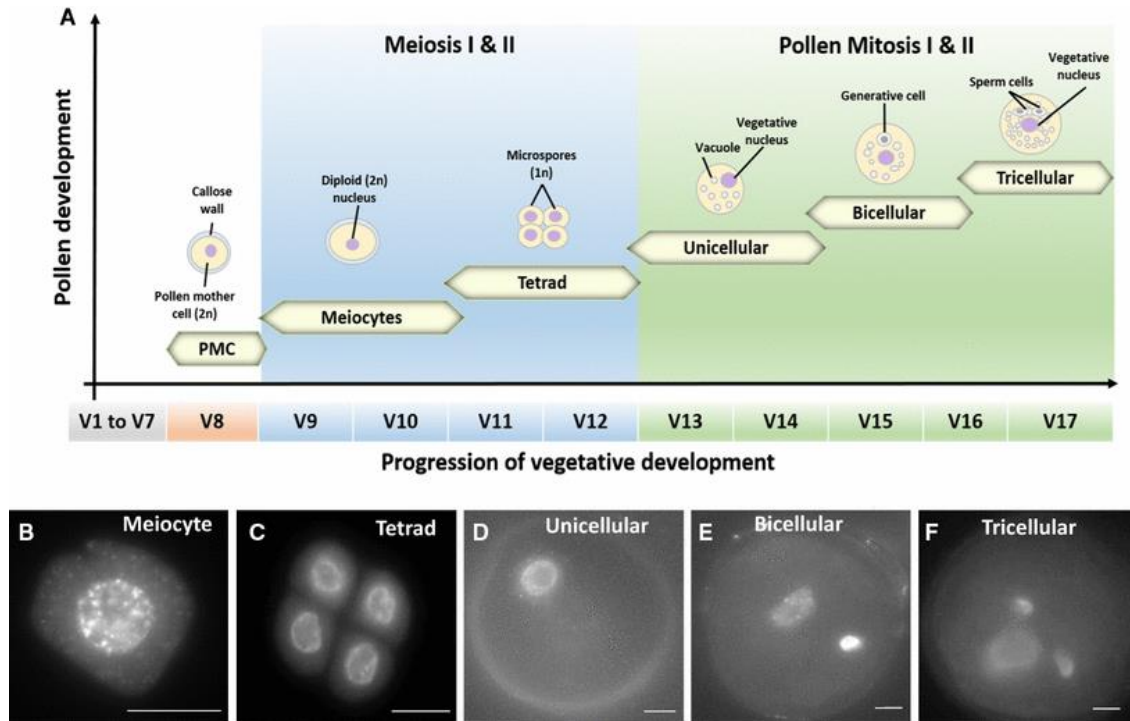


*J Exp Bot*, 54 (391): 2307-2312.

Tepе püskülü çiçeklenme zamanı dökülen polenler: soldaki polenler krem renğinde, küre şeklinde ve canlı, sağdaki polenler suyunu kaybetmiş, uç kısımları büzüşmüş, şeffaf ve amber renğinde.

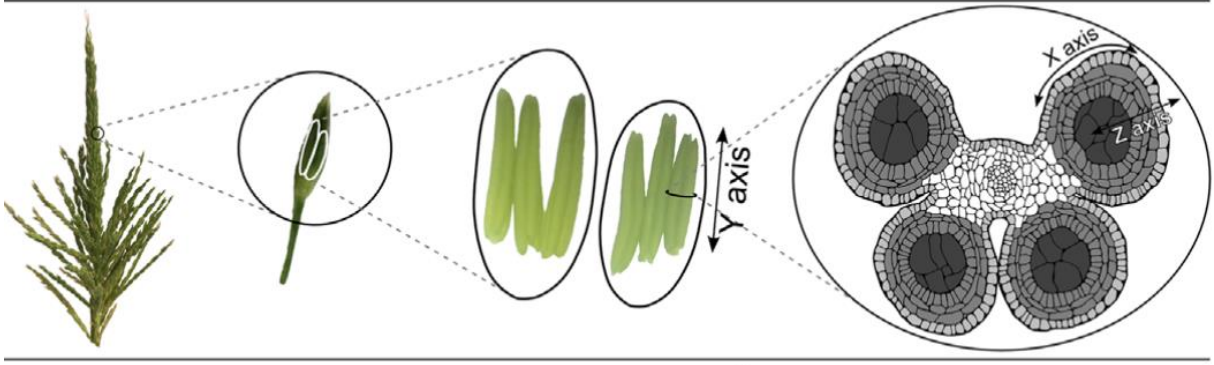
Polen ana hücresinden (PMC) polen oluşumu yaklaşık V8 ile V17 dönemleri arasında sürmektedir. V8 döneminde polen ana hücresi ( $2n = 20$ ) oluşmaktadır. V9, V10, V11 ve V12 dönemlerinde mayoz bölünme sonucunda tekli 4 hücre (tetrad) oluşturuyor. Tetradı oluşturan her bir hücre, tek çekirdekli mikrosporları ( $n = 10$ ) oluşturur. V13 ve V14 dönemlerinde mikrosporda vakuoller oluşur. Bu aşamada mikrosporlar tek çekirdekli olup çekirdekler vegetatif fonksiyona sahiptir. V15 ve V16 dönemlerinde mikrosporların vegetatif çekirdekleri mitoz bölünme (vegetatif çekirdek mitozu yani sadece karyokinez bölünme) geçirir. Fakat mitoz bölünmede sitokinez (sitoplazma bölünmesi) gerçekleşmez. Mikrosporların bölünmemiş sitoplazmaları içerisinde iki çekirdek meydana gelir. Yani her mikrosporda 1 generatif ve 1 vegetatif olmak üzere iki çekirdek oluşur. Böylece iki çekirdekli ilk polenler oluşuyor.

V17 döneminde polen tanesinin generatif çekirdeği (sitokinez olmadan) mitoz bölünme (generatif çekirdek mitozu yani karyokinez) geçirir. Sonunda 1 vegetatif ve 2 generatif çekirdekli polenler oluşur ve gelişerek olgunlaşırlar. Tepe püskülünün çıkışı (VT dönemi) ve erkek çiçeklerden anterlerin çıkması-salımı-dökülmesi (erkek çiçeklenme) gerçekleşir. Erkek çiçeklenmenin başlangıcı genelde koçan püskülünün çıkışından (dişi çiçeklenme) 1-3 gün önceye (protandry) denk gelmektedir.



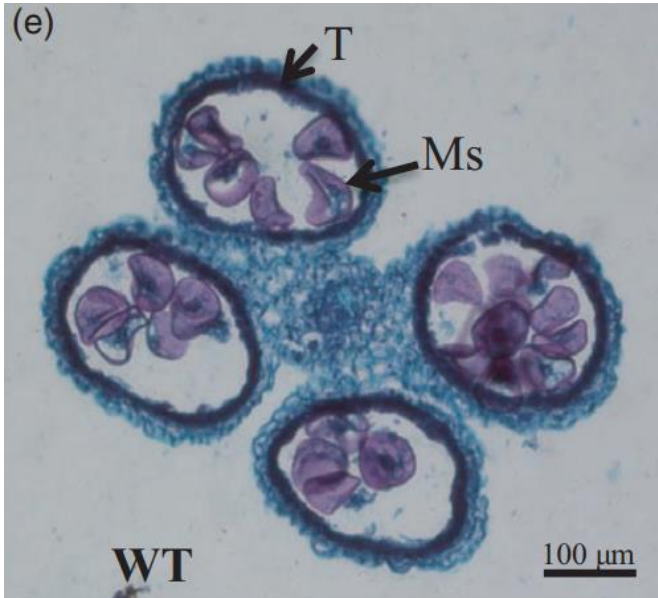
<https://doi.org/10.1007/s00497-017-0311-4>

Polen ana hücresinden (PMC) polen oluşum aşamaları



<https://doi.org/10.1016/j.ydbio.2016.03.016>

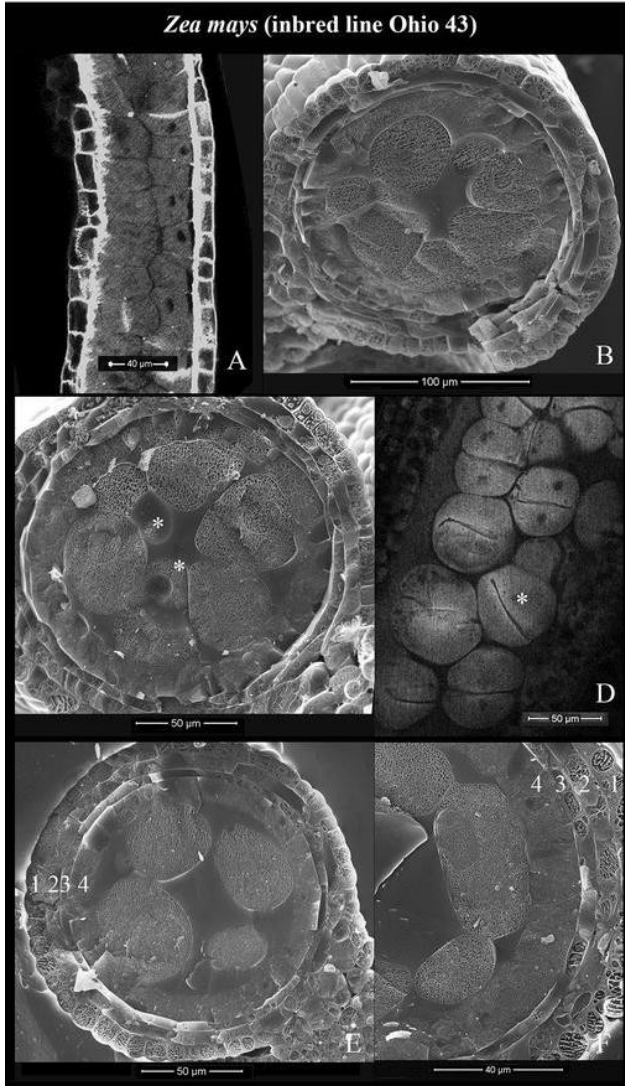
Anterin enine kesiti



<https://europepmc.org/article/pmc/pmc5787847>

Anterin enine kesiti

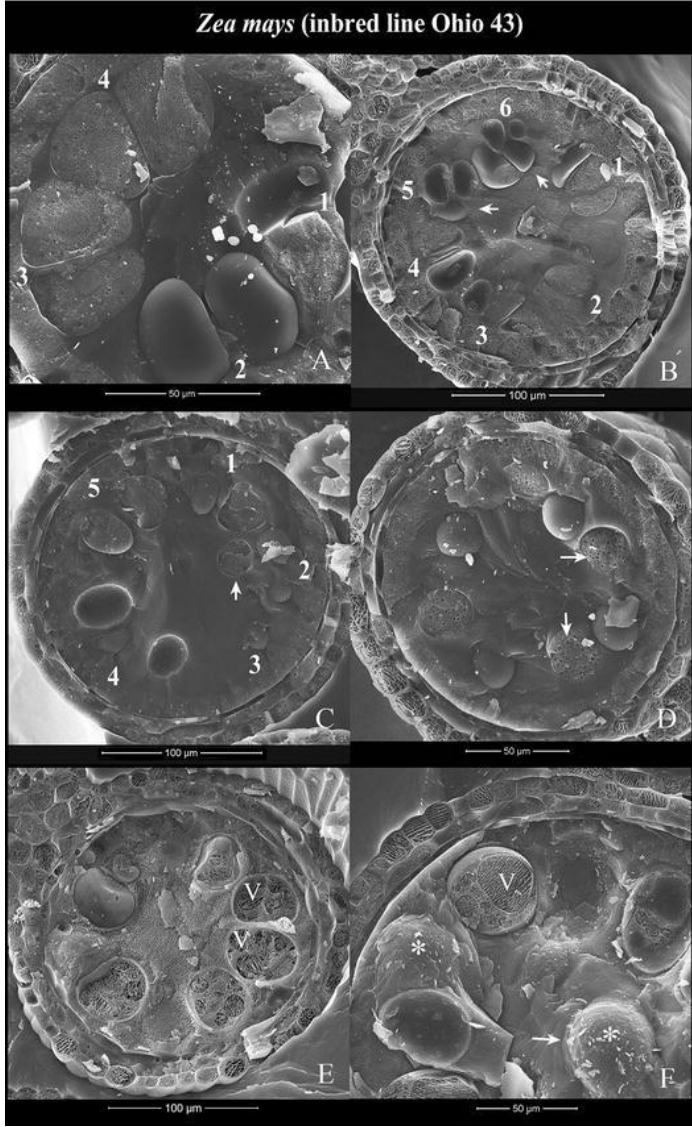
Her anter 4 bölmeden (lob) oluşur ve bölmeler polen üretim yerleridir. Birbirine bağlı iki bölmeye teka denir. Her anter iki tekadan ve her teka ise iki bölmeden oluşur.



<https://link.springer.com/article/10.1007/s00497-015-0257-3>

Mikrospor ana hücresinin (Foto A) mayoz bölünme (Foto D) geçirmesi ve 4'lü hücre (tetrad) oluşması (V15 dönemi)

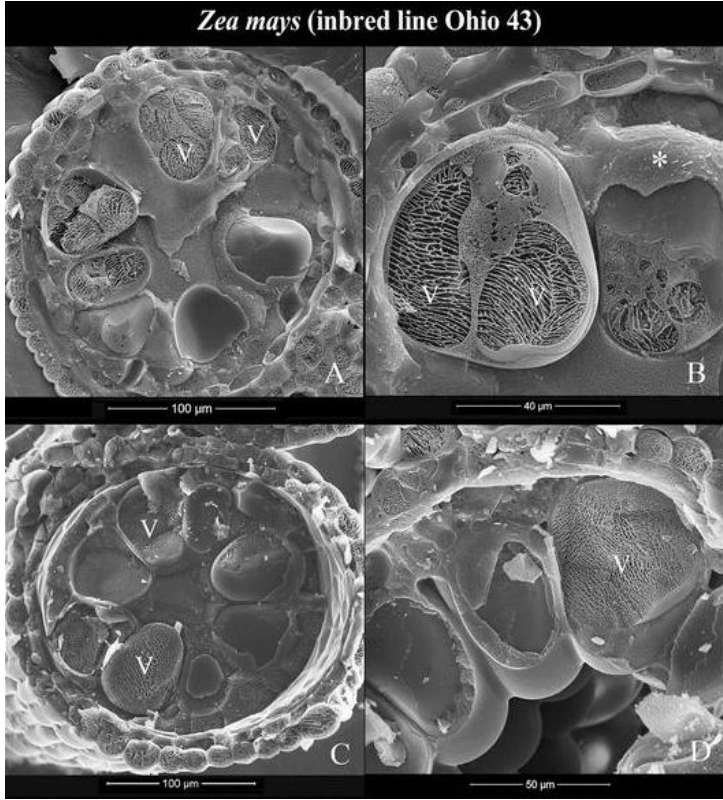




<https://link.springer.com/article/10.1007/s00497-015-0257-3>

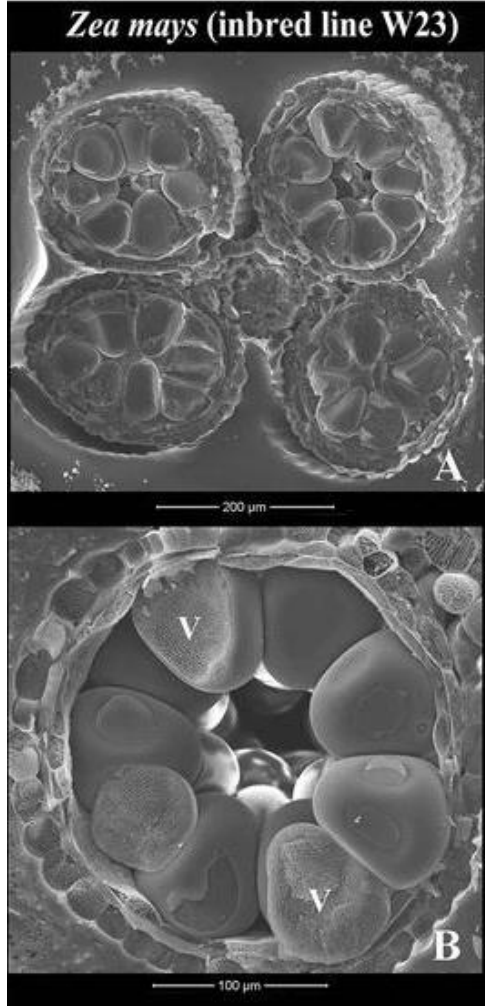
4'lü hücreden (Tetrad) mikrospor hücreğine geçiş (V16 dönemi)





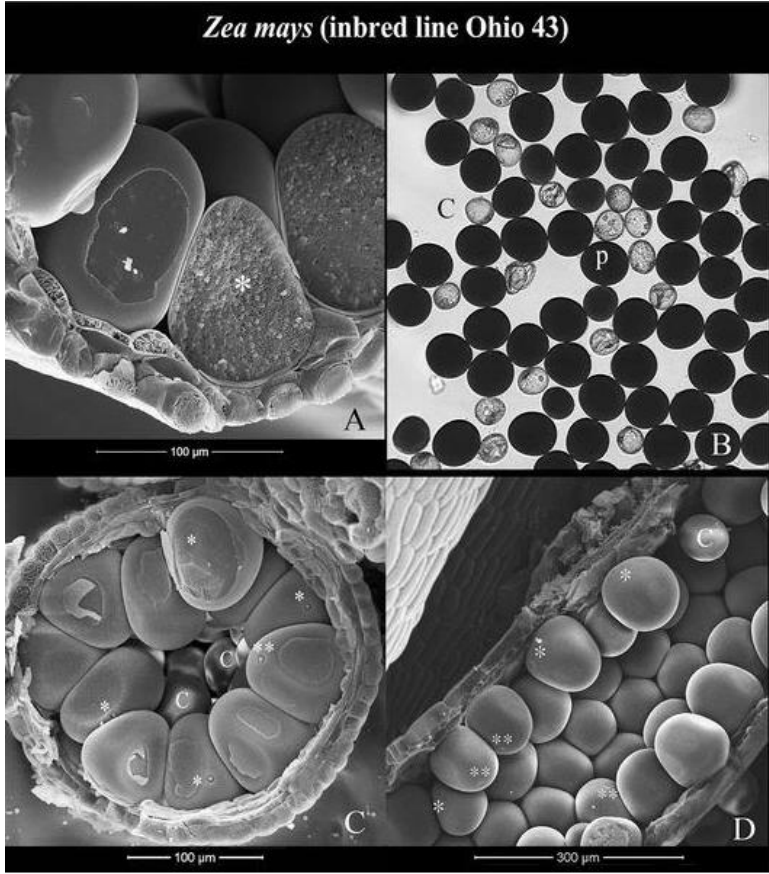
<https://link.springer.com/article/10.1007/s00497-015-0257-3>

Mikrospordan polen oluşumuna geçiş (V17-V18 dönemleri)



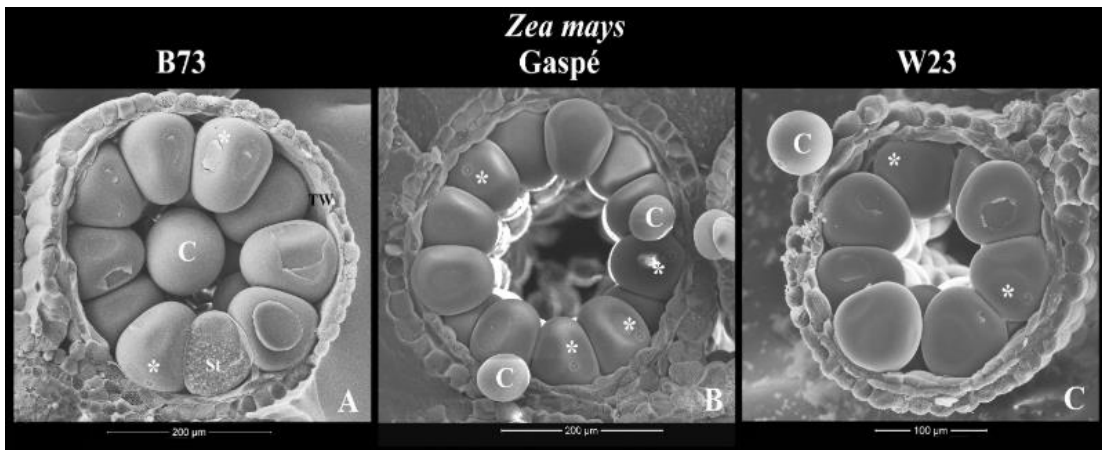
<https://link.springer.com/article/10.1007/s00497-015-0257-3>

İlk (yeni, ham, genç) polen oluşumu (Tepe püskülü çıkarma (VT) dönemi)



<https://link.springer.com/article/10.1007/s00497-015-0257-3>

Anter içerisinde olgun polenler (tepe püskülü çiçeklenmesinden 1-2 gün önce)



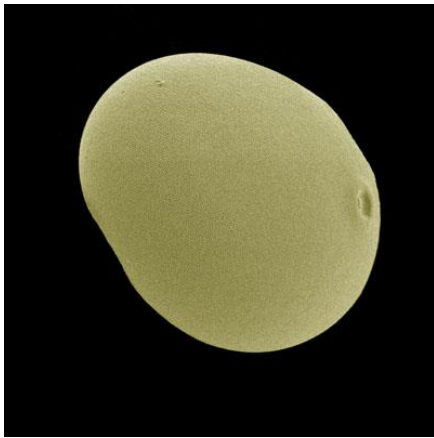
<https://link.springer.com/article/10.1007/s00497-015-0257-3>

Anter içerisinde olgun polenler (tepe püskülü çiçeklenmesinden 1-2 gün önce)

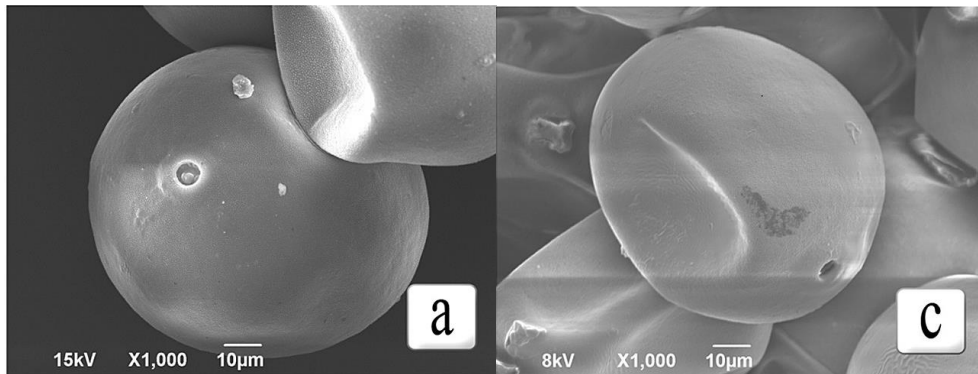
## Mısır poleninın özellikleri nelerdir?

Tepe püskülü çiçeklenme zamanında dökülen taze polenin nispi nemi genelde % 60 civarındadır. Küresel şekilde olup çapı 80-125 µm aralığındadır. Sakin bir havada bir mısır poleni 0.15-0.4 metre/saniye (m/s) yol kat edebilmektedir. 2.5-3.5 m uzunluğuna sahip bir mısırın tepe püskülünden salınan bir polen sakin bir havada yaklaşık 10 ile 20 saniye yol alabilmektedir. Örneğin sakin bir havada rüzgarın hızı 2 m/s olursa, polen yaklaşık 20 ile 40 m yol alabilmektedir. Yani polen salındığı bitkiden yaklaşık 20 ile 40 m uzağa taşınmaktadır.

<https://enveurope.springeropen.com/articles/10.1186/s12302-014-0024-3>



<https://www.vcbio.science.ru.nl/en/virtuallessons/pollenmorphology/>



<https://doi.org/10.1016/j.jcs.2017.08.004>

Bir mısır tarlasından polenler ne kadar uzağa taşınabilir?

Polen yayılımı çoğunlukla 6-15 metre civarındadır (1975 yılında basılmış kitap <https://www.amazon.com/Modern-Corn-Production-samuel-aldrich/dp/B003B9FR8M>)

OECD tohumluk üretim şemasına göre ülkemizde mısırın sertifikalı tohumluk üretimi için izolasyon mesafesi 200 m ve orijinal tohumluk için 300 m olarak belirlenmiştir.

<https://www.mevzuat.gov.tr/Metin.Aspx?MevzuatKod=7.5.11906&MevzuatIliski=0&sourceXmlSearch=>

<https://www.oecd.org/agriculture/seeds/documents/oecd-seed-schemes-rules-and-regulations.pdf>

ABD yapılan bir çalışmada polenin 200 m den daha uzağa taşıma olasılığının % 1'den daha düşük olduğu belirlenmiştir. Aynı çalışmada çeşidin, yılın, iklimin (rüzgar yönü ve şiddeti), arazinin topografik yapısı, ağaç vb. unsurlar ve izolasyon mesafesinin etkili olduğu belirlenmiştir (Crop Sci. 46:1445–1455, 2006).

AB destekli bir projede (Almanya, Belçika ve İsviçre) mısır polenlerinin taşınma mesafesi 10 yıl (2000 – 2010 arasında) süreyle araştırılmış ve 4.5 km uzağa taşınabildiği belirlenmiştir. Aynı projenin yayınlanan makalesinin içerisinde atıf yapılan bir başka çalışmada mısır polenlerinin 70 km uzağa taşınabildiği ifade edilmektedir.

<https://enveurope.springeropen.com/articles/10.1186/s12302-014-0024-3>

Bu araştırmanın bulguları, Avrupa'da Bt (bakteri vasıtasıyla mısıra lepidoptera (Sesamia ve Ostrinia türleri) öldürücü gen aktarılması) mısır ya da GM (Bt ve/veya glifosat teknolojisinin genel adı-genetiği değiştirilmiş) mısır ya da Türkçe'de kullanılan yaygın adıyla GD mısır çeşitlerinin ekiminin yasaklanmasının haklı gerekçelerine zemin hazırlamıştır.

Konuyla ilgili olarak Ülkemizde GD mısır çeşitlerinin üretilmesi yasaklanmıştır. Fakat hayvan yemi olarak kullanılması şartıyla (Tarım Bakanlığının onayıyla) ithalat yapılabilmektedir. Ayrıca mısırdan imal edilmiş maddelerde % 0.9 GD ürün bulaşma eşiği belirlenmiştir.

<https://ec.europa.eu/jrc/en/research-topic/gmos>

### **Mısırdaki yabancı dölleme oranı ne kadardır?**

Yabancı dölleme oranı %95-97 civarındadır. Mısırdaki erkek ve dişi organlar farklı çiçeklerde (diclinous) fakat aynı bitkide (monoecious) bulunur. Erkek çiçekler tepe püskülünde, dişi çiçekler koçanda bulunur. Tepe püskülü ile koçan püskülünün çıkış zamanlarındaki uyumsuzluklar, tepe püskülü ile koçan arasında uzaklık, polenlerin rüzgarla kolayca taşınabilmesi, dişi çiçeğin stigmatı ve stilusunda uyumsuzluk genlerinin bulunmaması, polenlerin bol miktarda ve uzun süre üretilmesi ve koçan püsküllerinin uzun süre polen kabul etmesi gibi daha pek çok nedenden dolayı mısır en %95 oranında yabancı tozlanmakta ve döllemektedir. İlave olarak mısır kendine uyumsuz olmayıp kendi polenleriyle tozlandığında dölleme ve tane oluşumu meydana gelmektedir. Klasik hibrit mısır çeşidi geliştirmenin temeli, mısırın kendine tozlandığı ve döllendiğinde tane verebilmesi prensibine dayanır.



## Tepe püskülünde çiçeklenme

Polenin yayılma süresi genelde 5-8 gün civarında olsa da 2-10 gün sürdüğünü gösteren araştırmalarda var (Crop Management Research, 2(1): 1-15, 2003).

Tepe püskülü çiçeklenmesinin 3. günde polen salımı zirveye ulaşır.

Yağmur tepe püskülünden polenleri yıkayıp uzaklaştırmaz. Aşırı nemde (örneğin yağmurda) veya kuraklıkta, tepe püskülü polen üretimi ve salımı durdurur ve koşullar normalleşince tekrar aktif hale gelir.

## Çiçeklenme tepe püskülünün neresinde başlar ve nasıl ilerler?

Polen yayılımı koçan püskülü çıkmadan 1-3 gün önce başlar.



Tepe püskülü ana ekseninin orta kısmından uç kısmına doğru ilk çiçeklerin çıkışı başlar. Tepe püskülündeki başaşıklar ikili (çift) şekilde ana eksene ve yan dallara dizilirler. Her başaşıқта iki erkek çiçek vardır. Her çiçekte 3 stamen (erkek organ) vardır. Anterlerin çiçek kavuzlarından dışarıya doğru çıkarak sarkmalarıyla tepe püskülünde çiçeklenme başlar.

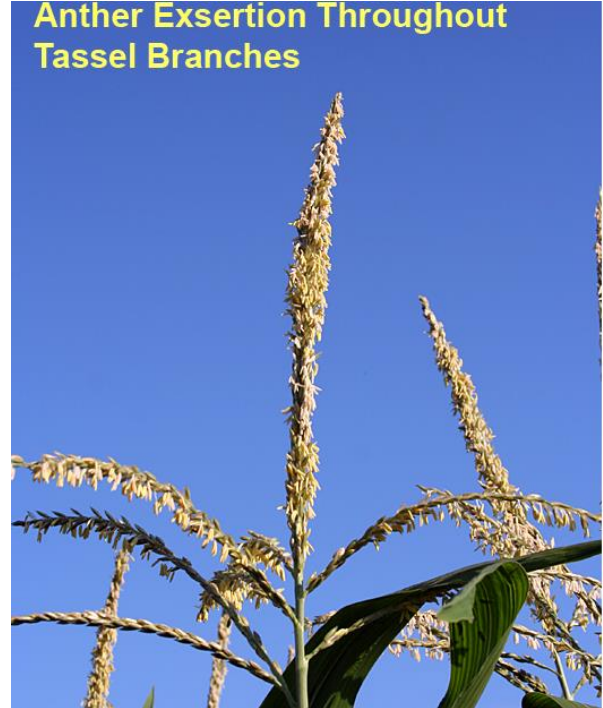
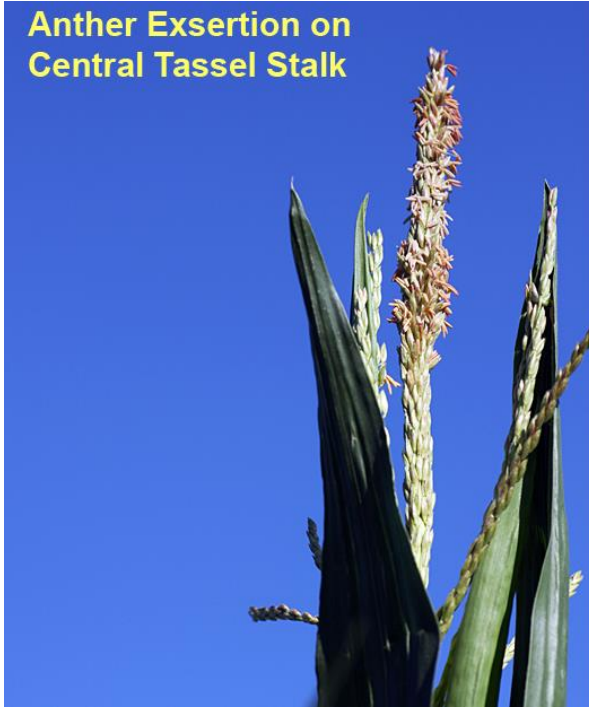


Tepe püskülü ana ekseninin ortasından aşağıya doğru (yan dalların çıktığı boğumlara doğru) çiçeklenme devam ederken en üsteki yan dalların uçlarına yakın bir yerden yan dallarda çiçeklenme başlar.



<https://www.youtube.com/watch?v=EtJHDr6tUwM>

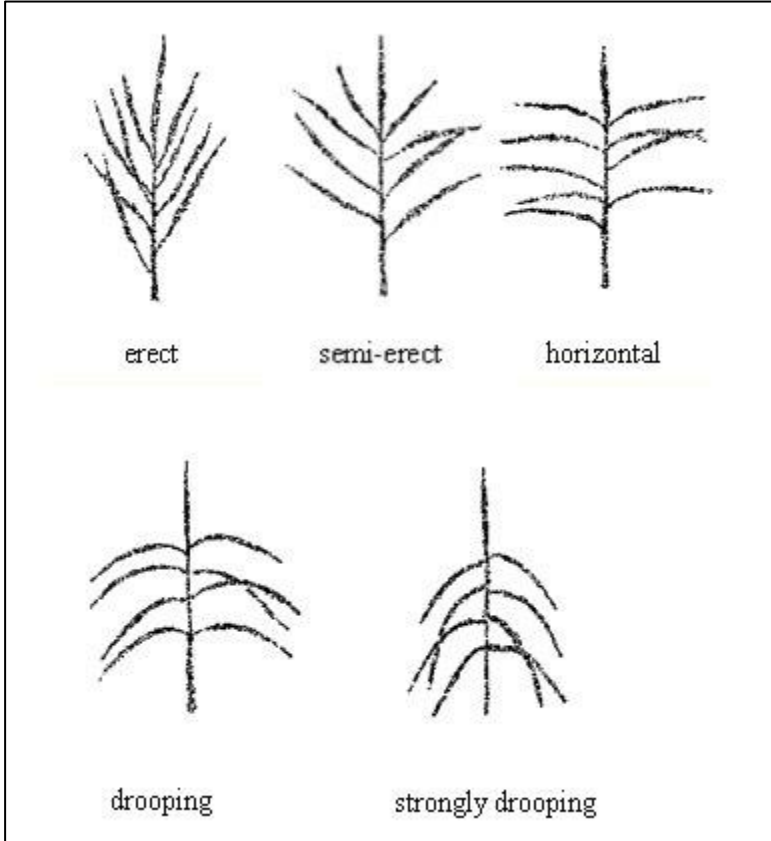
Ana eksenin dibine doğru çiçeklenme devam ederken aynı zamanda yan dalların uç ve dip kısımlarına doğru çiçeklenme seyri eş zamanlı olarak ilerler. En alttaki yan dalların çiçeklenmesi başlar ve çiçeklenme ritmi aynı şekilde devam eder.



Tepe püskülünde çiçeklenme seyri

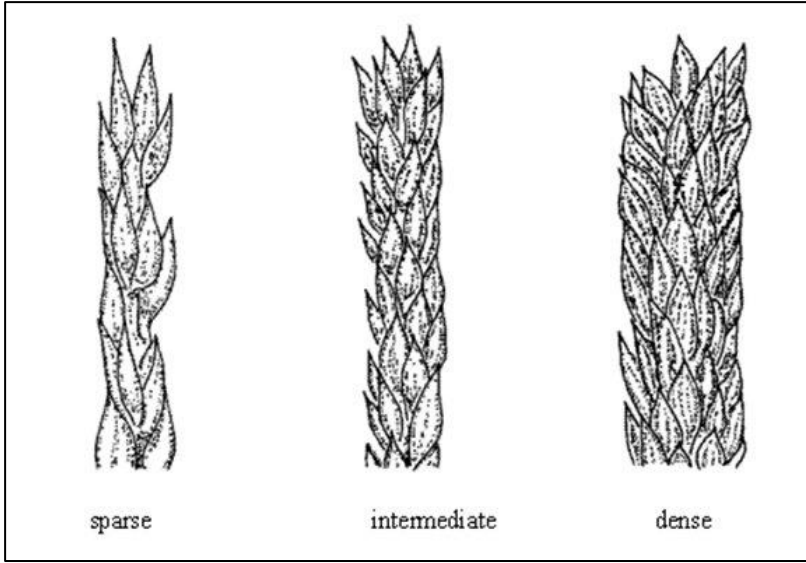
## Çeşitlerin ayırt edilmesinde tepe püskülün önemi nedir?

Mısır çeşitlerinin tescilinde tepe püskülünün şekli çeşit ayırıcı (anahtar) olarak kullanılmaktadır. Özellikle yan dalların şekli önemli olmaktadır



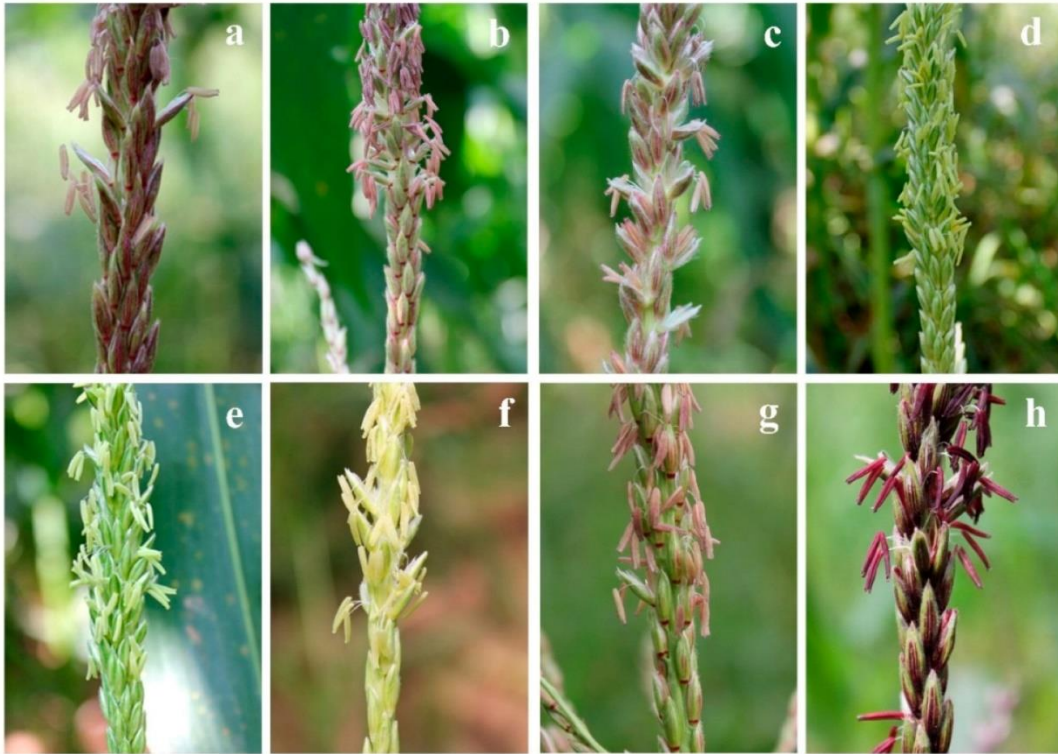
<https://www.inspection.gc.ca/plant-health/seeds/seed-inspection-procedures/corn-seed-crop/eng/1347286797332/1347330417322>

Tepe püskülü yan dallarının duruşu (üst soldan sağa dik, yarı dik, yatay; alt soldan sağa hafif sarkık, kuvvetli sarkık)



<https://www.inspection.gc.ca/plant-health/seeds/seed-inspection-procedures/corn-seed-crop/eng/1347286797332/1347330417322>

Tepe püskülü üzerine başakçıkların dizilişi (soldan sağa seyrek, orta ve sık)



<https://www.mdpi.com/2073-4395/8/11/242>

Tepe püskülünün başakçık kavuzları (palea ve lemma) ve erkek organın (stamen) anterleri farklı renkte (antosiyanın) olabilmektedir ve çeşit ayırıcı olarak kullanılmaktadır.

<https://cropgenebank.sgrp.cgiar.org/images/file/management/maize.pdf>



## Generatif Dönemler

Generatif (Reproductive-R) dönemler (R1, R2, R3, R4, R5 ve R6) koçan püskülünün çıkışı, tozlanma ve döllenmeden başlar (R1) ve fizyolojik olum dönemi (R6) ile biter.

- 1) Koçan püskülü çıkarma (R1) dönemi
- 2) Kabarcık (R2) dönemi
- 3) Süt olum (R3) dönemi
- 4) Hamur (sarı) olum (R4) dönemi
- 5) Diş olum (R5) dönemi
- 6) Fizyolojik olum (R6) dönemi
- 7) Hasat olum dönemi (bu dönem, Iowa Eyalet Üniversitesi sisteminde yoktur)**

Generatif dönemler yaklaşık 50-70 gün (erkenci-geçici) arasında sürer.

6 yapraklı dönemde (V6) tüm yaprak taslaklarının oluşumunun tamamlanmasından sonra tepe püskülü ve koçan taslakları oluşmaya başlar. Bir bitkide birden fazla koçan taslağı oluşur, fakat en büyük koçan taslağı, genelde bitkinin 12., 13. veya 14. yaprağının çıktığı boğumlardan çıkar. En üstteki 6-8 boğumda koçan taslağı oluşmaz. Koçan taslaklarının oluşumu V6'da başlar. V6'da koçanda sıra sayısı belirlenir. V6 ile V12 arasında ise koçan sırasındaki tane sayısı belirlenir. Bir koçanda 800-1100 adet potansiyel tane oluşur. Gerçekte sadece 400-600 tane gelişir.

Generatif dönemlerin uzunluğu çeşitlerin olgunlaşma gruplarına göre 50-55 gün ile 60-65 gün arasında değişebilir. Örneğin FAO 700 grubu veya GDU isteği 1550'den yüksek olan çeşitlerin generatif dönemlerinin (R1 ile R6 arası) toplam süresi 60-65 gün olabilir. FAO 500 grubu ya da GDU isteği 1350 civarında olan çeşitlerin generatif dönemlerinin (R1 ile R6 arası) toplam süresi ise 50-55 gün arasında olabilir. Şüphesiz generatif dönemlerin süreleri; genotipik özellikler (genetiksel olarak erkencilik vs.), yetiştirme teknikleri (sulama ve gübreleme vs.), iklim (yüksek sıcaklık ve kuraklık vs.) ve toprak (organik madde, pH, element toksitesi veya eksikliği vs.) gibi pek çok faktör tarafında belirlenmektedir.

Vegetatif dönemlerde olduğu gibi generatif dönemlerde de bir tarladaki bitkilerin hangi generatif dönemde olduğuna karar vermek için o tarladaki bitkilerin en az yarısının söz konusu generatif dönemin özelliklerini taşıyor olması gerekir. Örneğin bir tarlada koçan püskülü çıkarma dönemine bitkilerin girip girmediğine karar verebilmek için tarladaki bitkilerin en az % 50'sinin koçan püskülü çıkarmış olmasına bakılır.

Çimlenme ve çıkışların eş zamanlı olması, sulama ve gübrelemenin zamanında ve yeterli miktarlarda yapılması bitkilerin vegetatif ve generatif dönemlere eş zamanları girmelerini kolaylaştıracaktır. Aksi halde homojen olmayan büyüme ve gelişim, bitkilerin hangi büyüme ve gelişme dönemlerine girdiklerini anlamamızı güçleştirecektir.

## Koçan püskülü çıkarma (R1) dönemi

R1 dönemi koçan püskülünün çıkışı, tozlanma ve dölleme aşamalarından oluşur ve şartlara bağlı olarak 8-12 sürebilir.



<https://www.mississippi-crops.com/2013/06/04/the-tassel-shot-what-is-the-best-timing/>

Koçan püskülü çıkarma (R1) döneminde tepe püskülü (soldaki foto) ve koçan (sağdaki foto)

### Koçan oluşumu ne zaman başlar?

Koçan taslağının oluşumu V6-V7 dönemlerinde başlar. Koçan taslaklarının büyüme ve gelişimi ise R2 (kabarık) ve hatta R3 (süt olum) dönemine kadar devam eder.

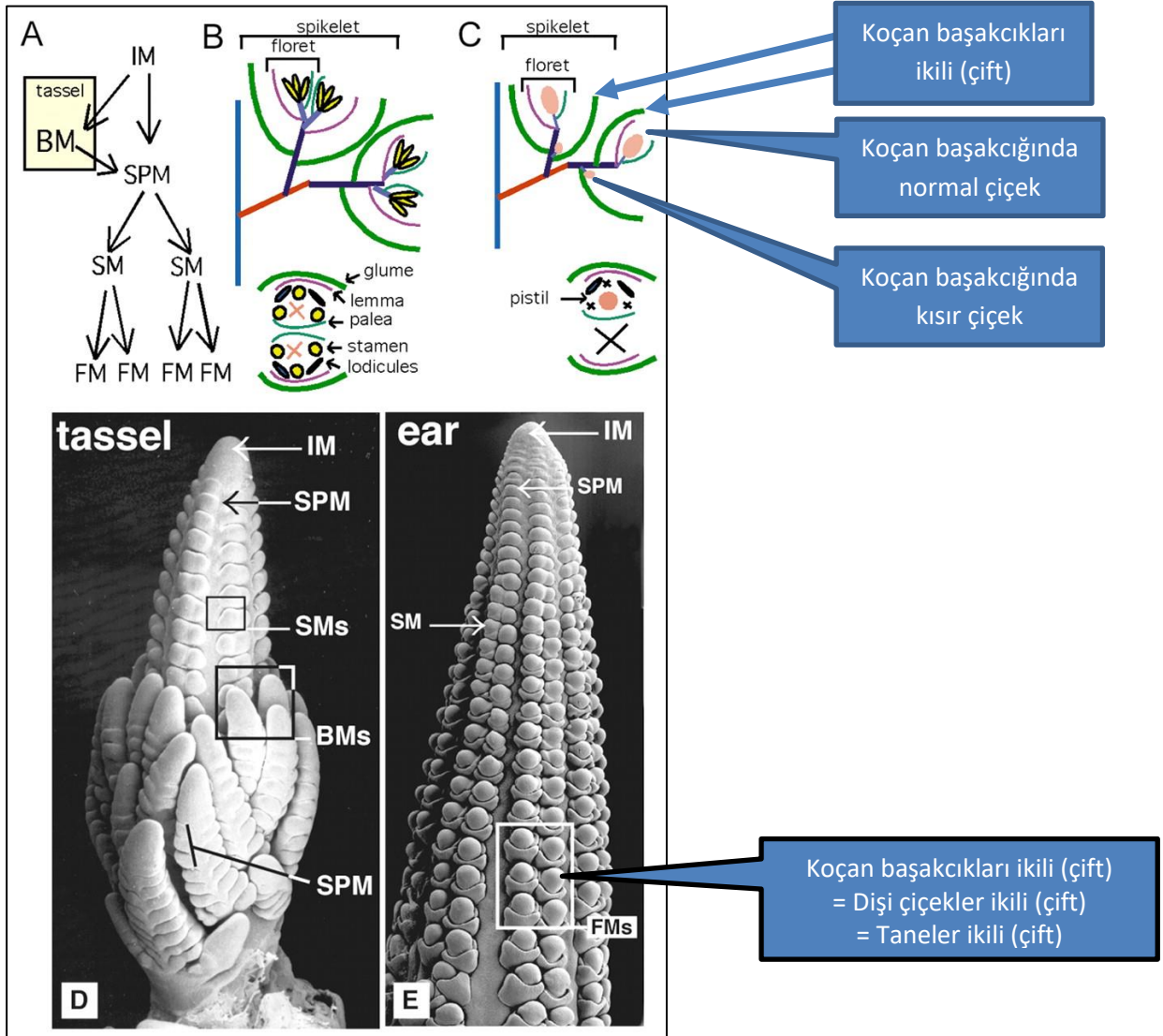
Taneyi oluşturacak dişi çiçek taslaklarının oluşumu ise V7-V8 dönemlerinde başlar ve VT dönemine kadar devam eder

### Dişi çiçekler

Mısırdaki erkekler tepe püskülünde (tepe püskülü (VT) dönemine bakınız), dişi çiçekler koçan üzerinde bulunur. Koçan tanenin oluştuğu bir başak tipi olup mısıra özgü koçan adını alır. Koçanın tanesi alındıktan sonra kalan kısmına somak adı verilir. Somak üzerine başakcıklar çiftler halinde (ikili) yerleşirler. Her başakcıkta iki dişi çiçek bulunur. Dişi çiçeklerden birisi daha fazla gelişerek biraz üstte yer alır ve gelişmeyen dişi çiçek, başakcığın dibine yakındır. Dişi çiçeklerin büyüme ve gelişme süreçlerinde, başakcık dibinde kalan dişi çiçek, artık

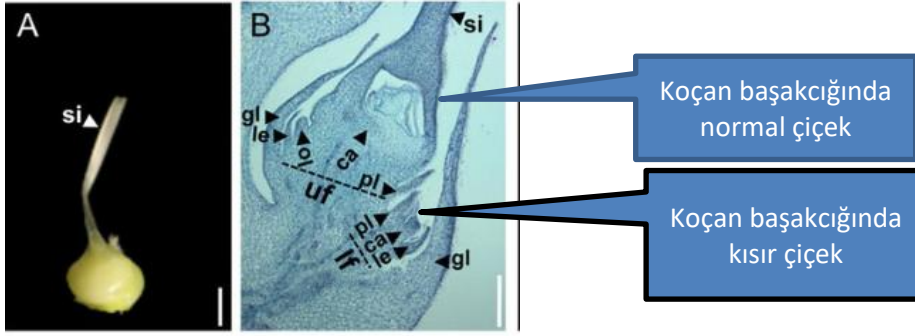
büyüyüp gelişemez ve zaman içerisinde yok olur. Bundan dolayı her koçan başakçığı potansiyel olarak iki çiçek oluşturmasına rağmen, ancak bir çiçek tozlanıp döllenerek tane oluşturmaktadır.

Koçan taslağının oluşum ve gelişim aşamaları incelendiğinde, dişi çiçekleri taşıyan başakcıkların ikili (çift) olarak bulunduğu görülür. Her başakcıkta iki çiçekten sadece birisi fertil olduğu için koçan üzerinde oluşan ve gelişim her başakcık bir dişi çiçeği yani tek bir taneyi temsil eder. Örneğin koçan üzerinde hasat öncesi 400 tane saydığımızı düşünelim. 400 taneyi 400 dişi çiçek oluşturur. Koçan üzerindeki her bir başakcıkta bir dişi çiçek fertil olduğuna göre 400 tane = 400 dişi çiçek = 400 başakcık anlamına gelir.



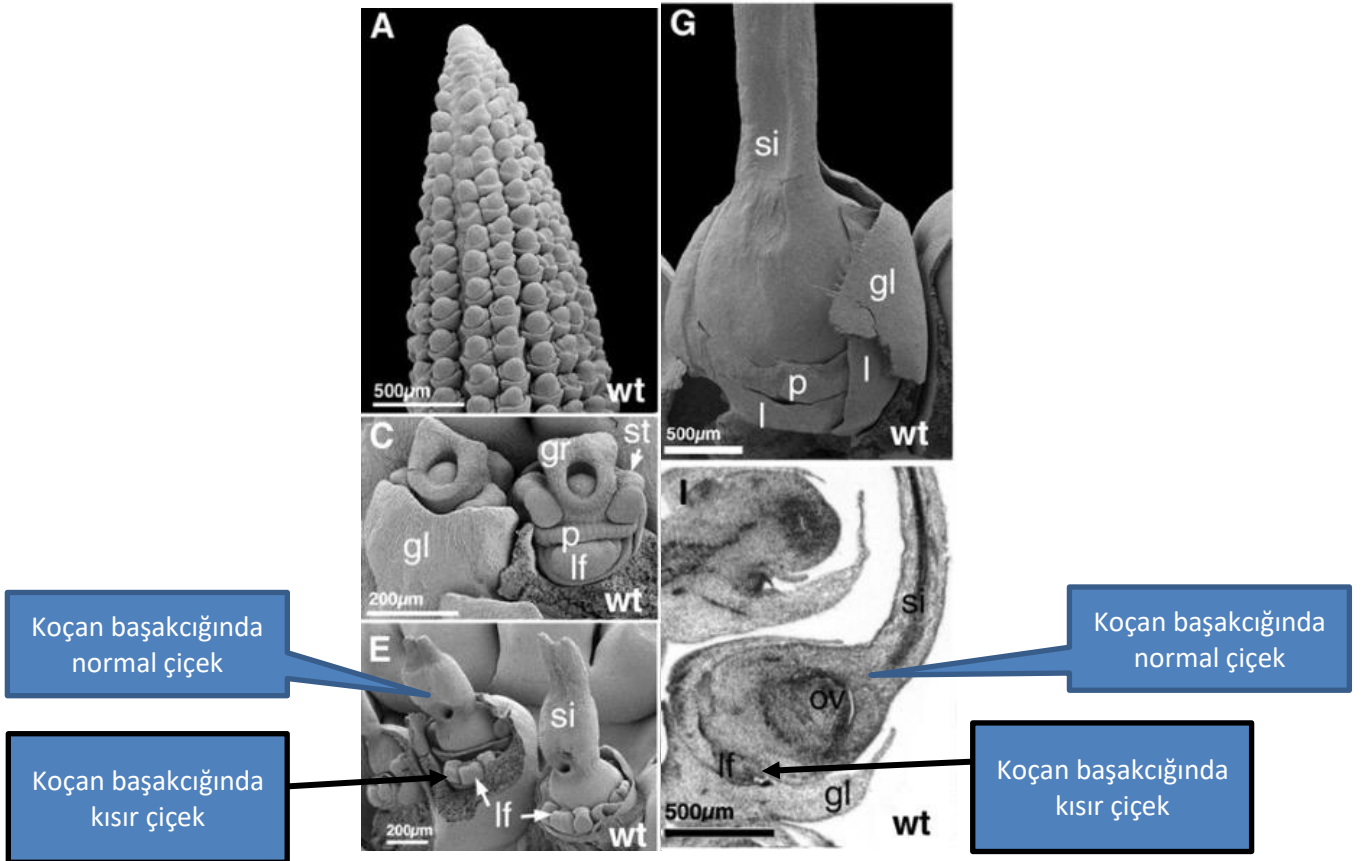
<https://dev.biologists.org/content/129/11/2629>

Soldaki foto (Foto D) tepe püskülü taslağı ve sağdaki foto (Foto E) koçan taslağı. Çiçek üreten meristem (IM), başakcık çifti oluşturan meristem (SPM), başakcık meristemi (SM), dişi çiçek oluşturan meristem (FM), dallanma oluşturan meristem (BM).



<https://doi.org/10.1104/pp.111.179499>

Foto A, pistilin kısımları (ovaryum ve stilus), Foto B, dişi başakçığının alt (lf) ve üst (uf) çiçekleri (si, stilus; gl, gluma; le, lemma; lo, lodicula; ca, carpel; pl, palea).

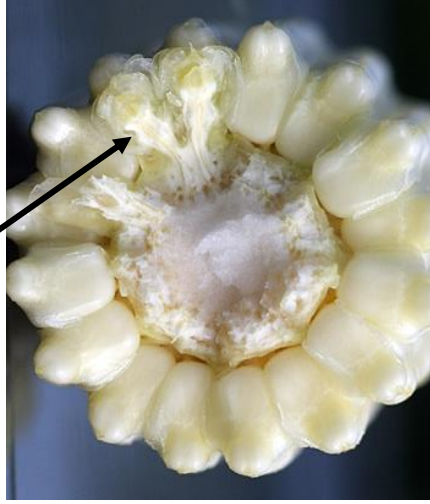


<https://dev.biologists.org/content/130/11/2385>

Ovaryum, 3 carpel ve bir ovuledan oluşur. 2 carpel birleşerek uzarlar ve stilusu (koçan püskülü) oluşturur. Alt kısımdaki carpel ise içerisinde ovule taşır. Ovuleun içerisinde integumentler, nucellus ve embriyo kesesi bulunur.



Koçan somağına başakcıkların ikili (çift) Y harfi şeklinde bağlanması



<https://www.agry.purdue.edu/ext/corn/news/timeless/GrainFill.html>

Koçan üzerindeki başakcıkların somağına bağlanma şekli özeldir. Başakcıklar ikili (çift) olarak somağına bağlanırlar. Başakcık sapları üst kısımlarında çiçekleri taşıırken alt kısımda birleşir ve Y harfinin şeklini alırlar. Y harfine benzeyen başakcık saplarının iki ucunda birer başakcık yer alır ve başakcık saplarının birleşen (Y harfinin) dip kısmı ise somağına bağlanmaktadır.

Koçanın büyüme ve gelişim aşamaları

Genelde 12 yapraklı dönemde (V12), koçan taslağı ve püsküller uzamaya başlar.

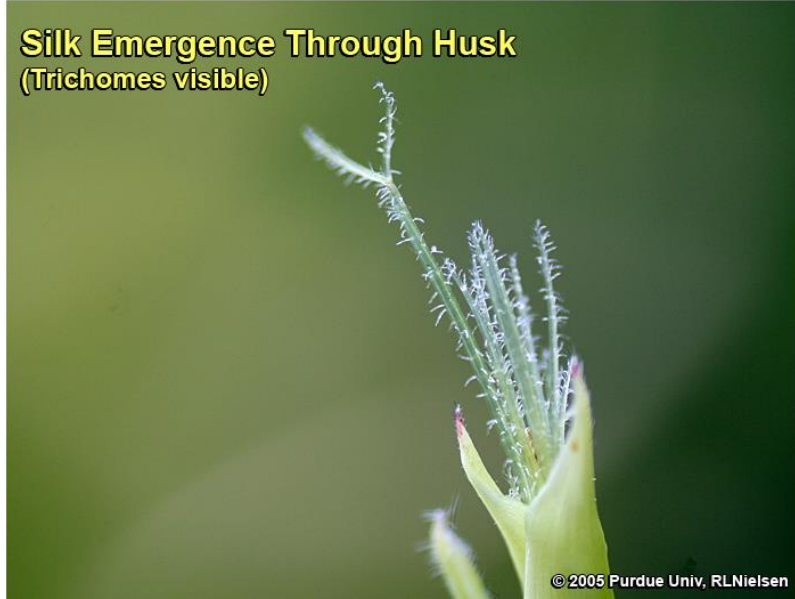


İlk önce koçanın dip kısmından püskül çıkışları başlar ve uç kısmına doğru püskül çıkış devam eder. En son koçanın uç kısmındaki dişi çiçeklerden püskül çıkışı olur.





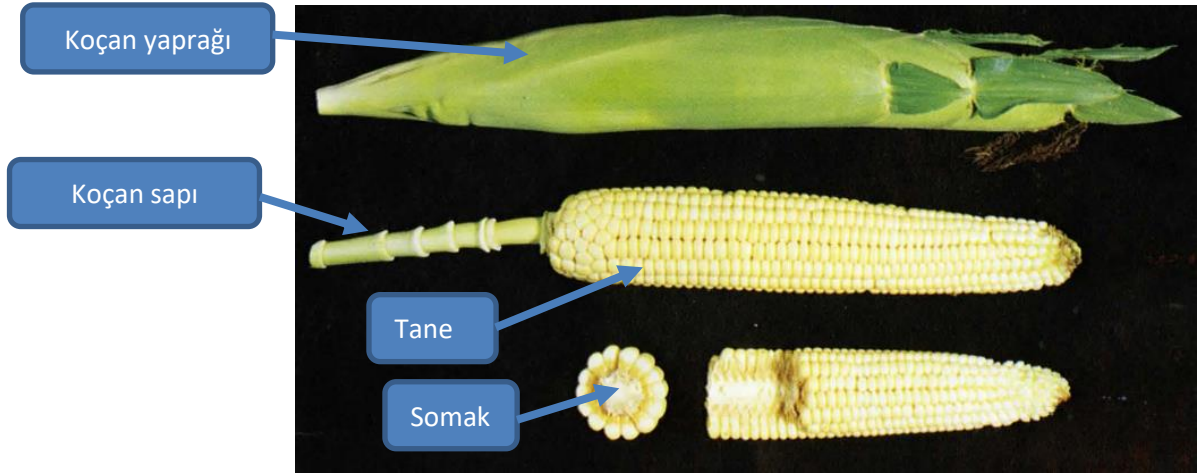
Koçanın dip püskülleri ile uç püskülerinin çıkışı arasında normal şartlarda 3-5 gün fark oluşur. Bundan dolayı tozlanma ve döllenme normal şartlarda 5-8 gün devam eder.



Koçan püskülü dişi çiçeğin ovaryumunun uzantı olarak gelişir. Püskül, stilus ve stigmadan oluşur. Püskül üzerinde papilla tüyleri bulunur. Bu tüyler poleni tutar ve tozlanmayı başlatır. Polenin çimlenmesiyle oluşan polen tüpü püskül içerisindeki yolları takip ederek embriyo kesesine ulaşır.

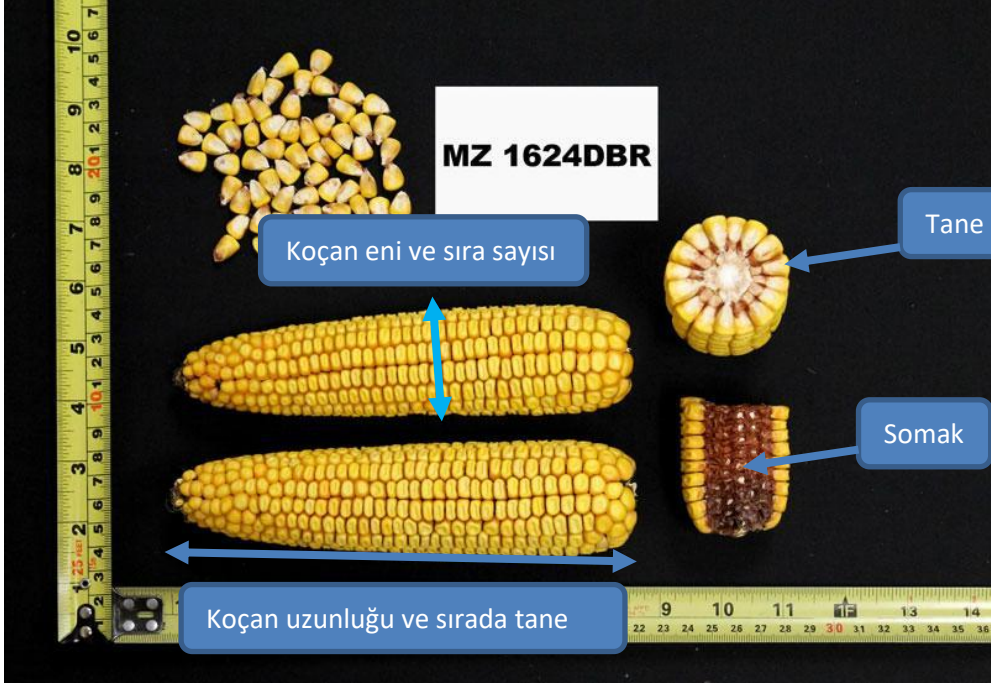


Tozlanmaya hazır hale gelmiş 1 günlük tepe püskülü. Koçan yapraklarının ucundan ilk önce koçanın dip kısmında yer alan ovaryumların (yumurtalık) stilus ve stigmaları çıkış yapar (koçan püskülü veya ipek). Sonra sırasıyla koçanın orta ve uç kısımlardan püskül çıkışları takip eder. Koçan püskülünün çıkışı normal şartlarda 3-5 gün sürer.



<http://publications.iowa.gov/18027/1/How%20a%20corn%20plant%20develops001.pdf>

Koçanın kısımları



<http://www.maizex.com/corn/grain/products/mz-1624dbr>

Koçanın kısımları



<https://crops.extension.iastate.edu/corn/production/management/growth/yield.html>

Koçanın büyüme ve gelişim aşamaları (soldan sağa doğru V12, V15, V18, R1 ve R1). En sağdaki fotodaki koçan püskülünün aşırı uzaması, tozlanma ve dölleme sorununa işaret eder. Koçan polen alamıyorsa, püskülünü normalden daha fazla uzatır.

Her bir koçan püskülü bir taneye bağlıdır. Koçan püskülleri, yumurtalığın (ovaryumun) dişicik borusu (stylus) ve dişicik tepesi (Stigma) olarak görev yapar.



Her bir koçanda potansiyel olarak 800-1100 tane oluşur. Fakat hasat edilebilir bir koçanda çoğunlukla 400-600 tane gelişir. Potansiyel tane sayısı ile gerçek tane sayısı arasında en az % 40 fark oluşur (genotip x çevre etkileşimi).



Koçan püskülünün uzaması 7-10 güne (normal şartlarda 3-5 gün) kadar sürebilir.

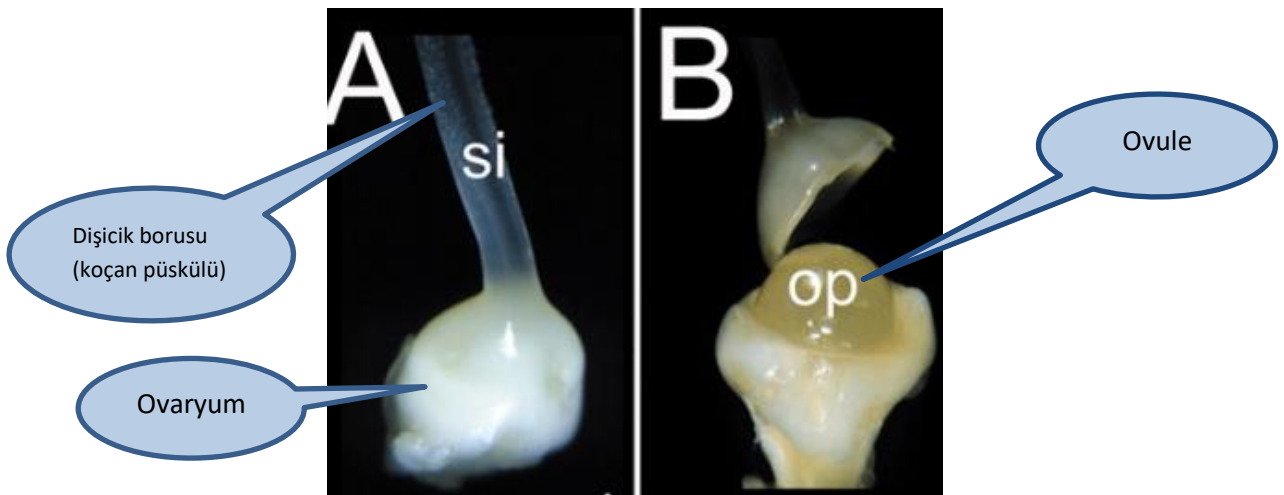
Koçan püskülü turgor basıncına bağlı olarak ilk gün ya da ilk iki gün 3-4 cm uzayabilir. Takip eden günlerde hızlı uzama süreci yavaşlar. Su stresinden dolayı turgor basıncı düşer ve püsküllerin uzama süresi uzar. Böyle bir durumda tepe püskülü ile koçan püskülünün çıkış zamanları uyuşmaz (senkronize olmaz) (R1 döneminde su stresi yaşanır). Polen, nem ve sıcaklık daha uygun olduğu için sabah vaktinde dökülür. Her bir koçan püskülünün uzama süresi aslında polenle buluşmasına bağlıdır.

### **Polen ve yumurta nasıl oluşmaktadır?**

Bu kısımda çoğunlukla Ovaryumun oluşumu hakkında bilgi verilecek olup, polenin oluşumu ile bilgiler tepe püskülü çıkarma (VT) döneminde ayrıntılı olarak verilmiştir.

Embriyo kesenini oluşturacak megaspor ana hücresi, ovule taslağının alt kısmında yer alan epidermal bir hücreden birinci aşamada archespor-arkespor (başlangıç sporu/hücresi) olarak oluşur. İkinci aşamada başlangıç hücresi farklılaşarak megaspor ana hücresine (MAH) dönüşür. Üçüncü aşamada MAH, mayoz bölünme geçirerek tam işlevsel bir megaspor hücre oluşturur (diğer 3 megaspor kaybolur). Dördüncü aşamada megaspor gelişerek embriyo

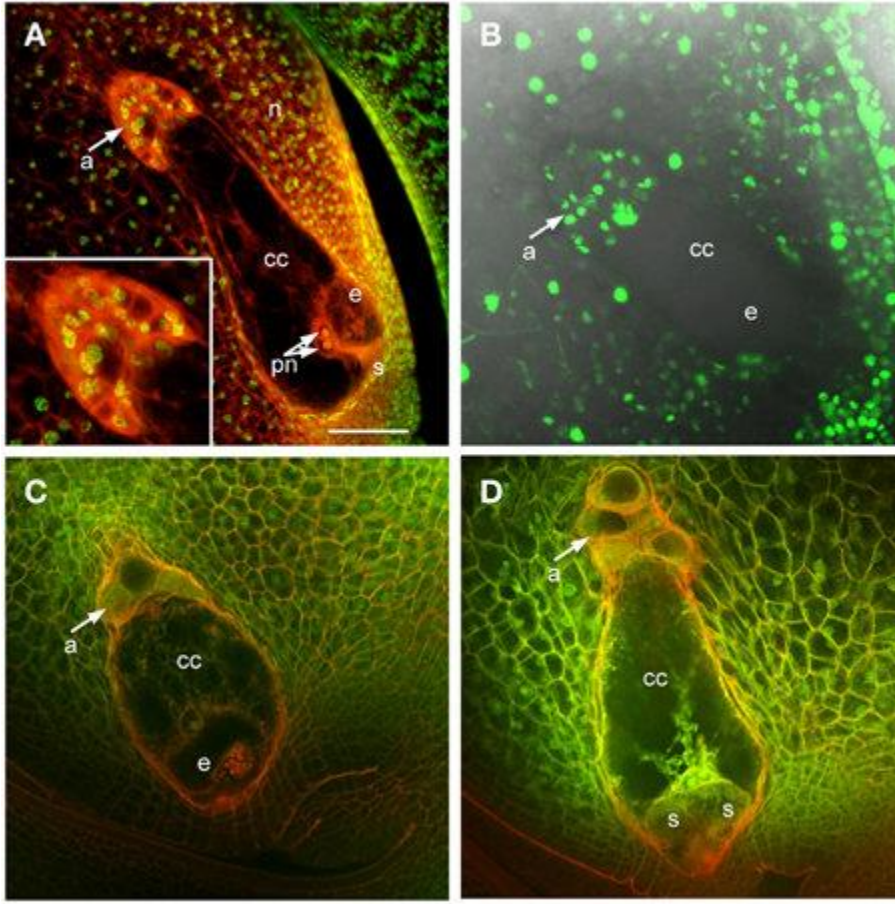
kesesine dönüşmeye başlar. Embriyo kesesinin oluşumu esnasında peş peşe gerçekleşen 3 karyokinez mitoz bölünmede (sitokinesis olmadan), dişi gametlerle (yumurta ve merkez hücreler) birlikte antipodal ve sinerjit çekirdekler meydana gelir. Embriyo kesesinin olgunlaşmasıyla birlikte çekirdeklerin etrafında hücre zarları oluşur. Sinerjit hücreler yumurta hücresiyle birlikte embriyo kesesinin mikropil kısmına yakın konuşlanır. Embriyo kesesinin şalaza kısmında yer alan antipodal hücrelerin sayısı başlangıçta üç olmakla birlikte ilerleyen süreçte döllenmenin hemen öncesinde mitoz bölünmelerle 20-40 arasına ulaştığı belirlenmiştir. Döllenme sonrasında endosperm kısmını oluşturacak merkezi hücre, embriyo kesesinin orta kısmında yer alır. Merkez hücrede iki çekirdek bulunur. Bu çekirdekler döllenmenin olacağı zamana doğru yumurta hücresine yaklaşırlar. Merkez hücre, embriyo kesesinin yaklaşık  $\frac{3}{4}$ 'nü kaplamaktadır. Yumurta, sinerjit ve antipodal hücrelerin haricinde embriyo kesesinin geriye kalan kısmını merkez hücre kaplamaktadır. Merkez hücrenin büyük bir vakuolu vardır. Aslında bu vakuol megaspor hücresinin embriyo kesesine dönüşme sürecinde oluşmuştur. Önce megaspor hücresi, embriyo kesesini oluşturmak için peş peşe 3 karyokinez mitoz bölünme geçirir. Sonra mitoz bölünmelerde oluşan sekiz çekirdeğin hücre zarları oluşurken embriyo kesesinin ortasında bulunan büyük vakuol, merkez hücreye yönlendirilir. Çoğunlukla embriyo kesesinin iç kısmında büyük bir boşluğun olduğu ve bu boşlukta da merkez hücrenin polar (kutup) çekirdeklerinin yer aldığını kabul edilir. Fakat embriyo kesesinin ortasındaki boşluk, büyük bir vakuola ait olup, bu vakuolde embriyo kesesinin en büyük hücresi olan merkez hücreye devredilir. Merkez hücrenin iki çekirdeği ve büyük bir vakuol olur. Hatta vakuol ortadan ikiye ayrılmıştır ve ortada bir bağlantı vardır. Bu bağlantı sayesinde merkez hücresinin iki çekirdeği yumurta hücresine yakın pozisyonda yer alır ve döllenme süreci kolaylaşır.



<https://dev.biologists.org/content/129/11/2629>

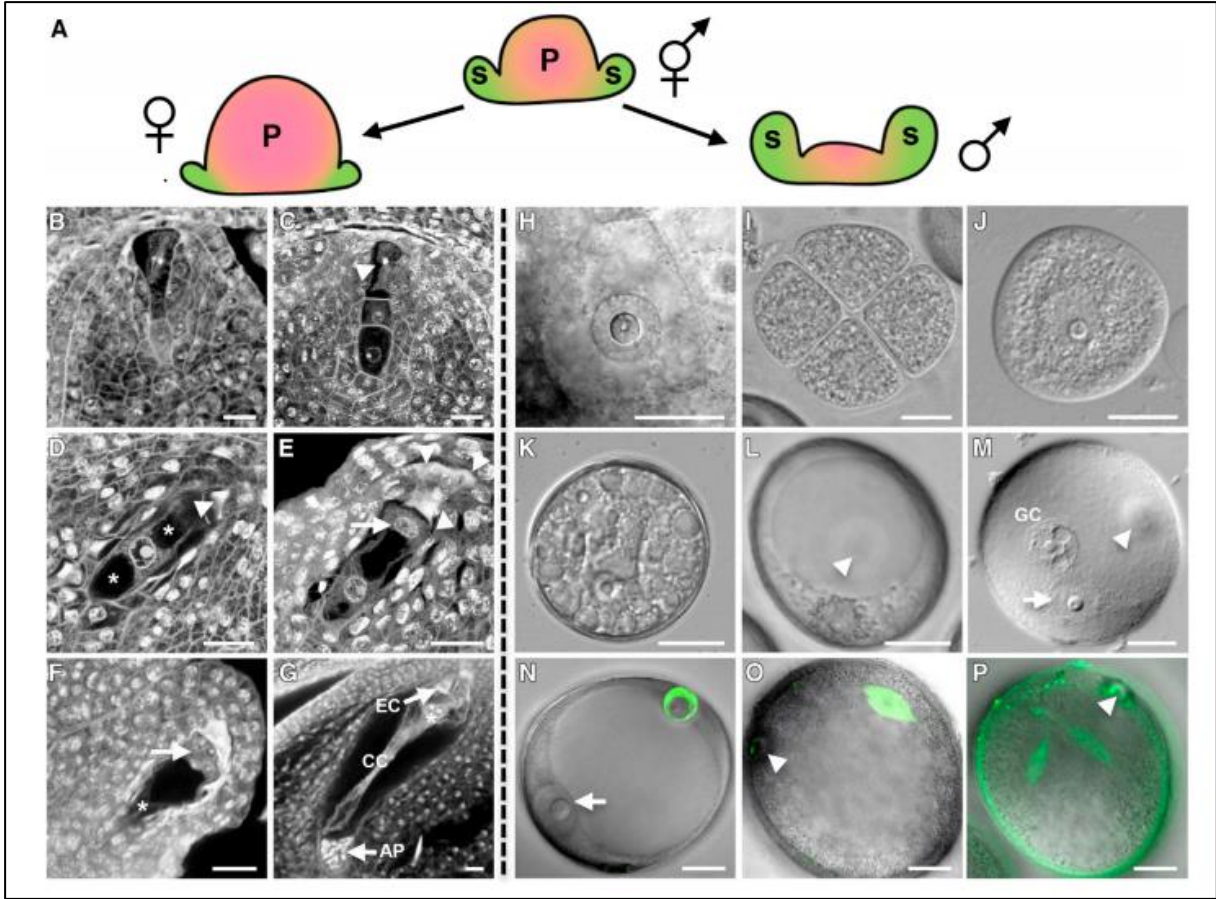
Koçanda dişi organ (pistil): Foto A, ovaryum ve dişicik borusu (stilus-koçan püskülü); Foto B, ovaryum içerisinde ovule. Sırasıyla ovaryum içerisinde ovule, ovule içerisinde embriyo kesesi ve embriyo kesesinin içerisinde yumurta (egg-dişi gamet) oluşur.





<https://doi.org/10.3389/fpls.2015.00187>

Embriyo kesesi: e, yumurta hücresi; cc, merkezi hücre (büyük vakuol ve 2 çekirdek (pn)); s, sinerjit hücreler ; a, antipodal hücreler (sayıları 20-40 arasında); n, nucellus



[https://www.cell.com/molecular-plant/pdf/S1674-2052\(17\)30013-8.pdf](https://www.cell.com/molecular-plant/pdf/S1674-2052(17)30013-8.pdf)

Mısırdaki yumurtanın (soldaki fotolar B-G) ve polenin (sağdaki fotolar H-P) oluşum aşamaları gösterilmektedir. Soldaki Foto G'de ec, yumurta hücresi; cc, merkez hücre; ap, antipodal hücreler; sağdaki Foto P'de okla işaret edilen vegetatif çekirdek olup ortadaki iki yeşil çekirdek ise generatif çekirdeklerdir.

### Tozlanma nasıl gerçekleşmektedir?

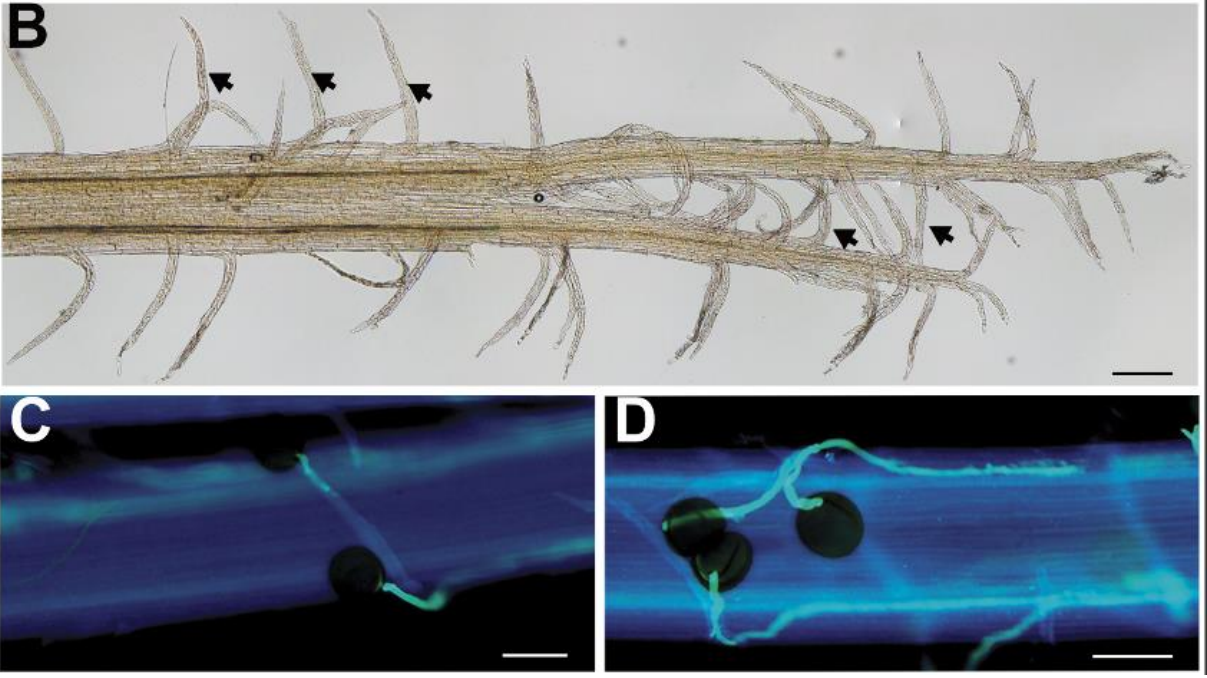
Klasik tanımlamayla tozlanma, polenin dişiçiğın stigmasına konmasıdır. Fakat tozlanmanın bu tanımdan daha fazlası olduğunu düşünüyorum. Tozlanma, erkek organ stamenin baş kısmı anterden (polen kesesi) çıkan polenin, dişi organın (pistil) önce tepesine (stigma) konup çimlenerek polen tüpü (borusu) oluşturması ve polen tüpünün dişiçik borusu (stilus) içerisinde polen yollarını (iki yoldan birisini) takip ederek dişiçiğın embriyo kesesine mikropilden (kapıdan) girmesiyle sona erer. Polen tozlanma aşamalarında iki generatif çekirdeği tüpünde taşır. Mikropile ulaşan polen tüpündeki iki generatif çekirdeğin embriyo kesesi içerisinde serbest kalmak için polen tüpünden çıkması tozlanma süresini sona erdirir. Bir koçan püskülü üzerine pek çok polen çimlenir ve embriyo kesesine ulaşmak için

aralarında bir yarış başlar. Güçlü ve hızlı olan polen genelde yarışı kazanır. Bundan dolayı polenin çim borusunun embriyo kesesine ulaşma hızı önemlidir ve 1 saatte 1 cm'den fazla yol alanlar kazanır. 40 cm'ye kadar uzayabilen (genelde 30 cm civarı) koçan püskülü yolunu (stilus) hızlı polen tüpü genelde 24 saatte tamamlanır. Polen tüpü içerisinde generatif çekirdeklerin taşındığı tüm aşamalar tozlanma ile ilgilidir. Tozlanmasının sona ermesi ancak polendeki generatif çekirdeklerin polenin oluşturacağı polen tüpünden çıkmasıyla mümkün olmaktadır.

### **Tozlanmanın aşamaları**

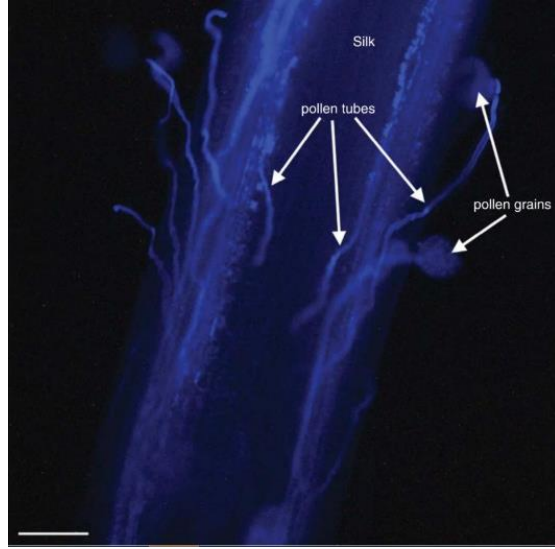
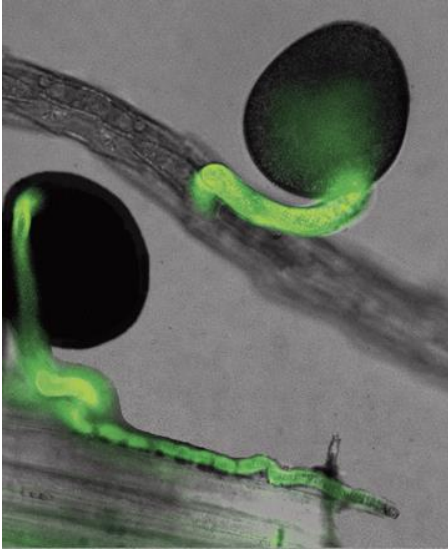
- 1- Polenin koçan püskülü üzerine konması
- 2- Polenin koçan püskülü üzerine çimlenmesi
- 3- Polen tüpünün (borusunun) oluşması ve koçan püskülüne girmesi
- 4- Polen tüpünün koçan püskülündeki iki yoldan birisini bulması
- 5- Polenin koçan püskülünün tarafından desteklenmesi (besin ve su)
- 6- Polen tüpünün mikropile ulaşması (embriyo kesesine giriş kapısı)

Koçan püskülünün uç kısmında (stigma) papilla tüyleri bulunur. Polen, koçan püskülü üzerine konduğunda (düşüğünde) papilla tüyleri tarafında tutulur (yakalanır). Fakat bu tutunmanın nasıl gerçekleştiği tam olarak bilinmemektedir. Sanılanın aksine tahıllarda (mısırdada dahil) stigma nemli yapıda olmayıp kuru tiptedir. Normal şartlarda polen, papilla tüyleri üzerine konmasıyla birlikte 5 dakika içerisinde çimlenme başlar. Polen tüpünün ilk oluşum aşamasında koçan püskülünün su içeriğinin yanında polenin su içeriği (normal şartlarda polenin su içeriği % 60 civarında olmalı) çok daha önemlidir. Polen tüpünün uzaması yaklaşık 18-28 saat arasında (ortalama 24 saat) sürebilir. Koçanın dip kısmındaki püsküllerin (dişçik borusu-stilus) boyu uzun iken koçanın uç kısmındaki püsküllerin boyu kısadır. Fakat ilk önce püskül çıkışı koçanın dip kısmında olur ve dipten çıkan püsküllerin uzunluğu 30 cm'den fazla (40 cm) olabilir. Normal şartlarda polen tüpü 1 saatte 1 cm'den daha fazla yol alabilir. Dipten çıkan püsküller uzun olduğu için polen tüpünün alacağı mesafe daha uzun iken koçanın uç kısmında geç çıkan püsküllerin uzunluğu kısa olmasından dolayı, koçanın dip kısmının döllenmesi ile uç kısmının döllenmesi arasındaki zaman aralığı azalır. Fakat yine de bir koçanın tozlanma süresi 3-5 günden az sürmez. En az 24 saat süresince koçan püskülünde yolculuk yapacak olan polenin enerjisi, ilk saatlerde kendisi tarafından karşılanırsa ilerleyen saatlerde koçan püskülü polenin enerjisine destek olur. Koçan püskülü aynı zamanda polenin embriyo kesesine güvenli bir şekilde ulaşabilmesi için ona uygun yolları da gösterir. Koçan püskülünün içerisinde polenin güvenli bir şekilde gidebileceği iki yol vardır. Bu iki yolun sonu da embriyo kesesine giriş yapılabilecek olan kapıya yani mikropile çıkmaktadır.



<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0053545>

Koçan püskülünün üzerinde papilla tüyleri (Foto B, siyah okla gösteriliyor) bulunmaktadır. Polenleri papilla tüyleri tutar ve polenin çimlenme papillalar üzerinde başlar. Polen tüpleri (çim borusu) stigmaya girer ve stilus (dişçik borusu) içindeki iki yoldan birisini seçerek ovaryuma (yumurtalık) doğru uzun bir yolculuk başlar (Foto D).

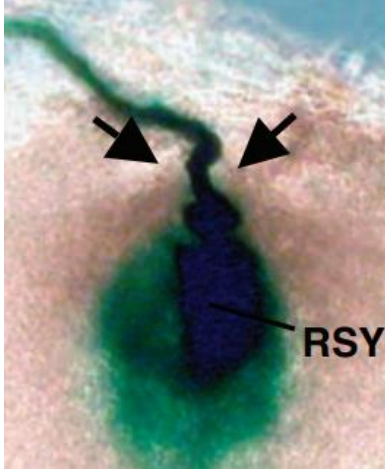


Soldaki Foto <https://cals.arizona.edu/research/ravilab/lab%20imageofthethmonthMar2011%20page.html>

Sağdaki foto <https://www.cabi.org/bookshop/book/9781786391216/>

Polenin koçan püskülü ucunda (stigma) çimlenmesi (soldaki foto) ve polen tüpünün koçan püskülü borusunda (stilus) ilerlemesi (sağdaki foto). Polen tüpü stilusta ilerlerken iki yoldan birisini tercih eder (sağdaki foto).





<https://science.sciencemag.org/content/307/5709/573>

Polen tüpünün embriyo kesesine girişi . Mikropilden geçen polen tüpü taŐıdıŐı iki generatif ekirdeŐi sinerjit hücresine ulaşınca boŐaltır. İki sinerjit hücresinden birisinin polen çekirdeklerini kabul etmek için zarını esnettiŐi (hatta erittiŐi) belirlenmiştir. DiŐer sinerjit hücresi b t nselliŐini korumaktadır.

### **Döllenme nasıl gerçekleşmektedir?**

Döllenme, stamenin anterinden salınan polenin, pistil stigmasında çimlenerek, tüpünü stilusa girdirmesi ve stilus içeresindeki iki yoldan birisini takip ederek, ovuleun i integumentu ile ovaryumun carpeli arasından geçerek, mikropile ulaşması ve mikropilden geçerek, embriyo kesesine iki generatif ekirdeŐini boŐaltmasıyla başlar. Embriyo kesesinin içerisinde yumurtanın her iki yanında bulunan sinerjit hücrelerinden birisi hücre duvarını eritmeye başlar ve polenden gelen iki generatif ekirdeŐin geçişine izin verir. Sinerjit hücresinden 2 polen generatif ekirdeŐinin geçişi, yaklaşık 1 saat sürer. 2 polen generatif çekirdeklerinden birisi yumurta hücresi ile diŐeri ise embriyo kesesinin ortasına yakın bir yerden pozisyon alan merkez hücresinin 2 kutup ekirdeŐi (polar nuclei) ile birleşir ( nce çekirdek plazması füzyonu yani plazmogami daha sonra çekirdeklerin birleşmesi yani karyogami oluşur). Bu olay genetikte çift döllenme olarak tanımlanır. Polen çekirdeklerinden birisinin yumurta hücresi ile birleşmesi (füzyonu) yani hem dişi ve hem de erkek çekirdek kromozomlarının homologlarını bulması, eŐlenmesi ve tek çekirdek altında toplanması (iki çekirdekten tek ekirdeŐe dönüşüm-karyogami-1) ile embriyonun temel hücresi (zigot) oluşmaktadır. İki ekirdeŐin (polen generatif ekirdeŐi yani erkek gamet + yumurta hücresinin ekirdeŐi yani dişi gamet) kromozomlarını (dişiden n + erkekten n) taşıyan yeni tek çekirdekli hücre, tanenin embriyo başlangıç hücresi (zigot) olup bu hücrenin oluşum aşamaları (plazmogami ve karyogami) yaklaşık 5 saatte gerçekleşmektedir.

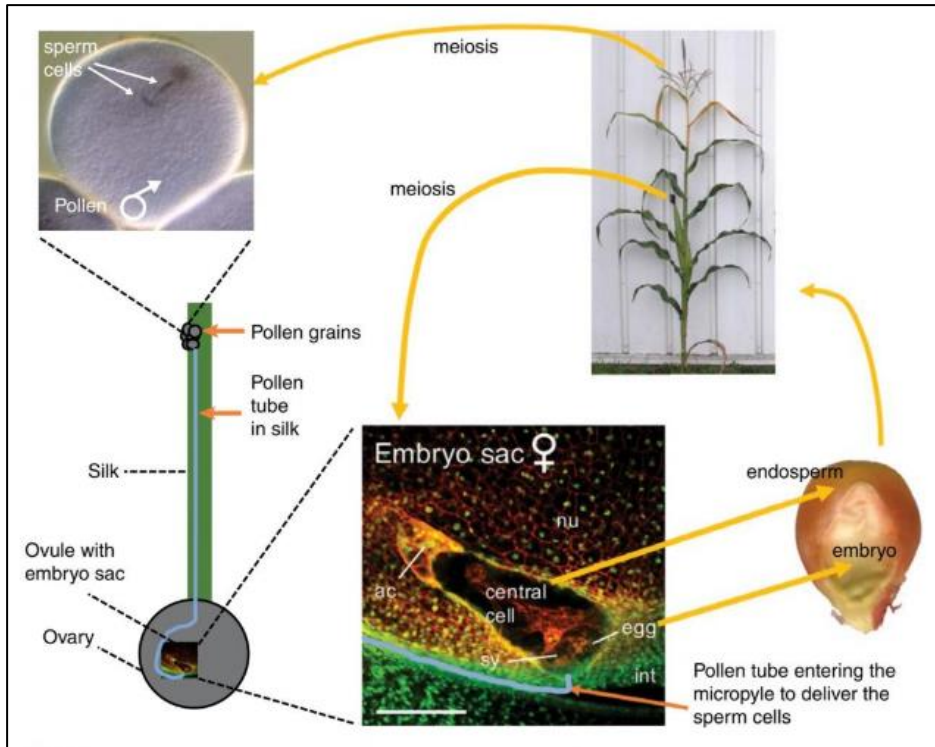
İkinci polen ekirdeŐi ise embriyo kesesinin ortasına yakın ve yumurta hücresi yönünde pozisyon alan merkez hücrenin 2 ekirdeŐi (ift çekirdekli polar hücre veya polar çekirdekler



olarak da bilinir) ile birleşerek (füzyon) yeni bir hücre (3 çekirdekten tek çekirdeğe dönüşüm-karyogami-2) oluşur. 3 çekirdeğin kromozomlarını (dişiden  $n + n$  ve erkekten  $n$ ) taşıyan yeni tek çekirdekli hücre, tanenin endosperm başlangıç hücresi olup bu hücrenin oluşum aşamaları (plazmogami ve karyogami) yaklaşık 3 saatte gerçekleşmektedir.

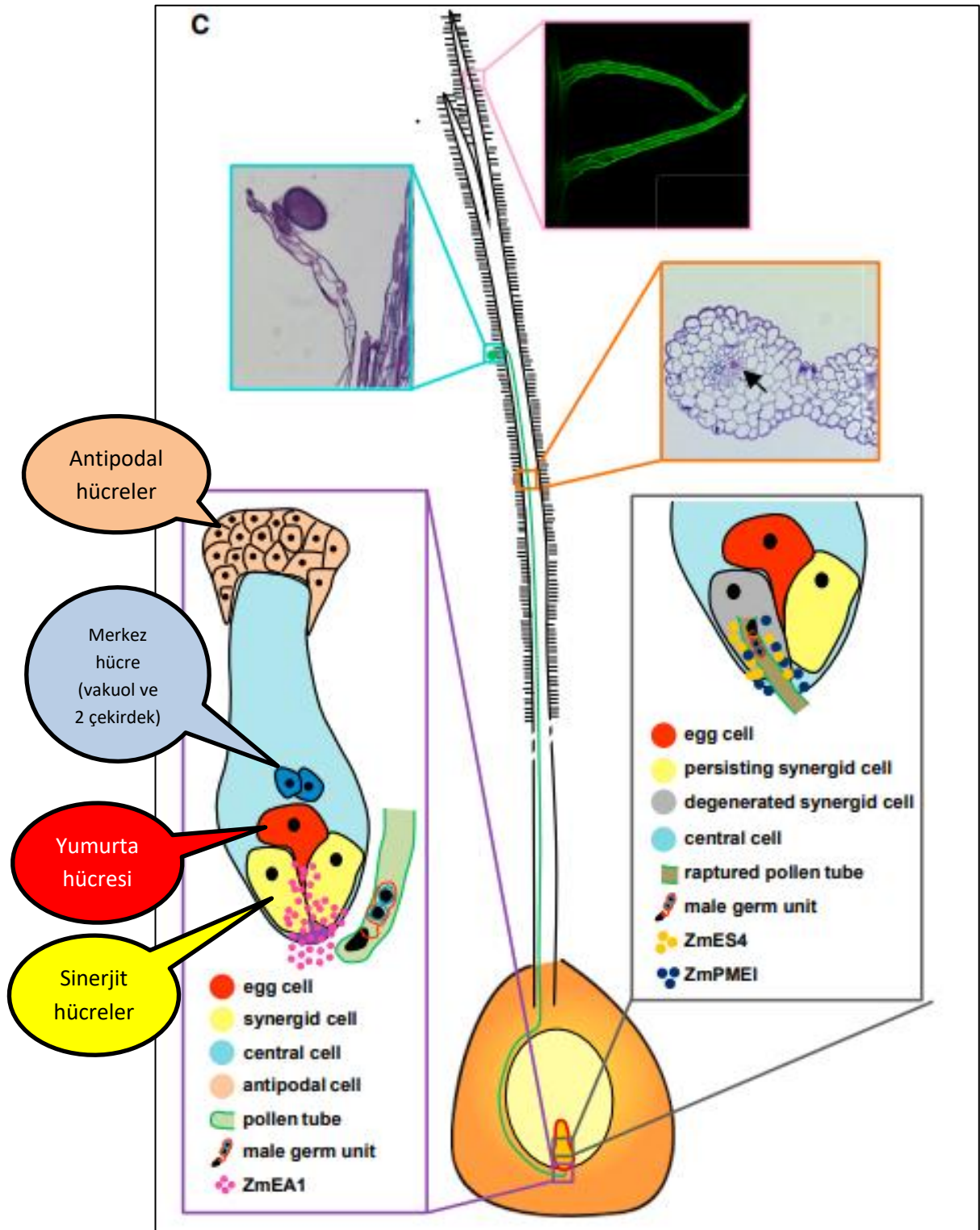
### Döllenmenin aşamaları

- 1- Polen tüpünün mikropilden embriyo kesesine girmesi
- 2- Sinerjit hücrelerinden birisinin dejenere olması
- 3- Yumurta hücresine ulaşmak için polenin 2 generatif çekirdeğinden birisinin (seçilen) yumurta çekirdeğine yönelmesi
- 4- 5 saattik bir sürede yumurtanın çekirdeğiyle polenin seçilmiş generatif çekirdeğinin birleşmesi (2 çekirdek füzyonu-2 çekirdekli karyogami)
- 5- Polen taşıdığı diğer generatif çekirdeğin merkez hücrenin 2 çekirdeğiyle birleşmek (füzyon) üzere yönelmesi
- 6- 3 saattik bir sürede merkez hücrenin 2 çekirdeği ile polenin bir çekirdeğinin birleşmesi (3 çekirdek füzyonu-3 çekirdekli karyogami)



<https://www.cabi.org/bookshop/book/9781786391216/>

Koçan püskülü üzerinde polenin çimlenmesi



[https://www.cell.com/molecular-plant/pdf/S1674-2052\(17\)30013-8.pdf](https://www.cell.com/molecular-plant/pdf/S1674-2052(17)30013-8.pdf)

Mısırın dişi çiçeğinin pistilini gösteriyor (ortadaki şekil). Pistilin en alttan uça doğru kısımları: ovaryum (yumurtalık), ince uzun dişicik borusu (stilus) ve çatalı uç kısmı dişicik tepesi (stigma). Sol alttaki şekil embriyo kesesi ve içindeki hücreleri gösteriyor.

## **Döllenme sonrası gelişmeler nelerdir?**

Polenin çimlenmesi ve embriyo kesesine ulaşması yaklaşık 24 saat sürmektedir. Çift döllenme ise 24 saatten daha az sürmektedir. Fakat tozlanma (1 gün) ve döllenmenin (1 gün) toplam 2 gün sürdüğü yönünde genel bir görüş vardır.

Döllenme sonrasında gerek embriyo ve gerekse endospermin büyüme ve gelişim süreci başlar. Fakat her ikisinin de süreçleri oldukça farklı gerçekleşir. Döllenmeden hemen sonra endosperm büyüme ve gelişim başlar ve daha sonra embriyo takip eder. Embriyoyu oluşturacak başlangıç hücresi (zigot), ilk mitoz bölünmesini gerçekleştirirmeden önce, endosperm başlangıç hücresi, en az 4 karyokinez mitoz bölüme (sitokinesis olmadan) gerçekleşmekte ve en az 16 çekirdekli coenocyte aşamasına geçmektedir.

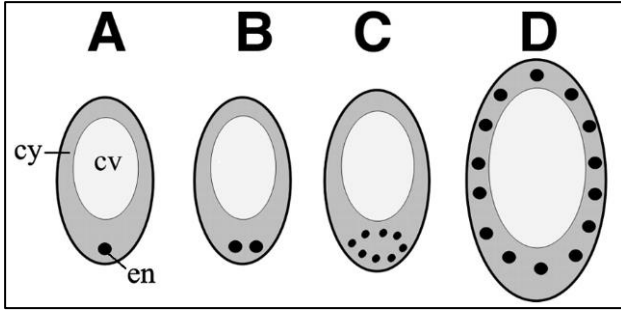
## **Endospermin büyüme ve gelişimi**

Endospermin başlangıç hücresi, merkez hücrenin 2 çekirdeği (dişi gametofitten gelen) yani kutup çekirdekler (polar nuclei) ile tek generatif çekirdeğin (erkek gametofitten gelen) füzyonu ve karyogamisiyle merkez hücre içerisinde oluşur. Bundan dolayı endosperm başlangıç hücresinin genomu, 1 set babadan ( $n=10$ ) ve 2 set anadan ( $n=10$  ve  $n=10$ ) olmak üzere toplam 3 set kromozomdan ( $2n=3x=30$ /triploid) oluşur. Normal şartlarda triploid yapıdaki bir endospermden fertil bitki oluşamaz. Zaten tohumda yeni bitkinin taslağını taşıyan organ endosperm değil, diploid ( $2n=2x=20$ ) embriyodur.

Endospermin büyüme ve gelişimi 4 aşamadan oluşmaktadır:

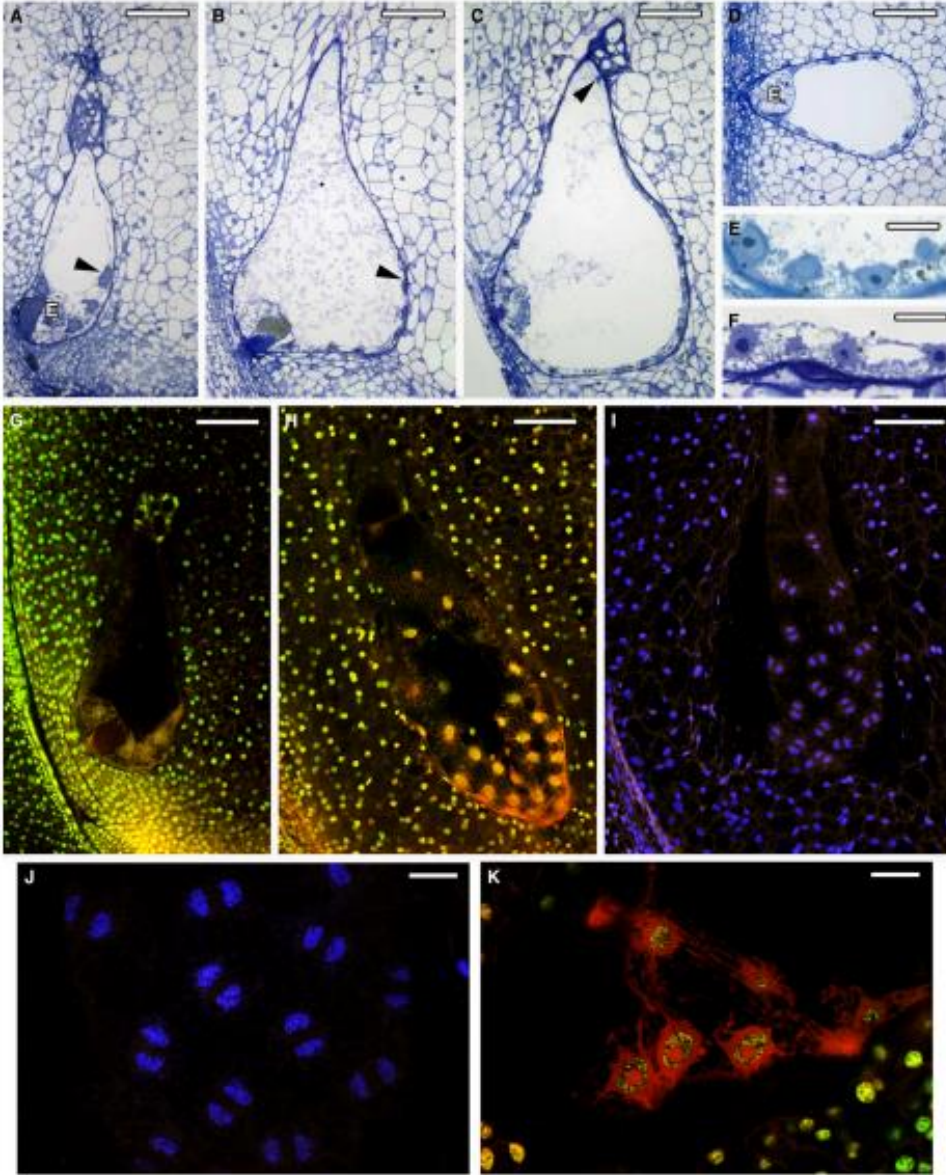
### **1- Coenocyte**

Merkez hücrenin (döllenmeden sonra endosperm hücresine dönüşür) sitoplazması içerisinde oluşan triploid endosperm başlangıç çekirdeği, döllenmeden sonraki ilk günde sitokinesis (sitoplazma bölünmesi) olmadan peş peşe karyokinesis (hücre duvarı oluşturmadan sadece çekirdek bölünmesi) geçirir. Oluşan yeni çekirdekler ( $8 \rightarrow 16$ ) öncelikle embriyo başlangıç hücresine (zigot) yakın, endosperm hücrenin zarına (membran) tutunurlar. 3-4 gün içerisinde karyokinez bölünmeyle sayıları artan çekirdekler ( $128 \rightarrow 512$ ) tüm endosperm hücrenin zarına tutunarak endosperm hücrenin içerisine yayılır (endosperm hücrenin önce sitoplazma kenarına sonra tüm sitoplazma içerisine). Coenocyte adıyla anılan bu aşama döllenmeden sonraki ilk 3-4 gün içerisinde gerçekleşir.



[http://www.plantcell.org/content/16/suppl\\_1/s214.full](http://www.plantcell.org/content/16/suppl_1/s214.full)

Triploid endosperm in coenocyte stage: arrangement of nuclei in endosperm cytoplasm: Figure A, triploid endosperm starting nucleus (en), cytoplasm (cy), central vacuole (cv); Figure B, endosperm starting nucleus first mitotic division; Figure C, endosperm starting nucleus first 3 mitotic divisions forming 8 nuclei in endosperm cytoplasm base part i.e. near embryo; Figure D, 4 mitotic divisions forming 16 endosperm nuclei in endosperm cytoplasm all sides attaching to endosperm cell wall.



<https://bsapubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.3732/ajb.1400083>

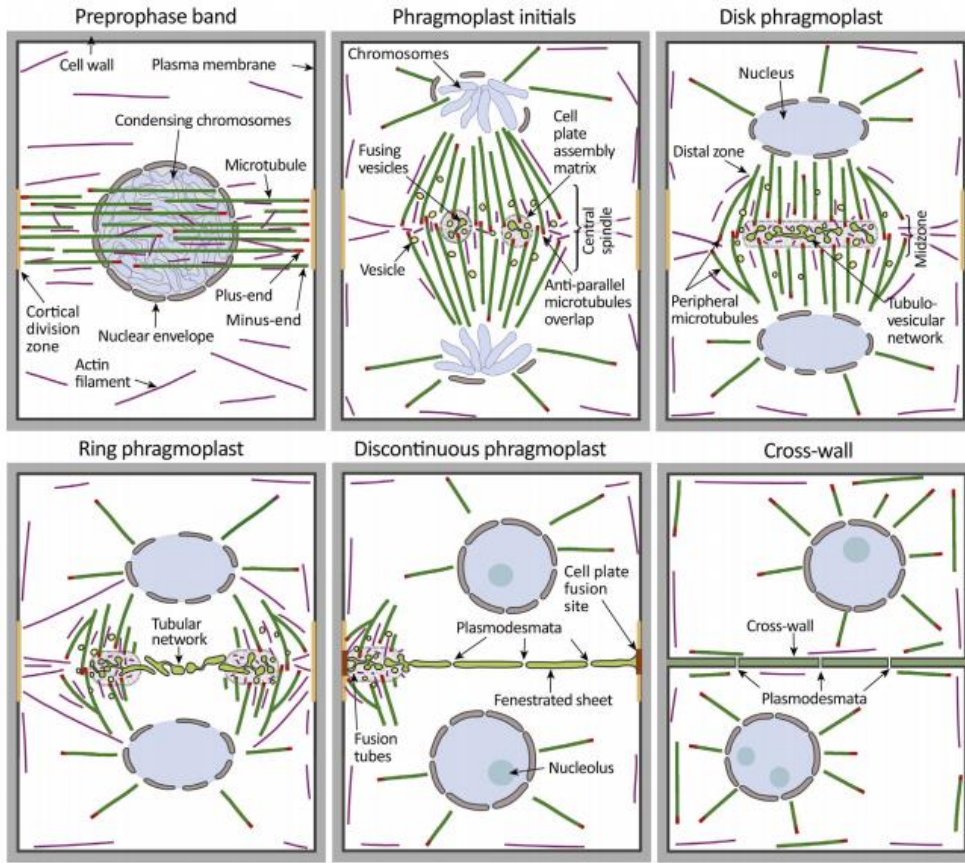
Endospermin coenocyte aşaması: Endosperm hücresi içerisinde endosperm başlangıç çekirdeğinin karyokinez bölünmesiyle oluşan yeni çekirdeklerin önce embriyo başlangıç hücresi (zigot) çevresine, sonra endosperm hücresi sitoplazmasının kenarına ve içine yayılması (Foto A-I), çekirdeklerin karyokinez bölünme aşamaları (Foto L-K).

## 2- Alveolus oluşumu

Coenocyte aşamasının 3. ile 4. gününde endosperm çekirdeklerinin çevresinde hücre çeperlerinin oluşum süreci başlar. Coenocyte aşamasında oluşan ve karyokinez mitoz bölünmelerle çoğalan endosperm çekirdeklerinin hücre duvarları bulunmaz. Coenocyte aşamasındaki çekirdekler protoplazmaya benzetilebilir. Yani hücre duvarı olmayan yapılar (çekirdek + sitoplazma) şeklinde düşünülebilir. Bu tür çekirdekler aslında sadece çekirdekten



oluşmaz. Çekirdeğin yanında bir miktar sitoplazma ve phragmoplast parçaları (actin filamantler, microtubuller, veziküller, membran ve protein cisimleri) taşırlar.

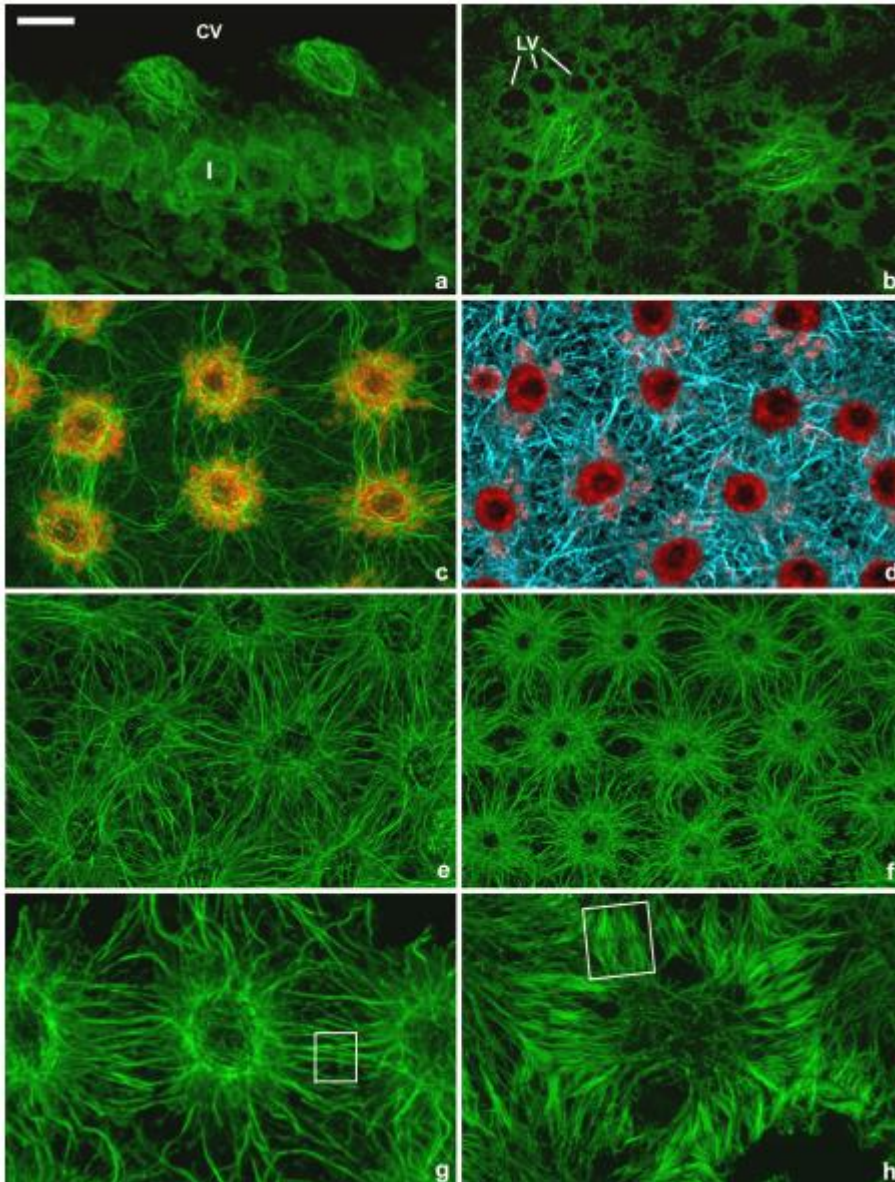


<http://dx.doi.org/10.1016/j.tcb.2017.08.008>

Mitoz bölünmenin sitokinez safhasında görev alan phragmoplastın oluşumu ve parçaları (üst soldan sağa doğru sırasıyla önprofaz safhasında phragmoplast parçaları, phragmoplast oluşumunun başlaması ve ilerlemesi; alt soldan sağa doğru sırasıyla phragmoplastı oluşturan parçaların hücre duvarı oluşumunda kullanılması.

Mitoz döngüsünde sadece karyokinez bölünme geçiren ve sitokinez bölünme geçirmeyen bir hücre düşünüldüğünde (coenocyte aşamasındaki endosperm başlangıç hücresinin mitoz bölünme döngüsü gibi) oluşan yeni çekirdeklerin çevresinde hala iğ ipliklerinin parçaları (phragmoplast oluşturmak için) bulunacaktır. Aslında coenocyte aşamasında gerçekleşen mitoz bölünmelerin sitokinesis safhası, henüz bilinmeyen bir mekanizma tarafından bloke edilmektedir. Yeni çekirdeklerin hücre çeperlerinin oluşturulduğu sitokinez bölünme, bloke edilse de tamamen iptal edilmez ve sadece ertelenir. Belirli aşamalardan sonra sitokinez bölünme tekrar gerçekleşir.

Endosperm çekirdeklerinin hücreleşme süreci, çekirdek membranları üzerinde radial mikrotubul sistemlerinin (RMS) oluşmasıyla başlar. RMSler mitozun önprofaz safhasında üretilirler. RMSler, iğ iplerinin önemli parçalarıdır ve hücre iskeletinin elemanlarıdır. Endosperm çekirdekleri, ilk önce endosperm sitoplazmasının çevresine tek sıra halinde dizilirler. Bunu endosperm başlangıç hüresinin membranına tutunarak yaparlar. RMSler, endosperm çekirdeklerinin membranlarından dışa doğru uzayan iğ iplikleri gibi düşünülebilir. İlk endosperm çekirdeklerinin (128-512) dışa doğru uzayan RMSleri, kendisine yakın olan çekirdeklerin RMSlerini uyarır ve çekirdek-sitoplazma domainlerinin oluşmasını sağlar.



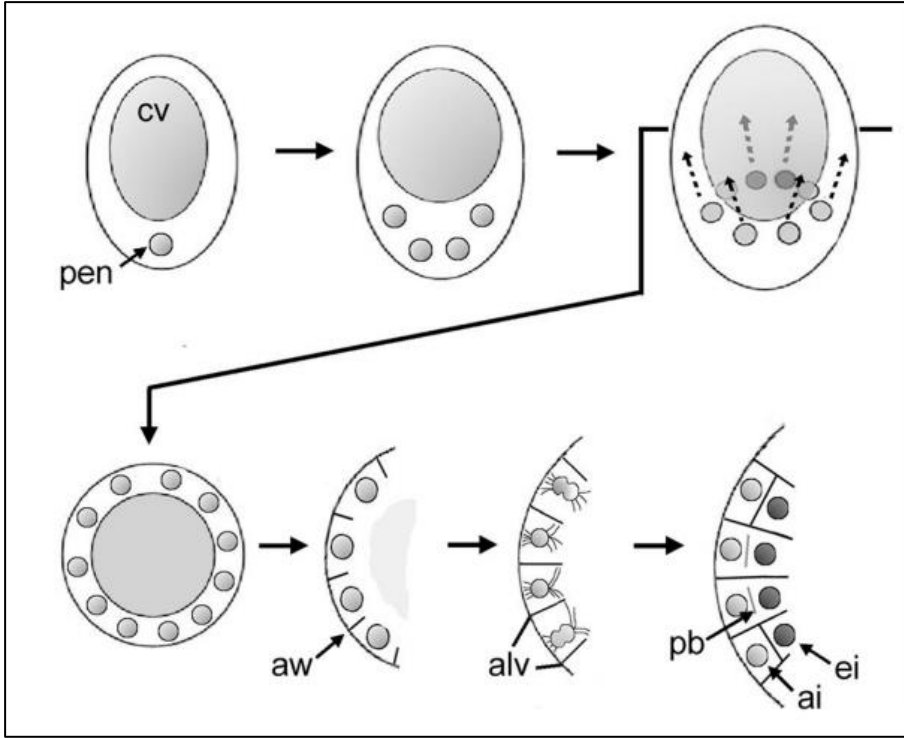
Şekil a ve b, endospermin 2 çekirdeğinin çevresinde radial mikrotubul sistemi oluşması (RMS)

Şekil c ve d, endosperm çekirdeklerini RMSler, çekirdek-sitoplazmik domainlere ayırır. Yani her çekirdek kendine ait sitoplazma için alan oluşturur.

Şekil e ve f, çekirdek-sitoplazmik domainler daha da belirginleşirler. RMSlerin sayısı artar.

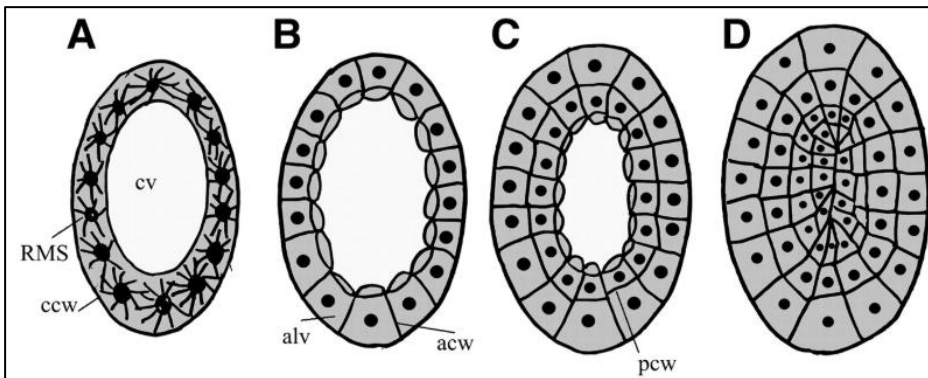
Şekil g ve h, çekirdek-sitoplazmik domainlerin sınırları belirlenir. RMSlerin çakıştığı yerlerde (hücre plakası) phragmoplastlar oluşur. Çeperleşme başlar

Her çekirdek-sitoplazma domaini, çekirdeklerin her birinin kendine özgü bir alanın (domain) oluşmasını sağlar. Bu özgül alanların sınırlarını RMSler belirler. RMSler her bir çekirdeğin özgül alanını belirlerken aynı zamanda bitişindeki çekirdeklerin özgül alanlarını oluşturan RMSlerle çakışır. İşte bu çakışma noktalarında phragmoplastlar oluşmaya başlar. Phragmoplastlar, sitokinez bölünmede hücre çeperinin oluşmasını ve sitoplazmaları her iki çekirdeğe paylaştıran yapılardır. Phragmoplastların çekirdekler arasında oluşum yönü özeldir. İlk önce endosperm başlangıç hücresinin merkezine dik yönde oluşurlar. Çünkü endospermin ilk çekirdekleri sitoplazmanın çevresinde yan yana dizilirler. Yan yana duran iki çekirdeğin arasında hücre çeperini oluşturmak için phragmoplast dikey pozisyonda oluşur. Bu duruş pozisyonunda oluşan çepere anticlinal hücre çeperi adı verilir. Tümüyle ilk sıra çekirdeklerin arasında dikey hücre çeperi oluşunca, çekirdeklerin görünüşü alveolus şeklini alır. Yani ilk çekirdeklerin her iki yanında phragmoplast ile hücre çeperi oluşmuş, taban kısımları endosperm başlangıç hücresinin membranı dayanan ve üst kısımları açık borular (tüp) şeklinde görünürler. Çekirdeğin bu haline alveolus adı verilir. Endosperm başlangıç hücresinin sitoplazmasının çevresine bir başka deyişle endosperm başlangıç hücresinin membranına yan yana tutunan çekirdekler tümüyle membranı kapladıklarında ilk sıra çekirdek sırası oluşur ve tüm ilk sıra çekirdekler alveolus şeklini alınca, alveolus içerisindeki çekirdekler mitoz bölünme geçirirler ve yeni oluşan ikinci sıra çekirdekler, ilk sıra çekirdeklerin üzerinde yer alırlar. İlk sıra çekirdeklerdeki gibi ikinci sıra çekirdekler arasında dikey yönde bir hücre çeperi oluşur. İlk sıra çekirdekler aslında ikinci sıra çekirdeklerin altında kalırlar. Böyle olunca alt sıra (birinci sıra) çekirdekler ile üst sıra (ikinci sıra) çekirdeklerinde arasında da hücre çeperi oluşmalıdır. Çünkü üst üste iki sıra şeklinde duran çekirdeklerin yanlarında hücre çeperleri olup üst üste duran iki çekirdeğin sitoplazmasını ayıran hücre çeperi yoktur. Alt ve üst sıra çekirdeklerin sitoplazmalarının bölüştürülmesi için bu kez yatay yönlü bir hücre çeperinin oluşturulması gerekir. Yatay yönde oluşan hücre çeperi dizilişine periclinal hücreleşme adı verilir. Hücre çeperi oluşumunda önce anticlinal (dikey) sonra periclinal (yatay) çeperleşme gerçekleşir. Alveoluslar, anticlinal çeperleşmeyle ortaya çıkarlar. Periclinal çeperleşme ise endosperm hücrelerinin büyüme ve gelişme aşamalarından olan bölüşmeyi oluşturur. Bölüşmenin tamamlanması hücreleşmenin tamamladığı gösterir.



[Gene 271 \(2001\) 131-142](#)

Alveolus ve bölüşme (hücreleşme) aşamaları: Üst soldan sağa, endosperm başlangıç hüresinin çekirdeği (pen) ve merkez vakuolu (cv), endosperm çekirdeklerinin karyokinez bölünme sonrası endosperm hüresinin dibine yerleşmesi, çekirdeklerin sitoplazma kenarına yerleşmek için hareket etmesi; alt soldan sağa doğru, çekirdeklerin sitoplazma kenarlarına yerleşmesi, çekirdeklerin arasında anticlinal hücre çeperlerinin oluşması (aw), çekirdeklerin alveolus aluşturmaları ve bölünmesi, üst ve alt çekirdek arasında phragmoplastların oluşması (pb), periclinal hücre duvarı olması, aleuron ve asıl endospermin hücrelerinin oluşumunun başlaması

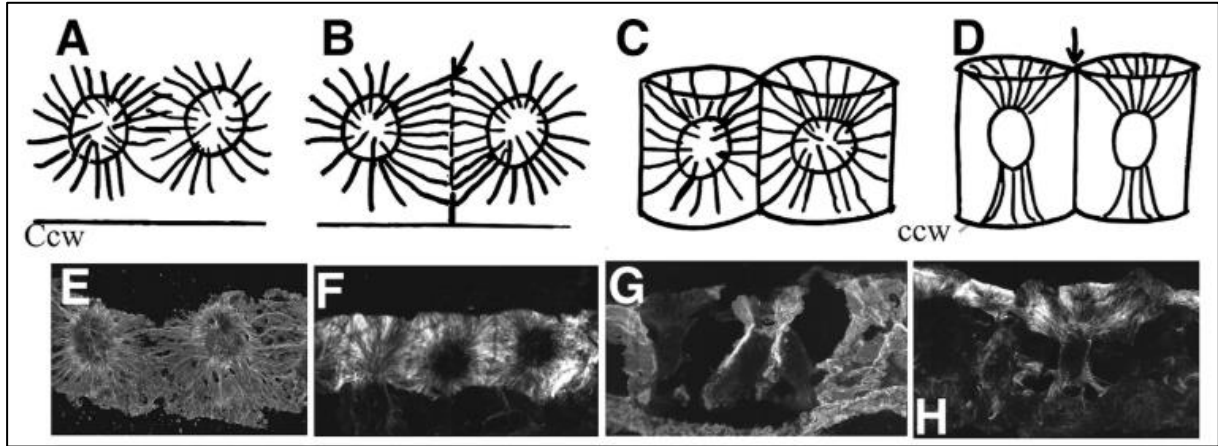


[http://www.plantcell.org/content/16/suppl\\_1/s214.full](http://www.plantcell.org/content/16/suppl_1/s214.full)

Endosperm başlangıç hüresinin içerisinde hücre çeperi oluşumunun başlaması: Şekil A, Endosperm sitoplazmasının kenarına yerleşen endosperm çekirdeklerinin (coenocyte aşamasında) membranları

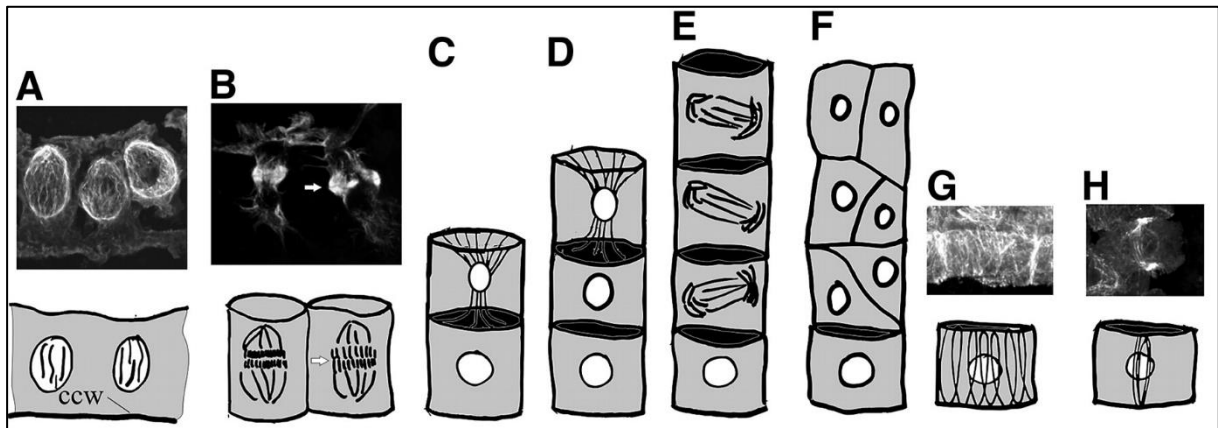


üzerinde radial mikrotubul sistemlerin (RMS) oluşması (ccw, merkez hücre duvarı; cv, merkez vakuol); Şekil B, Endosperm merkez hücrelerinin sitoplazmasının kenarına yerleşen çekirdekler arasında oluşan anticlinal hücre çeperleri, alveolusların meydana gelmesine neden olur; Şekil C, İlk alveolusların içerisindeki çekirdeklerin bölünmesiyle oluşan yeni çekirdekler, yeni alveolusların oluşmasını tetikler ve ilk alveolus ile ikinci alveolus arasında periclinal hücre çeperleri oluşmaya başlar (pcw, periclinal hücre çeperi); Şekil D, her yeni oluşan alveolus bir önceki alveolus önüne eklenerek devam eder ve endosperm başlangıç hücrelerinin vakuolu ve sitoplazması merkeze doğru tamamen kaplanır.



[http://www.plantcell.org/content/16/suppl\\_1/s214.full](http://www.plantcell.org/content/16/suppl_1/s214.full)

Sitoplazmik phragmoplastlar: Şekil A ve E, Endosperm'in ilk çekirdeklerinin (sitoplazmanın kenarına yani merkez hücre çeperi (ccw) üzerine tutunan) üzerinde radial mikrotubul sistem (RMS) oluşumu; Şekil B ve F, Radial mikrotubul sistemlerin çakıştığı ara bölgede phragmoplast oluşumu (→ phragmoplastın yerini gösteriyor); Şekil C ve G, Her çekirdeğin her iki yan tarafını phragmoplastlar ayırır ve her çekirdeğin yeni oluşmakta olan yan çeperleri kapalı fakat üst kısmı açık şekilde endosperm'in merkezine doğru pozisyon alırlar. Çekirdeklerin aldığı yeni şekle alveolus denir. Şekil D ve H, alveolusların gelişen şekli.

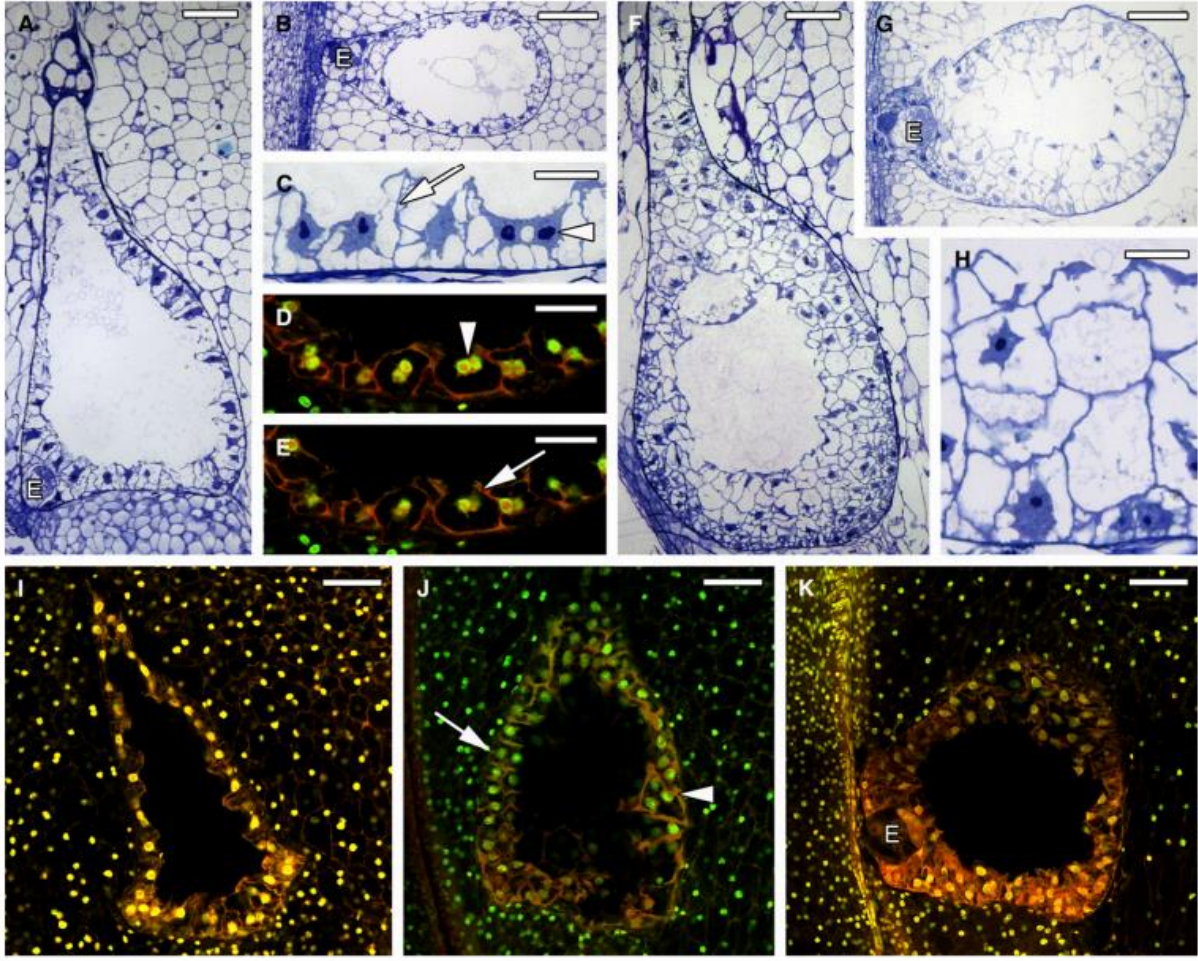




Alveolu oluşumu, bölüşme ve farklılaşma: Şekil A, endospermin ilk çekirdeklerinin sitoplazma kenarında dizilişi ve çekirdek çevrelerinde radial mikrotubul sistemlerinin oluşumu; Şekil B, Anticlinal hücre çeperi oluşturan alveoluslar içerisindeki çekirdeklerde mitoz bölüme; Şekil C ve D, Yeni alveolusların periclinal hücre çeperi oluşturarak eklemeli olarak çoğalmaları; Şekil E, Periclinal hücre çeperi oluştural alveoluslarda mitoz bölünme; Şekil F, hücrelerin bölüşmeleri ve yeni hücre oluşumu (hücreleşmenin tamamlanması); Şekil G, Endospermin en dış kısmında oluşan hücrede farklılaşarak aleuron hücrelerine dönüşüm ve Şekil H, aleuron hücrelerinin mitoz bölünmeye hazırlanması.

---

Döllenmeden itibaren endosperm çekirdeklerinin çevresinde hücre çeperi oluşuncaya yani hücreleşinceye/hücre şeklini alıncaya kadar ki süreçte embriyo kesesinin şalaza tarafında yer alan antipodal hücreler aktif olmaya devam ederler. Antipodal hücreler bir hat üzerinden (yaklaşık endosperm hücrelerinin merkezinden geçen) yumurta hücrelerine bağlanırlar. Bu hat üzerinde endospermi başlangıç hücrelerini oluşturacak merkez hücrenin 2 kutup çekirdekleri yer alır. Antipodal hücrelerin söz konusu hat üzerinden auxin sinyalleri göndererek döllenme sonrası endospermdeki hücre bölünmelerini uyardığı tahmin edilmektedir. Diğer taraftan döllenmede rol alan yumurta hücrelerinin yanındaki sinerjit hücrelerinin de (polen tüpü mikropile ulaştıktan sonra generatif çekirdeklerin geçişine ve yumurta hücresi ve merkez hücrelerine ulaşmasına yardımcı olan hücre) embriyo başlangıç hücrelerinin (zigot) oluşumundan itibaren en az 5 günlük süreyle işlevsel olduğunu belirlenmiş ve embriyonun hücresel bölünmesinin başlatılmasında etkili olabileceği düşünülmektedir.

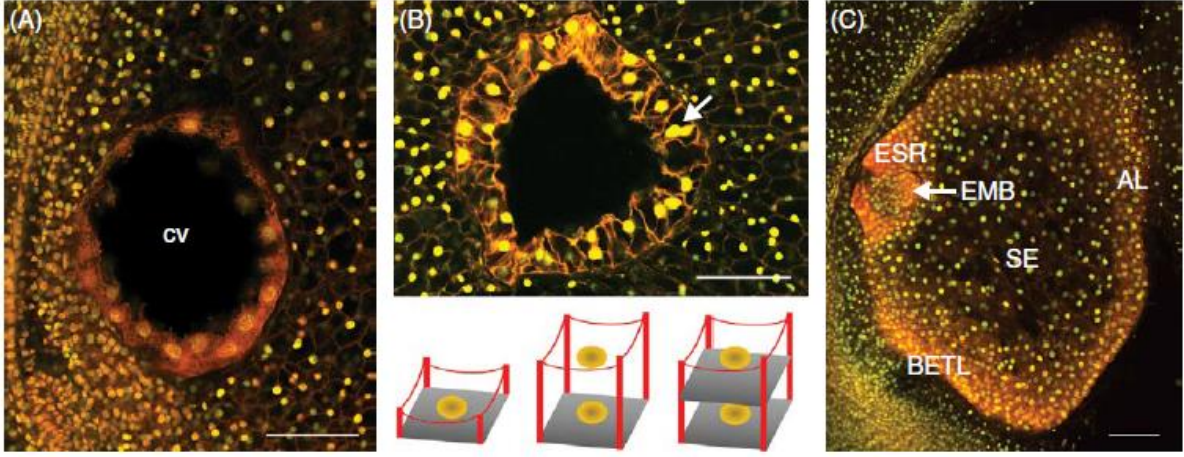


<https://bsapubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.3732/ajb.1400083>

Endosperm çekirdeklerinin hücreleşmesi: Alveol oluşumu (Foto A-E) ve bölüşme (Foto F-H)

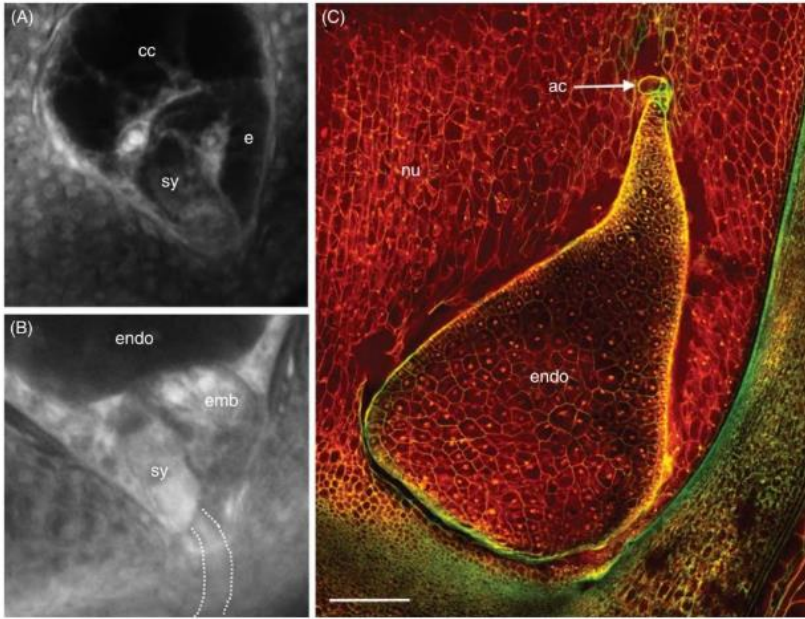
### 3- Bölüşme

Endosperm çekirdeklerinin her birisine özgü sitoplazma oluşumu için Endosperm çekirdeklerinin çevresinde sırasıyla anticlinal ve periclinal hücre çeperlerinin oluşur. Her bir endosperm çekirdeği için hücre çeperi ve sitoplazmanın olgunlaşma süreçleri başlar. Alveolus oluşumu ve bölüşme aşamaları (hücreleşme) döllenmeden itibaren 3., 4. Ve 5. günlerde gerçekleşir. Bölüşme aşamasında hücre çeperlerinde kalloz ve selüloz oluşumunun başladığı belirlenmiştir.



<https://www.cabi.org/bookshop/book/9781786391216/>

Foto A, Endosperm çekirdekleri (coenocyte); Foto B, Endosperm çekirdeklerinin çevresinde alveol oluşumu; Foto C, Endosperm hücrelerinin farklılaşması (AL, aleuron; EMB, embriyo; ESR, embriyoyu saran bölge; SE, asıl endosperm (nişasta); BETL, endospermin dip tabakası). Foto B'nin alt kısmındaki şekil, endosperm çekirdeklerinin hücreleşme sürecinde alveol oluşumunu ve bölüşme aşamalarını göstermektedir.



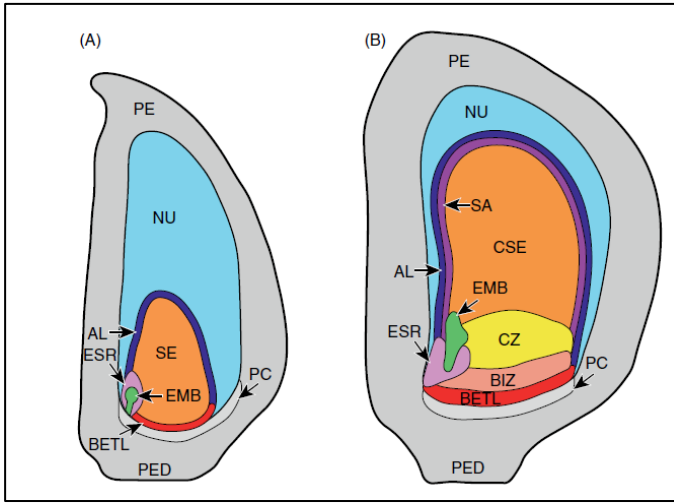
<https://www.cabi.org/bookshop/book/9781786391216/>

Döllenme ve sonrasında endospermin gelişimi (Foto A, Merkez hücre (cc), sinerjit (sy) ve embriyo (e); Foto B, mikrofilden polen tüpünün girişi, kesikli çizgiler, döllenmeden 4 gün sonra embriyo (emb); Foto C, ilk 5 günlük endosperm)

#### 4- Farklılaşma

Hücreleşme aşamasını tamamlayan ve endosperm başlangıç hücrelerinin içini dolduran yeni endosperm hücreleri, organize olmaya başlarlar ve dokulaşma aşamasına geçilir. Dokulaşma ancak farklılaşma ile mümkündür.

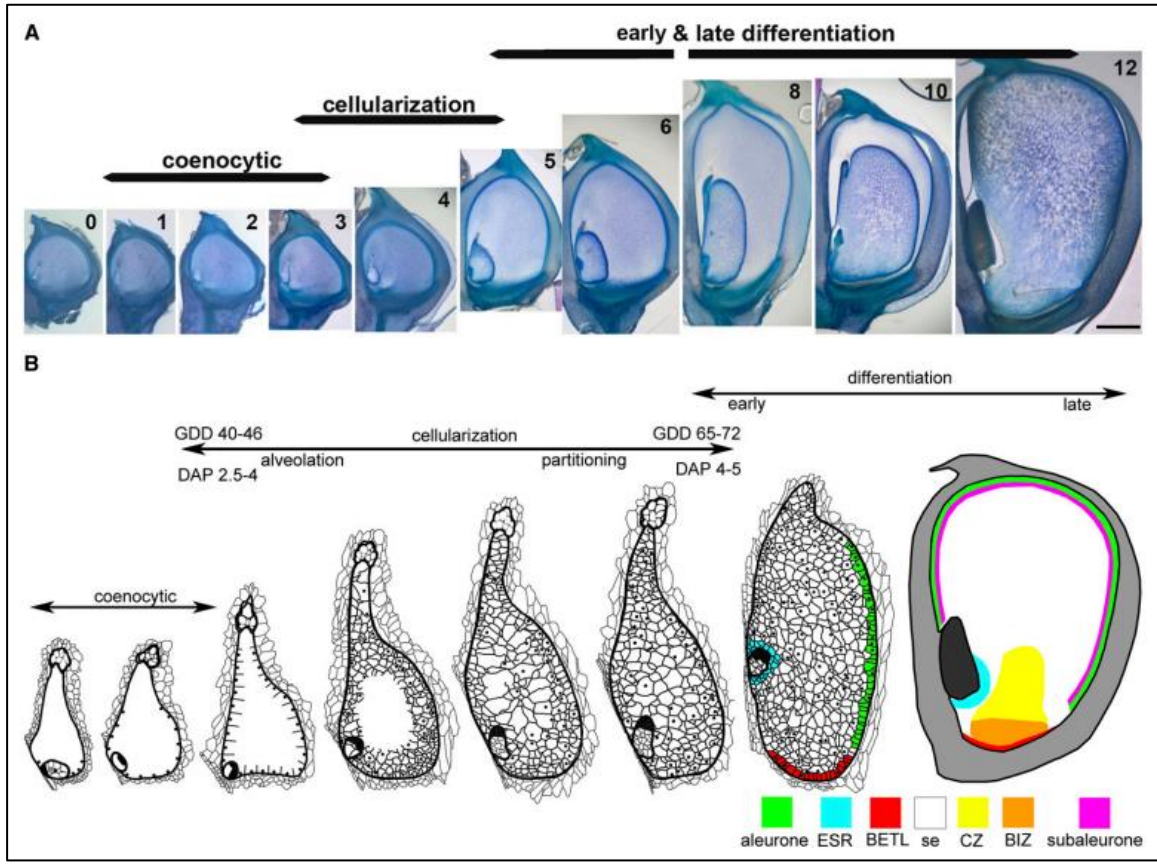
Döllenmeden sonraki 4. ve 5. günlerde endospermi oluşturan hücrelerde ilk farklılaşmalar başlar ve 12. güne kadar devam eder. Endosperm hücrelerinin farklılaşması erken ve geç olmak üzere iki alt aşamaya ayrılır. Erken farklılaşma, döllenmeden sonraki 4. ile 7. günler arasında gerçekleşir. Fakat erken farklılaşmanın belirginleşmesi döllenmeden sonraki 6. günde ortaya çıkar. Erken farklılaşmada endospermin 4 kısmı göze çarpar: aleuron, endospermin dip transfer tabakası (besin maddesi alımı için özelleşmiş bölge), embriyoyu saran bölge (embriyonun mikropilar kısmını saran bölge) ve asıl endosperm (nişasta). Endospermin geç farklılaşma süreci, döllenmeden sonra 8. ile 12. günler arasında meydana gelir. Geç farklılaşmanın ilk gününde (döllenmeden sonraki 8. gün) endospermin önceden farklılaşmış 4 kısmına, yeni 3 kısım daha ilave edilir: Alt aleuron, dağıtım bölgesi ve orta dip bölgesi.



<https://www.cabi.org/bookshop/book/9781786391216/>

Endospermin farklılaşma aşamasında oluşan kısımlar (dokular): Şekil A, erken farklılaşma aşaması (AL, aleuron; SE, asıl endosperm (nişasta); BETL, endospermin dip transfer tabakası; ESR, embriyoyu saran bölge); Şekil B, geç farklılaşma aşaması (BIZ, orta dip bölgesi; CZ, ; SA, alt aleuron). Endosperme dahil olmayan ovuleun kısımları: PE, pericarp; NU, nucellus; PC, plasenta-şalaza ; PED, pedicel



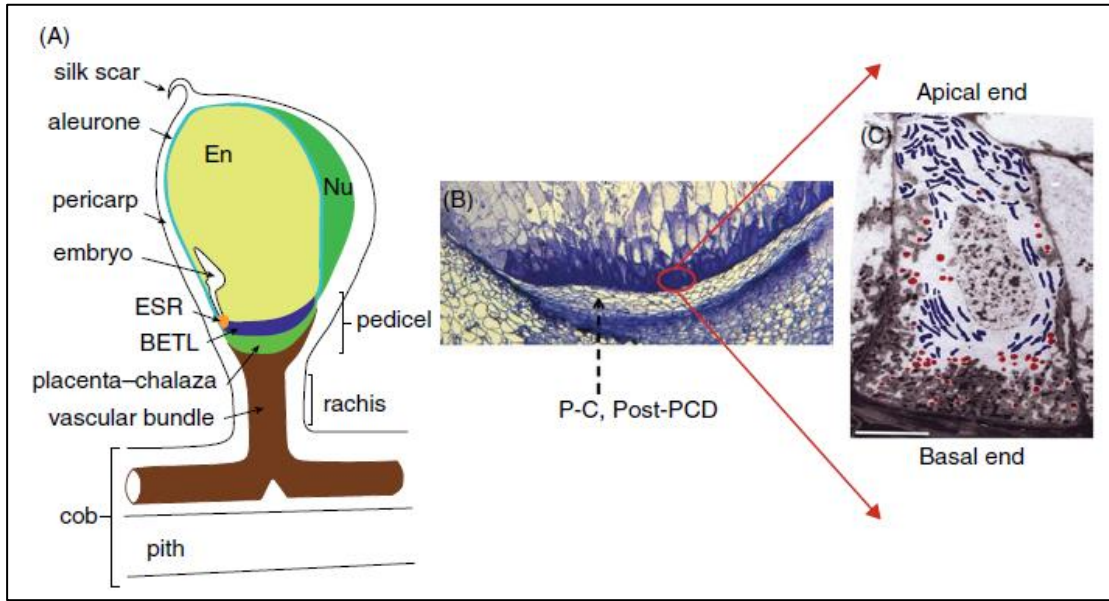


<https://bsapubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.3732/ajb.1400083>

Endospermin önemli dokuları

Endospermin dip transfer tabakası (BETL)

BETL, tane dolun zamanında besin maddelerinin taneye girdiği kısımdır. BETL, 2-3 sıra hücrelerden oluşur (2-3 kat) ve taneyi patojenlere karşı savunma görevini de üstlenir. BETL, endospermin dip kısmında yer alır. Ovule dokusu olan plasenta-şalaza (PC) bölgesinin üzerindeki ilk doku BETL'dir. BETL'yi oluşturan hücrelerin görevleri aslında çok erken (coenocyte) aşamada belirlenmektedir. BETL, pedicelin (çiçek sapı) floeminden ulaşan fotosentez asimilantlarını, suyu ve diğer besin maddelerini tane içerisinde büyüyen ve gelişen yeni dokulara taşır. Tanenin fizyolojik olum (R6) döneminde BETL tabakasının hemen altında yer alan PC bölgesinde **siyah tabaka** oluşur. Bu tabaka PC bölgesindeki hücrelerin apoptosis geçirmesiyle oluşur ve taneye artık besin maddesi girişinin sonlandırıldığı anlamına gelir. Siyah tabakanın oluşmasından sonra tane, hasat olum dönemine geçiş yapar ve sadece nem kaybı başlar.



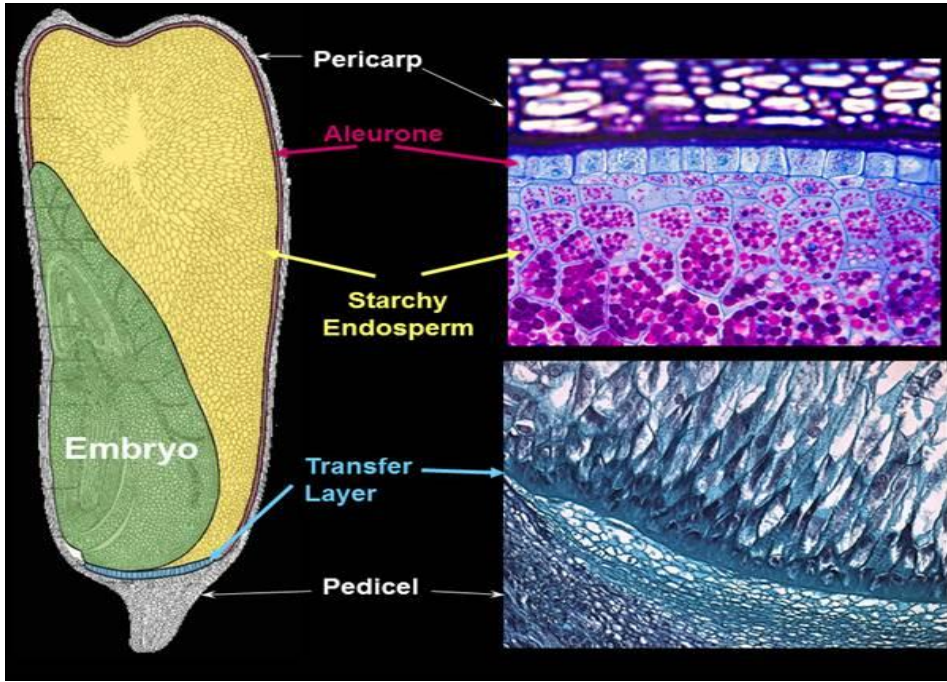
<https://www.cabi.org/bookshop/book/9781786391216/>

Döllenmeden 10 gün sonra mısır tanesinin dokuları: Şekil A, en, endosperm; nu, nucellus (ovule dokusu); ESR, embriyoyu saran bölge; BETL, endospermin dip transfer tabakası; Şekil B, P-C, plasenta-şalaza; Post-PCD, programlanmış hücre ölümü (başlamış ilerlemekte olan).

### Aleuron (AL)

AL tabakası, endospermin BETL (endospermin dip transfer bölgesi) ve ESR (embriyoyu saran bölgesi) tabakaları hariç diğer tüm tabakaları tek sıra hücre katmanı ile sarar. Endospermin büyüme ve gelişimi aşamalarında AL tabakası proteinler, yağlar, nişasta olmayan karbonhidratlar ve mineralleri hücrelerinde depolar. Tohumun su alması, embriyonun uyarılarak GA salgılanmasıyla (ABAyı bloke ederek) başlayan çimlenmede, AL tabakasının temel görevi, asıl endosperm (SE) dokusunda depolanmış proteinlerin, nükleik asitlerin ve karbonhidratların parçalanması (kullanılabilmesi için indirgenmesi) için hidrolitik enzimleri (örneğin amilaz) üretmektir. Bundan dolayı endospermin diğer dokuları olgunlaşarak ve programlanmış hücre ölümüyle (apoptosis) canlılıklarını kaybederken, AL dokusu canlılığını korumaktadır.

AL tabakasında vitamin ve minerallerde (örneğin Zn, Fe, Mg ve P) depolanır. P, aleuron hücrelerindeki fitik asit tarafından yüksek oranda bağlandığı için aleuronun P içeriği, tanenin diğer dokularına göre daha yüksektir. Al tabakası aynı zamanda patojenlere ve zararlılara karşı savunma amaçlı proteinler üretilir. AL tabakasının tipik karakteristiklerinden birisi de antosiyanin pigmentlerini taşımasıdır.

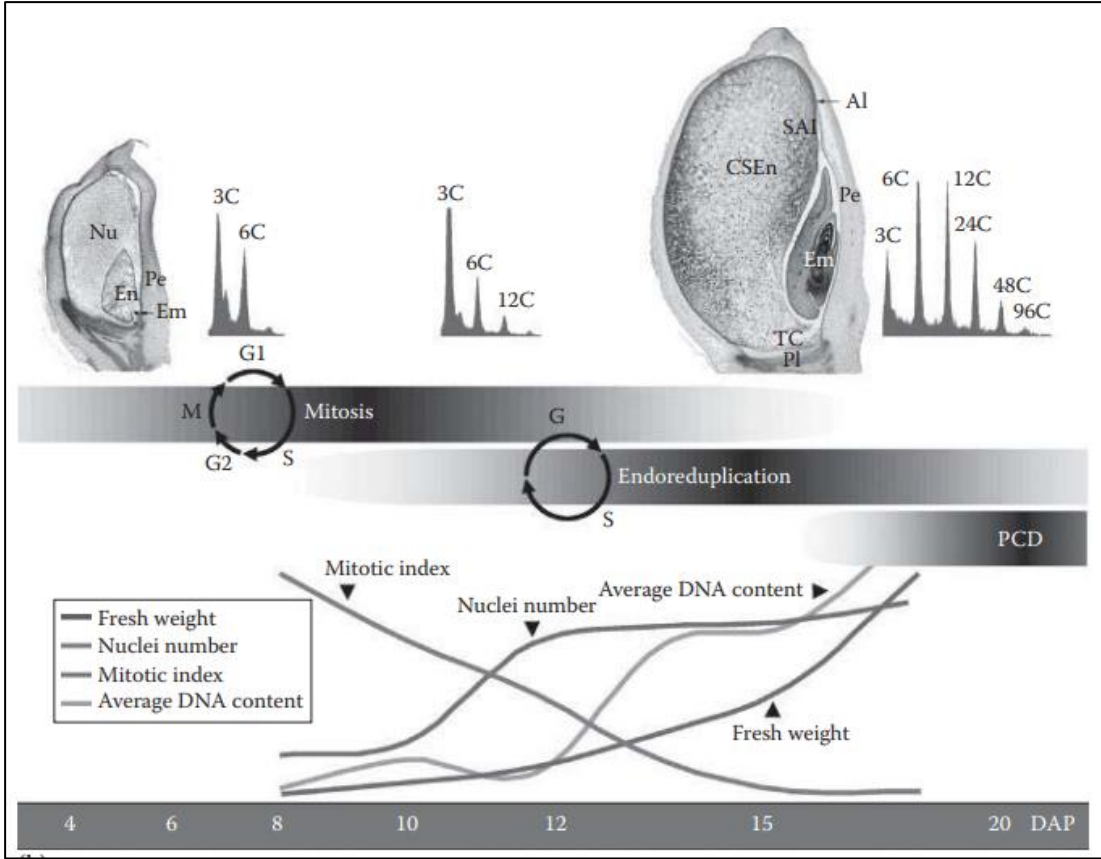


<https://becraft.public.iastate.edu/Endosperm.htm>

Yukarıdan aşağıya mısır tanesinin kısımları (meyve kabuğu-pericarp, aleuron, asıl endosperm (nişasta), edosperm dip transfer bölgesi (BELT), pedicel)

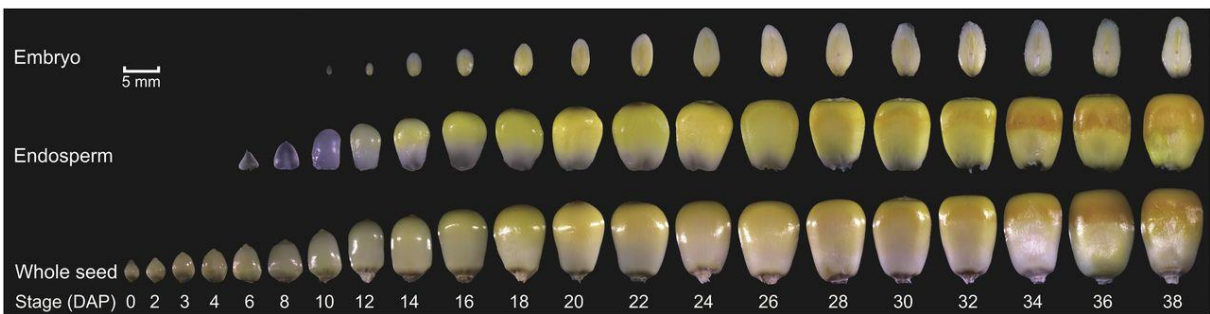
### Asıl endosperm (SE)

Endospermin temel dokusudur. Karbonhidratlar, proteinler ve nükleik asitlerin (DNA) asıl depolandığı yerdir. Endosperm farklılaşma (doku oluşumu) aşamasından döllenmeden sonraki 8. ile 16. günler arasında çok hızlı şekilde büyüme ve gelişim sürecine girer. Bu süreçte asıl endospermde karbonhidrat ve protein birikimi çok yüksek seviyelere çıkarken, çok ilginç bir olay daha yaşanır. Asıl endosperm hücreleri mitoz bölünme geçirmeden DNAlarının onlarca (60-200) kopyasını yaparlar. Bu olaya **endoreduplikasyonla (ya da endoreplikasyon)** adı verilir. Endoreduplikasyonun asıl endosperm hücrelerinin hacmini artırdığını ve bu sayede daha fazla karbonhidrat ve protein depolayabildikleri düşünülmektedir. Endoreduplikasyondan dolayı asıl endosperm hücrelerinin nükleik asit (DNA) içerikleri çok yüksektir (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3651506/>).



<https://www.routledge.com/Handbook-of-Plant-and-Crop-Physiology-3rd-Edition/Pessaraki/p/book/9781466553286>

Döllenmeden sonra endospermde mitoz bölünme 0.-16. günler arasında, endoreduplikasyon 8.-20. günler arasında ve apoptosis ise 16.-28. günler arasında gerçekleşir.



<https://doi.org/10.1104/pp.114.240689>

Tozlanmadan sonraki günlerde (DAP) tanenin embriyo ve endosperm gelişimi

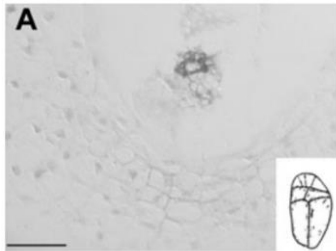
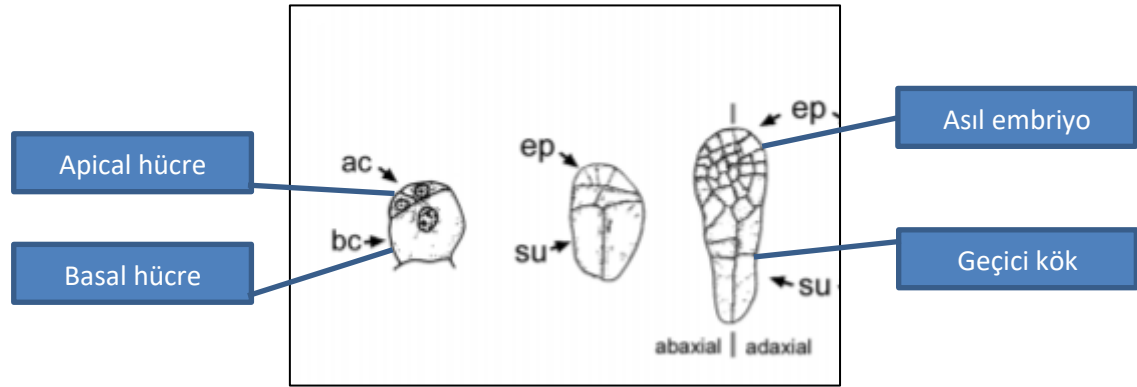


## Embriyonun büyüme ve gelişimi

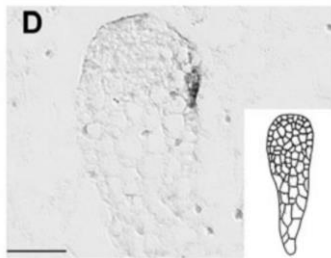
Döllenmeden sonra embriyonun büyüme ve gelişimi 6 aşamadan oluşmaktadır.

### 1- Proembriyo

Döllenmeden sonra oluşan embriyo başlangıç hücresi (zigot), yaklaşık 12 saat sonra asimetrik ilk mitoz bölünmesini geçirir. Oluşan iki hücreden birisi ebat olarak küçük vakuollu fakat yoğun sitoplazmaya (apical hücre) sahip iken diğeri ise ebat olarak büyük vakuollu fakat daha seyrek sitoplazmaya (basal hücre) sahiptir. Basal hücre alt, apical hücre ise üst pozisyonda yer alır. Apical hücre, basal hücreden daha hızlı bölünmeye başlar. Proembriyo aşaması, genelde tozlanmadan 4 gün ya da döllenmeden 2.5 gün sonra sona erer. Proembriyo, sürgün ve kök apical meristem (SAM ve RAM) hücrelerinin henüz oluşmadığı aşama olarak kabul edilir.



Tozlanmadan 4 gün sonra  
proembriyoun gelişini

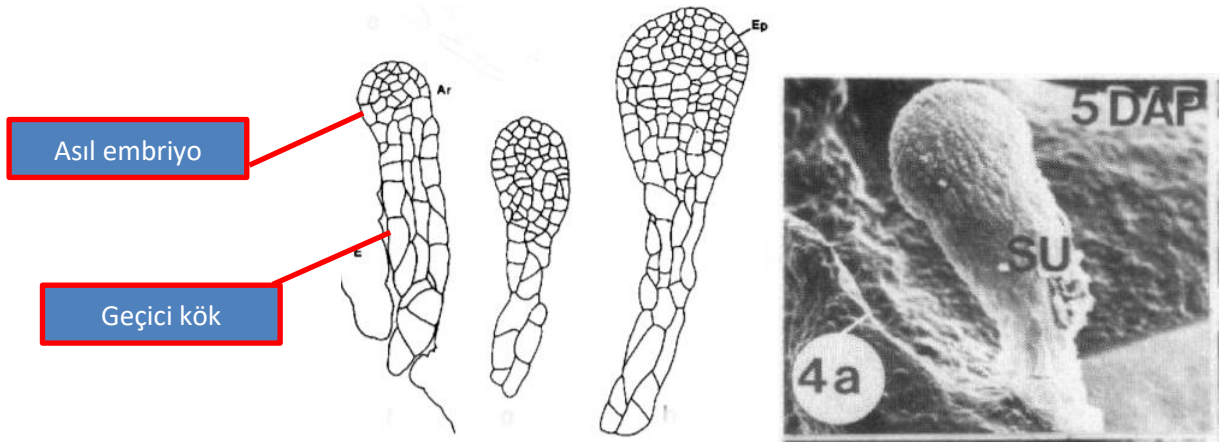


Tozlanmadan 6 gün sonra  
proembriyoun gelişimi ve  
globular aşamaya geçiş  
hazırlığı

## 2- Globular embriyo

Tozlanmadan 5-6 gün sonra, apical hücreler başa, basal hücrelerde kuyruğa benzeyen bir yapı oluşturmaya başlar. Apical hücrelerden oluşan embriyonun baş kısmı açısıl simetrikli globular şeklinde olup bu kısma asıl embriyo (embryo proper), basal hücrelerden oluşan kuyruk şeklindeki embriyonun kısmına ise geçici kök (suspensor) adı verilebilir (<https://doi.org/10.1111/j.1438-8677.1986.tb01278.x>). Geçici kök, asıl embriyonun büyüüp gelişebilmesi için endospermin BETL tabakasıyla bağlantı kurarak, su ve besin maddelerini almakla görevlidir. Geçici kök, asıl embriyoda gerçek yaprak ve gerçek kök taslakları oluşurken apoptosisle (programlanmış hücre ölümü) kaybolmaya başlar. Geçici kök ilk oluşmaya başlarken eş zamanlı olarak gerçek kök taslağını oluşturacak hücrede uyarılmaya başlar. Geçici kökün (suspensor) asıl embriyoya yakında bölgesindeki hücrelerde bu uyarı gerçekleşir. Günümüzde kök hücresi (stem cell) olarak bilinen hücreler, aslında bitkilerin kök ve sürgün apical meristemlerinin merkezlerinde de bulunur ve bu hücrelerin bir kısmı auxin (sitokinine etkileşim halinde) ile farklılaşma başlar (<https://doi.org/10.1007/s42994-020-00020-3>)

Embriyonun büyüme ve gelişme aşamalarından globular ve scutellar aşamalarının ikisine birden geçiş (transition) aşaması adı da verilebilmektedir.



<https://doi.org/10.1111/j.1438-8677.1986.tb01278.x>

Globular aşamaya geçiş safhaları

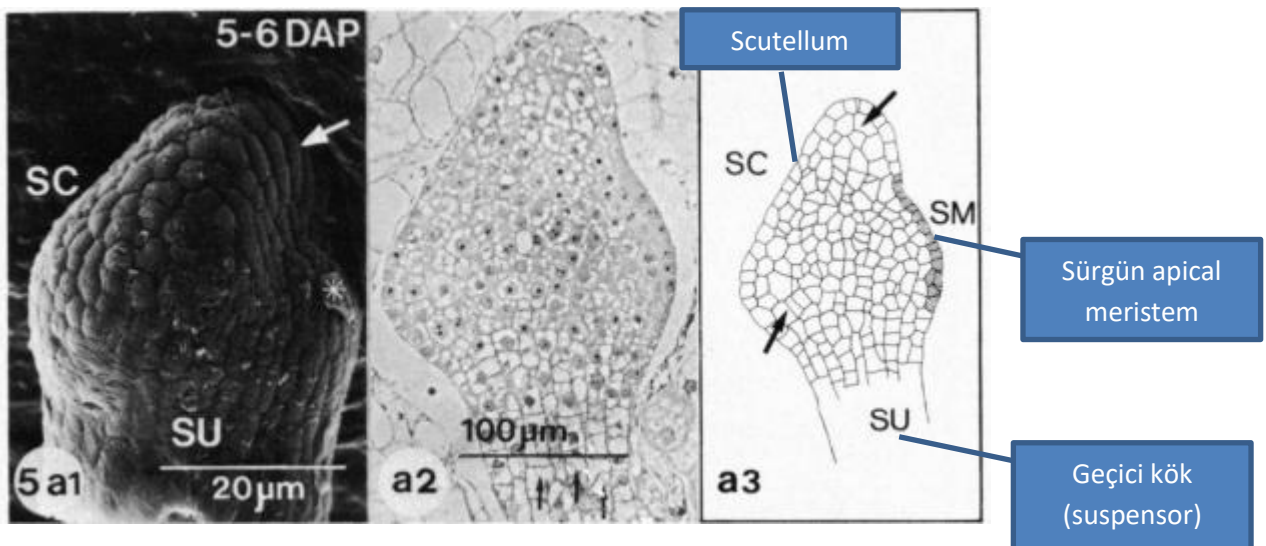
## 3- Scutellar embriyo

Tozlanmadan 7-8 gün sonra, asıl embriyo, açısıl simetrikli ve globular şekilli iken iki yönlü (bilateral) simetrik bir şekil almaya başlar. Bunun nedeninin embriyo kesesi içerisinde embriyonun, eksantrik yerleşmesiyle ilişkili olabileceği düşünülmektedir. Bir başka deyişle embriyonun gerçek eksenini oluşturur. Sitolojik olarak asıl embriyonun dış kısmında epidermal

hücreler vardır. Epidermal hücrelerin en dış kısmında ise tek sıra lipid transferi yapan protein yapılı özel hücreler (protoderm) bulunur. Protoderm tabakası, asıl embriyonun tüm dış kısmını kaplamaz. Protoderm tabakasının bulunmadığı asıl embriyo kısmında sürgün apical meristem (SAM) hücreleri oluşacak şekilde farklılaşmalar meydana gelir. SAM hücreleri asıl embriyonun endosperme bakan kısmında yani iç kısmında değil de tanenin kabuk kısmına yani dış kısmına bakan kısmında oluşmaktadır. Bundan dolayı embriyo eksenini yani gerçek yaprak ve kök taslakları tanenin dış kısmına dönük yönde oluşur. Asıl embriyonun oluşan ilk organı scutellum olup endosperm tarafında yani iç kısımda ortaya çıkar. Bir başka deyişle bitkinin koçanı üzerindeki tanenin asıl embriyosunun duruş pozisyonu, koçanın ucuna doğrudur ve bu pozisyon tanenin adaxial kısmı (koçanın ucuna bakan yönü yani embriyonun bulunduğu yön) olarak bilinir. Asıl embriyo, tanenin adaxial yönünde SAM oluşturmaya başlar. SAM'ın oluşumunu auxin (sitokininle etkileşim halinde) uyarır. SAM hücreleri kök hücrelerinden (stem cell) gelişirler. Bitkinin koçanı üzerindeki tanenin koçan dibine doğru bakan kısmı ise abaxial (koçan dibine dönük yön) olarak bilinir ve bu yönde embriyonun scutellum organı gelişir. Tanede endosperm abaxial yönde bulunur.

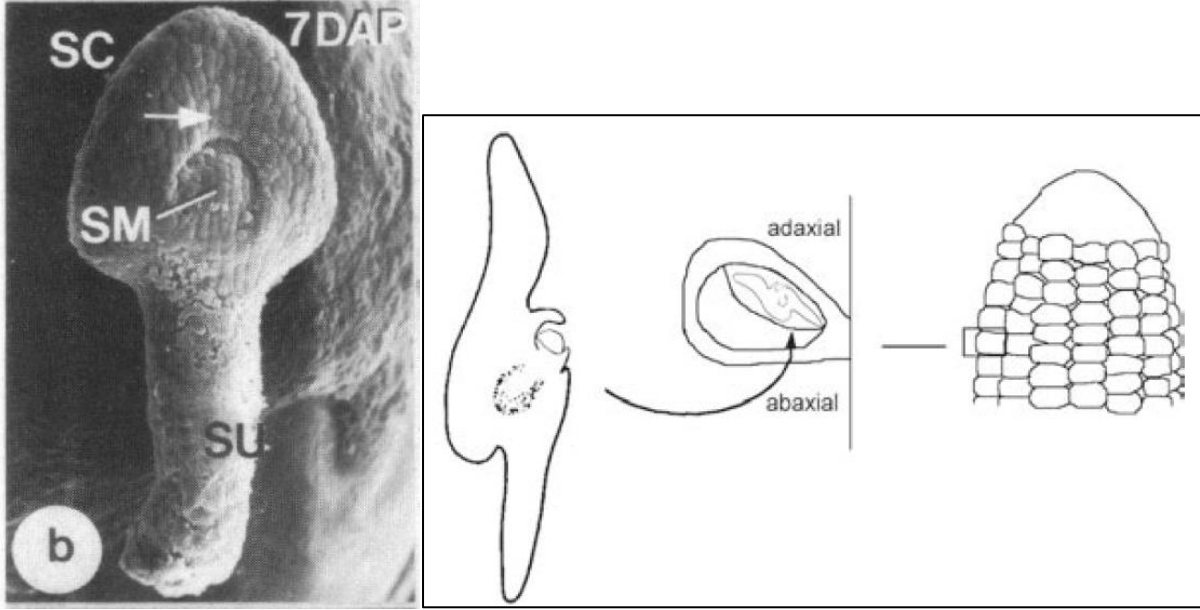
SAM oluşumunun asıl embriyonun yan tarafında gelişmesinin nedeninin, mısırdaki ikinci kotiledonun (scutellum) oluşmamasıyla ilişkili olabileceği düşünülmektedir. Serin iklim tahıllarda epiblastın, ikinci kotiledon (scutellum) olduğu öne sürülmektedir. Epiblast, mısırdaki embriyosunda gelişmemiştir.

Scutellum, tozlanmadan 5-6 gün sonra belirir ve 7. günde genişlemesi ve büyümesi devam eder. 15. güne ulaşıldığında scutellum, embriyo eksenini tamamen sarar.



<https://doi.org/10.1111/j.1438-8677.1986.tb01278.x>

Scutellar embriyo aşaması (Tozlanmadan 5-6 gün sonra; sc, scutellum; su, suspensor (geçici kök); sm, sürgün apical meristem)



Scutellar embriyonun (soldaki Foto) tozlanmadan 7 gün sonraki gelişimi (scutellar embriyonun önden (adaxial) görüşü): sc, scutellum; su, suspensor; sm, sürgün apical meristem.

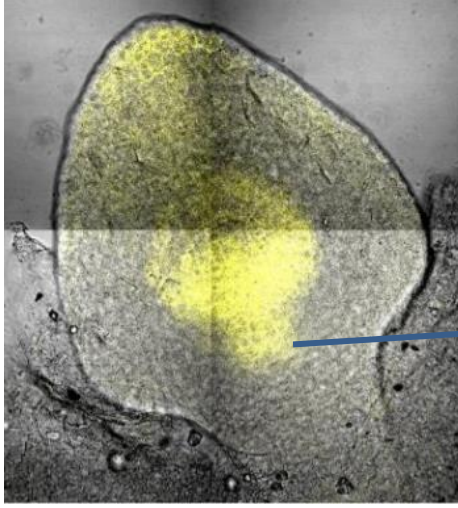
<https://doi.org/10.1111/j.1438-8677.1986.tb01278.x>

Tanede gelişen embriyonun adaxial (koçan ucuna doğru) ve abaxial (koçan dibine doğru) yönleri (Sağdaki çizim)

<https://link.springer.com/book/10.1007/978-0-387-79418-1>

Asıl embriyoda ilk önce SAM, daha sonra kök apical meristemi (RAM) oluşumu başlar. Tozlanmadan 5 gün sonra asıl embriyonun dip kısmında (geçici kök kısmı ile asıl embriyo arasında) v vakuollu hücreler gelişir. Bu hücreler tozlanmadan 7-8 gün sonra sitoplazma yönüyle zengin fakat küçük sayıca az vakuollu hücrelere dönüşürler (mitoz bölünmeyle). RAM hücreleri, SAM dokusunu oluşturan hücrelerin aksine asıl embriyonun dış kısmında oluşmazlar. RAM hücreleri, asıl embriyonun iç dip kısmında ve geçici kök iletim demetleri hattında oluşur. İlk önce coleorhiza belirginleşir.





Kök apical  
meristem

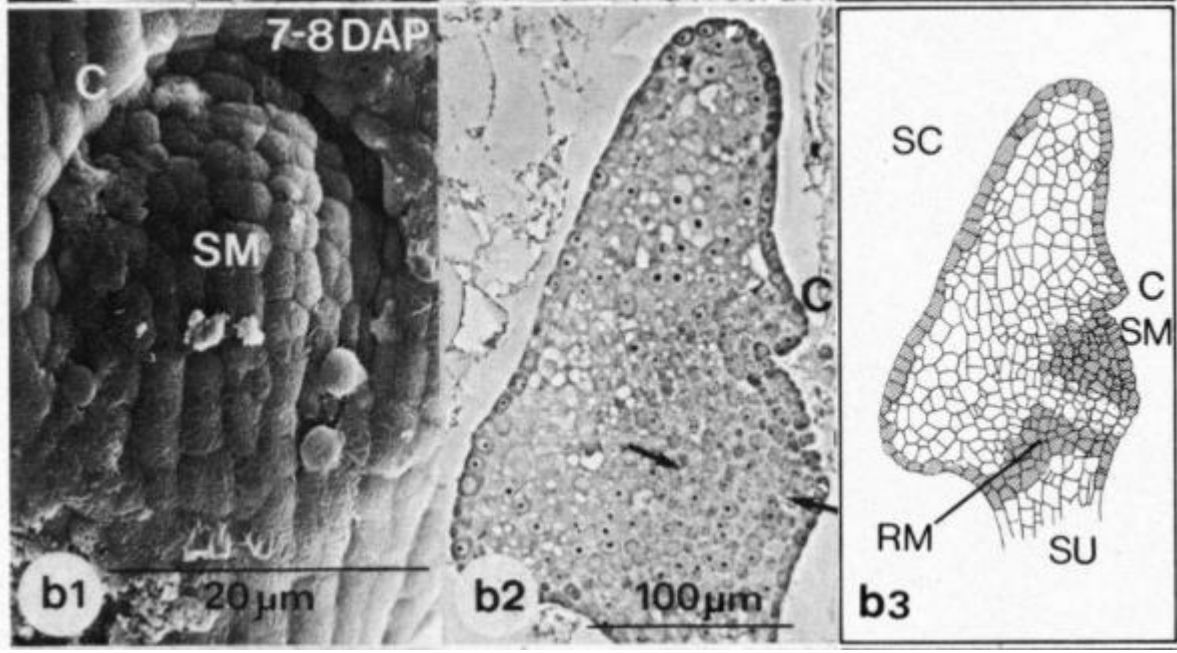
<https://commons.und.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=3393&context=theses>

Kök apical meristeminin (RAM) oluşumu

#### 4- Coleoptilar embriyo

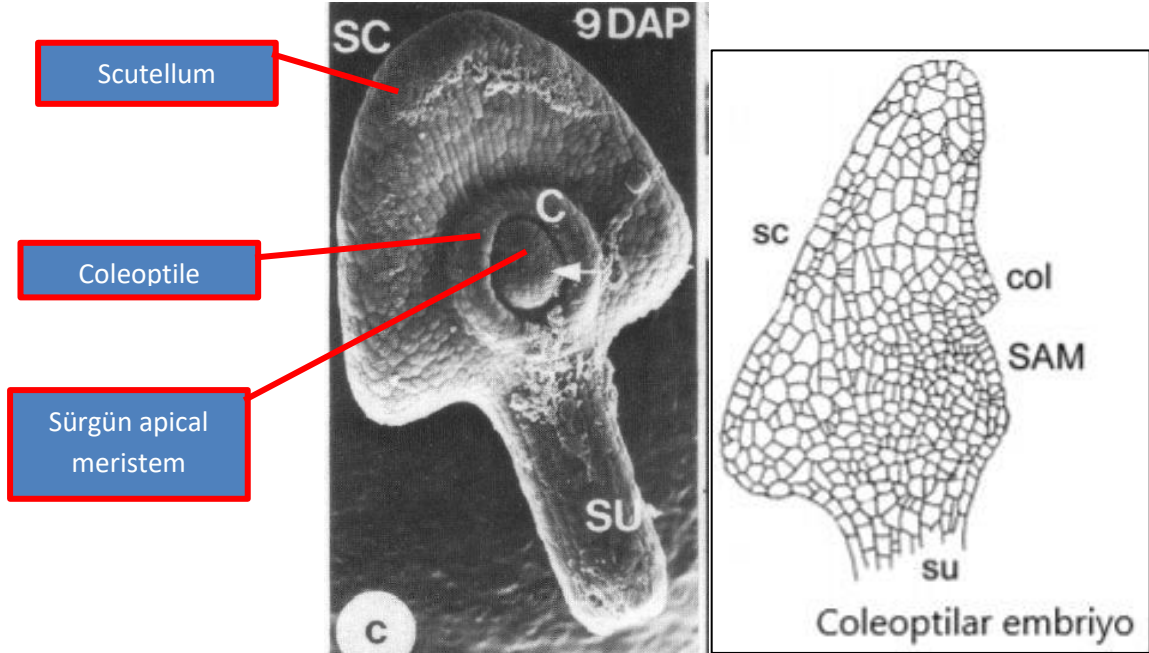
Tozlanmadan 9 ile 12 günlük sürede, sürgün apical meristematik (SAM) bölgedeki hücrelerin çoğalması ve gelişmeye başlamasıyla birlikte, tanenin adaxial yönünde SAM bölgesinin hemen üst kısmında bir çentik oluşur ve SAM bölgesi ile scutellum dokusu ayrılır. Çentiğin üst kısmı, bir çıkıntı gibi uzamaya başlar. Bu çıkıntı ilerleyen aşamada scutellumdan ayrılır ve SAM bölgesini üst kısımdan sarar. Aynı şekilde SAM bölgesinin alt kısmında da bir çıkıntı oluşur ve bu çıkıntı da SAM bölgesini alt kısımdan sarar. Üst ve alt kısımdan sarılan SAM bölgesi, bir halka ile sarılmış olur SAM bölgesi halkanın içerisinde yer alır. SAM bölgesini saran bu halkaya coleoptile adı verilir. Coleoptile, embriyonun son aşamasına doğru SAM bölgesinde oluşan gerçek yaprak taslaklarını bir kılıf gibi tamamen kapatacak şekilde kuşatır.

Tozlanmadan 7-8 gün sonra coleoptile, yan kesitten bakıldığında bir çıkıntı oluşturmaya başlar. Ön taraftan yani tanenin adaxial yönünden bakıldığında coleoptile bir halka gibi görünür. 9 ile 12 günler arasındaki hızla gelişen coleoptile, SAM bölgesini tamamen kuşatır.



<https://doi.org/10.1111/j.1438-8677.1986.tb01278.x>

Tozlanmadan 7-8 gün sonra coleoptilar aşama başlar: sm, sürgün apical meristem; c, coleoptile; sc, scutellum; rm, kök apical meristemi; su, geçici kök.



<https://doi.org/10.1111/j.1438-8677.1986.tb01278.x>

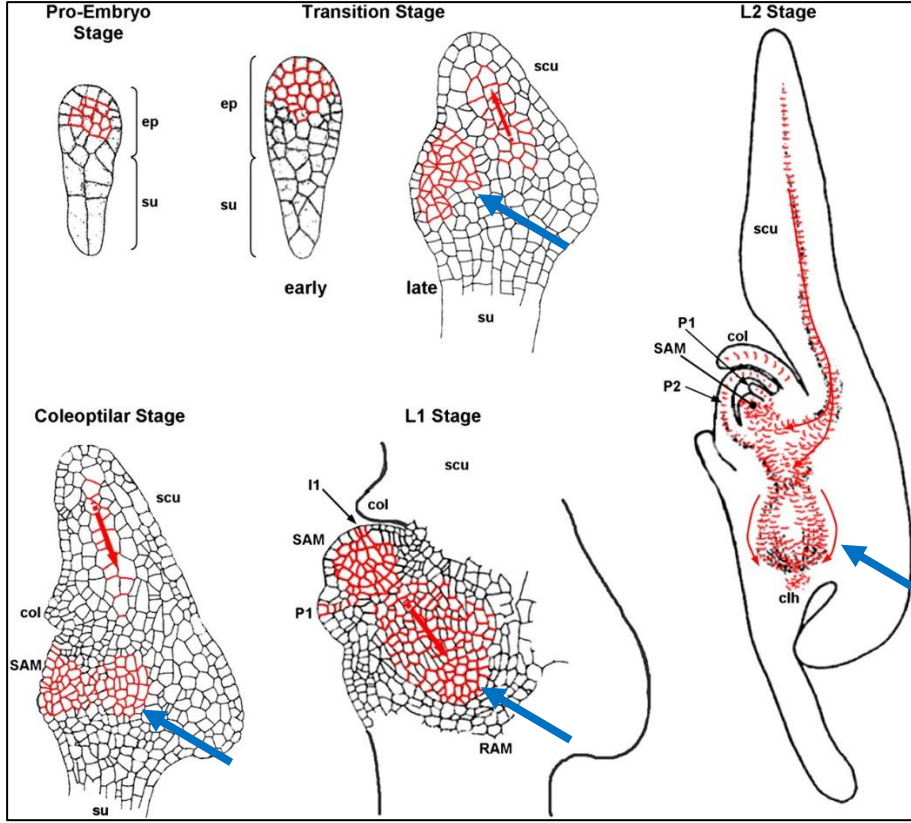
Coleoptilar embriyo kısımları (tozlanmadan 9 gün sonra): embriyonun açısai simetrik olarak önden görünüşü (soldaki foto), embriyonun iki yönlü (bilateral) açısai görünümü (sağdaki çizim). Sc, scutellum; sam, sürgün apical meristem; col, coleoptile; sus, suspensor.

## 5- Tam embriyo

Tozlaşmadan yaklaşık 15 gün sonra neredeyse tüm embriyo organlarının taslakları oluşur. Yaprak ve kök taslaklarının oluşumunu tamamlanmış embriyo, tam embriyodur. Tam embriyo üzerinde genelde 5 gerçek yaprak ile 1 kök (radicula/ilk seminal kök) taslakları bulunur. Gerçek yaprak ve seminal köklerin taslakları scutellar boğumdan çıkmaktadır. Scutellum tahıllarda geçici kotiledon olarak görev yapar ve asıl görevi çimlenme esnasında endospermden besin maddelerini geliştirmekte olan embriyoya taşımaktır.

Tam embriyo aşaması, 5 farklı dönemde incelenir. Embriyonun sürgün apical meristem (SAM) bölgesinde elde gerçek yaprak taslağı üretilir ve her bir yaprak taslağının üretildiği döneme farklı bir ad verilir. Birinci gerçek yaprağın üretildiği döneme L1 dönemi denir. L1 dönemine giriş tozlanmadan yaklaşık 9 gün sonra olur. Scutellum yelpazesi, koçan üzerindeki tanenin abaxial yönünde yer alır. İlk gerçek yaprak, scutellum yelpazesinin zıt yönünde (yaklaşık 180°) coleoptile halkasının iç kısmında ilk yaprak taslağının oluşumu başlar. İlk yaprak, SAM bölgesinin kısmi olarak üzerini kapatacak şekilde gelişir. Arkasından coleoptile, bir kılıf gibi ilk yaprağın üzerini kapatır, fakat uç kısmı ince bir çizgi şeklinde açık kalır. En dışta coleoptile, hemen altında ilk yaprak ve en altta SAM bölgesi yer alır. İkinci gerçek yaprak (L2), ilk yaprağın (L1) tam aksi yönünde (yaklaşık 180°) gelişir. Yani L2, scutellum yelpazesi tarafında yer alır. İlginç bir şekilde embryonal ilk beş yaprak (L1-L5), almaşık olarak scutellum yelpazesine yaklaşık 180°'lik açılarla dizilirler.

Embriyo ekseninde RAM (kök apical meristemi) bölgesinin oluşumu, scutellar aşamada başlar. SAM bölgesinin hemen altında RAM hücrelerinin oluşumu gerçekleşir. Aslında hem SAM ve hem de RAM hücrelerinin oluşumunun kaynağı başlangıç hücreleri diyebileceğimiz kök (stem cells) hücrelerdir. Coleoptilar aşamaya gelindiğinde RAM bölgesinde hücre yoğunluğu artar ve radicle ve coleorhiza oluşumu başlar. Fakat SAM bölgesinin oluşumu gibi RAM bölgesi dışardan fark edilemez. Çünkü RAM bölgesi, asıl embriyonun suspensore (geçici kök) yakın olup iç dokuda meydana gelir. Embriyoda ilk yaprak (L1) oluştuğunda RAM bölgesi artık fark edilebilir. Geçici kök kısmına doğru asıl embriyonun alt kısmında bir şişkinlik oluşur. Bu şişkinlik radicle'nin fark edilebilir ilk halidir. Embryonal yaprakların sayıları arttıkça radicle gelişmesini sürdürür ve geçici köke doğru ilerler. Geçici kök ise küçülmeye başlar ve L5 (beş yapraklı) dönemine embriyo ulaştığında geçici kök tamamen kaybolur ve yerini radicle'ye bırakır.

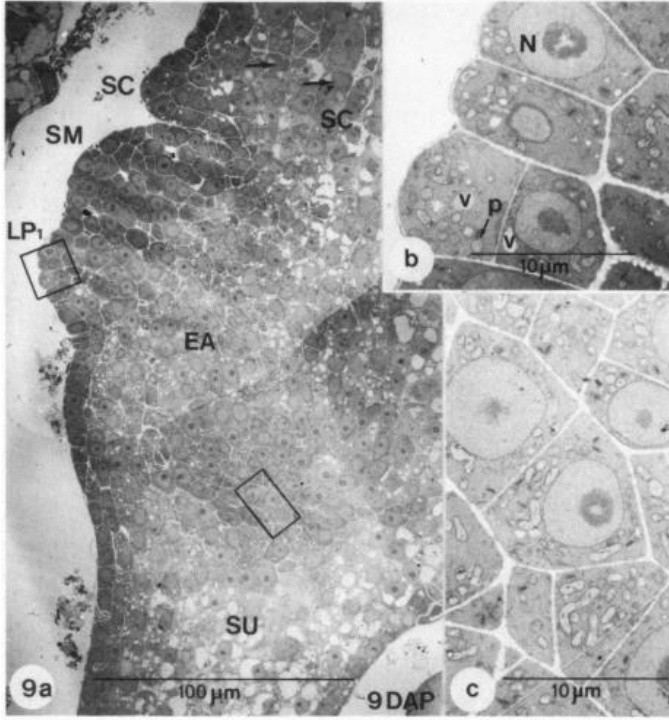


<http://www.plantphysiol.org/content/152/3/1373>

Kök apical meristeminin (RAM) gelişimi (mavi oklar RAM bölgesini gösterir)

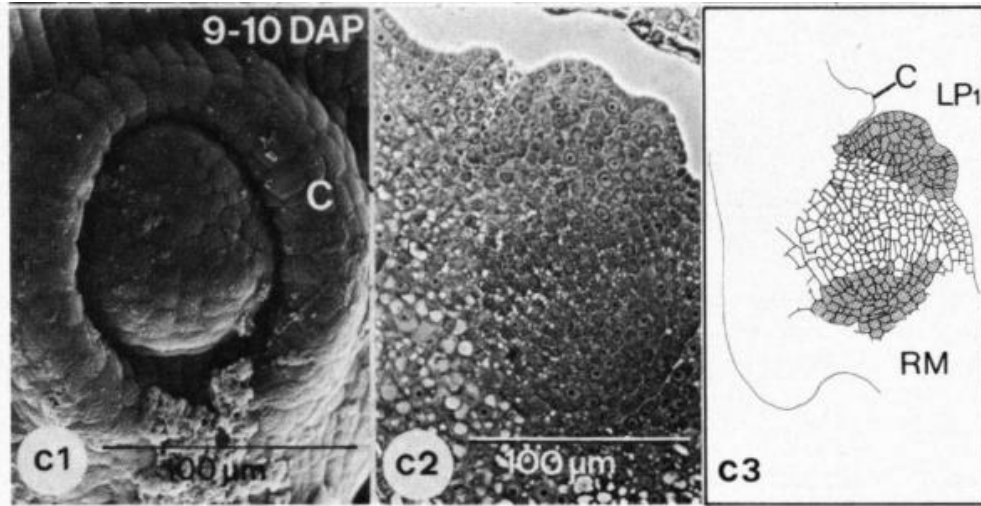
Embriyo eksenin epikotili (distal end) coleoptile taslağıyla, radícula kısmı (proximal end) coleorhiza taslağıyla korunur. Hipokotil mısırın embriyosunda yok kabul edilse de aslında radícula ile scutellar boğum arasında küçük bir organ olarak yer alır ve raiculanın bir kısmı gibi kabul edilir. Epikotil ile scutellar boğum arasında mezokotil vardır ki bu orta kök kısmı mısırdaki çok belirgin iken serin iklim tahıllarında çok küçük olup gelişmeyen bir organ görünümündedir.





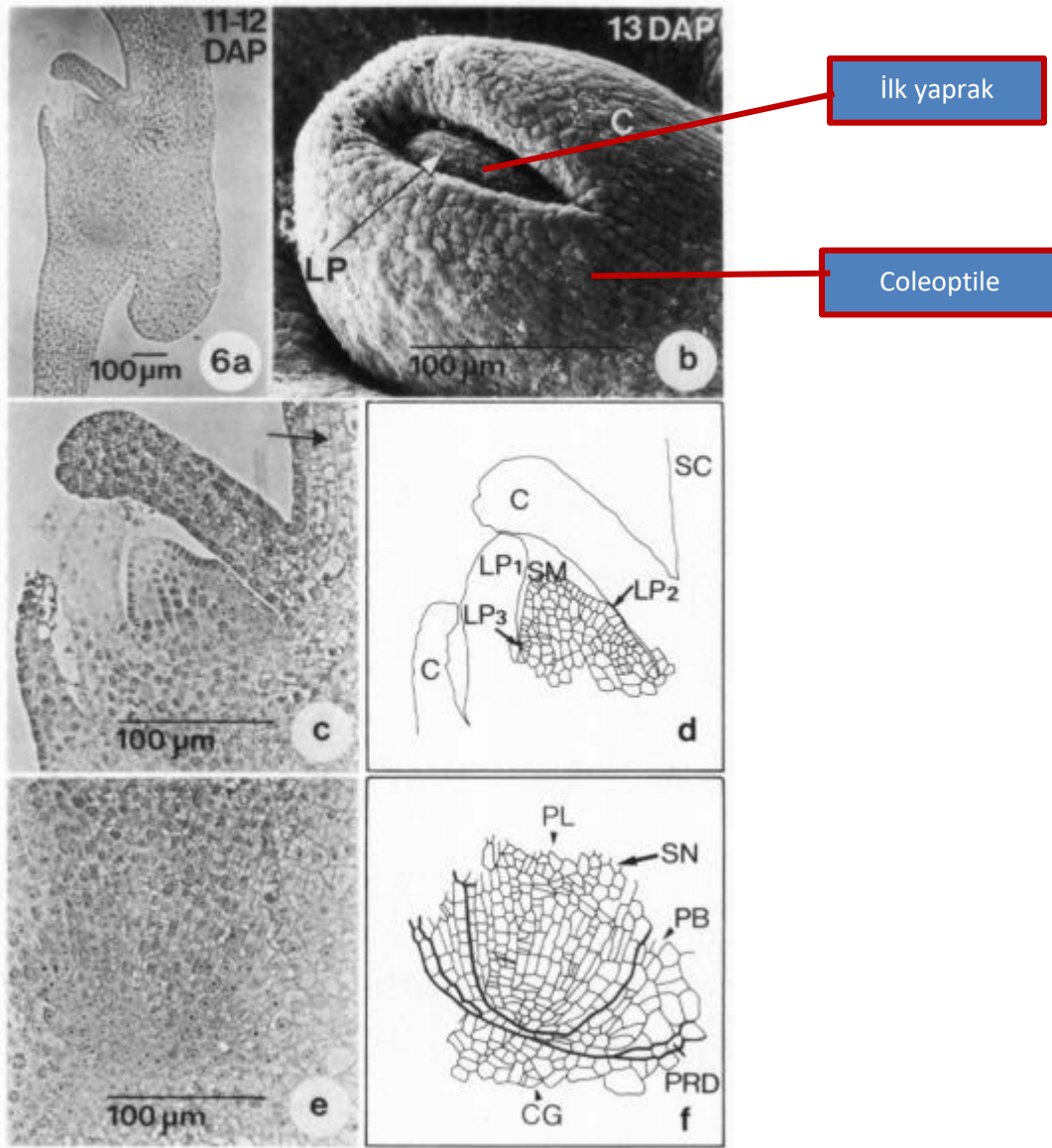
<https://doi.org/10.1111/j.1438-8677.1986.tb01278.x>

Tozlanmadan 9 gün sonra ilk gerçek yaprak taslağının oluşmaya başlaması (LP1): sm, sürgün apical meristem; sc, scutellum; ea, embriyo ekseni; su, geçici kök; n, nucellus.



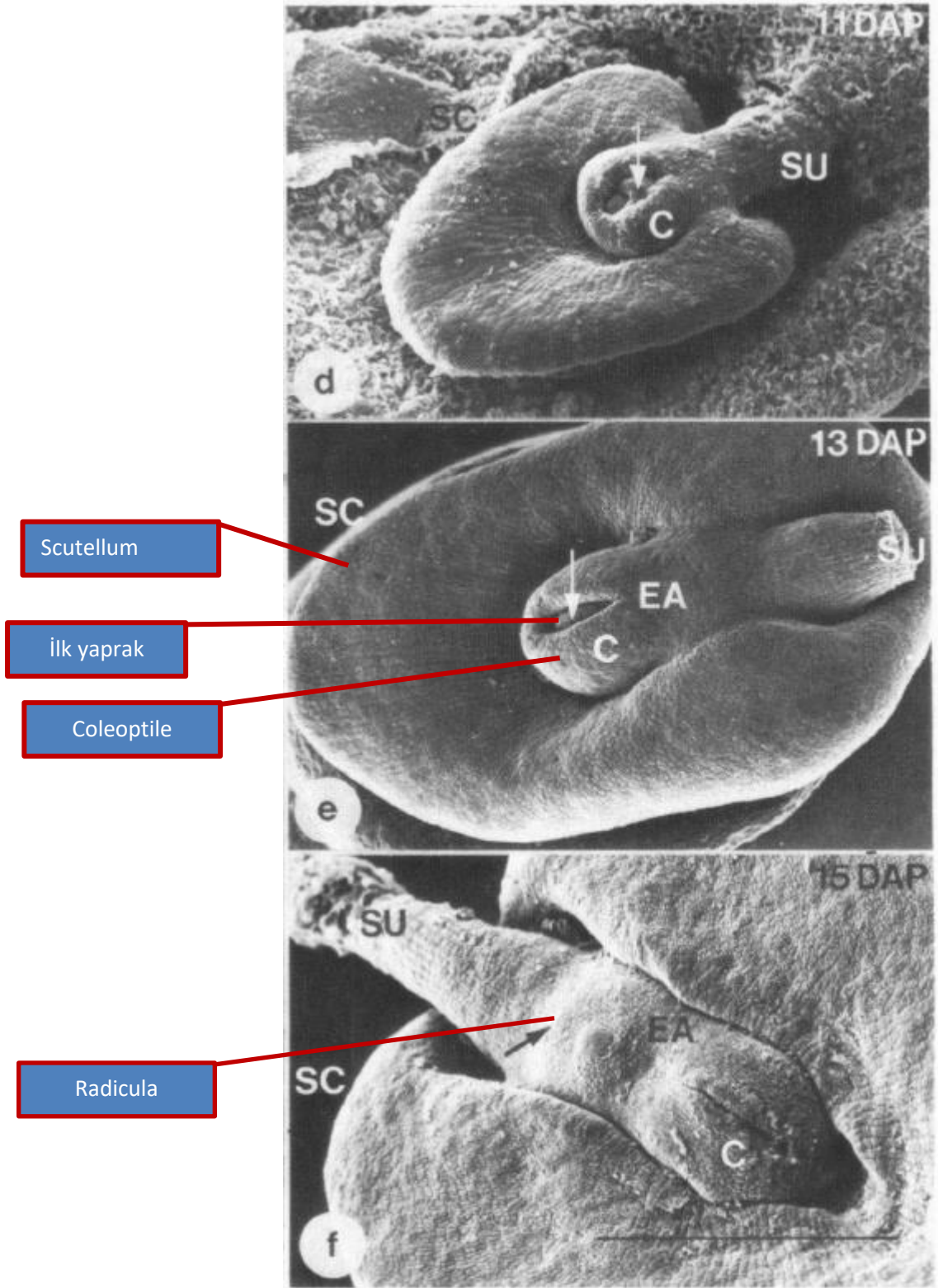
<https://doi.org/10.1111/j.1438-8677.1986.tb01278.x>

Tozlanmadan 9-10 gün sonra ilk gerçek yaprak taslağının ve kökün oluşmaya başlaması (LP1): rm, kök apical meristem; c, coleoptile.



<https://doi.org/10.1111/j.1438-8677.1986.tb01278.x>

Embriyonal yaprak ve kökün oluşumu (tozlanmadan 11-12 gün sonra): sc, scutellum; c, coleoptile; LP1, LP2 ve LP3 birinci, ikinci ve üçüncü yaprak taslağı.



<https://doi.org/10.1111/j.1438-8677.1986.tb01278.x>

İlk gerçek yaprağın oluşumu (beyaz ok işareti) tozlaşmadan 11 gün sonra: c, coleoptile; su, geçici kök; sc, scutellum

## 6- Olgun embriyo

Tozlaşmadan sonraki ilk 15 gün içerisinde embriyo ve endospermin kısımları ve dokuları oluşur ve belirginleşir. 15 ile 50 gün içerisinde tane dolum süreçleri gerçekleşir ve embriyo ve endospermde besin maddesi birikimi tamamlanır. 50 ile 70 gün arasında ise hasat olumu için tanede nem kaybı olur.

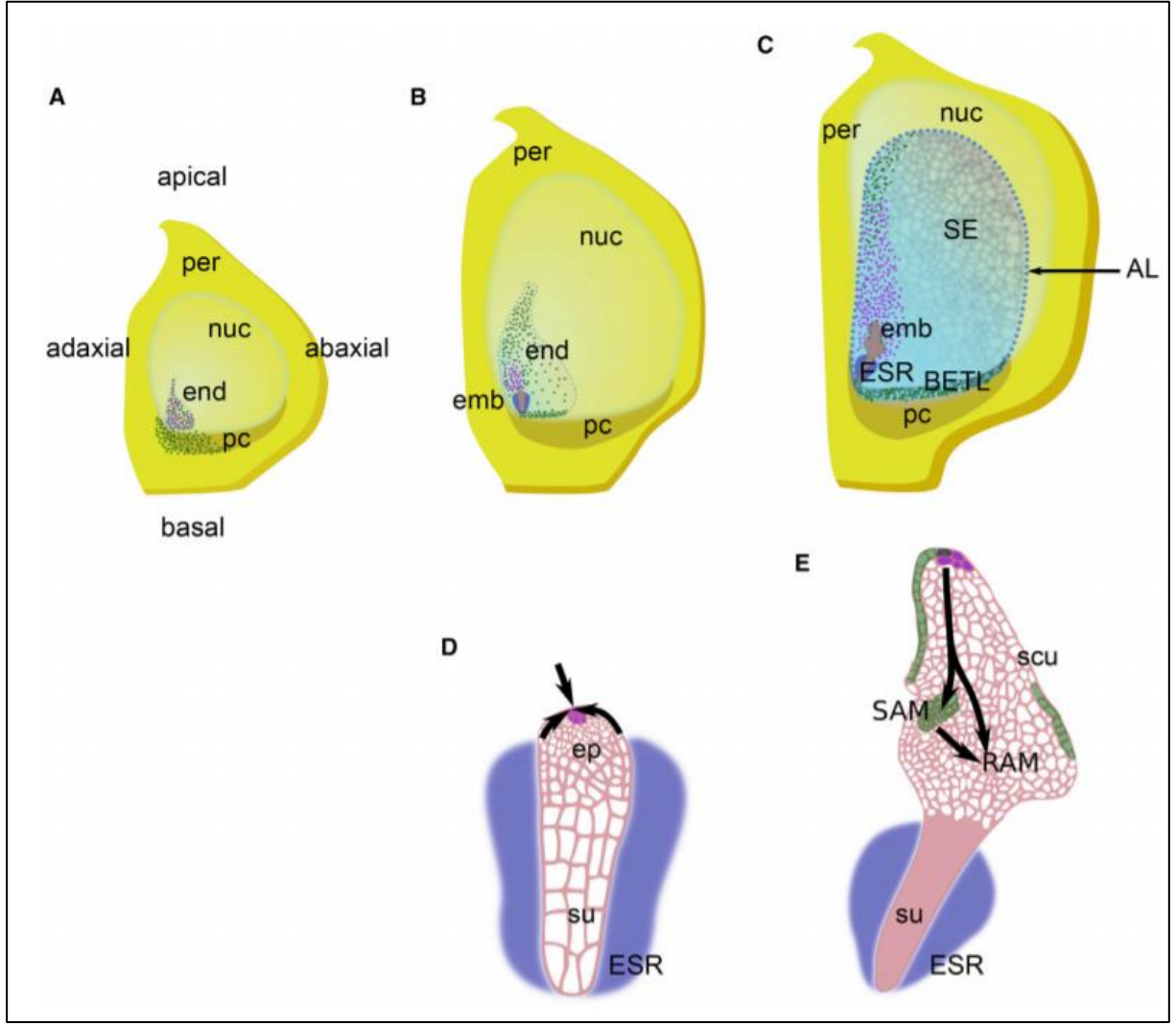
Tozlanmadan 6-8 gün sonra endospermde sitokin seviyesi yükselir. Çünkü sitokin hücre bölünmesini uyarır. Tanenin plasenta-şalaza kısmında da sitokin seviyesinin arttığı belirlenmiştir.

Auxin seviyesi tozlanmadan 12 gün sonra endospermde maksimum seviyeye ulaşır ve endoreduplikasyonu uyarır. Fakat mısırdaki auxinin tanede ancak tozlanmadan 6-8 gün sonra sentezlendiği bildirilmiştir. Auxinin, asıl embriyonun üst uç kısmında oluştuğu belirtilmekte ve bu duruma endosperm içerisinde oluşan auxinin öncülük ettiği düşünülmektedir. Asıl embriyoyu saran endosperm bölgesi (ESR), auxin sentezinin embriyonun neresinde yapılacağını kontrol etmektedir. Çünkü ESR tarafından sarılmayan asıl embriyonun üst uç kısmında auxin sentezi başlamaktadır. Scutellar aşamada, asıl embriyonun üst uç kısmında sentezlenen auxin, coleoptilar aşamada sürgün apical meristem (SAM) ve kök apical meristem (RAM) bölgelerinin oluşturulması için sitokinle eş güdümlü olarak çalışmaktadır. Bu durum, apical basal auxin yönü yani embriyo eksenini (coleoptileden coleorhizaya doğru) yönünde gerçekleşir. Daha açık ifade etmek gerekirse, auxin sentezi scutellumun uç kısmında sentezlenmekte ve scutellum iletim kanalı ile scutellum boğumuna ulaşmaktadır. Scutellum boğumu, iletim kanalını ikiye ayırmaktadır. İletim kanalının birisi sürgün apical meristeme (SAM) doğru yönelerek embriyonal yaprakların oluşmasını sağlarken, diğer kanal ise kök apical meristemine (RAM) doğru yönelerek embriyonal köklerin (radicula ve diğer seminal kökler) oluşmasını sağlamaktadır. Auxin, büyümeyi teşvik eden bir hormon olmakla birlikte sitokinle birlikte özellikle SAM ve RAM bölgelerinde etkileşim içerisindedir. Yani auxin ile sitokin birlikte embriyonal yaprak ve kök oluşumunu teşvik ederler.

Embriyo büyüme ve gelişimini tamamladıkça ABA (absisik asit) ve auxinler, daha baskın hale gelirler. Çünkü bu hormonlar tanenin uygun olmayan şartlarda çimlenmesini önlemeye çalışırlar ki biz bu durumu genelde dormansi olarak adlandırırız. Henüz yeni oluşmuş tanede ABA ve auxin miktarları yüksektir. Belli bir zaman sonra tanede bu hormonların seviyesi azalır ve çimlenmenin önü açılır. Bu noktadan sonra artık çevresel şartların çimlenmeye uygun olması gerekir.

Olgun tanenin sadece embriyosu ve aleuron tabakası canlıdır. Çimlenmede embriyo, GA (giberellik asit) salgılar ve scutellum üzerinden GA, aleuron tabakasına ulaşır. GA, hem aleuron tabakasında ve hem de scutellumda hidrolitik enzimlerin (amilaz vb.) salgılanmasını uyarır. Hidrolitik enzimler asıl endospermde depolanmış besin maddelerini basit formlara indirgeyerek (nişastanın glikoza indirgenmesi vb.) embriyoya scutellum üzerinden taşınabilmesine olanak sağlarlar. <https://www.nature.com/articles/srep33215>



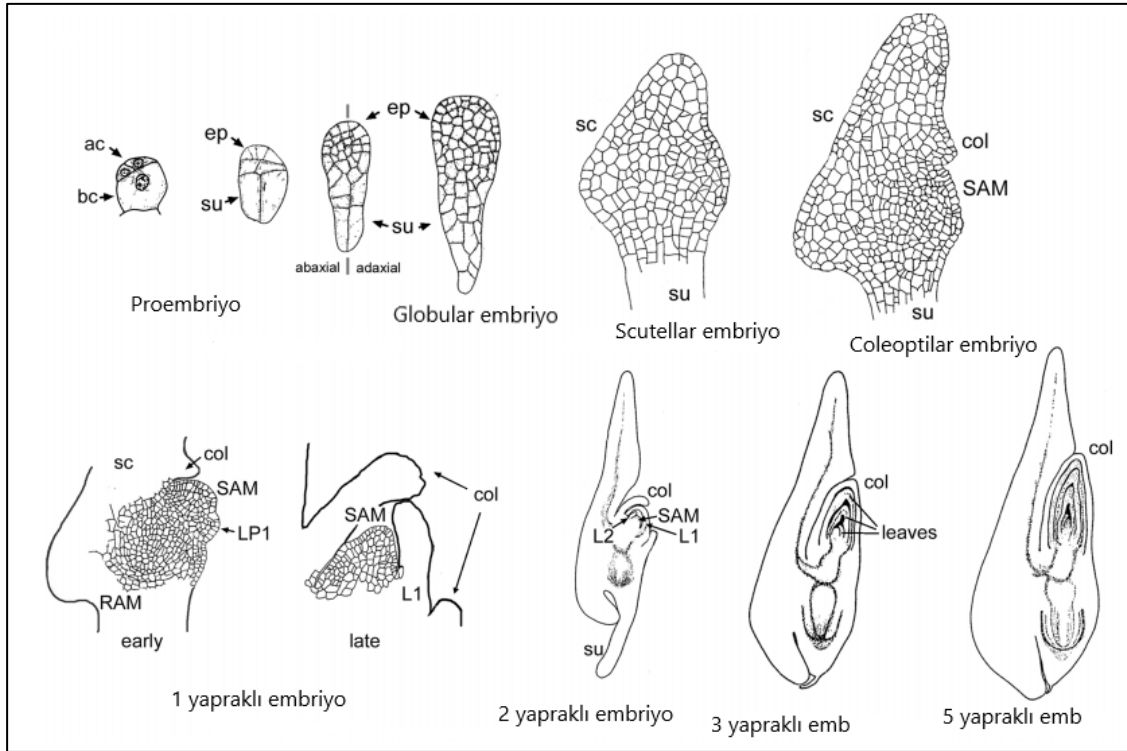


Molecular Plant, Volume 10, Issue 3, 375 – 388, 2017

Embriyo ve endospermde hormonların oluşumu: Şekil A-Tozlanmadan 3 gün sonra tanenin adaxial (koçan üzerindeki tanenin, koçan ucunu gören kısmı) yönünde bulunan endospermde (end) hem auxin ve hem de sitokin oluşurken, plasenta-şalaza (pc) bölgesinde sadece sitokin oluşumu; Şekil B-Döllenmeden 6-8 gün sonra endosperm BETL bölgesi (endosperm dip transfer tabakası) ve antipodal bölgesinde sitokin yoğunlaşırken, embriyonun (Şekil B ve D) üst ucunda auxin yoğunlaşmaktadır. Proembriyo aşamasından globular embriyo aşamasına geçiş olmaktadır. Embriyoyu, endosperm özel bir dokusu (ESR-embriyoyu saran bölge) sararak auxinin etki alanı kontrol edilmektedir.

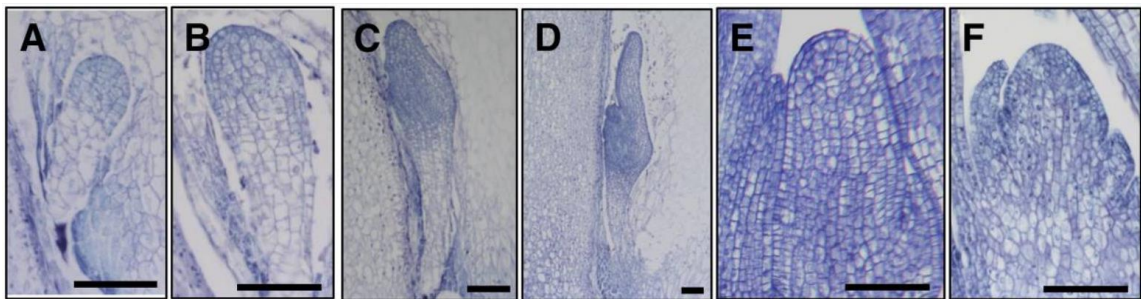
## Embriyonun farklı açılardan sunulan çizimleri ve fotoğrafları

Embriyonun büyüme ve gelişim aşamalarının farklı açılardan çizilmiş resimleri ve çekilmiş fotoğraflarının incelenmesi gerekir. Çünkü embriyonun şeklinin öğrenilmesinde farklı açılardan sunulan resim ve fotoğrafların önemi büyüktür.



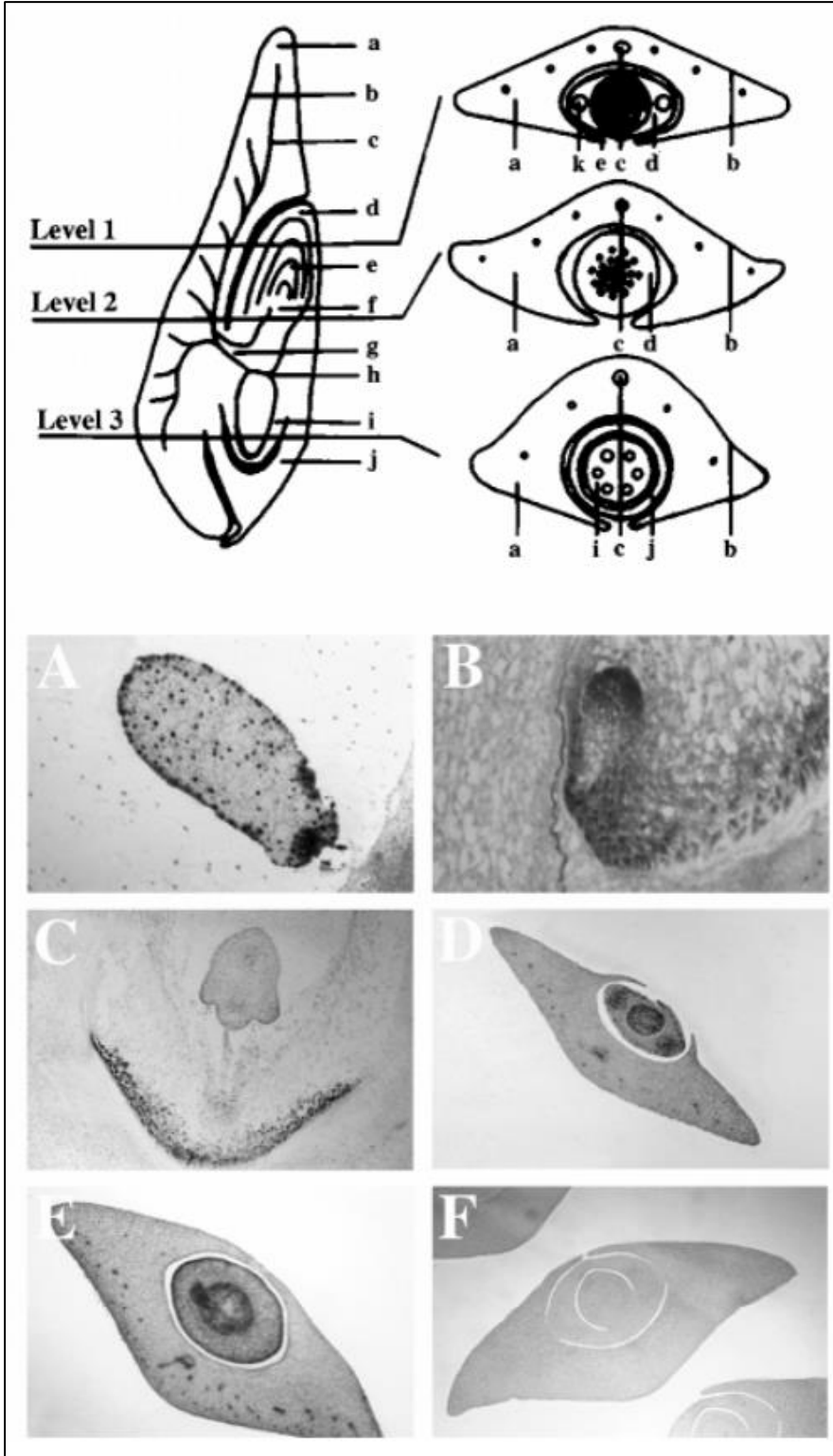
Gene 271 (2001) 131-142

Embriyonun büyüme ve gelişim aşamaları: ac, apical hücre; bc, basal hücre; ep, asıl embriyo; su, geçici kök; sc, scutellum; col, coleoptile; SAM, sürgün apical meristem; RAM, kök apical meristemi; LP1, birinci gerçek yaprak taslağı; L1 ve L2, sırasıyla birinci ve ikinci gerçek yapraklar.



<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3462627/>

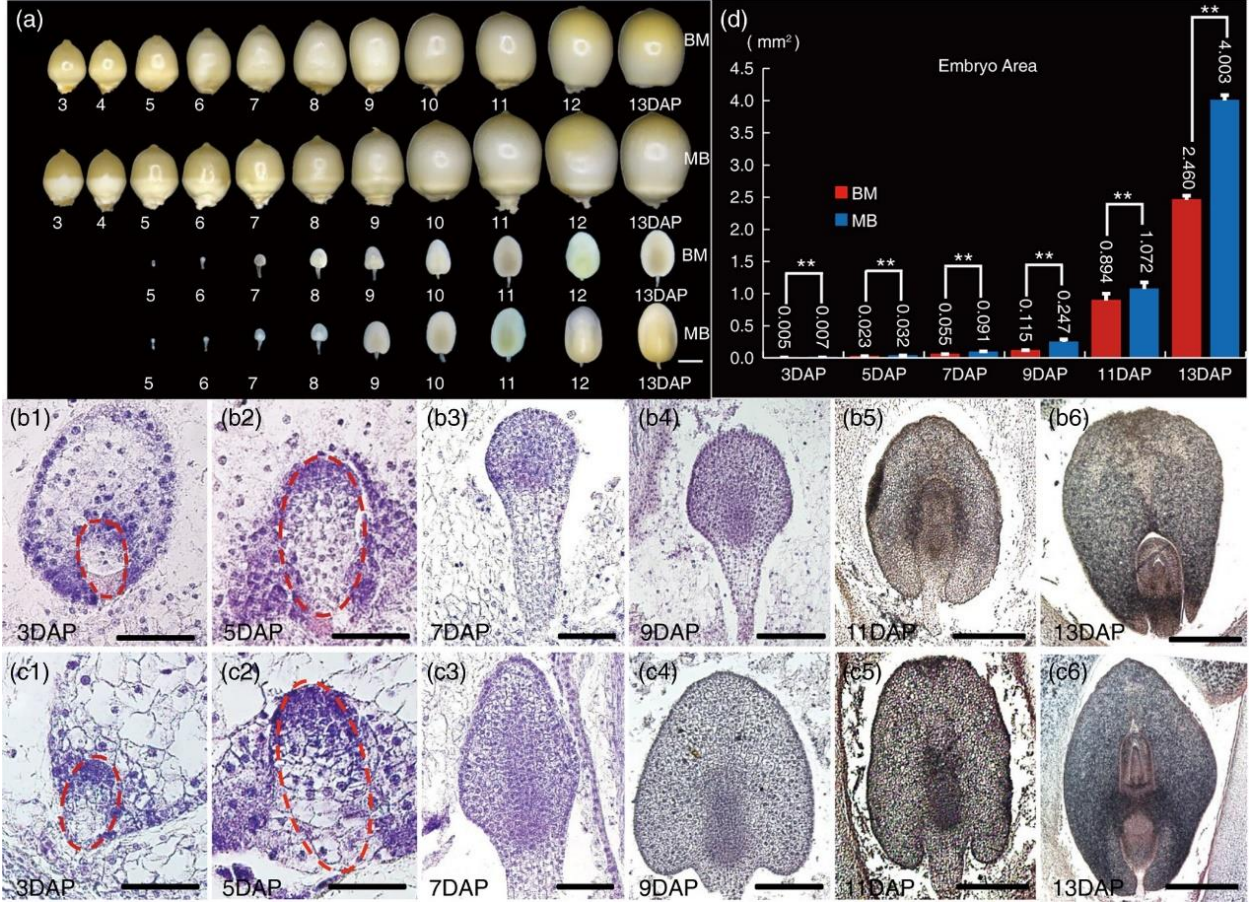
Embriyonun gelişim aşamaları: A-proembriyo, B-globular aşamadan scutellar aşamaya geçiş, C-coleoptilar embriyo, D-Bir yapraklı (L1) dönemi, E-sürgün apical meristem, F-



<https://www.jbc.org/content/274/39/27734>

Embriyo ekseninin yatay kesitinin üstten görünüşü: a, scutellum, b, scutellumun glandular tabakası; c, scutellar procambium; d, coleoptile; e, plumula; f, ilk boğum arası; g, seminal kök; h, scutellar boğum; i, radícula; j, coleorhiza; k, coleoptilar procambium.





<https://doi.org/10.1111/tpj.13786>

İki mısır çeşidinin (B73 ve Mo17) reciprocal melezlerinde (B73 × Mo17 = BM ve Mo17 × B73 = MB) tane ve embriyo morfolojisi: Foto b1-b6, B73 × Mo17 = BM melezinin embriyolarını; Foto c1-c6 ise Mo17 × B73 = MB melezinin embriyolarını gösteriyor. Tozlaşmadan 3 gün ile 13 gün arasındaki embriyo gelişimleri karşılaştırıldığında Mo17 × B73 = MB melezinin embriyo gelişiminin daha iyi olduğu görülmektedir. Daha iri embriyolu çeşitlerin çimlenme, çıkış ve fidesinin daha iyi olması beklenir. Fakat tanedeki nişasta oranı, irileşen embriyo ile azalabilir.

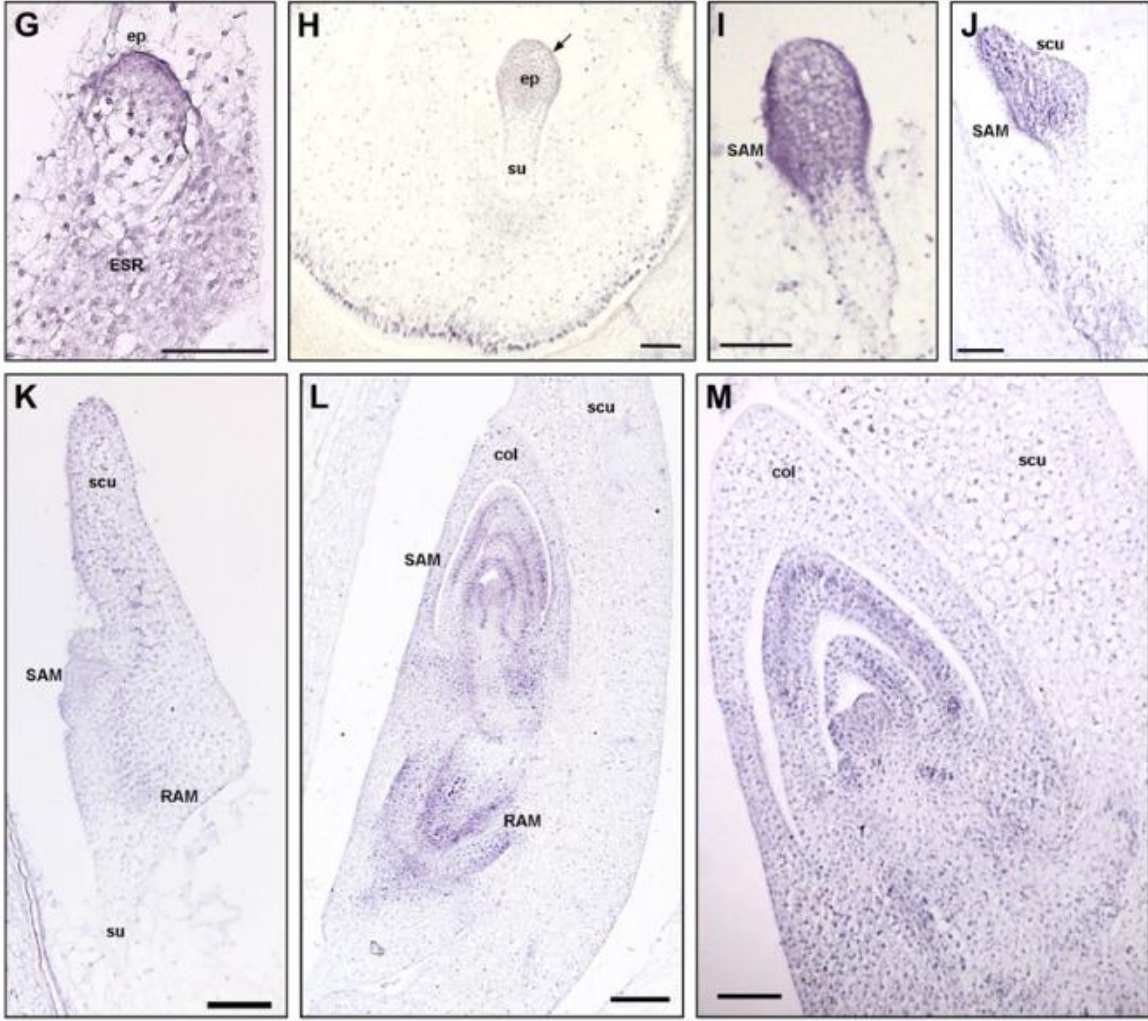
B17 ve Mo17 çeşitleri hakkında bilgi

B73: ABD Iowa Eyalet Üniversitesi tarafından 1972 yılında, Stiff Stalk Synthetic heterotic grubundan geliştirilen ve genel uyum yeteneği yüksek olduğundan özellikle kendileme kademelerinde tester (yoklama melezinde baba olarak) olarak kullanılan kendilenmiş bir çeşittir. Ayrıca B73 çeşidi, modern mısır genomunun keşfinde referans olarak kullanılmaktadır. <https://www.maizegdb.org>

Mo17: ABD Missouri Üniversitesi tarafından 1964 yılında Lancaster heterotic grubundan kendilenmiş hat olarak geliştirilmiştir. Yoklama melezinde baba olarak kullanılır. B73 çeşidinden sonra Mo17'nin gen haritası çıkarılmıştır.

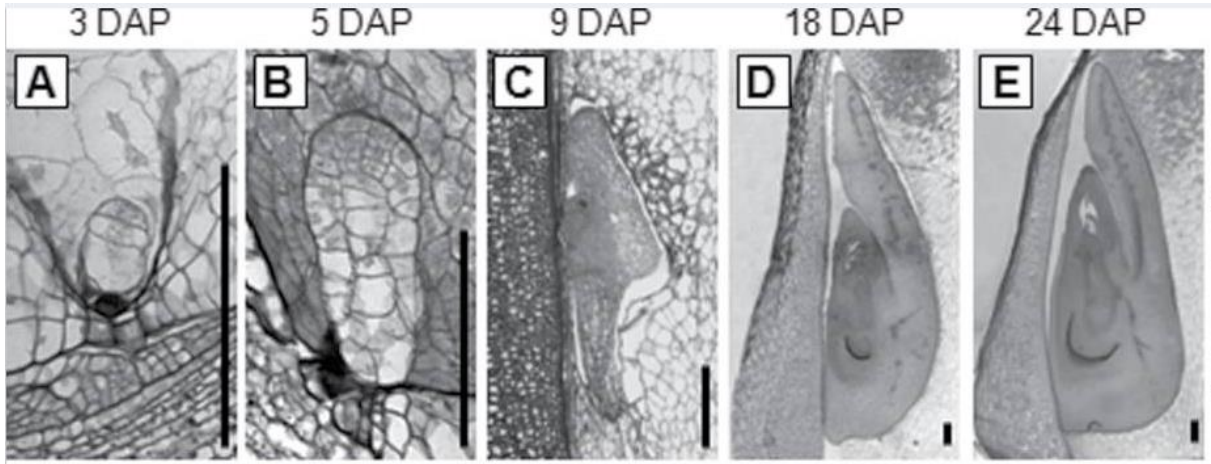
<https://www.nature.com/articles/s41588-018-0182-0>





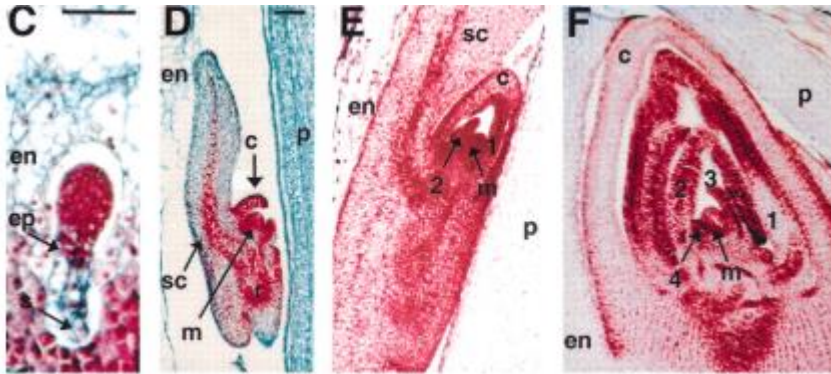
<https://doi.org/10.1104/pp.109.150193>

Embriyonun büyüme ve gelişme aşamaları: Foto G, asil embriyonun (ep) endosperm dokusu tarafından sarılması (ESR); Foto H, globular aşamada asil embriyo (ep) ve geçici kök (su); Foto I, embriyonun globular aşamadan scutellar aşamaya geçişi ve sürgün apical meristem bölgesinin oluşmaya başlaması (SAM); Foto J, scutellar embriyo aşaması ve SAM bölgesi; Fotolar KLM, embriyoda yaprak ve kök kısımlarının oluşması; RAM, kök apical meristemi, scu, scutellum; col, coleoptile.



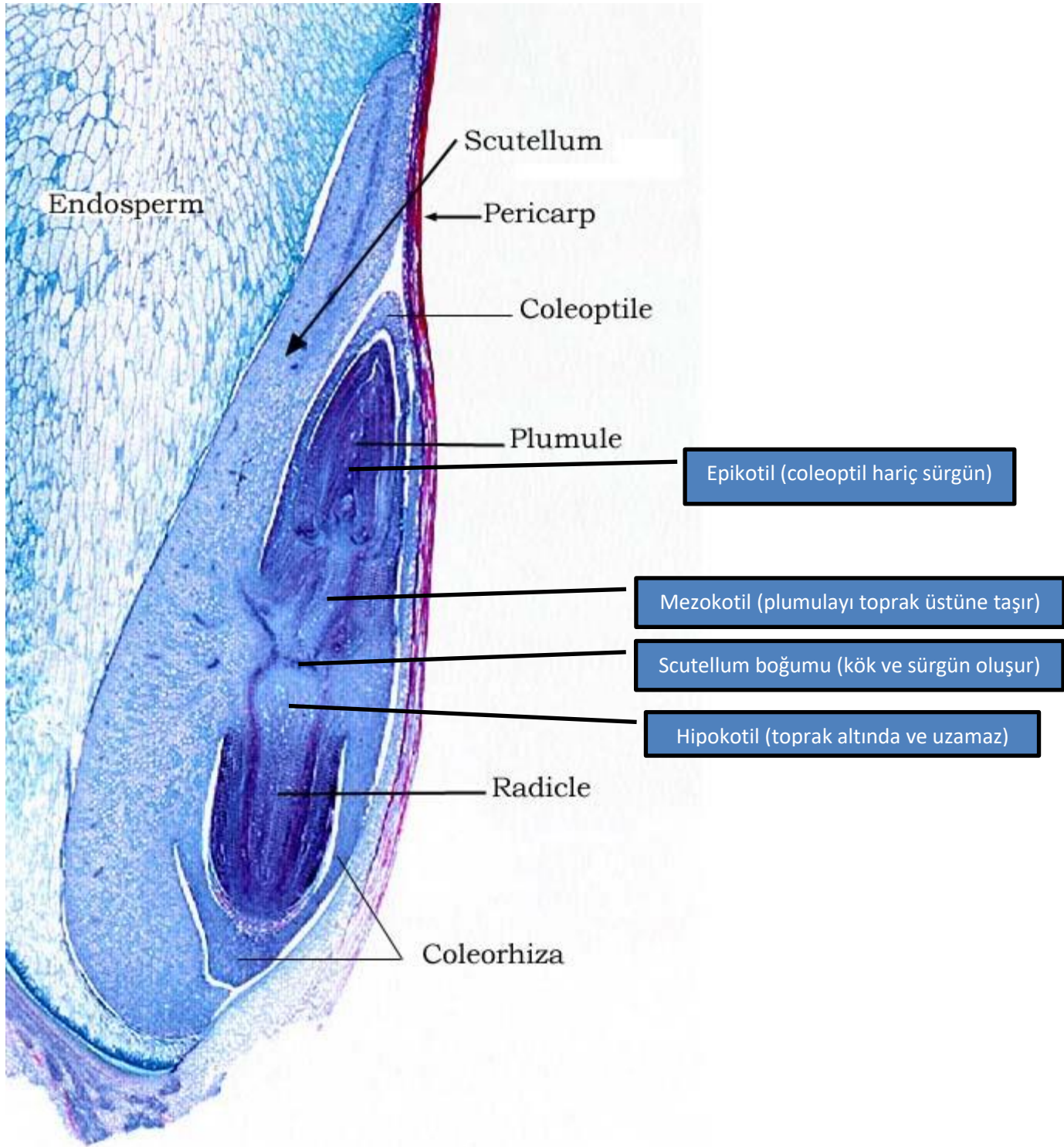
<https://doi.org/10.1093/jxb/ers232>

Embriyonun kısımları: Foto A, tozlanmadan 3 gün sonra proembriyo; Foto B, tozlanmadan 5 gün sonra globular embriyo; , Foto C, tozlanmadan 9 gün sonra coleoptilar embriyo; Foto D, tozlanmadan 18 gün sonra 3-4 yapraklık embriyo; Foto E, tozlanmadan 24 gün sonra tam embriyo;



<https://doi.org/10.1105/tpc.006726>

Embriyonun büyüme ve gelişim aşamaları: Döllenmeden sonra 7. gün (Foto C), 12. gün (Foto D), 14. gün (Foto E) ve 24. gün (Foto F), kısaltmalar: en, endosperm; ep, asıl embriyo; s, geçici kök; sc, scutellum; m, sürgün apikal meristemi; c, coleoptile; p, pericarp; 1, 2, 3 ve 4 sırasıyla birinci, ikinci, üçüncü ve dördüncü gerçek yaprakların taslakları.



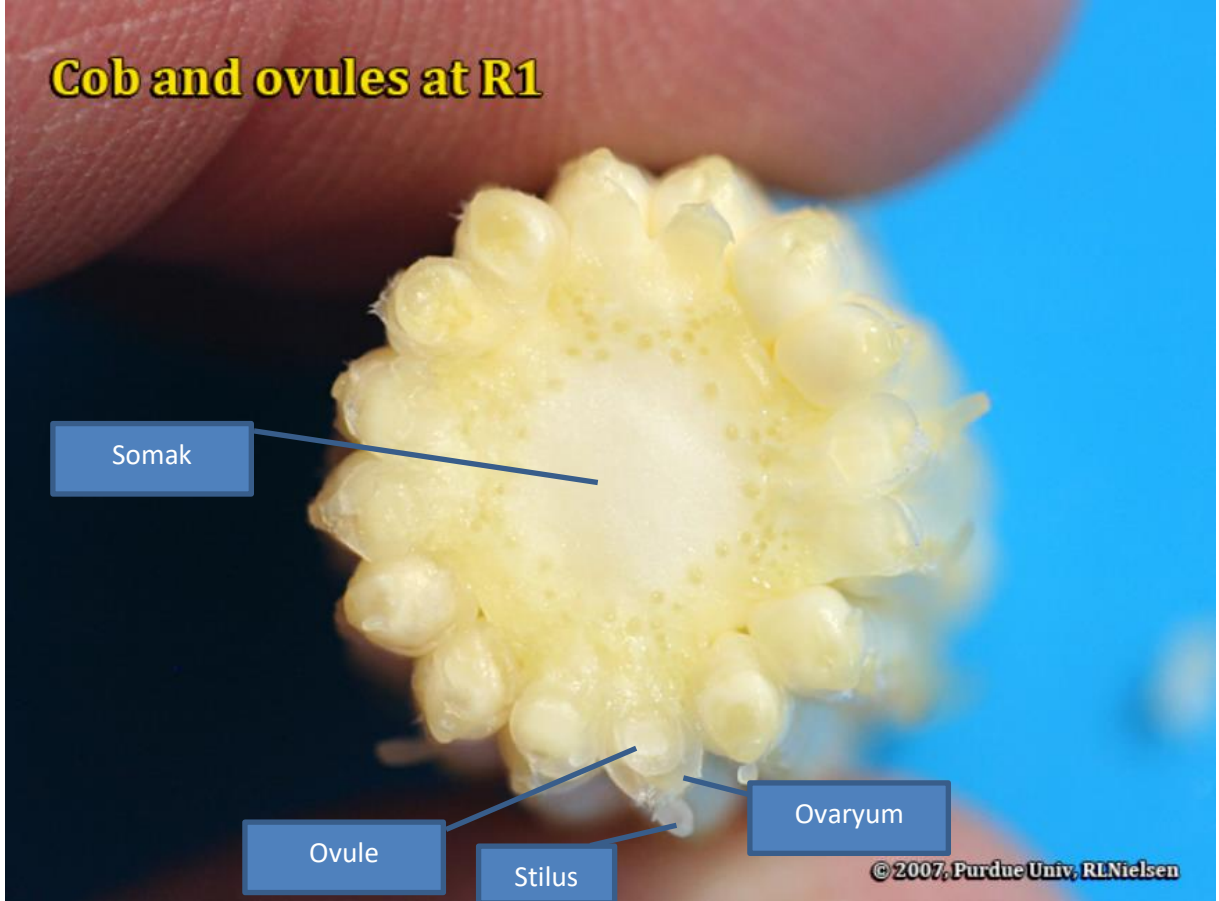
[http://botit.botany.wisc.edu/Resources/Botany/Angiosperms/Early%20Development/Corn%20\(Zea\)/Corn%20embryo%20MC%20.jpg](http://botit.botany.wisc.edu/Resources/Botany/Angiosperms/Early%20Development/Corn%20(Zea)/Corn%20embryo%20MC%20.jpg)

Olgun embriyosunun kısımları



## Döllenme sonrası koçada morfolojik değişimler

Döllenmeden sonraki 24 saat içinde koçan püskülünün gelişmekte olan tane ile bağlantısı kalmaz, solmaya başlar. 2-3 gün içerisinde kurumaya başlar ve zamanla kahverengiye dönüşür.



Koçan püskülü çıkış (R1) döneminde koçanın enine kesiti



## **Silk detachment after ovule fertilization**

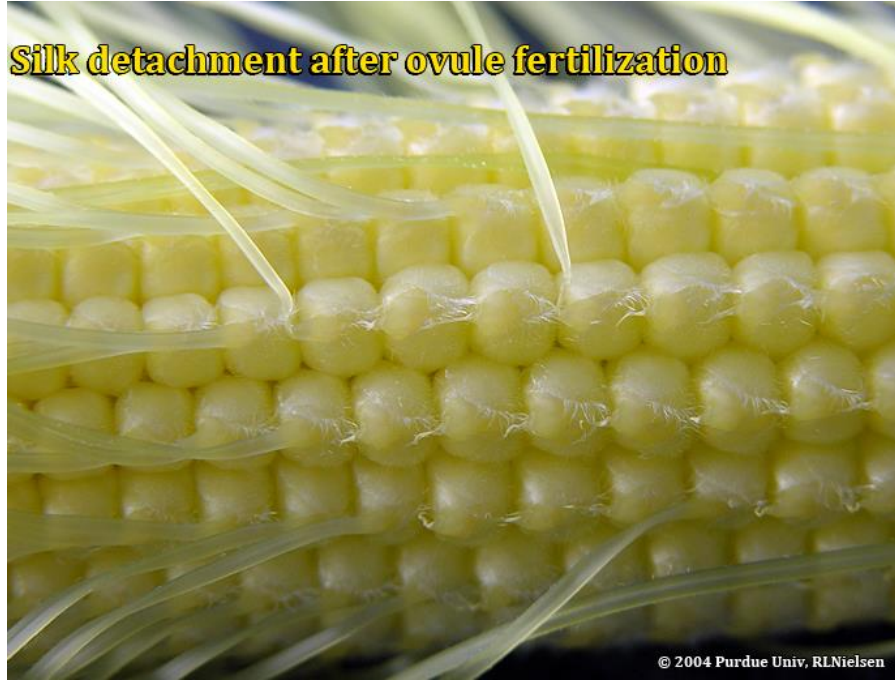


Döllenmeden sonra stilus (dişicik borusu veya koçan püskülü) ovaryumdan (büyümeye ve gelişmeye başlayan taneden) kopar

## **Silks attached to ovules**



Ovaryuma bağlı koçan püskülleri, döllenmeden sonra, ovaryumdan koparak kuruyup dökülürler.



Ovaryuma bağlı koçan püskülleri, döllenmeden sonra, ovaryumdan koparak kuruyup dökülürler.



Ovaryuma bağlı koçan püskülleri, tozlanma ve döllenme oranı düşük olursa, ovaryuma bağlı kalmaya devam ederler (yaklaşık 10 gün, koçan püskülü tozlanmak ve döllenmek için bekleyebilir)



## Koçanın döllenenip döllenenmediğini anlamının kolay yolu

Döllenenin gerçekleşip gerçekleşmediğini anlamının pratik bir yolu vardır. Polen yayımı bittikten 2-3 gün sonra koçan yaprakları, koçan püsküllerine zarar vermeden soyulur, püsküllü koçan el ile biraz yukarıya kaldırılır ve hafifçe sallanır. Püsküller koçandan koparak aşağıya doğru düşerse dölllenme gerçekleşmiş demektir. Püsküller koçandan ayrılmıyorsa dölllenme gerçekleşmemiş demektir. Çünkü döllenenmeden sonra, püsküllerin koçana bağlanan kısımları kopar ve artık tane tekrar tozlanma ve dölllenme süreçlerine giremez. Tozlanma ve dölllenme gerçekleşmemişse koçan püskülü, koçandan kopmaz ve yaklaşık 10 gün tozlanmayı ve döllenmeyi bekler.



<https://www.agry.purdue.edu/ext/corn/news/timeless/EarShake.html>

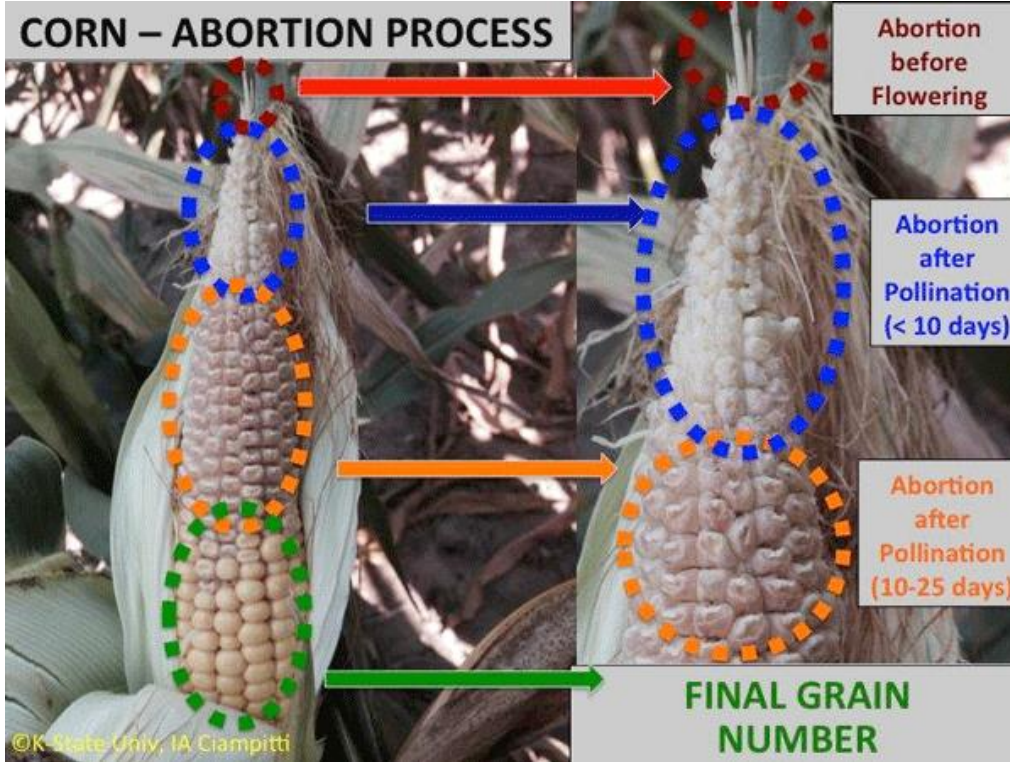
Tozlanma ve döllenenmeden sonra taneden koçan püskülü kopar, önce sararır, sonra kahverengiye dönüşür ve daha sonra kuruyup dökülür.

## Tozlanma ve döllenmeye çevresel faktörlerin etkisi

R1 döneminde mısırın su tüketimi en yüksek seviyeye (günlük 8-10 mm) ulaşır.

Su stresi (nispi nemin düşüklüğüyle, yetersiz sulama vb.) ve yetersiz beslenme (gübrenin verilmemesi, eksik verilmesi veya toprakta toksik/eksik element sorunları vb.) gibi etmenler koçan püskülünü/tepe püskülünü olumsuz etkiler. Koçanda bazı taneler ya döllenemeyerek boş kalır ya da döllense bile tanede fotosentez asimilantlarının yetersiz birikmesinden dolayı bazı taneler gelişemezler (kernel abortion). Bu durum çoğunlukla koçanın uç kısmındaki tanelerin boş kalması ve/veya gelişmemesi şeklinde görülür.

R1 dönemi yaklaşık 10-12 gün arasında sürer.



[https://webapp.agron.ksu.edu/agr\\_social/m\\_eu\\_article.throck?article\\_id=1921](https://webapp.agron.ksu.edu/agr_social/m_eu_article.throck?article_id=1921)

Tane oluşmaması ve/veya gelişmemesinin nedenleri: 1-Koçan püskülü çıkarma öncesinde koçan taslağındaki yumurtalıkların çevresel streslerden dolayı gelişmemesi (kırmızı ok), 2-Tozlaşmanın ilk 10 günü içerisinde yaşanan çevresel streslerden dolayı tozlaşmanın ve/veya döllenenin gerçekleşmemesi (mavi ok), 3-Tozlaşmadan sonra 10-25 gün arasında yaşanan çevresel streslerden (sulama ve gübreleme yetersizliği vb.) kaynaklı tane gelişmemesi (turuncu ok), 4-Hasat edilebilir tane (yeşil ok)



## Kabarcık (Blister) dönemi (R2)

Döllenmeden sonraki ilk 10-12 günlük süreçte, tane büyüme başlar. Hücre sayısı (mitoz bölünme) artış gösterir. Tanede hücre bölünmesi, R2 döneminin sonunda tamamlanır. Tane nem oranı %80-85 civarındadır. Tanede kuru madde birikimi çok azdır. Bitki hem boyunu hem de vegetatif kuru madde ağırlığını maksimuma ulaştırır. Aynı zamanda koçan da maksimum uzunluğuna erişir.

Tanenin uzunluğu, çevresini saran kavuzların (gluma) seviyesini geçer. Tanenin genişlemesi, tanenin yuvarlak şekil almasıyla eş zamanlı hale gelir. Fakat hala taneler arasında az da olsa boşluklar vardır. Tanenin tepesinde püskülün bağlanma izi görülür. Tane dış kısmı fildişi renginde ve iç kısmı neredeyse su renginde ve kıvamındadır. **Tane, içi şeffaf sıvı dolu yani kabarcık (blister) şeklinde görünür. R2 döneminde tanede nişasta birikmeye başlar.**

Embriyo büyümeye ve gelişmeye başlar, ancak mikroskop altında görülebilir. Embriyonal ilk kök (radicula), çim kını (coleoptile) ve gerçek yaprak taslakları oluşmaya başlar.

R2 döneminde, çevresel streslerden dolayı (yetersiz su ve gübre vb.) bitkinin yetersiz karbonhidrat üretmesinden dolayı gelişmekte olan tane, gelişimini tamamlayamaz (abortion). Koçanın uç kısımlarındaki taneler, çoğunlukla en son döllenirler ve gelişimini tamamlayamayan taneler de genelde koçan ucundaki tanelerdir.

R2 döneminde, koçan yapraklarının dış kısmında kalan püskül kısımları kurur ve bronz renginden kahverengiye dönüşür. Taneler püsküllerle bağlantılarını koparırlar. Bu durum, koçan yaprakları soyulduktan sonra koçanın hafifçe sallanmasıyla püsküllerin koçandan düşmesiyle kolayca anlaşılabilir. Aslında koçan yaprakları soyulurken püsküller koçandan aşağıya doğru düşmeye başlarlar.

R2 dönemi, yaklaşık 8-10 gün arasında sürer.

**Appearance of husks & silks**  
**Growth stage R2**



© 2013 Purdue Univ, RLNielsen

R2 döneminde koçan püsküllerinin uç kısımları kahverengiye dönüşerek kurumaya başlar

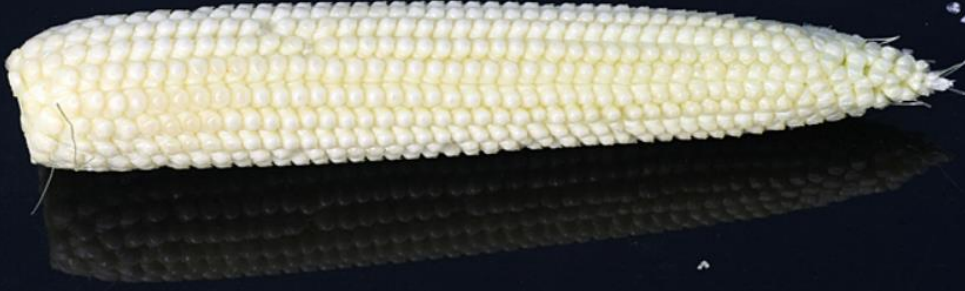
**Appearance of silks**  
**Growth stage R2**



© 2013 Purdue Univ, RLNielsen

R2 döneminde koçan püsküllerinin tane ile bağlantısı tamamen kopar

**Appearance of cob & kernels  
Growth stage R2**



© 2013 Purdue Univ, RLNielsen

R2 döneminde koçan üzerinde büyümekte ve gelişmekte olan tanelerin arasında hala boşluklar bulunur

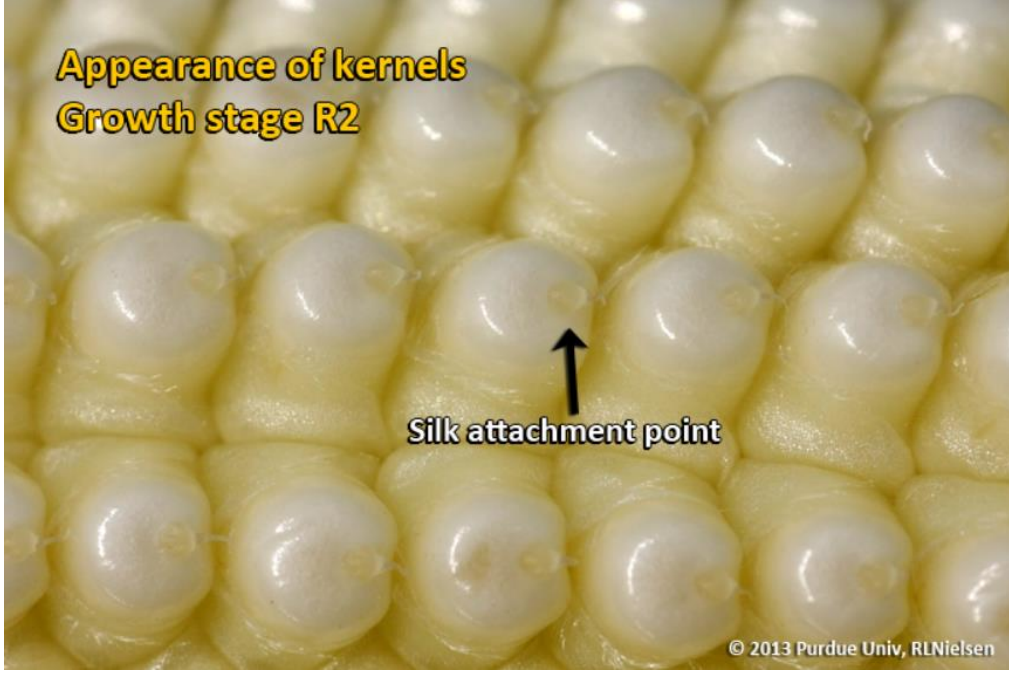
**Appearance of kernels  
Growth stage R2**



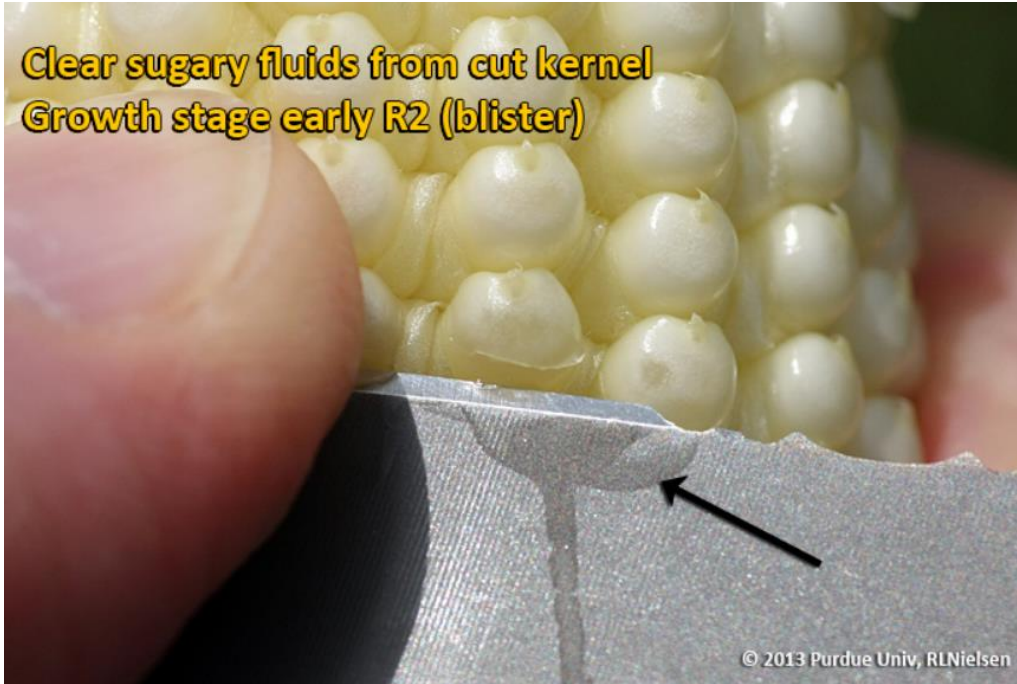
© 2013 Purdue Univ, RLNielsen

R2 döneminde koçandaki tanelerin üzeri beyaz görünür





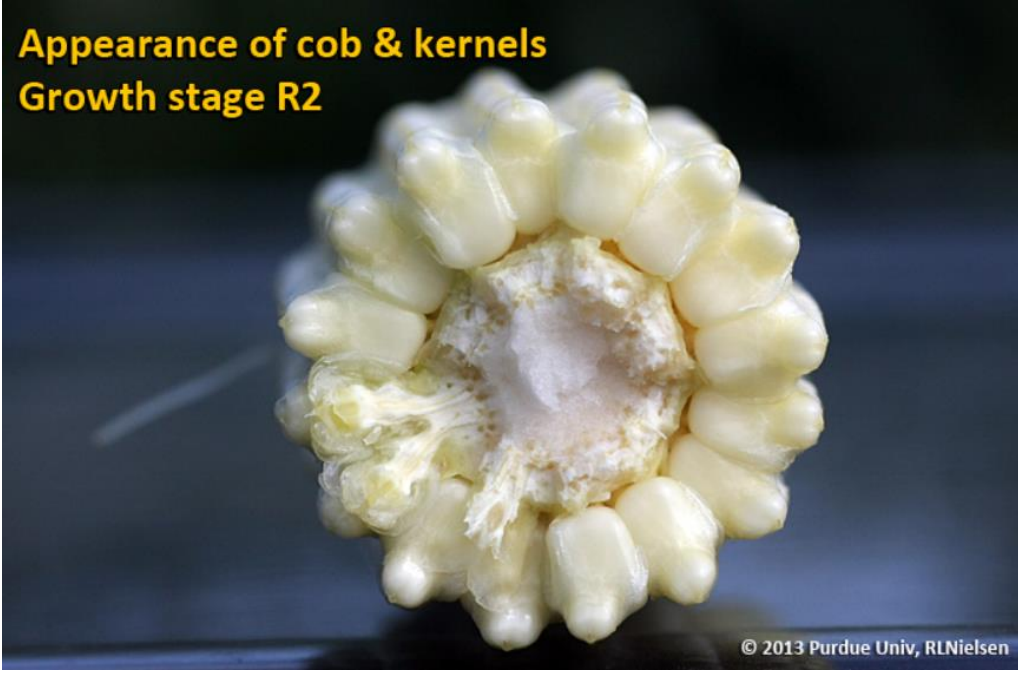
R2 döneminde tanelerin üst kısmında püskülün dip kısmının kalıntısı bulunur



R2 döneminde tanelerin içeri sulu kıvamdadır ve tanenin görünüşü kabarcığa (blister) benzer

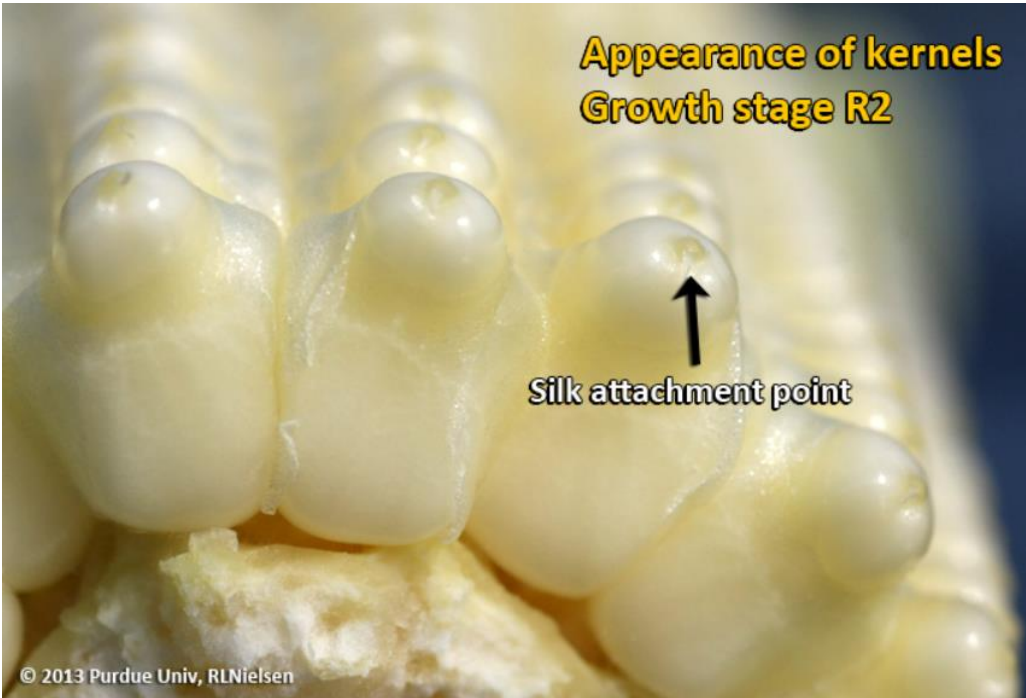


**Appearance of cob & kernels  
Growth stage R2**



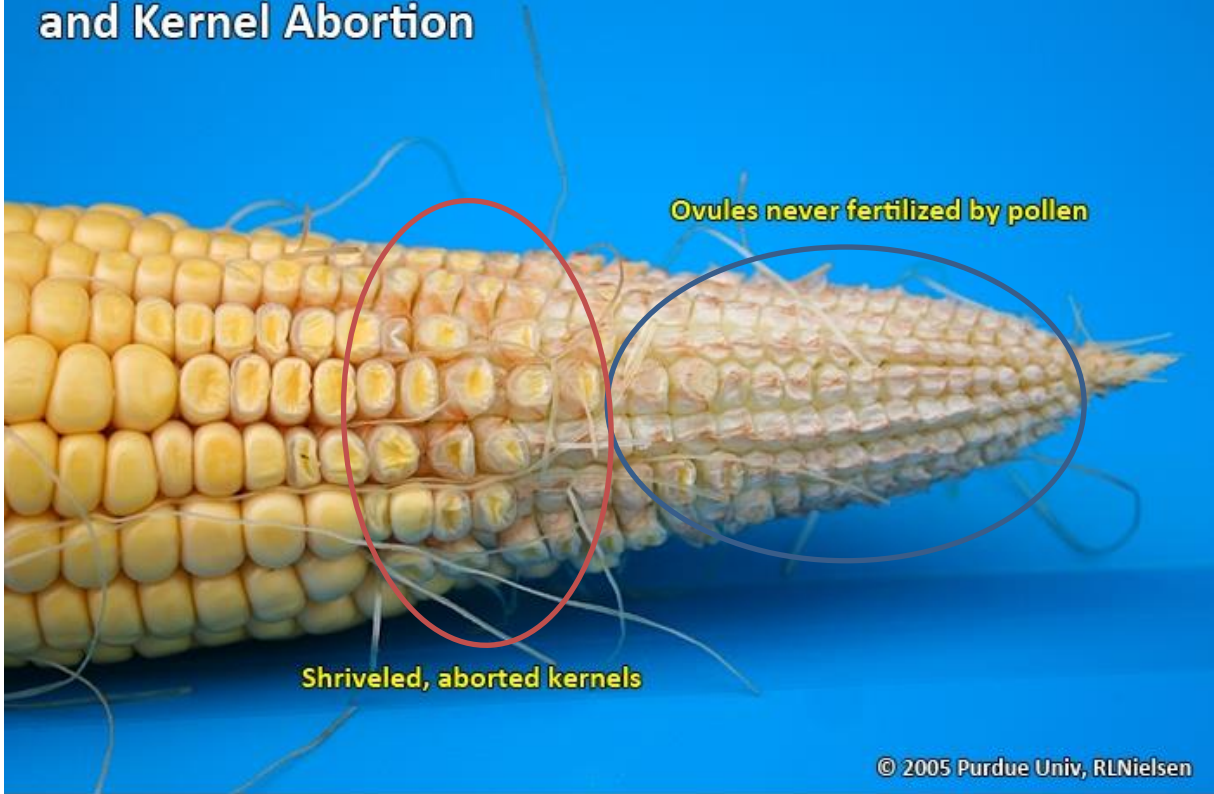
Koçan üzerine tanelerin ikili şekilde bağlanır. Çünkü koçan üzerindeki dişi çiçekler çiftler şeklinde oluşurlar. Bundan dolayı koçanda sıra sayısı normal şartlarda hep çift sayıdır (12, 14, 16, 18 ve 20)

**Appearance of kernels  
Growth stage R2**



R2 döneminde tanenin kabarcık (blister) şeklinde görünümü ve tanenin tepesinde püskülün kalan kısmı

## Combination of Pollination Failure and Kernel Abortion



Koçanda tanenin oluşmaması (mavi çember) döllenenin olmamasından kaynaklanırken, tane oluşmasına rağmen gelişmemesi de (kırmızı çember) yetiştirme tekniğinin eksiklerinden (yetersiz sulama ve gübreleme vb.) kaynaklanıyor olabilir. R2 döneminde her iki durumu da görmek mümkündür.

### Süt olum dönemi (R3)

Bu e-kitap, at dişi mısır (*Zea mays indentata*) hakkında hazırlandığı için tane dolun dönemlerinde biriken madde çoğunlukla nişastadır. Serin iklim tahıllarında (örneğin buğday) genelde süt olum döneminde protein birikimden bahsedilir. Fakat at dişi mısırdaki çoğunlukla nişasta birikimden bahsedilir. Çünkü at dişi mısır tanesi, hayvan beslemede ve sanayide protein kaynağı olarak değil, daha çok nişasta kaynağı olarak kullanılmaktadır. Zaten mısır tanesinin sadece %9-10'u proteinden oluşur. Dolayısıyla, mısırın tane dolun dönemlerinde sadece nişastadan (protein ihmal edilerek) bahsetmek oldukça yaygındır. Bizde bu e-kitapta tane dolun dönemlerinde sadece nişastadan bahsedeceğiz.

Döllenenmeden 18-22 gün sonra (çeşit özelliği (genetik), yetiştirme ve iklim şartlara göre değişebilir) tane, süt olum (R3) döneminin karakteristik özelliğini kazanır. Koçan üzerindeki tanelerin irileşmesinden dolayı taneler arası boşluklar tamamen kapanır. Dolayısıyla, taneyi

saran başakçık kavuzları (gluma) tanenin altında kalır ve görülmez olur. Tane üzerindeki püskül izi, neredeyse tamamen kaybolmuştur. Tane, at dişi mısırdaki çeşit özelliği olmakla birlikte genelde açık sarı renk (tereyağı rengine benzer) almaya başlar (beyaz taneli at dişi mısır çeşitleri de vardır). Tanede nem oranı %80'den, %70 civarına düşer. Tane, başparmak ile işaret parmağı arasında sıkılırsa, taneden süt rengi ve kıvamında beyaz bir sıvı çıkar. Bu durum, tanede nişastanın yani kuru madde birikiminin hızla arttığını göstermektedir.

Süt olum döneminde tanenin embriyo ve endospermi belirginleşir ve birbirinden kolayca ayırt edilebilir duruma gelir. Endospermde hücre bölünmesi neredeyse tamamlanmış üzeredir. Hem hücre sayısının hem de hücrenin hacimsel artışından dolayı, tanede irileşme devam eder. Çünkü tanede nişasta birikimi artmaktadır.

R2 döneminde olduğu kadar şiddetli olmasa da R3 döneminde de yapraklardan taneye karbonhidrat sevkiyatında sorun yaşanır, tane dolmama dönemlerini tamamlayamaz ve özellikle koçan uçlarında döllenmiş fakat gelişmemiş taneler meydana gelir (kernel abortion).

R3 döneminde, koçan püskülü tamamen kurur. Fakat koçan ucunda kurumuş püsküller, hala dökülmezler.

R3 dönemi, yaklaşık 8-10 gün sürer ve bu dönem **kebablık (közde) mısır** dönemi olarak ta bilinir.



R3 döneminde koçan püskülleri tamamen kurur



**Appearance of silks**  
**Growth stage R3 (milk)**



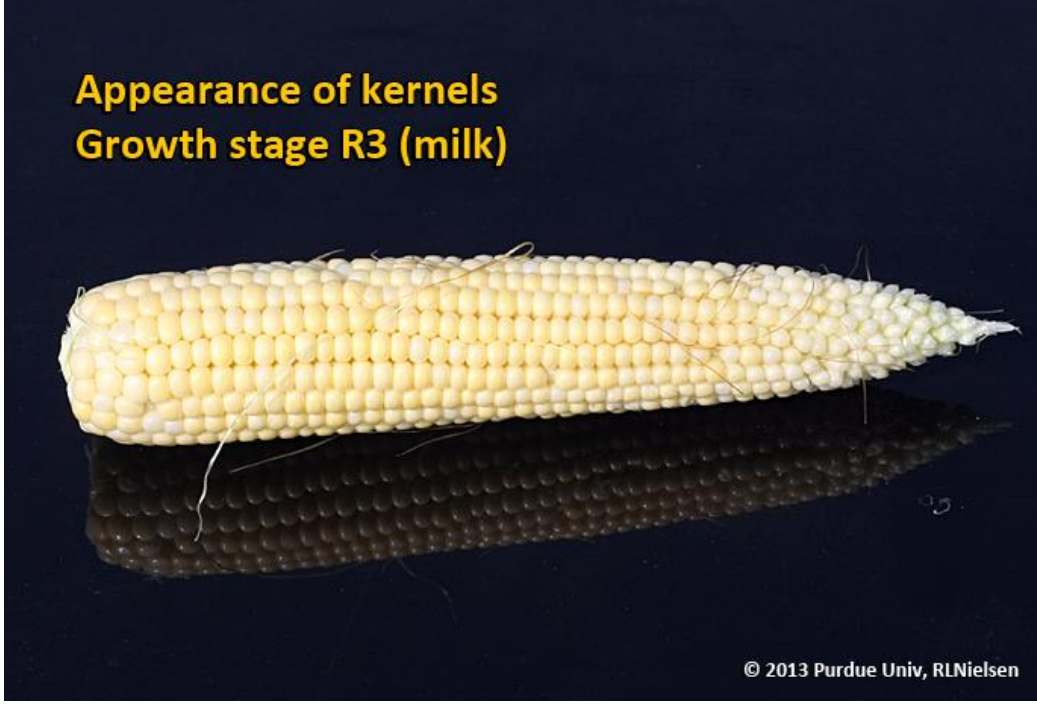
R3 döneminde kuruyan koçan püskülleri hala koçan yapraklarının içerisinde bulunurlar

**Appearance of kernels & silks**  
**Growth stage R3 (milk)**



R3 döneminde taneler açık sarı görülür. Taneler arası boşluklar kapanır. Taneler şişkinleşirler. Tanelerin içi süt rengi ve kıvamındadır.

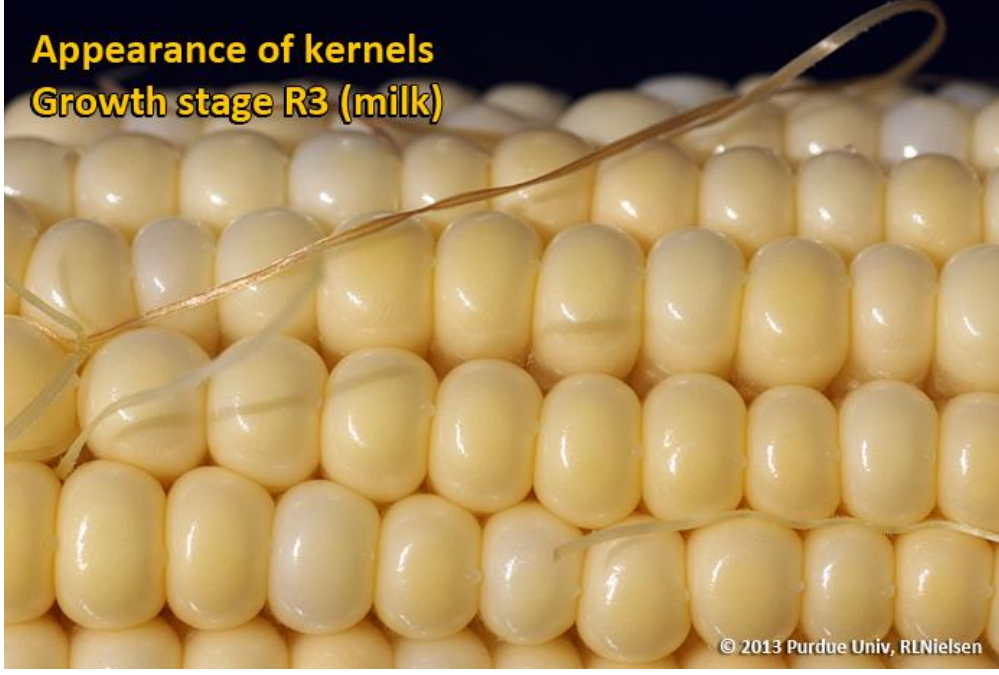




Erken süt olum döneminde (R3) tane beyaz renkli görünür



Geç R3 döneminde tane, açık sarı renklidir. Tanede nişasta ve protein birikimi artıkça, tanenin Şekli Şişkin bir hal alır. Özellikle tanenin tepesinde, bombe oluşur.



R3 döneminde tanenin şişkin görünüşü



R3 döneminde tanenin içerişi süt rengi ve kıvamındadır. Nişasta ve protein birikimi, bu dönemde hızlı ve yüksektir.

**Appearance of cob & kernels**  
**Growth stage R3 (milk)**



Erken R3 döneminde koçanın görünüşü: tanelerin tepesinde hala koçan püskülü izi bulunmaktadır. Tanelerin rengi beyazdır.

**Appearance of kernels**  
**Growth stage R3 (milk)**



Erken R3 döneminde tanelerin tepesinde koçan püskülü izi hala bulunmaktadır. Taneler ikili şekilde somağa başlanmaktadır. Tanelerin rengi beyazdan krem renge dönüşmeye başlar.



## Cross-section view of kernel Growth stage R3 (milk)



R3 döneminde tanede oluşan embriyo, görülebilir şekle ulaşır

### Hamur (sarı) olum dönemi (R4)

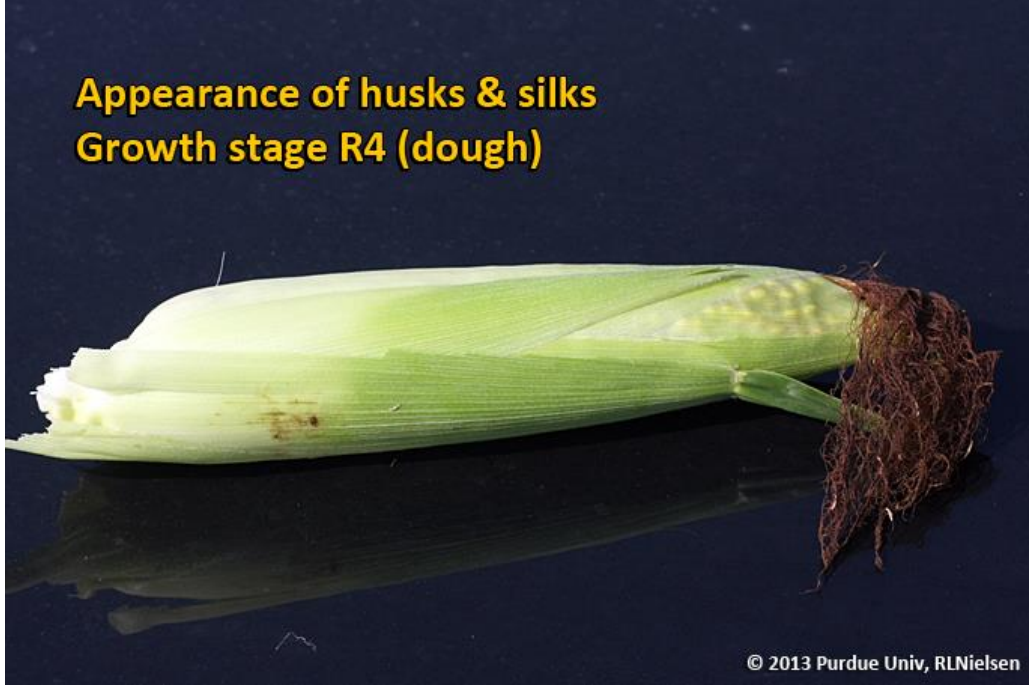
R4 dönemi, döllenmeden yaklaşık 26-32 gün sonra başlar ve yaklaşık 8-10 gün sürer. Tane içi hamur kıvamını ve tane kabuğu kuru sarı rengi alır. Tane içinin rengi başlangıçta krem renginde olup zamanla hamur rengi ve kıvamını alır. Tanenin tepesi süt olum döneminde (R3) dışa doğru şişkin (bombeli) iken hamur olum döneminde (R4) düzleşmeye başlar. Tanede nem oranı %70'ten %60 civarına düşer. R4 döneminin sonuna doğru özellikle koçanın dip kısımlarındaki tanelerin tepeleri, diş (dent) görüntüsü oluşturacak şekilde içe doğru çökmeye başlar. Bunun sebebi tanenin tepe kısmında biriken nişasta, tane tepesinin ortasından tane içine ve/veya kenarlarına doğru taşınır ve nem kaybıyla birlikte tanenin tepesinde çöküntü oluşur. Bu durum, at dişi mısırın (*Zea mays indentata*) karakteristik bir özelliğidir. Somak rengi, genetiksel olarak beyaz, kırmızı veya pembeye dönüşebilir. Koçan yapraklarının kenar ve uç kısımları yavaş yavaş kahverengileşmeye başlar.

R4 döneminde, nişasta birikimi devam eder ve tane kuru ağırlığı, artışını sürdürür. Normal şartlarda tane, kuru ağırlığının yarısına, R4 döneminde ulaşır. R2 ve R3 dönemlerinde yaşanacak bir stres (su ve besin yetersizliği vb.), döllenmiş tanelerin gelişmemesi ihtimalini artırarak, tanenin iriliğini ve ağırlığını olumsuz etkileyebilmektedir.

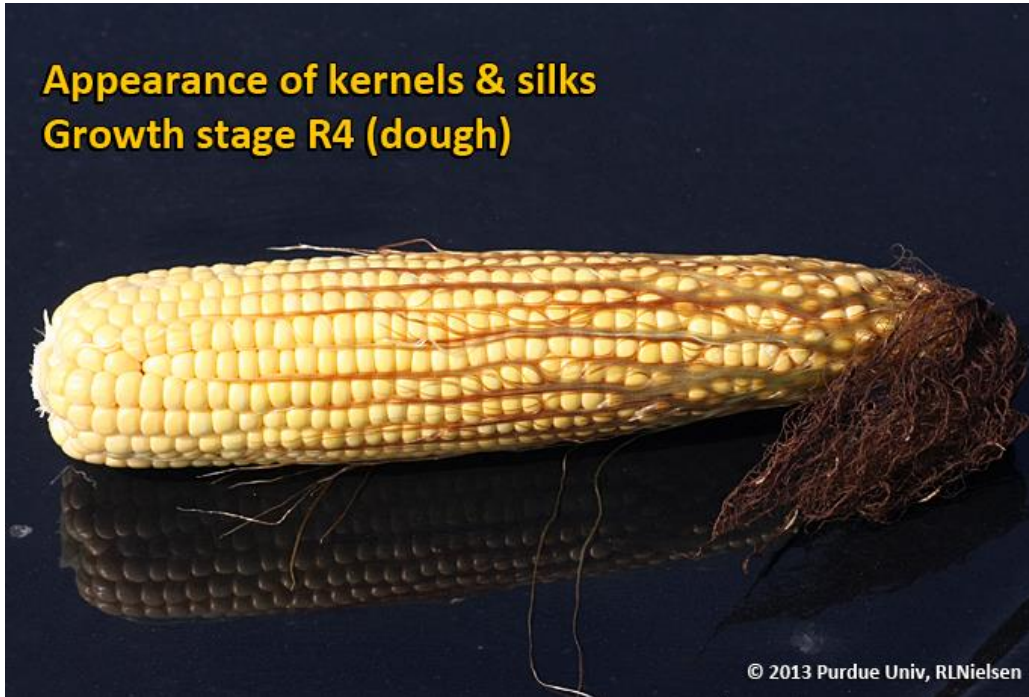


Tanede embriyonal yaprak taslağı sayısı bu dönemde 4'e çıkar.

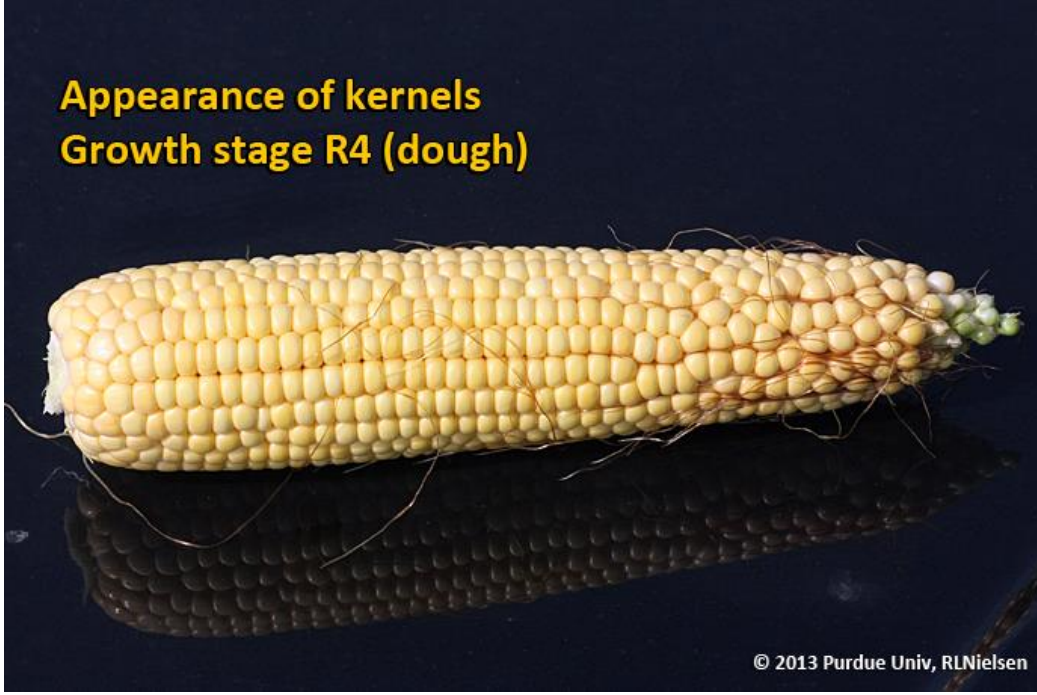
R4 dönemi, haşlamalık mısır dönemi olarak da bilinir.



R4 döneminde koçan yapraklarının uç kısımları incelmeye ve sararmaya başlar



R4 döneminde koçan püskülleri tamamen kahverengiye dönüşerek kurur



Erken R4 döneminde tane rengi açık sarı görünür

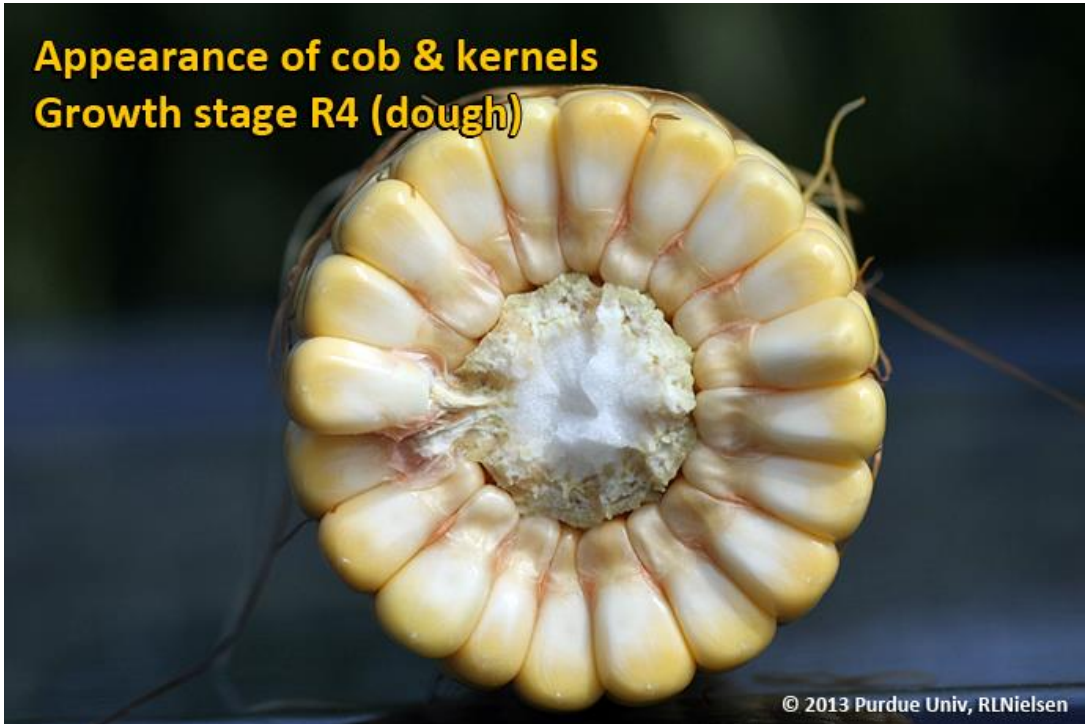


R4 döneminde tane rengi tam sarı renk almaya başlar. Tane için hamur kıvamında ve rengindedir.



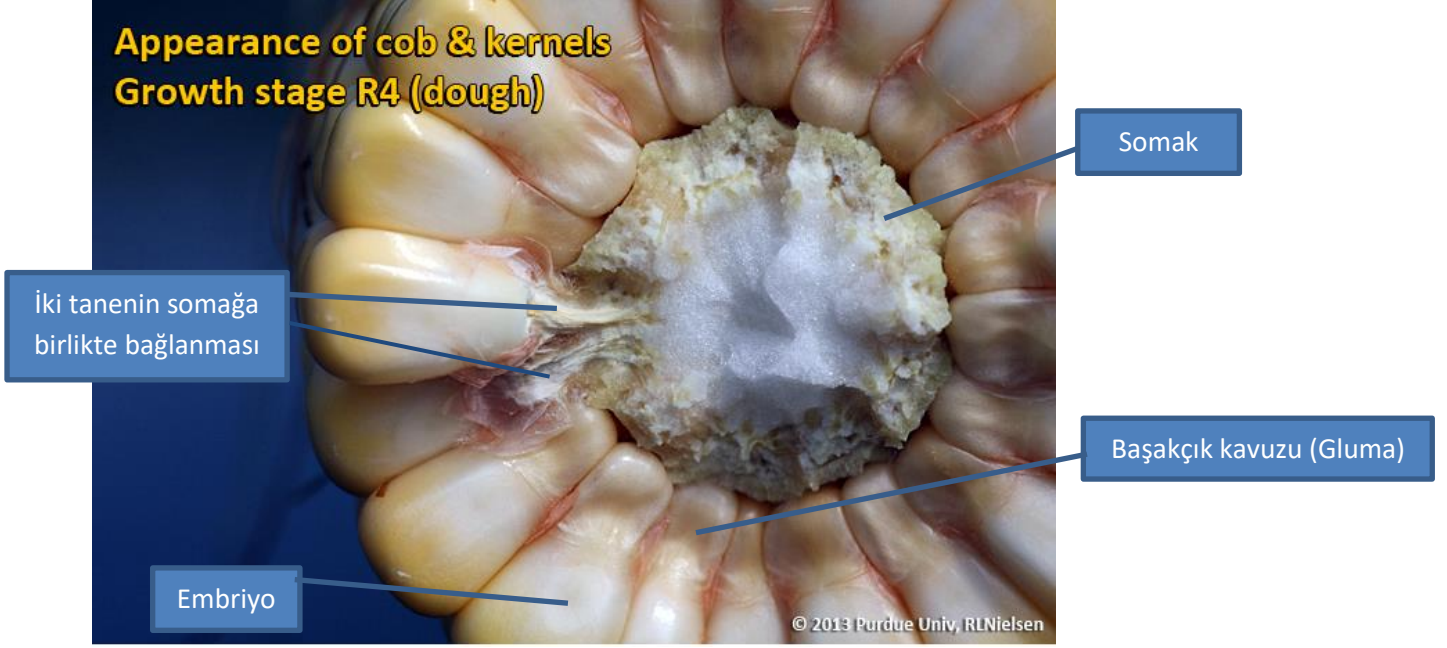


R3 döneminde tanenin tepesi bombeliyken, R4 döneminde tanenin tepesi düzleşmeye başlar



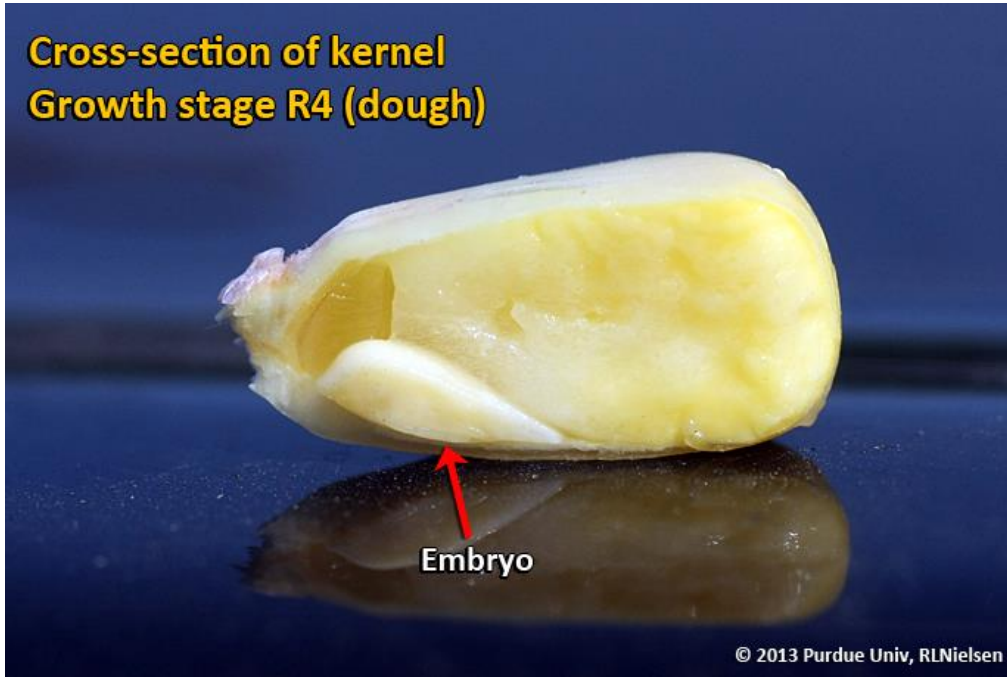
R4 döneminde tanelerin yan kısımlarında köşelerin oluşması

**Appearance of cob & kernels  
Growth stage R4 (dough)**



R4 döneminde koçanın enine kesiti

**Cross-section of kernel  
Growth stage R4 (dough)**



R4 döneminde embriyo gelişimini tamamlamak üzeredir.



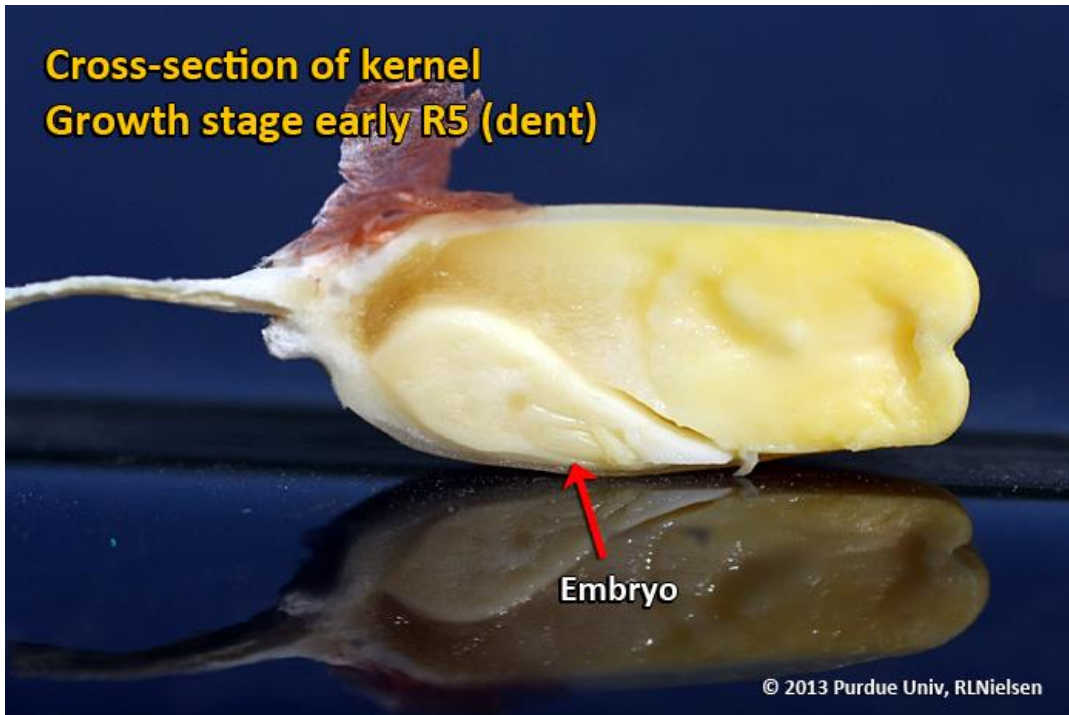
## Diş (dent) olum dönemi (R5)

R5 dönemine, dişlenme dönemi de denilmektedir.

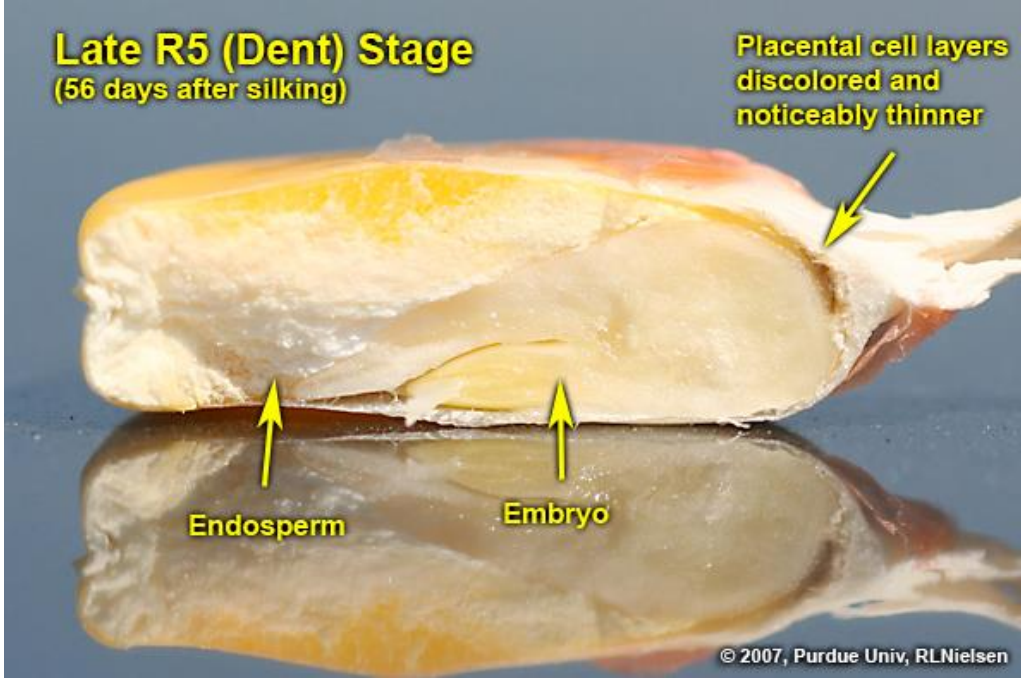
En uzun tane doldurma dönemi olup en fazla nişasta birikimi (%55) bu dönemde olur. Bundan dolayı çok önemli bir dönemdir.

R5 dönemi, döllenmeden yaklaşık 34-42 gün sonra başlar ve yaklaşık 18-22 gün sürer (R5 döneminin bazı kaynaklarda 30 gün sürdüğü bildirilmektedir. Çok geçici çeşitlerde R5 dönemi 1 ay kadar uzun sürebilir). Tane nemi, R5 döneminin başında %55-65 (ortalama %60) civarında iken, diş olum döneminin sonuna doğru %35-45 (ortalama %40) arasına kadar düşer.

Gelişmekte olan embriyoda 5. yaprak taslağı ve birincil kök taslağının (primary root-radicula) hemen üstünde, mezokotil taslağının dip kısmının kenarlarında, kalkancık boğumunun (kotiledon boğumu-scutellar (cotyledonary) node) yan taraflarında, ikincil tohum köklerinin taslakları (secondary-lateral seminal roots) oluşur. Söz konusu embriyonal oluşumlar, R4 döneminin sonuna doğru başlar ve R5 dönemin başlangıcında nihayete erer (Yaklaşık 5-10 gün sürer).



Erken R5 döneminde embriyo gelişimi



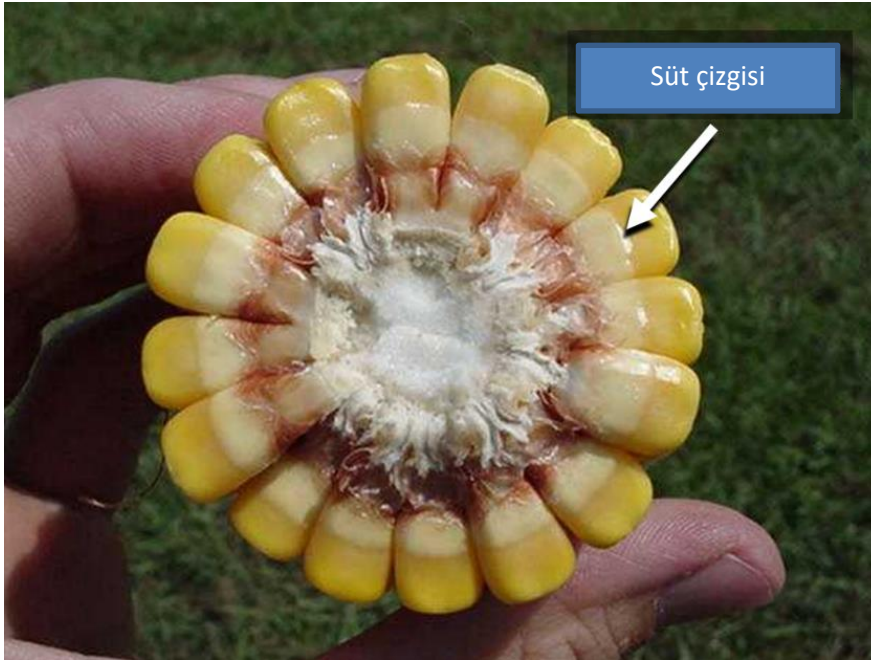
Geç R5 döneminde embriyo gelişimi

R4 döneminin sonuna doğru koçanın dip kısmındaki tanelerin tepelerinde çökme (dent) meydana gelmesiyle başlayan süreç, R5 döneminde hızlanır ve tüm tanelerin tepelerinde çökme gerçekleşir. Bunun yanında R5 döneminde tanede çok daha önemli bir oluşum meydana gelir. Tanenin tepe kısmından (çökmenin olduğu kısım), tanenin dip kısmına (tanenin somağa bağlandığı kısmı) doğru gözle fark edilecek şekilde bir **süt (nişasta) çizgisi oluşur**. Süt çizgisi tane dış döneminde nişasta biriktirdikçe tanenin tepesinden tanenin dibine doğru ilerler.

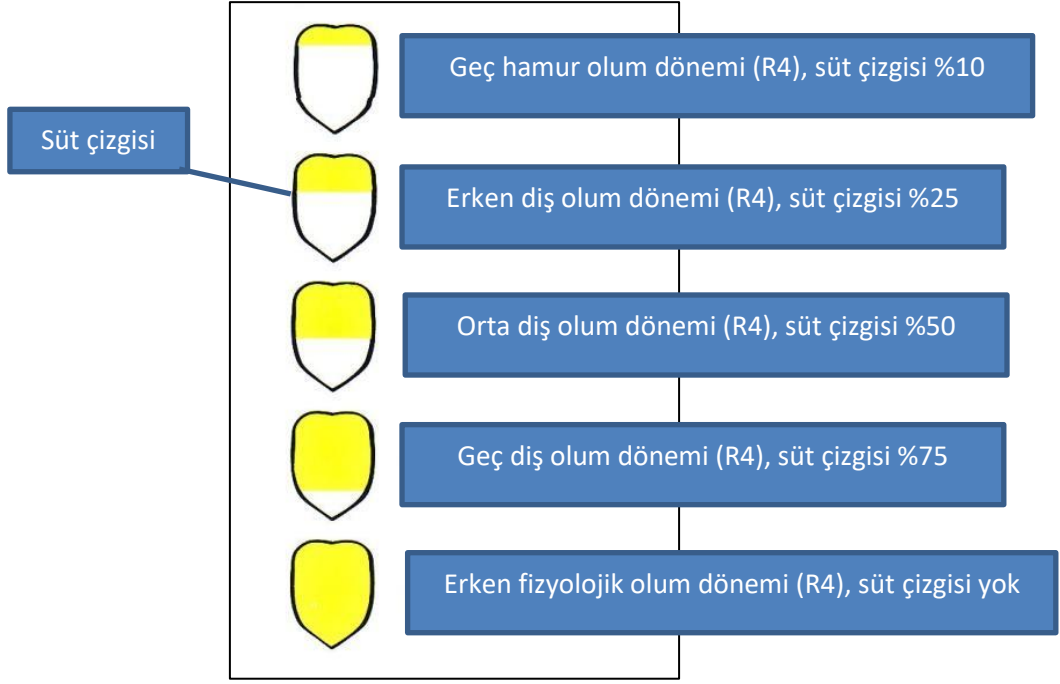


Erken R5 döneminde tanenin tepe kısmının çökerek diş şeklini alması

Tanede süt çizgisini takip etmek için koçanın yaprakları sıyrıldıktan sonra koçan tam ortasından enine ikiye bölünür. Koçanın sapı tarafında kalan koçanın yarı kısmındaki tanelere bakıldığında, taneler dipten orta kısmına kadar beyaz görünür. Bu beyaz kısımda tanenin embriyosu yer alır ve tanenin süt çizgisi değildir. Koçanın diğer yarısındaki tanelere bakıldığında, süt çizgisi görülür. Süt çizgisi, tanede nişasta dolun süreçleri hakkında bilgi vermektedir. Süt çizgisinin oluşmasının nedeni, tanenin tepesindeki nişastanın, tane uç kısmında yer alan nişastadan farklı olmasıyla açıklanabilir. Sarı görünümülü tane kısmında yer alan nişasta sert yapıda iken süt görünümülü kısımda yer alan nişasta ise yumuşak yani hamur kıvamındadır. Zaman ilerledikçe yumuşak nişasta sert görünüm alarak tanede sarılık oranı artar ve süt çizgisi tanenin tepesinden dibine doğru kayar. Nişasta dolun süreci tamamladığında süt çizgisi, tane dibinden kaybolur.



R5 döneminde tanenin tepesinden başlayıp tanenin dibine kadar inen süt çizgisi, dış olum döneminin aşamaları hakkında bilgi verir. Tanenin sarı kısmı nişasta birikiminin tamamlandığını, beyaz (süt) kısmı ise nişasta birikiminin devam ettiğini gösterir.



<https://content.ces.ncsu.edu/forage-conservation-techniques-silage-and-haylage-production>

R5 döneminde tanenin tepesinden dibine kadar ilerleyen süt çizgisi



<http://www.maizex.com/news/blog/tracking-silage-moisture-content>

R5 döneminde süt çizgisi takip edilirken dikkat edilmesi gereken çok önemli bir nokta vardır. Koçan ortadan enine ikiye bölündüğünde koçan sapı tarafında kalan yarı koçanın tanesine bakıldığında (sağdaki foto) tanenin yarısına kadar görülen beyaz kısım süt çizgisi olmayıp, tanenin embriyosunu göstermektedir. Koçanın diğer yarısındaki (soldaki foto) tanelerden görülen beyaz çizgiler süt çizgisini göstermektedir. R5 döneminde koçan üzerindeki tanenin süt çizgisini takip ederken, koçanın sapının hangi yönde olduğunu ve koçanın hangi yarısını incelediğimizi bilmemiz gerekir.



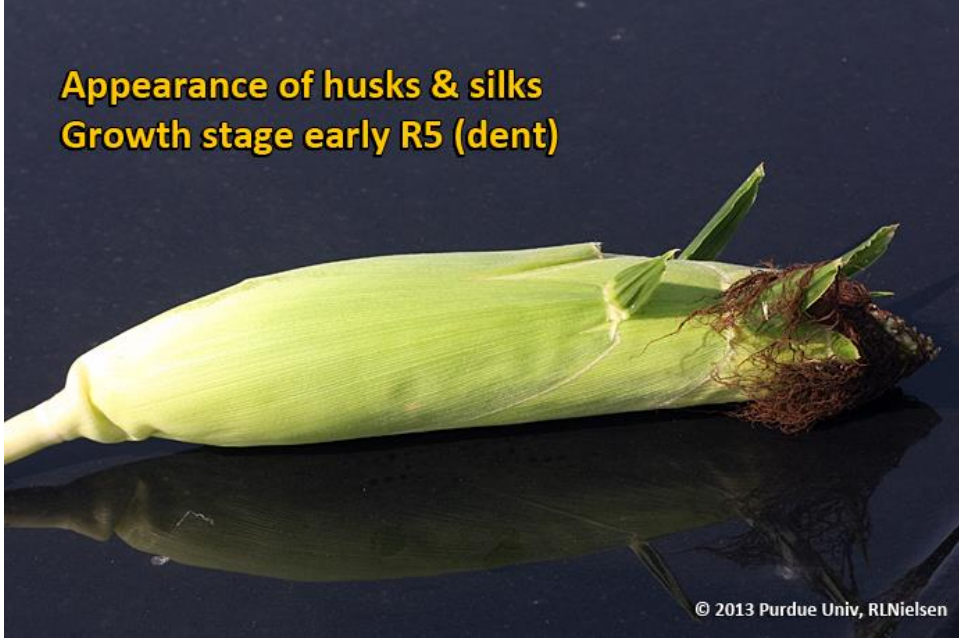
### Süt çizgisi, silaj için uygun biçim zamanını gösterir.

Süt çizgisi, tanenin tepesinden tanenin ortasına (tanenin yarısına kadar yani %50'sine) ulaştığında, tane ve bitki (sap + yaprak) silaj için biçilebilir anlamına gelir. Fakat en uygun silaj biçim aralığı tane süt çizgisinin %50 (tanenin yarısının beyaz, diğer yarısının sarı olduğu dönem) ile %65-70 (tanede beyazlık oranının %30-35, tanede sarılık oranının %65-70) arasında olduğu dönem en uygun silaj biçim zamanıdır. Tane süt çizgisi %50'den fazla yani sarılık oranı %50'den az olduğunda silaj için biçim yapılırsa, silajda (tane + sap + yaprak) kuru madde miktarı yetersiz olmaktadır. Tane süt çizgisi %65-70'den fazla yani tanede beyazlık oranı 30-35'den düşük ve sarılık oranı % 65-70'den fazla olursa, silajın kuru madde oranı yüksek olmasına rağmen silajın hayvan besleme kalitesi düşmektedir. En uygun silaj biçim zamanı, tane neminin %35-45 (ort. %40), bitki (sap + yaprak) neminin %60-70 (ort. %65), tanede kuru madde birikimi %90-95 civarında olduğu zamandır.

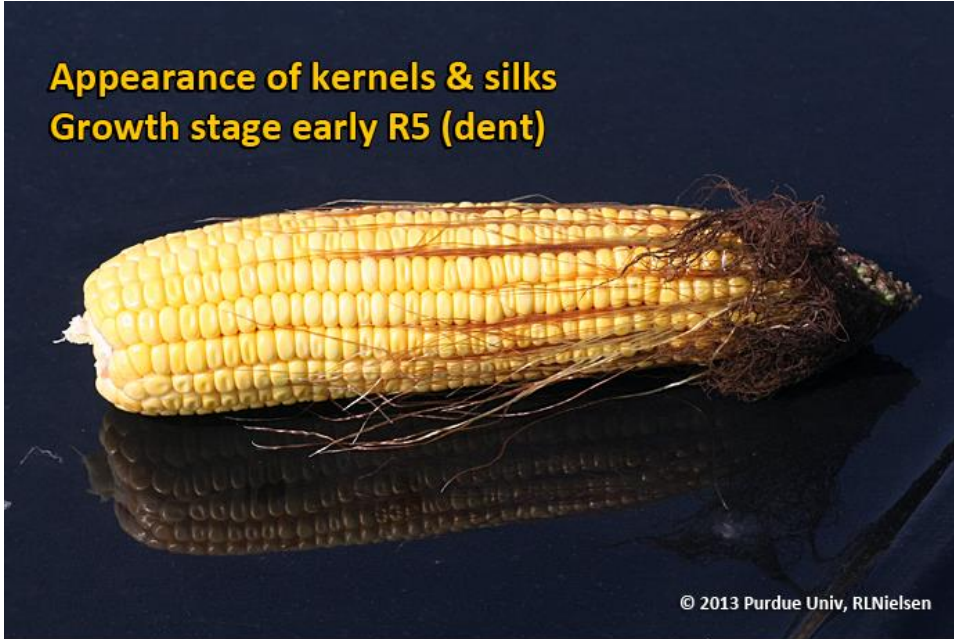
R5 dönemine kadar, tanede ancak %45 oranında kuru madde birikimi olur. R6 dönemine kadar, R5 döneminde tanede %55 oranında kuru madde artışı yapılmaktadır. R5 döneminde tanede nişasta birikimi yüksek oranda ve hızla artmaktadır. Bitkinin bu dönemde strese (özellikle su yetersizliği) girmemesi gerekir.

R5 döneminde bitkinin potasyuma (K) ihtiyacı fazla olmamakla birlikte, önceki tane dolum dönemlerinde alınan K yeterli olabilir. Fakat azot (N) ve fosfor (P) ihtiyacı yüksektir. Süt olum döneminde bitkiye verilecek gübrelerin (N, P, K) R5 döneminde olumlu etkisi görülecektir. Zamansız ve yetersiz sulama, R5 döneminde tanede nişasta birikimini olumsuz etkiler ve koçanda tane ağırlığını ve iriliğini düşürür.

R5 döneminin sonuna doğru tanede süt çizgisi, tanenin dip kısmına ulaşır ve tane tamamen sarı renk alır. Artık tanede kuru madde birikimi (nişasta) %97 oranına yaklaşır. Embriyonal tüm organlar gelişimini tamamlar. Tane, son olum dönemi olan fizyolojik olum dönemine (R6) girmeye hazır hale gelir.



Erken R5 döneminde koçanın görünüşü. Koçan yapraklarının uç kısımları sararmaya başlar.



Erken R5 döneminde koçan üzerinde tanenin görünüşü. Koçanın dip kısmındaki tanelerin tepelerinde dış şekilde çöküntü oluşur. Koçan püskülleri kurur.

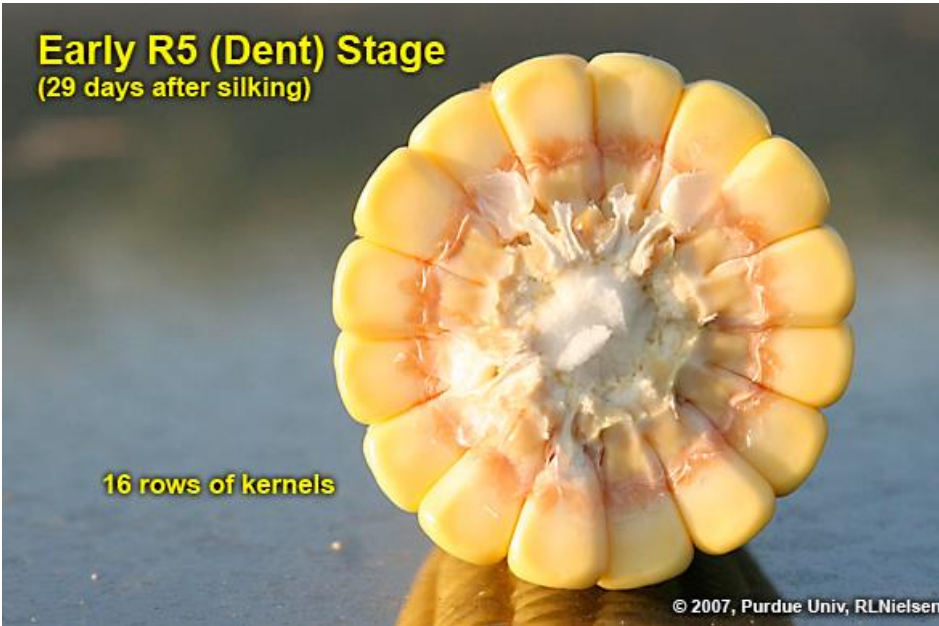
**Appearance of kernels  
Growth stage early R5 (dent)**



© 2013 Purdue Univ, RLNielsen

Erken R5 döneminde koçanın görünüşü. Koçanın uç kısmında döllenenmemiş kısım oluşabilir. İklim ve yetiştirme tekniklerinin yetersizlikleri döllenenme eksikliğine ve tane doluluk süreçlerinin aksamasına neden olabilir.

**Early R5 (Dent) Stage  
(29 days after silking)**



**16 rows of kernels**

© 2007, Purdue Univ, RLNielsen

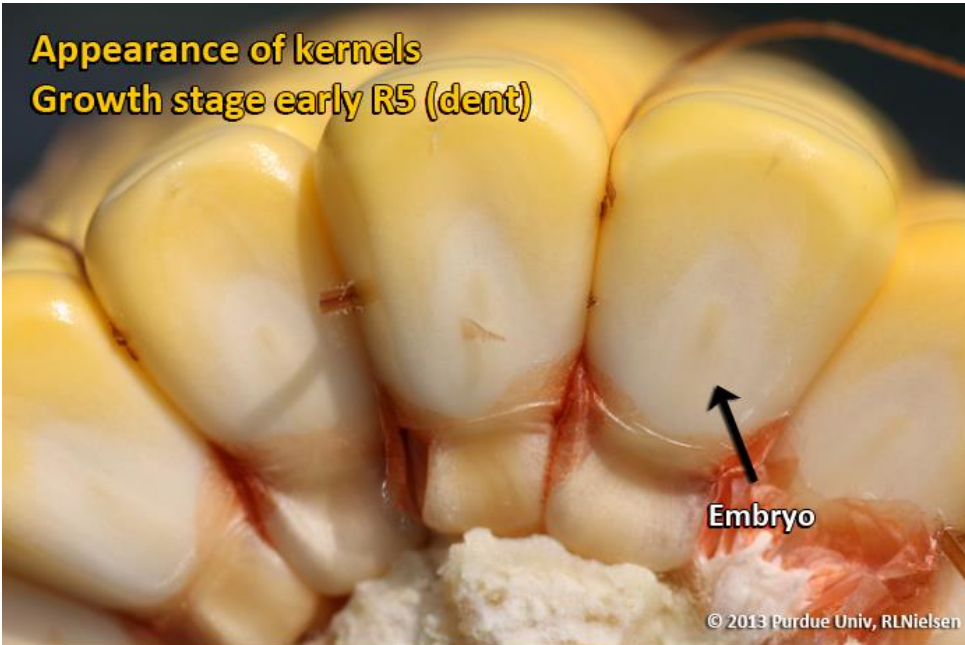
16 sıralı bir koçanın erken R5 döneminde tanede süt çizgisinin oluşması. R5 döneminin başında, süt çizgisi tanenin tepe kısmında oldukça yakındır.

**Appearance of cob & kernels**  
**Growth stage early R5 (dent)**



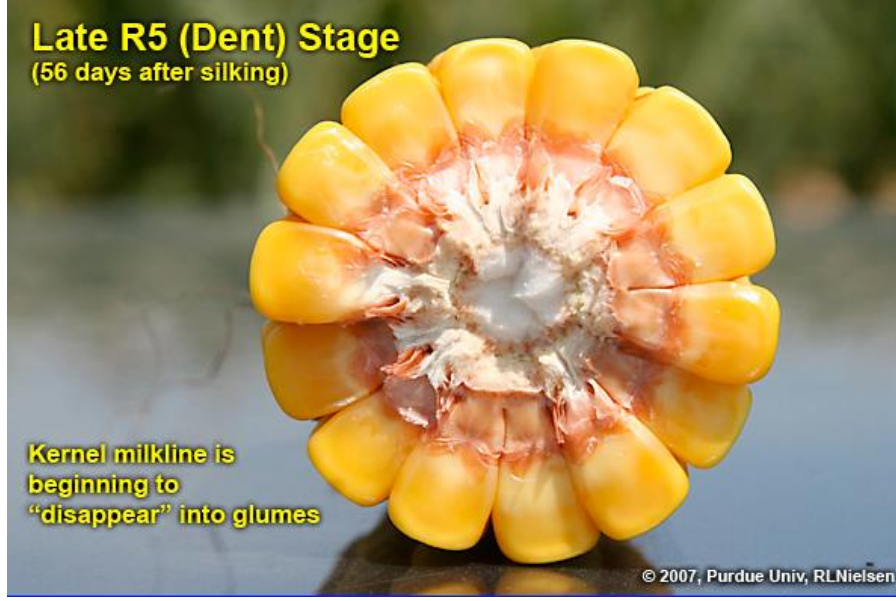
R5 döneminde tanede görülen beyaz dokular (tanenin embriyosu), bazen süt çizgisi ile karıştırılmaktadır. R5 döneminde süt çizgisinin takip edilmesi için koçan tam ortasından enine ikiye bölünür. Koçan sapı tarafında kalan yarım koçanın taneleri üzerindeki beyaz dokular, tanelerin embriyolarıdır. Koçanın diğer yarının üzerindeki beyaz kısımlar ise süt çizgisini göstermektedir.

**Appearance of kernels**  
**Growth stage early R5 (dent)**



R5 döneminde tanenin embriyosunun görünüşü.





Geç R5 döneminde süt çizgisi tanenin dibine kadar iner. Tane artık fizyolojik olum dönemine (R6) geçişe hazırlanmaktadır.

### **Fizyolojik olum dönemi (R6)**

R6 dönemi, yaklaşık 4 ile 7 gün arasında sürmektedir. R5 (18 ile 22 gün) ile R6 (4 ile 7 gün) dönemleri birlikte değerlendirildiğinde yaklaşık 28-30 gün sürmektedir.

Tüm tane olum dönemlerinin (R1, R2, R3, R4, R5 ile R6) toplam süreleri 50 ile 70 gün (ortalama 60 gün) arasında değişebilmektedir. Çeşidin genetiksel olarak olgunlaşma süresi (erkenci veya geçci), yetiştirme teknikleri (sulama, gübreleme vb.), iklim (yağış, kuraklık, yüksek ve/veya düşük sıcaklık vb.) ve toprak gibi pek çok faktör, tane dolun/olum sürelerini değiştirebilmektedir. R6 döneminde tane maksimum kuru madde ağırlığına ulaşır.

### **Tanenin fizyolojik olum dönemine (R6) girip girmediği nasıl belirlenir?**

Tanenin koçana bağlandığı yani endospermin dip kısmı ile pedicel (tanenin ya da dişi çiçeğin kısmı) arasındaki vascular (iletim) borularının bulunduğu kısımda siyah nokta/tabaka oluşur.

**Koçanın uç kısımlarındaki tanelerde ilk önce siyah tabaka oluşur.** Zamanla koçanın orta ve en son olarak dip kısımlardaki tanelerde siyah tabaka oluşur. Siyah tabaka, taneye yapraklardan fotosentez asimilantlarını taşıyan iletim demetlerinin fizyolojik olarak yaşlanması ve ölmesiyle (apoptosis = programlanmış hücre ölümü) gerçekleşir. Tane koçandaki dişi çiçeğe pedicel (sap) ile bağlıdır. Pedicel ile tane arasında bağlantıyı sağlayan iletim demetlerinde karbon birikimi meydana gelir ve biriken karbon siyahlaşarak bir tabaka oluşturur.

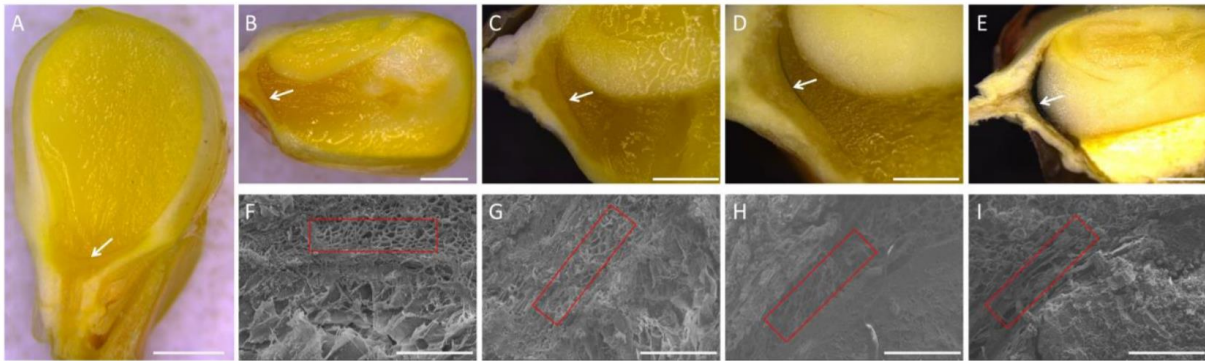
Siyah tabaka, tanenin R6 dönemine girdiği göstermektedir. Siyah tabaka, endospermin dip kısmında yer alan transfer tabakası (BETL) ile pedicelin iç epidermis tabakası arasında yer alan bir sıra hücre katmanından oluşur. Siyah tabaka, plasenta-şalaza (PŞ) katmanının endosperm tarafındaki üst kısmıdır (Int. J. Mol. Sci. 2020, 21, 1369).

Endospermin besin maddesi ve su iletimini sağlayan ve dipte yer alan BETL tabakası ile pedicelin phloem iletim borularının kesiştiği kısımda plasenta-şalaza (PŞ) katmanı bulunur. PŞ katmanının görevi, fotosentez asimilantlarını, besin maddelerini ve suyu geliştirmekte olan taneye endospermin BETL tabakası ile iletmektir.

Fotosentez asimilantları içerisinde **sükrozun** (yaygın adıyla çay şekeri) ayrı bir önemi vardır. Tanenin endospermde sükroz birikiminin herhangi bir nedenden (düşük veya yüksek sıcaklık, kuraklık vb.) dolayı sekteye uğraması, tanenin erken fizyolojik oluma girmesine yani tanede siyah tabakanın oluşmasına neden olduğu belirlenmiştir.

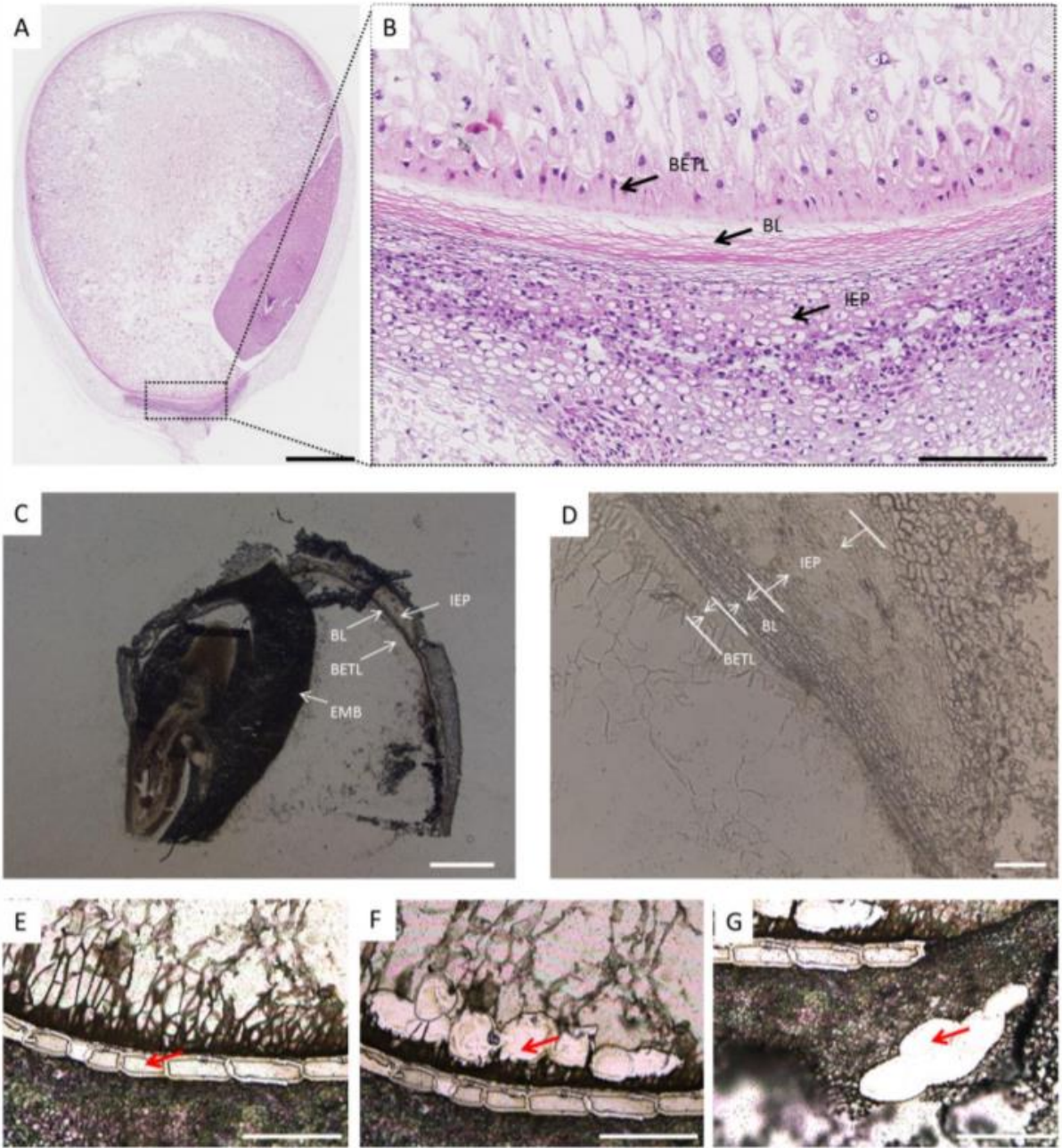
<https://www.pioneer.com/us/agronomy/kernel-black-layer-formation.html>

Normal şartlarda R6 döneminden önce yaklaşık 2 hafta önce PŞ katmanındaki hücrelerin içeriklerinde azalmaların başlamasıyla birlikte hücrelerde hacimsel bir daralma meydana gelmektedir. İlerleyen aşamalarda endospermin BETL tabakasındaki hücrelerin sitoplazmaları ve çekirdekleri parçalanarak kaybolmaya başlamakta (apoptosis) ve özellikle bu parçalanmış kısımlar embriyoda kullanılmaktadır. Fenolik bileşiklerden musilaj ve pektinler, pedicelin endosperme yani phloemin parankima dokusuna bağlanan PŞ katmanındaki hücrelerin faaliyetlerini engellemeye başlarlar ve 4-7 gün içerisinde siyah tabaka oluşumu gerçekleşir (ISBN 9780367019211).



Int. J. Mol. Sci. 2020, 21, 1369; doi:10.3390/ijms21041369

Tanenin farklı büyüme ve gelişim dönemlerinde siyah tabakanın oluşumu: Fotolar (A-E) sırasıyla tozlanmadan 10, 20, 30, 40 ve 50 gün sonra siyah tabakanın oluşum aşamaları (beyaz oklar); Fotolar (F-I) sırasıyla tozlanmadan 20, 30, 40 ve 50 gün sonra siyah tabakanın dokusundaki değişimler (kırmızı dikdörtgen)



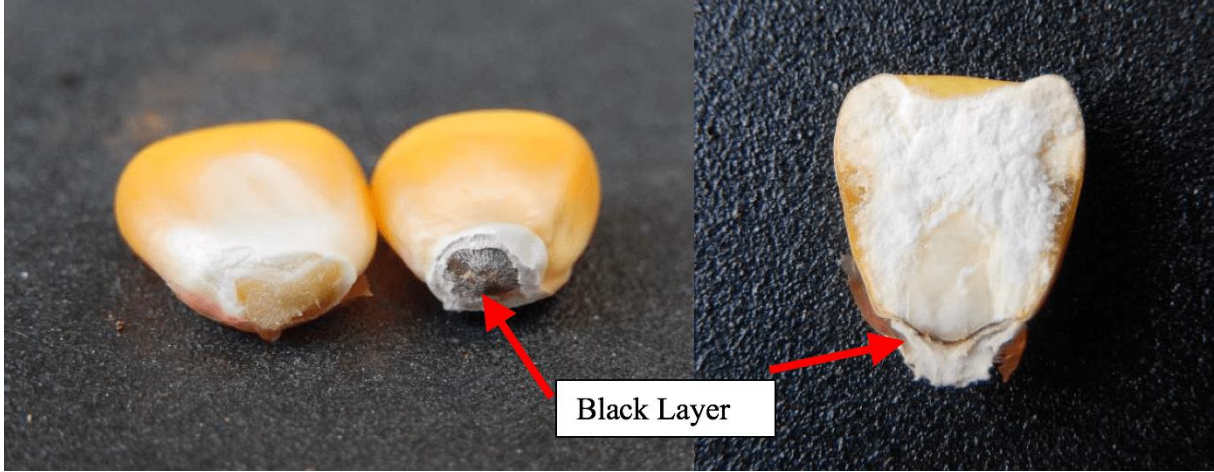
Int. J. Mol. Sci. 2020, 21, 1369; doi:10.3390/ijms21041369

Siyah tabakanın tanede bulunduğu kısım: Siyah tabaka (BL) endospermin dip kısmının (BETL), hemen altında ve pedicelin iç epidermis tabakasının (IEP) hemen üstünde yer alır (Fotolar A, B, C ve D); Siyah tabaka tek sıra hücre katmanından oluşur (Foto E, kırmızı ok); Endospermin dip kısmında yer alan transfer tabakası (Foto F, kırmızı ok); Pedicelin iç epidermis katmanı (Foto G, kırmızı ok)

Koçandaki tanelerin en az %75'inde siyah tabaka oluştuğunda, tanenin R6 dönemine girdiği kabul edilir. Mısır üretimi yapılan tarlanın en az 10 farklı yerinden koçanlar alınarak ortasından enine kırılır ve tanenin hem süt çizgisine hem de tanenin koçana bağlandığı dip



ucunda siyah tabakanın oluşup oluşmadığına bakılır. **Koçan ortasındaki tanelerde siyah tabaka görüldüğünde sulamaya son verilir.** Daha fazla bilgi için bu e-kitabın sulama kısmına bakınız.



<https://cornsouth.com/uncategorized/when-can-corn-irrigation-be-terminated/>

Tanede siyah tabakanın oluşması (Fizyolojik olum (R6) döneminin başladığını göstermektedir)

Siyah tabaka ile fizyolojik olum (R6) dönemi, çoğunlukla eş anlamlı olarak kullanılır. Fakat bazı durumlarda siyah tabaka, bitkinin fizyolojik olgunluğa ulaştığının göstergesi olmayabilir. Örneğin, genetik olarak siyah tabakanın rengi açık gri, kahverengi ile siyah arasında değişebilir. Böyle bir durumda siyah tabakanın ne zaman başladığını belirlemek zor olmaktadır. Tane nem oranını siyah tabaka ile tahmin etmek diğer bir zorluktur. Biyotik ve abiyotik çevresel faktörlerden dolayı (sıcaklık, kuraklık, hastalık ve zararlılar vb.) erken siyah tabaka oluşabilir ki böylesi durumlarda fizyolojik olumun (R6) daha sonra oluşması beklenir. Fizyolojik olum (R6), tanede nem kaybı ve tanenin fizyolojik olarak tohum olmaya hazırlanması aşamalarını kapsar.

R6 döneminde tanede nem %25-40 arasında olup çoğunlukla %30-35'ler civarındadır.

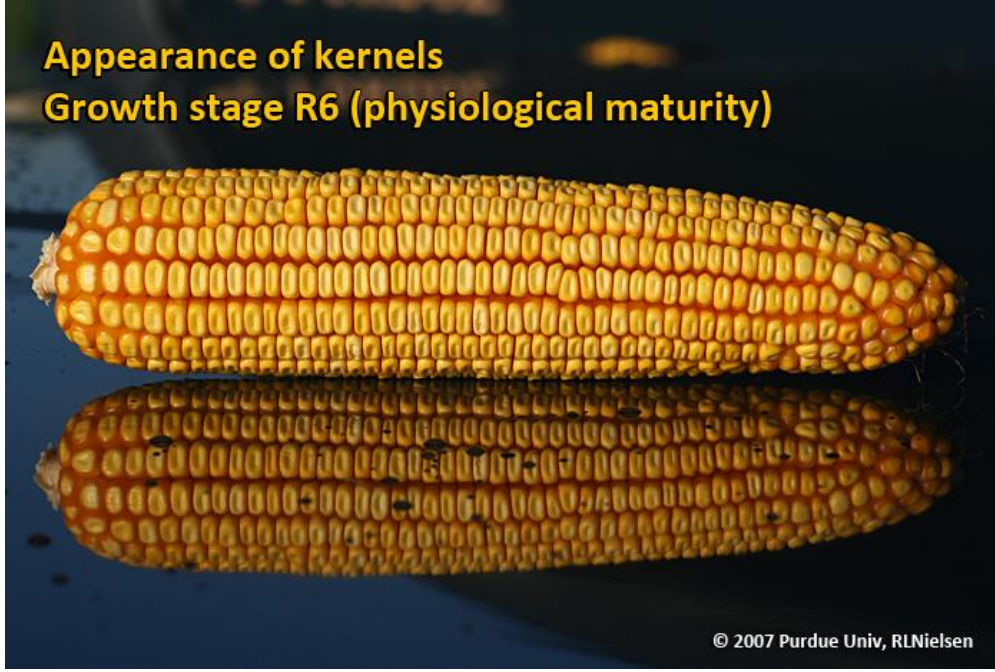
Fizyolojik olgunluğa ulaşma, tanenin gelişimini tamamlaması anlamına gelir.

### **Tane mısır ne zaman hasat edilmelidir?**

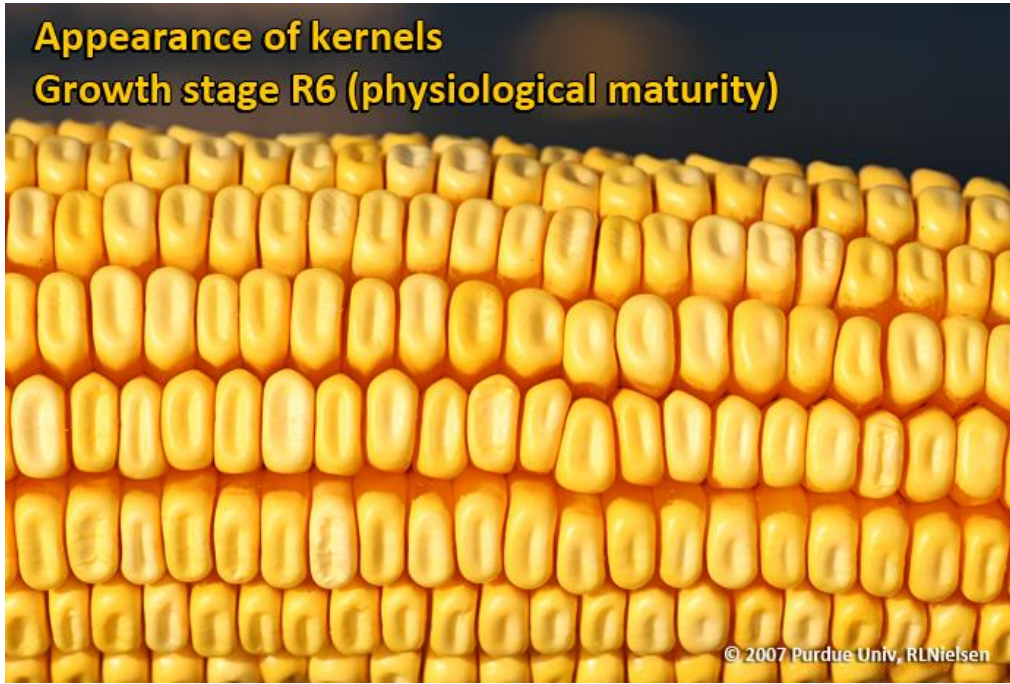
Mısırın büyüme ve gelişme dönemlerinin ortaya konduğu ABD Iowa Eyalet Üniversitesi sisteminde bu sorunun yanıtı yoktur. Dolayısıyla hasat olum dönemi adıyla yeni bir dönem ilave ettik. Hasat olum döneminin mısırla ilgilenen tüm kesimler tarafından zaten bildiğinin farkındayız. Fakat asıl sorun, mısır çeşitlerinin yetiştirme gün sayıları belirlenirken, fizyolojik



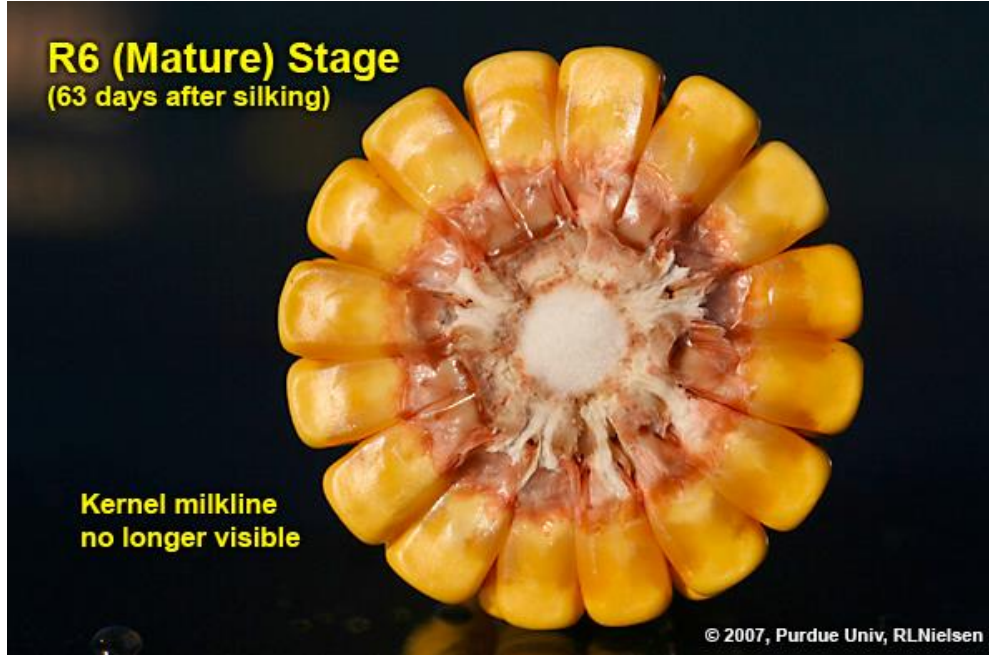
(R6) olum döneminin mi yoksa hasat olum döneminin mi? dikkate alındığıdır. Bu sorunun yanıtı, ülkemizde yetiştirilen mısır çeşitleri için sanılanın aksine kolay değil biraz karmaşıktır.



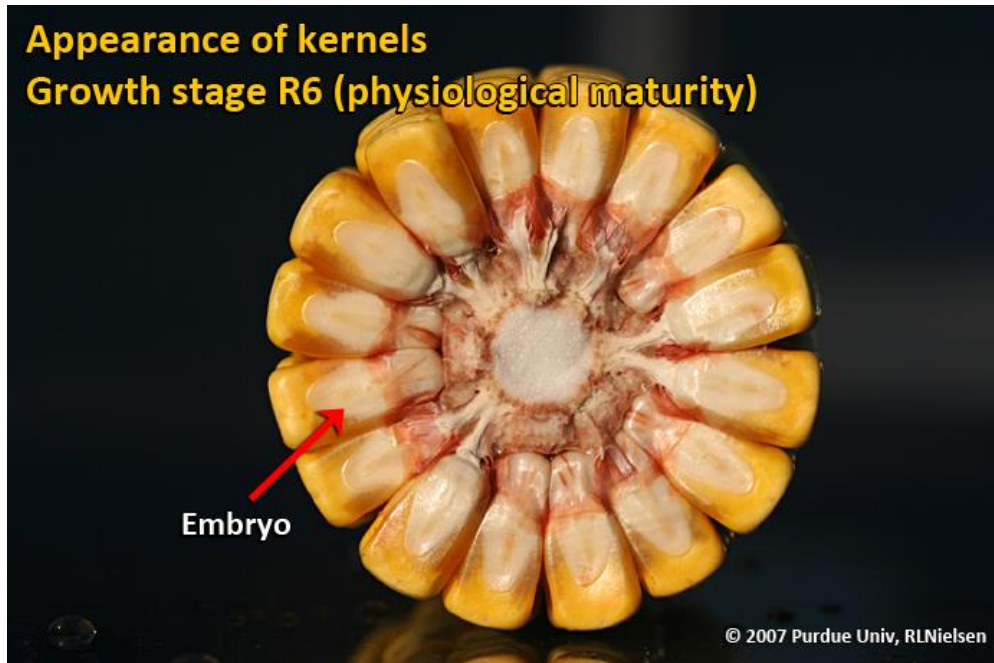
Fizyolojik olum (R6) döneminde koçanın görünüşü



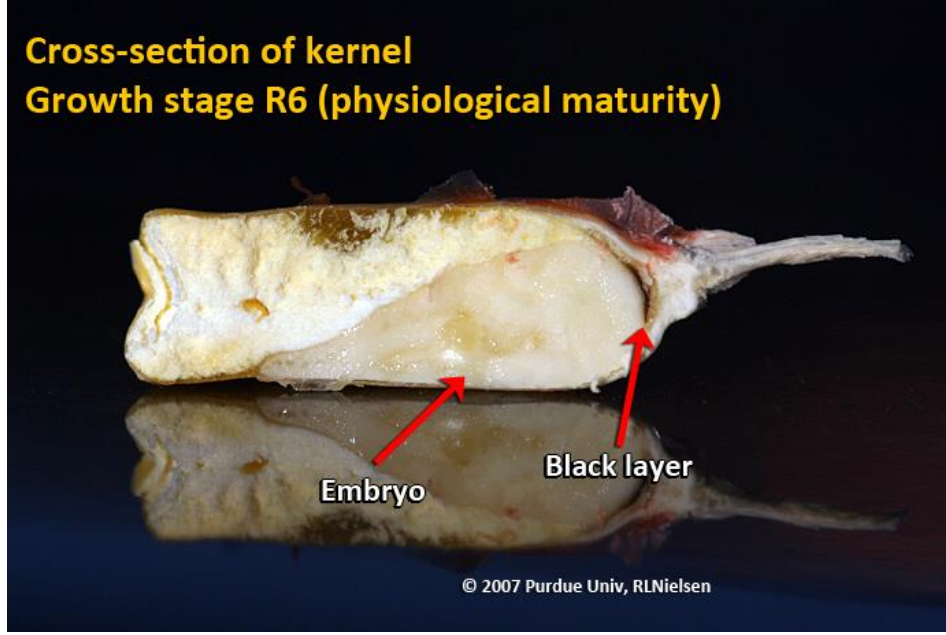
Fizyolojik olum (R6) döneminde koçan üzerindeki tanelerin görünüşü



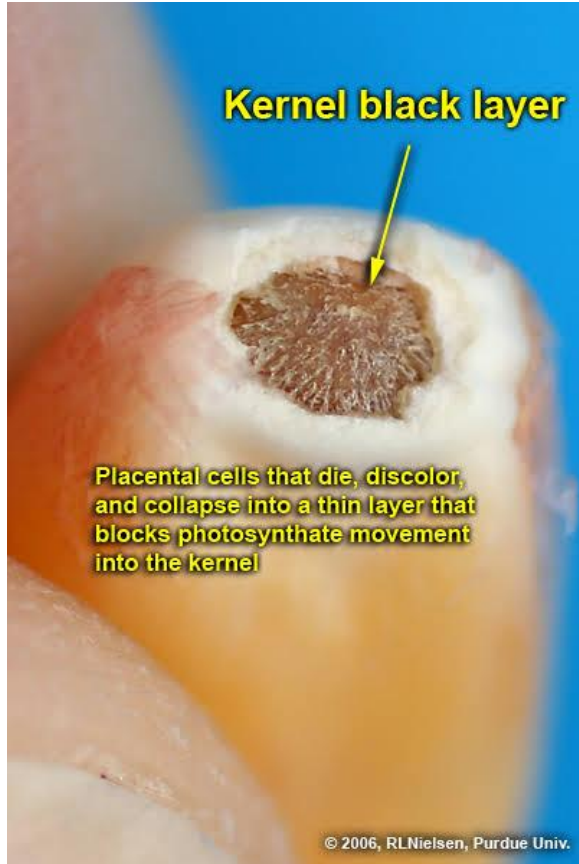
Fizyolojik olum (R6) döneminde koçanın enine ortadan ikiye bölünmesi ve tanelerin süt çizgisinin kaybolduğunu gösteren kesiti



Fizyolojik olum (R6) döneminde koçanın enine ortadan ikiye bölünmesi ve tanelerin embriyolarını gösteren kesiti

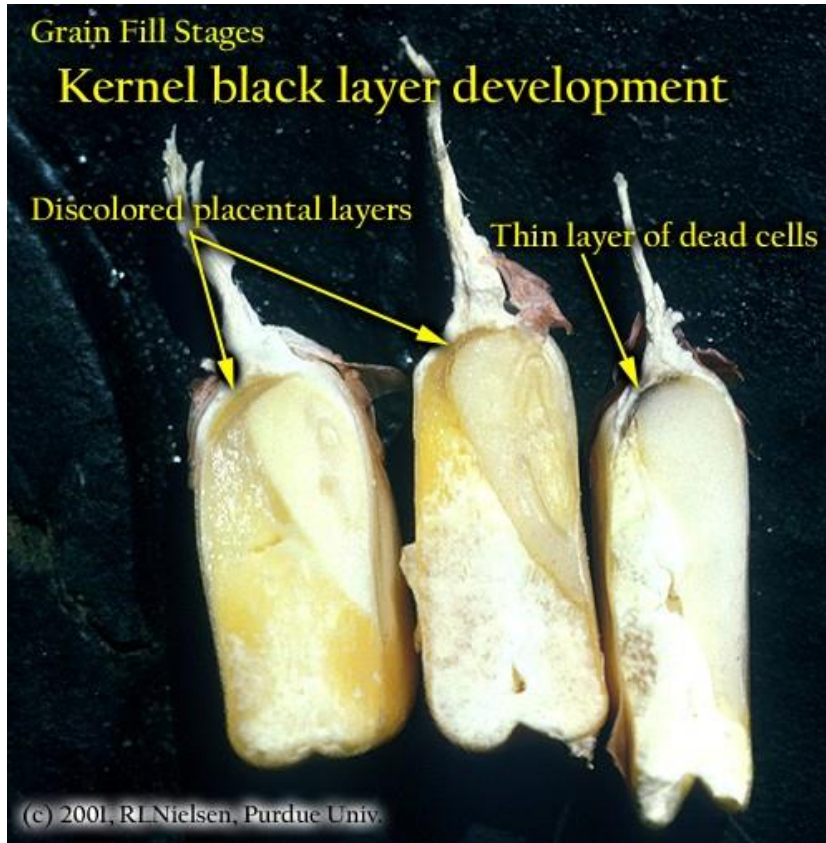


Fizyolojik olum (R6) döneminde tanenin boyuna kesiti: tanenin embriyosu ve siyah tabakanın görünüşü

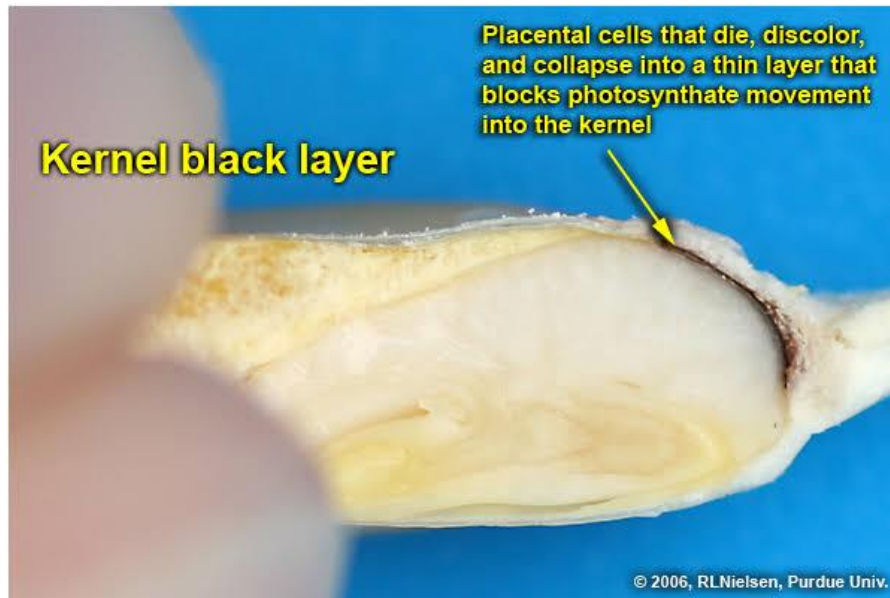


Tanenin koçana bağlandığı yerde oluşan siyah tabaka: çeşit özelliği olarak rengi siyah olmayabilir. Örneğin bu fotoğrafta kahverengi tabaka oluşmuştur.



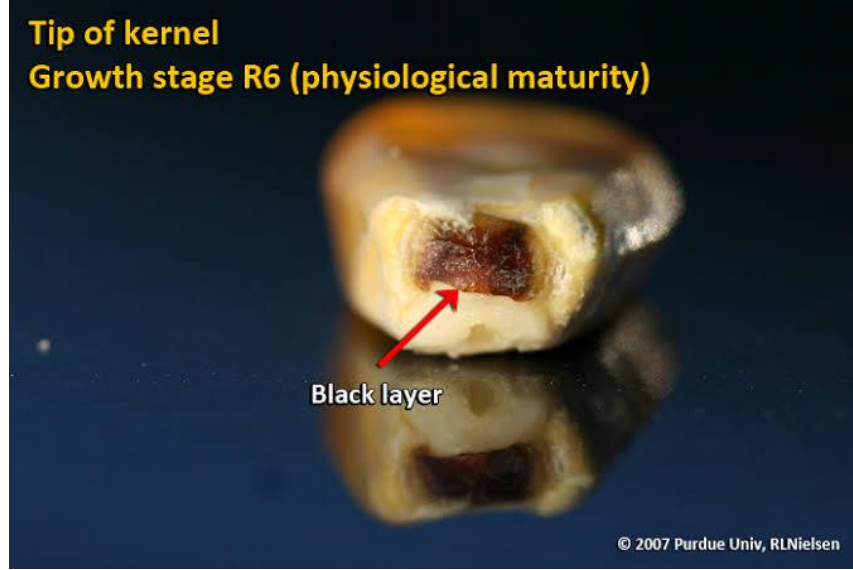


Soldan sağıa doğru: Hamur (R4), dış (R5) ve fizyolojik (R6) olum dönemleri



Tanede siyah tabakanın görünüşü





Tanede siyah tabakanın görünüşü



<https://flacrops.com/2016/07/29/black-layer-and-harvesting-corn/>

Tanelerin koçana bağlandığı kısımda oluşan siyah tabaka (Fizyolojik (R6) olum döneminin göstergesi olarak kabul edilir)

## Hasat olum dönemi

Tane mısırın hasat edilebilmesi için tanedeki nem oranı ne kadar olmalıdır?

Bu sorunun yanıtını bulabilmek için TMO'nun mısır alım baremine bakmak gerekir. TMO'nun 2019 yılı alım baremine göre mısırın tane nem oranı % 14 ve altında ( $\leq$  %14) olması gerekir. Yüksek nem oranlarında ( $>$  %14) alım fiyatı düşürülmektedir

(<http://www.tmo.gov.tr/Main.aspx?ID=131>). TMO, tane nem oranı %14.1 ile %28 arasında olan mısırın alımını, nem oranına bağlı olarak fiyat indirimi uygulayarak gerçekleştirmektedir. Örneğin %18 tane nemine sahip bir mısırı, yaklaşık %10 fiyat indirimi yaparak alırken, %20 tane nemli mısırı %15 indirim ve %28 tane nemli mısırı ise %35 civarında fiyat indirimi yaparak satın almaktadır. Görüldüğü gibi tane nemi artıkça TMO'nun mısır alım fiyatı düşmektedir. TMO, mısırın kalite sınıflandırmasında tane nemini bir kriter olarak kullanmasa da mısırın pazar değerini belirleyen en önemli kriterin tane nem olduğu açıktır.

R6 döneminde mısırın tane nemi %25-40 arasında (ortalama %30-35) seyrederek. Fakat tane hasadı için en uygun nem %14-15 civarındadır. Tarla şartlarında %30-35 tane nemini, %14-15 civarına indirmek kolay değildir. Taneden günlük nem kaybı, çeşide ve iklim şartlarına bağlı olarak değişir. Bazı çeşitler genetiksel olarak daha kolay nem kaybedebilmektedir.

Yağışların sık ve yoğun olması, son suyun geç verilmesi, sıcaklığın düşmesi (kapalı soğuk/serin havalar) vb. gibi çevresel faktörler ve yanlış yetiştirme teknikliği uygulamaları tane nem kaybının hızını yavaşlatmaktadır.

**Ülkemizde mısırın, fizyolojik olum (R6) ve hasat olum dönemlerinde tanede günlük nem kaybının ne kadar olduğuna dair net bilgi yoktur.**

ABD'de yapılan çalışmalarda tane nem kaybının günlük %0.25 ile %1 arasında değiştiği bildirilmektedir. Sıcak, hafif rüzgârlı ve yağışsız havalarda nem kaybı günlük %0.5 ile %1 arasında değişirken, serin ve hafif yağışlı havalarda günlük nem kaybı %0.25 ile %0.5 arasında seyretmektedir. Soğuk ve bol yağışlı havalarda ise nem kaybı durma noktasına ulaşmaktadır. <https://crops.extension.iastate.edu/cropnews/2017/09/corn-grain-dry-down-field-maturity-harvest>

ABD'deki bulgulara göre fizyolojik olum (R6) döneminde örneğin % 30 civarında tane nemine sahip bir mısır çeşidinin, en uygun tane hasat nemi olan %14'e ulaşabilmesi için tanede günlük nem kaybı % 1 olduğunda yaklaşık 16 gün, nem kaybı günlük %0.5 olduğunda yaklaşık 32 gün, nem kaybı günlük %0.25 olduğunda yaklaşık 64 günün geçmesi gerekmektedir.

Görüldüğü gibi matematiksel olasılıklar üzerinden gidildiğinde neredeyse mısırın hasat olum dönemine ulaşması imkânsız gibi görünmektedir. Fakat gerçekte tarla şartlarında günlük tane nem kayıpları değişmekte ve modern mısır çeşitleri genetiksel olarak hasada yakın zamanda nem kayıplarını artırabilecek şekilde geliştirilmektedir.

Ülkemizde yetiştirilen mısır çeşitlerinin hasat olum süreleri hangi kriterlere göre belirlenmektedir?

Mısır çeşitlerinin yetiştirme gün sayıları fizyolojik olum (R6) süresine göre mi yoksa hasat olum süresine göre mi belirlenmektedir? Örneğin mısır çeşitlerinin tohumunu pazarlayan bir kurumun/şirketin, size bir mısır çeşidinin yetiştirme gün sayısını, yaklaşık 140 gün olarak bildirdiğini düşünelim. Söz konusu mısır çeşidinin 140 günlük yetiştirme gün sayısı, çıkış tarihinden (ekim tarihi değil %50 çıkışın olduğu tarih dikkate alınmalıdır) itibaren fizyolojik olum (R6) dönemine kadar geçen gün sayısı mı? yoksa çıkıştan hasat olum dönemine kadar geçen gün sayısı mı? alınarak belirlenmiştir? İstisnasız tüm kurumlar/şirketler fizyolojik olum dönemine göre belirlendiğini ifade edeceklerdir. Ülkemizde bazı yıllarda ve bölgelerde fizyolojik olum süresine göre yapılan hesaplamalardan dolayı, mısır hasadında çok ciddi ürün kayıpları yaşanmaktadır. Mısır yetiştiricileri 140 günlük mısır çeşidinin kendi bölgesinde sonbaharın yağışları ve soğuk hava gelmeden önce hasat edebileceğini düşünmektedir. Halbuki 140 gün sonra mısır ancak fizyolojik oluma (R6) yani tanede siyah tabakanın görüldüğü döneme ancak ulaşabilmektedir ki bu dönemde de tanede nem oranı çoğunlukla %30'lar civarında olmaktadır. Mısırın ekonomik hasat olum dönemine ulaşabilmesi için tane neminin %20'nin altına inmesi gerekir. Tanede nem kaybının gerçekleşmesi için yağışsız, sıcak ve hafif rüzgârlı havalar uygundur. Mısır yetiştiricisi, tanenin kuruması için gerekli olan süreyi yani hasat olum dönemi için gerekli zamanı, yetiştirme süresinin içine dahil etmekte ve dolayısıyla geç olgunlaşan çeşitleri tercih etmekte ve/veya yönlendirmektedir. Yüksek verim hedeflenirken tanenin kuruması için arazide yeterli süre kalmamakta, sonbaharın gelmesiyle tarlada hasat kayıpları artmakta, yüksek tane nemli mısır hasat edilmek zorunda kalınmakta ve yüksek tane neminden dolayı satış fiyatı düşmektedir. Bir bölgeye uygun mısır çeşidi seçilirken, tarlada koçan üzerinde mısır tanesinin kuruyabileceği süreyi (yetiştirme gün sayısı) bırakacak çeşitlerin seçmesini öneririz.

## Yetiştirme Teknikleri

1980'li yıllarda mısırdan 500-600 kg/da verim alınırken, 1990larda 900-100 kg/da, 2000lerde 1200-1300 kg/da ve 2020'de 1600-1800 kg/da verime ulaşılmıştır. 2025 ile 2030 yıllarda mısırdan önce 2 ton/da ve daha sonra 2.5 ton/da verim alınması beklenmektedir. Yeni mısır çeşitleri şüphesiz daha fazla su ve gübreye ihtiyaç duyacaktır. İlave olarak daha fazla yabancı ot, hastalık ve zararlılarla mücadele edilmesi gerekecektir. Kısacası yüksek verimin karşılığında su, gübre ve pestisit kullanımı daha fazla artacaktır.

Mısırdaki yüksek verim almanın 3U kuralı vardır

- 1) Uygun çeşit
- 2) Uygun çevre
- 3) Uygun yetiştirme teknikleri

Tane veriminin miktarı, genotip (çeşidin genetik potansiyeli) x çevre (biyotik ve abiyotik etmenler) x yetiştirme tekniklerinin ortak etkileşimi sonucunda ortaya çıkar.

Mısırdaki tane veriminin unsurları

- a) Dekarda bitki sayısı
- b) Bitkide koçan sayısı
- c) Koçanda sıra sayısı
- d) Sırada tane sayısı
- e) Tek tane ağırlığı

Çeşit, çevre ve yetiştirme tekniklerine koçanda tane sayısı ve ağırlığı değişir. Hasada gelmiş bir koçanda 450-550 arasında tane bulunabilir. Tek bir tanenin ağırlığı 200 mg ile 430 mg arasında değişebilir ve ortalama 350 mg olabilir.



## Bitkide ve tanede kuru madde birikimi

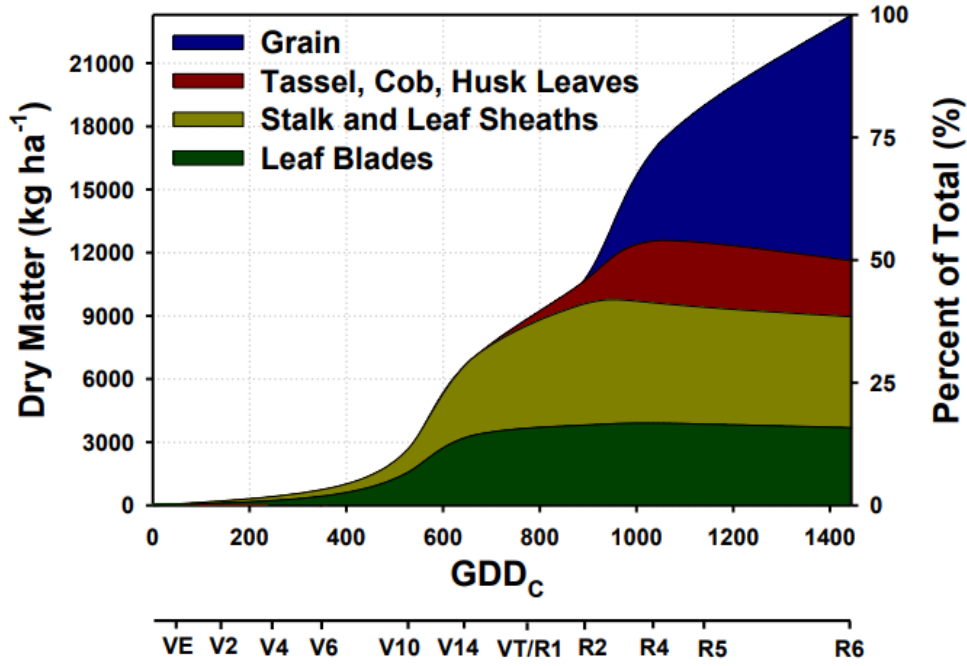
Fizyolojik olgunluğa (R6) ulaşma süresi 115-120 gün (toplam sıcaklık isteği yaklaşık 1400 °C) olan mısır çeşitleriyle ABD’de yürütölen bir çalışmada (Agron J. 105: 161-170, 2013), çıkıştan (VE) tepe pöskölü çıkarma (VT) dönemlerine kadar geçen sürede yani vegetatif periyotta bitki toplam kuru ağırlılığının ancak %40’ına ulaşmaktadır. Yine aynı periyotta bitkinin, toplam sıcaklık birikimi 800 °C civarına ulaşmaktadır. Diğer taraftan geriye kalan %60 kuru madde birikimi, generatif periyotta (R1 ile R6 arası) ve yaklaşık 600 °C toplam sıcaklık isteğinde gerçekleşmektedir. Mısır bitkisi %50 kuru madde birikimine R2 dönemi (koçan pöskölünün dip kısmının tane üzerinde kabarcık şeklinde göröldüğü) sonu ile R3’ün başladığı (süt olum/dolum) dönem arasında erişir ve yaklaşık 950 °C toplam sıcaklık gerektirir.

R6 dönemine erişen bitkide kuru maddenin %50’si tanede, geriye kalan %50’si ise bitkinin diğer kısımlarında (bitki sapı ve yaprak ayası, kını, koçan sapı ve yaprakları, somak, tepe pöskölü) birikir.

Bitki içerisinde kuru madde birikimi ve dağılımlı, bize sulama ve gübrelemenin etkileri hakkında bilgi vermektedir. Süt olum dönemine (R3) kadar yapılan yetiştirme tekniği (agronomik) uygulamaları (sulama ve gübreleme başta olmak üzere herbisit, insektisit vb.) bitkinin vegetatif periyodundaki kuru madde birikimini etkilemektedir. Bu da bitkideki toplam kuru madde birikiminin yarısına eş değerdir. İnanılması güç ama geriye kalan %50 kuru madde ise sadece tanede birikmektedir. Bu durum özellikle generatif periyot başında üst gübrelemenin önemini ortaya koymaktadır. Fakat çoğunlukla tane dolum periyodunda ölkemizde sadece sulama yapılmakta ve üst gübre verilmemekte/verilememektedir.

<http://cropphysiology.cropsci.illinois.edu/documents/Bender,Haegele2013Nutrients.pdf>

## Seasonal Dry Matter Partitioning



<http://cropphysiology.cropsci.illinois.edu/documents/2010%20Seasonal%20DM%20and%20Nutrient%20Uptake.pdf>

Mısırdaki mevsimsel kuru madde birikimi: Yatay eksen bitkinin vegetatif ve generatif dönemlerini ve toplam sıcaklık isteklerini gösterir. Soldaki dikey eksen, kuru madde birikimini (kg/ha), sağdaki dikey eksen ise toplam kuru madde birikim oranını (%) gösterir. Renkli alanlar bitki organlarında kuru madde birikim seyrini gösterir: mavi, tane; kırmızı, tepe püskülü, koçan somağı ve koçan yaprakları; açık yeşil, bitki sap ve bitki yaprakları; koyu yeşil, bitki yaprak ayası

## Besin elementlerinin alımı ve kullanımı

### Makro elementler

#### Azot (N)

Çıkış (VE) dönemiyle birlikte bitki, N alımına başlar ve V9 dönemine kadar doğrusal fakat yavaş tempoda artarak devam eder. Yaprak ayası, kını ve kök gelişimi için kullanılan N'un ilk %25'lik dilimi, V10 dönemine kadar gerçekleşir. Bitkinin N alımı ve hızı, V10 ile V14 dönemleri arasında maksimuma çıkar. V14 ile VT dönemleri arasında yine oldukça hızlı ve yoğun N alımı devam eder. R1 ile R2 dönemlerinde N alımında aniden yavaşlama meydana gelir. Bitkinin tüm N alımının %50'si, V10 ile VT dönemleri arasında gerçekleşir. Bir başka deyişle bitki, tüm N alımının %75'ini VE ile VT dönemleri arasında gerçekleştirir. Biriken %75'lik N'un, %35'i yaprak ayası, %35'i yaprak kını (sap dahil) ve %5'i ise tepe püskülü ve koçan kısımlarının oluşumunda kullanılır.

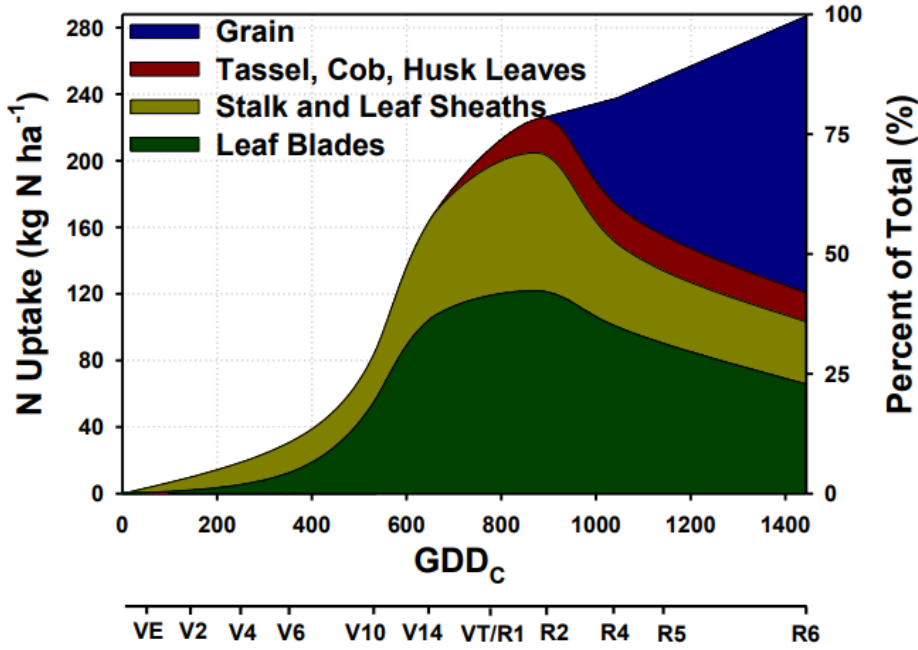
Bitkinin vegetatif dönemlerinde (VE'den VT'ye kadar) tüm N alımının %75'i gerçekleştirilirken, generatif dönemlerde (R1'den R6' kadar) sadece %25 N alımı gerçekleşir. Fakat burada bilinmesi gereken konu, özellikle R3'ten itibaren bitki aktif olarak kökleri vasıtasıyla N alımı yapmaktadır. Dolayısıyla tane dolum/olum dönemlerinin başında (R2 döneminin sonuna doğru, R3 döneminin hemen başında) N gübrelenmesi yapılması gereklidir.

Bitki tarafından alınan tüm N'un %60-70'i tane için kullanılır. Döllenmenin gerçekleşmesiyle birlikte yaprak ayasındaki N'un yaklaşık %35'i, yaprak kını ve saptaki N'un yaklaşık %65'i, tanede kullanılmak üzere bitki içerisinde tekrar taşınmaktadır. Tane doldurma dönemlerinin başlamasıyla birlikte bitkinin alt yapraklarının sararmaya başlamasının temel nedeni budur.

Mısır bitkinin N alımı dönemleri dikkate alındığında en uygun N gübrelenmesi dönemleri tohum ekimi, V5, V10, V15 ve R3'dür. Dekara verilecek N miktarını, toprakta var olan N miktarı ve dekardan alınması hedeflenen tane verimi miktarı belirler.

<http://cropphysiology.cropsci.illinois.edu/documents/Bender,Haegele2013Nutrients.pdf>

## Seasonal Nitrogen Uptake



Mısır bitkisinin büyüme ve gelişme dönemlerinde topraktan azot alımı

<http://cropphysiology.cropsci.illinois.edu/documents/2010%20Seasonal%20DM%20and%20Nutrient%20Uptake.pdf>

Mısırın mevsimsel azot alımı: Yatay eksen bitkinin vegetatif ve generatif dönemlerini ve toplam sıcaklık isteklerini gösterir. Soldaki dikey eksen, bitkinin azot alım miktarını (kg/ha), sağdaki dikey eksen ise bitkinin toplam azot alım oranını (%) gösterir. Renkli alanlar bitki organlarında azot birikim seyrini gösterir: mavi, tane; kırmızı, tepe püskülü, koçan somağı ve koçan yaprakları; açık yeşil, bitki sap ve bitki yaprakları; koyu yeşil, bitki yaprak ayası

### Fosfor (P)

Mısır bitkisinin P alımı, genel itibarıyla N alımı davranışına benzemektedir. VE dönemiyle birlikte bitki, P alımına başlar ve V9 dönemine kadar doğrusal fakat yavaş tempoda artarak devam eder. Yaprak ayası, kını ve kök gelişimi için kullanılan P'un ilk %15'lik dilimi, V10 dönemine kadar gerçekleşir. Bitkinin P alım hızı V10 ile V14 arasında maksimuma çıkar. V14 ile VT arasında yine oldukça hızlı P alımı devam eder. R1 ile R2 dönemlerinde P alımında biraz yavaşlama meydana gelir. Bitkinin tüm P alımının %50'si, VE ile VT aralığında gerçekleşir. Vegetatif dönemde biriken tüm P'un %50'sinin bitkideki dağılımı ve kullanımına bakıldığında %50'sinin yaprak ayası, %40'ının yaprak kını (sap dahil) ve %10'nun ise tepe püskülü ve koçan kısımlarında kullanıldığı bildirilmektedir. Vegetatif dönemde biriken tüm P'un geriye kalan



%50'sinin ise tane dolum/olum dönemlerinde bitkinin diğer organlarından taneye taşındığı belirtilmektedir.

Bitkinin vegetatif dönemlerinde (VE'den VT'ye kadar) bitki tarafından alınan tüm P'un %50'sinin alımı gerçekleştirilirken, generatif dönemlerde (R1'den R6' kadar) ise geriye kalan %50 P alımı gerçekleşir. Eski çalışmalar, mısır bitkinin tüm P alımının yaklaşık %70-75'ni, vegetatif dönemler esnasında gerçekleştiğini iddia etmişlerdir. Fakat yeni yapılan çalışmalar mısırın tüm P alımının %50'sini vegetatif dönemlerde, %50'sini ise generatif dönemlerde gerçekleştirdiğini ortaya koymaktadır.

Mısır bitkisinde P gübrelemesi, geleneksel bilgi ve uygulamalara göre sadece tohum ekimi öncesi veya esnasında yapılması gerekmektedir. P gübresi, N gübresi gibi üst gübre şeklinde bitkiye verilememektedir. Hal böyle olunca, topraktan ekim öncesi/esnasında verilen P gübresinin tüm sezon boyunca bitki tarafından alınabilmesi ve yeterli düzeyde olması gerekmektedir. Yeni bilgilere göre mısır bitkisi iki ana periyot boyunca yarı yarıya (%50 vegetatif ve %50 generatif) P alımını gerçekleştirmektedir. Bu bilgiler ışığında P gübresinin toprakta salımı, hareketliliği, bağlanması ve bitki kökleri tarafından alımının yeniden kurgulanması gereklidir. En azından mevcut P gübrelerinin kesinlikle güncel formlarından farklı olması gerektiği çok açıktır. N gübreleri gibi P gübreleri de her bitki döneminde toprağın üstüne uygulanabilir olmalıdır. Kısacası yeni nesil yani akıllı (smart) P gübreleri geliştirilmelidir. Çünkü mısır bitkisi fosforu tüm büyüme ve gelişme dönemleri boyunca aktif olarak almaktadır.

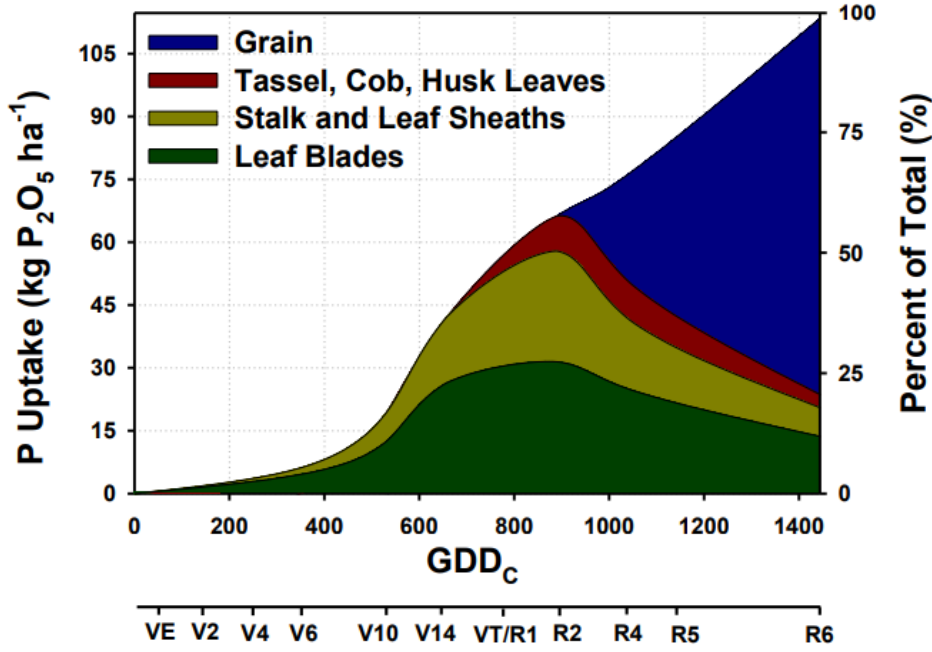
Bitki tarafından alınan tüm P'un %80-85'i tane için kullanılır. Döllenmenin gerçekleşmesiyle birlikte yaprak ayasındaki P'un yaklaşık %50'si, yaprak kını ve saptaki P'un ise yaklaşık %60'ı, tanede kullanılmak üzere bitki içerisinde tekrar taşınmaktadır. Tane doldurma dönemlerinin başlamasıyla birlikte bitkinin alt yapraklarının sararmaya başlamasının temel nedeni budur.

Ayrıca bitki içerisinde ve toprakta N hareketli bir element iken, P toprakta çoğunlukla hareketsiz fakat bitki içerisinde hareketlidir. Bu nedenden dolayı hem N ve hem de P eksikliğinin belirtileri, bitkinin yaşlı yani ilk oluşan ya da en alt yapraklarında ortaya çıkar.

Mısır bitkinin P alım dönemleri dikkate alındığında en uygun P gübrelemesi dönemleri hemen hemen tüm büyüme ve gelişme dönemleridir. Çünkü bitki her dönemde P almaktadır. Fakat mevcut bilgi ve uygulamalar P gübrelemesinin sadece ekim öncesi/esnasında yapılması gerektiğini göstermektedir. Dekara verilecek P miktarını, toprakta bitki tarafından alınabilir P miktarı ve dekardan alınması hedeflenen tane verimi miktarı belirler.

<http://cropphysiology.cropsci.illinois.edu/documents/Bender,Haegele2013Nutrients.pdf>

## Seasonal Phosphorus Uptake



Mısır bitkisinin büyüme ve gelişme dönemlerinde topraktan fosfor alımı

<http://cropphysiology.cropsci.illinois.edu/documents/2010%20Seasonal%20DM%20and%20Nutrient%20Uptake.pdf>

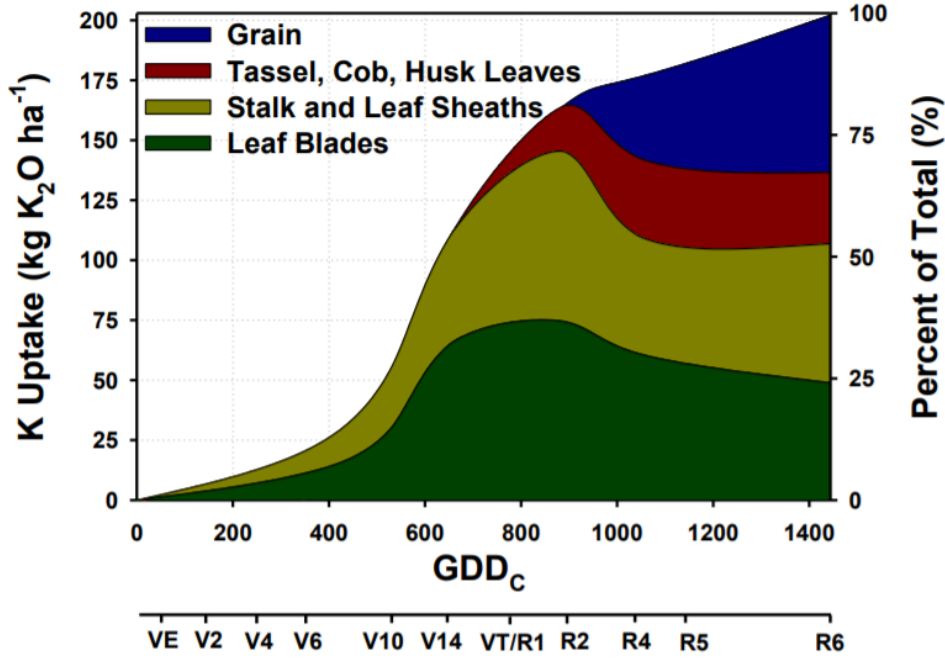
Mısırın mevsimsel fosfor alımı: Yatay eksen bitkinin vegetatif ve generatif dönemlerini ve toplam sıcaklık isteklerini gösterir. Soldaki dikey eksen, bitkinin fosfor alım miktarını (kg/ha), sağdaki dikey eksen ise bitkinin toplam fosfor alım oranını (%) gösterir. Renkli alanlar bitki organlarında fosfor birikim seyrini gösterir: mavi, tane; kırmızı, tepe püskülü, koçan somağı ve koçan yaprakları; açık yeşil, bitki sap ve bitki yaprakları; koyu yeşil, bitki yaprak ayası

### Potasyum (K)

Mısırın K'un yaklaşık %80'nini, VE ile R2 dönemleri arasında almaktadır. Tane dolun/olum dönemlerinde K alımı %20 civarındadır. Yani mısır bitkisi K alımının çoğunu vegetatif dönemlerde almaktadır. Dolayısıyla K gübresinin ¾'ü vegetatif periyotta, geriye kalan ¼'ü ise R2 generatif döneminde verilebilir. K'un sadece %33'ü tanede birikirken, geriye kalan %67'si, bitkinin sap ve yapraklarında kullanılır. K, toprakta mobil bir element iken bitki içerisinde K'un taşımını (remobil) çok azdır.

Ülkemiz toprakları K yönüyle zengin olmasına rağmen 1200 kg/da ve daha fazla tane verimi hedefleniyorsa 1200 kg/da'dan sonraki her bir 100 kg/da tane verimi artışı için en az 1 kg/da saf K gübresi toprağa verilmesi tavsiye edilir.

## Seasonal Potassium Uptake



Mısır bitkisinin büyüme ve gelişme dönemlerinde topraktan potasyum (K) alımı

<http://cropphysiology.cropsci.illinois.edu/documents/2010%20Seasonal%20DM%20and%20Nutrient%20Uptake.pdf>

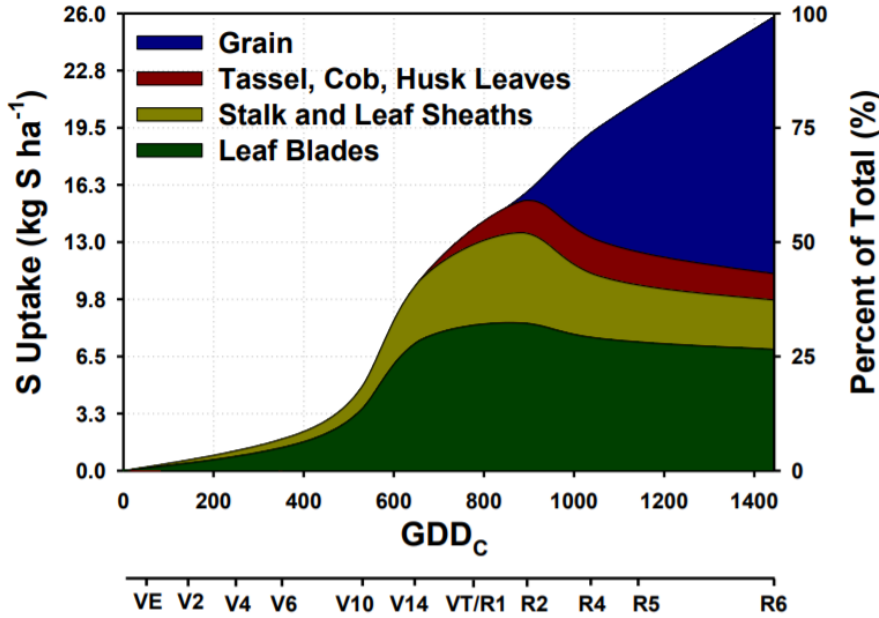
Mısırın mevsimsel K alımı: Yatay eksen bitkinin vegetatif ve generatif dönemlerini ve toplam sıcaklık isteklerini gösterir. Soldaki dikey eksen, bitkinin K alım miktarını (kg/ha), sağdaki dikey eksen ise bitkinin toplam K alım oranını (%) gösterir. Renkli alanlar bitki organlarında K birikim seyrini gösterir: mavi, tane; kırmızı, tepe püskülü, koçan somağı ve koçan yaprakları; açık yeşil, bitki sap ve bitki yaprakları; koyu yeşil, bitki yaprak ayası

### Kükürt (S)

Mısır bitkisi tarafından S alımı ve bitki içerisindeki davranışları aynen P'ya benzemektedir. Ülkemiz topraklarının çoğunda S eksikliği görülmektedir. S, bitki bünyesinde pek çok fonksiyona sahiptir. S, özellikle mısırın tane kalitesi üzerine olumlu etkiye bulunmaktadır. Mısır bitkisi tarafından alınan toplam S'ün %57'si tanede birikir. Bunun yanında N ile S arasındaki denge önemlidir. Mısır yetiştirilen alanlarda gerekli hallerde S gübrelenmesi yapılmalıdır. Mısır bitkisi tüm vegetasyon süresince her gelişme ve büyüme döneminde topraktan S almaktadır. Bundan dolayı S gübrelenmesi vegetasyon süresince yapılmalıdır. 1200 kg/da tane verimi alınan bir mısır bitkisi, topraktan ortalama 2.6 kg/da S kaldırmaktadır. Makro ve mikro element içerikli gübrelerin S içerikli (özellikle SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>) formları tercih

edilmelidir. Çözülebilir  $SO_4^{2-}$  içeriği, 5 ppm ve daha fazla olan topraklar genelde yeterli S içeriğine sahip olarak kabul edilirler.

## Seasonal Sulfur Uptake



Mısır bitkisinin büyüme ve gelişme dönemlerinde topraktan kükürt (S) alımı

<http://cropphysiology.cropsci.illinois.edu/documents/2010%20Seasonal%20DM%20and%20Nutrient%20Uptake.pdf>

Mısırın mevsimsel S alımı: Yatay eksen bitkinin vegetatif ve generatif dönemlerini ve toplam sıcaklık isteklerini gösterir. Soldaki dikey eksen, bitkinin S alım miktarını (kg/ha), sağdaki dikey eksen ise bitkinin toplam S alım oranını (%) gösterir. Renkli alanlar bitki organlarında S birikim seyrini gösterir: mavi, tane; kırmızı, tepe püskülü, koçan somağı ve koçan yaprakları; açık yeşil, bitki sap ve bitki yaprakları; koyu yeşil, bitki yaprak ayası

### Mikro elementler

#### Çinko (Zn)

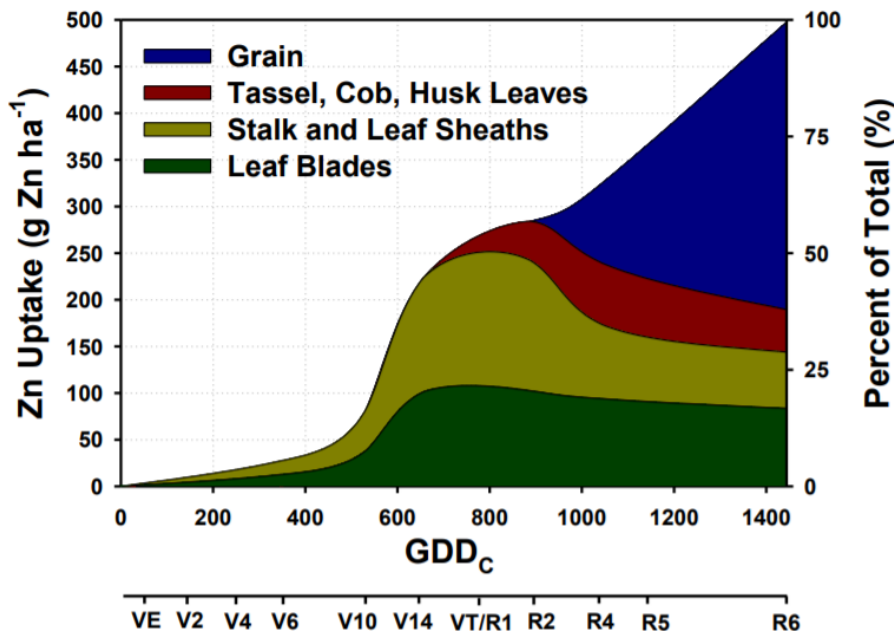
Ülkemiz topraklarının çoğunda Zn eksikliği görülür. Toprakta Zn'nin kritik seviyesi 0.5 ppm olarak kabul edilir. Mısır bitkisi Zn eksikliğine duyarlıdır.  $ZnSO_4$  formunda topraktan Zn uygulaması en etkili yöntemdir. Zn gübrelemesinin topraktaki bakiye etkisi uzun yıllar devam etmektedir.



Mısır bitkisinin Zn alımı aynen S'e benzemektedir. Bir vegetasyon süresince alınan toplam Zn'nin %50 vegetatif ve geriye kalan %50 ise generatif periyotta alınmaktadır. Bitki en yüksek ve en hızlı Zn alımını V10 ile V14 dönemleri arasında yapmaktadır. Bitki tüm büyüme ve gelişme aşamalarında topraktan Zn almaktadır. Dolayısıyla Zn gübrelemesini tüm yetiştirme sezonuna yağmak gerekir. Fakat yapılan araştırmalarda topraktan Zn uygulamasının en etkili yöntem olduğu belirlenmiştir. Aynı zamanda toprağa uygulanan Zn'nin bakiye etkisinden dolayı uzun yıllar bitkinin Zn ihtiyacı karşılanmaktadır.

Bitkinin aldığı Zn'nin %62'si tanede biriktirilmektedir. Mısır, tanesinde yüksek oranda P (%80) biriktirdiği için tanedeki Zn (%62), fitik asitle işlevsiz hale gelmektedir.

## Seasonal Zinc Uptake



Mısır bitkisinin büyüme ve gelişme dönemlerinde topraktan çinko (Zn) alımı

<http://cropphysiology.cropsci.illinois.edu/documents/2010%20Seasonal%20DM%20and%20Nutrient%20Uptake.pdf>

Mısırın mevsimsel Zn alımı: Yatay eksen bitkinin vegetatif ve generatif dönemlerini ve toplam sıcaklık isteklerini gösterir. Soldaki dikey eksen, bitkinin Zn alım miktarını (kg/ha), sağdaki dikey eksen ise bitkinin toplam Zn alım oranını (%) gösterir. Renkli alanlar bitki organlarında Zn birikim seyrini gösterir: mavi, tane; kırmızı, tepe püskülü, koçan somağı ve koçan yaprakları; açık yeşil, bitki sap ve bitki yaprakları; koyu yeşil, bitki yaprak ayası

## Besin elementlerinin kritik seviyeleri

Aşağıdaki çizelge mısır bitkinin fide döneminde doku analizleri yapılarak elde edilen makro ve mikro elementlerin düşük, yeterli ve yüksek seviyelerini göstermektedir.

Ülkemizde genelde mısırın makro ve mikro element ihtiyacı doku analizi ile değil toprak analizleriyle belirlenmektedir.

Analizler, V4 öncesi, bitki dokusunda yapılmıştır

| Element | Düşük              | Yeterli   | Yüksek |
|---------|--------------------|-----------|--------|
|         | %                  | %         | %      |
| N       | < 3.5              | 3.5-5.0   | > 5.0  |
| P       | < 0.30             | 0.30-0.50 | > 0.50 |
| K       | < 2.5              | 2.5-4.0   | > 4.0  |
| Ca      | < 0.30             | 0.30-0.70 | > 0.70 |
| Mg      | < 0.15             | 0.15-0.45 | > 0.45 |
| S       | < 0.15<br>N:S>15:1 | 0.15-0.50 | > 0.50 |
|         | ppm (mg/kg)        | ppm       | ppm    |
| Zn      | < 20               | 20-60     | >60    |
| Fe      | < 50               | 50-250    | >250   |
| B       | < 5                | 5-25      | >25    |
| Mn      | < 20               | 20-300    | >300   |
| Cu      | < 5                | 5-20      | >20    |
| Mo      | < 0.1              | 0.1-10    | >10    |

Kacar, B ve Katkat, A. V. 2009. Bitki Besleme. Nobel Yayınları No: 849. 4. Baskı. 660 s. Ankara.

[https://www.agry.purdue.edu/ext/soilfertility/news/Striped\\_Corn.pdf](https://www.agry.purdue.edu/ext/soilfertility/news/Striped_Corn.pdf)

## Gübreleme

Gübrelemenin 4U kuralı: gübreler

- Uygun gübre formunda,
- Uygun gübreleme zamanında,
- Uygun gübre dozunda,
- Uygun yere (suya, toprağa veya bitkiye) verilmelidir.

ABD’de yapılan bir çalışmada, 1200 kg/da tane verimi veren bir mısır bitkisinin topraktan aldığı ve tanede biriktirdiği makro ve mikro besin elementlerinin miktarları aşağıdaki çizelgede verilmiştir. Mısırın 1200 kg/da tane verimi verebilmek için yaklaşık 28.6 kg/da N, 11.4 kg/da P, 20.2 kg/da K, 5.9 kg/da Mg, 2.6 S, 49.8 g/da Zn, 54.2 g/da Mn, 8.3 g/da B, 137.6 g/da Fe ve 14.1 g/da Cu aldığı belirlenmiştir. Bitkide günlük en fazla kuru madde birikim oranı, V10-V14 dönemleri arasında gerçekleşmektedir. Mısır tarafından alınan **N’un %58’si, P’un %79’u, K’un %33’ü, Mg’un %28’i, S’ün %58’i, Zn’in %62’si, Mn’in %13’ü, B’un %23’ü, Fe’in %18’i ve Cu’nun %29’u** tanede birikmektedir. Besin elementleri içerisinde tanede en fazla P, N, S ve Zn birikmektedir.

<https://dl.sciencesocieties.org/publications/aj/articles/105/1/161>

1200 kg/da tane verimi veren mısırın besin elementi alım durumu

| Besin elementi                | Bitki tarafından alım  | Tanede biriken miktar  | Tane/bitki oranı   |
|-------------------------------|------------------------|------------------------|--------------------|
|                               | Ort. (Min-Max) (kg/da) | Ort. (Min-Max) (kg/da) | Ort. (Min-Max) (%) |
| N                             | 28.6 (26.6-30.7)       | 16.6 (14.5-18.8)       | 58 (51-62)         |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | 11.4 (10-13.3)         | 9 (7.3-10.8)           | 79 (70-82)         |
| K <sub>2</sub> O              | 20.2 (18.1-22.5)       | 6.6 (5.7-7.8)          | 33 (27-37)         |
| Mg                            | 5.9 (5.2-6.6)          | 1.7 (1.5-2)            | 29 (25-33)         |
| S                             | 2.6 (2.4-2.8)          | 1.5 (1.3-1.6)          | 57 (52-60)         |
|                               | g/da                   | g/da                   |                    |
| Zn                            | 49.8 (44.8-56.3)       | 30.8 (26.9-35.3)       | 62 (60-65)         |
| Mn                            | 54.2 (49.6-79.3)       | 7.2 (6.2-8.7)          | 13 (11-16)         |
| B                             | 8.3 (6.7-10.1)         | 1.9 (1.3-3.2)          | 23 (17-31)         |
| Fe                            | 137.6 (122.4-156.9)    | 24.8 (21.8-28.5)       | 18 (17-22)         |
| Cu                            | 14.1 (13.2-15.5)       | 4.1 (3-4.9)            | 29 (21-33)         |

2018 yılındaki bir başka araştırmada mısır bitkisi aldığı azotun %71-73’nü, fosforun ise %80-85’ini tanede biriktirmektedir.

<https://dl.sciencesocieties.org/publications/aj/articles/110/5/1648>

Yukarıdaki çizelgeden görüldüğü üzere 100 kg/da tane verimi almak için mısırın yaklaşık 2.5 kg/da N ve 1 kg/da P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> kullandığı anlaşılmaktadır. Örneğin 1500 kg/da tane verimi almak hedefleniyorsa toprakta en az 37.5 kg/da N ve 15 kg/da P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> bulunmalıdır. Toprak analizi değerleri esas alınarak toprağa eksik miktar kadar N ve P takviyesi yapılmalıdır. Örneğin toprak analizinde toprakta bitki tarafından alınabilir P miktarı 5 kg/da olarak belirlendiyse,

dekara verilecek saf P miktarı, 5 kg/da azaltılarak verilebilir. Fakat P içerikli gübre, toprağa uygulandıktan sonraki ilk yılda verilen P'un sadece %20'si bitki tarafından alınabilmektedir. N ve K içerikli gübreler hem bitki ve hem de topraktan alımları ve kayıpları yüksek iken P'lu gübrelerin yaklaşık %80'ni toprakta tutulmaktadır. Zaman içerisinde P'lu gübre toprakta birikmektedir. Bundan dolayı topraktaki P birikimini bitkinin kullanımına sunmak için toprak analizine göre P gübrelemesi yapılmalıdır.

Ülkemiz topraklarının organik maddesi genelde düşüktür. Dolayısıyla topraktaki mineral N miktarı mısır için yeterli değildir. Dekardan alınması hedeflenen tane verimi 1200 kg'nin üzerine çıktığında daha fazla N gübresinin kullanılması tavsiye edilmektedir. Örneğin 1800 kg/da tane verimi hedefleniyorsa 36-45 kg/da arasında N gübrelemesi yapılmalıdır. Hatta önümüzdeki 5 yıl içerisinde mısırdan 2 ton/da verim almak zor olmayacaktır. Fakat 2 ton/da tane verimi almak için lokasyon, iklim ve sulama şartlarına göre 40 ile 50 kg/da saf N verileceği öngörülmektedir. Bunun yanında, 2 ton/da tane verimi hedefi için en az 20 kg/da P ihtiyacı olasıdır. Aşırı gübre kullanımından dolayı toprak ve su kirliliğinin oldukça önemli olacağı bir döneme girmek üzereyiz. N ve P ihtiyacı düşük ve aynı zamanda N ve P alımı ve kullanımı yüksek, yeni nesil çeşitlerin geliştirilmesi sürdürülebilir mısır yetiştiriciliği için elzemdir.

Ülkemizdeki toprakların çoğu K içeriği yönünden zengindir. Fakat mısırdan dekara verim 1200 kg'ın üzerine çıktığında K gübrelemesi az miktarda da olsa tavsiye edilmektedir. 1500, 1800 ve hatta 2000 kg/da tane veriminin hedeflenmesi durumunda K gübrelemesi kaçınılmaz olacaktır. 1200 kg/da tane veriminin üzerindeki her 100 kg/da tane verimi artışı için 1 kg/da K gübresi verilmesi tavsiye edilebilir. Örneğin 1500 kg/da verim hedefleniyorsa, ekimde dekara en az 3 kg saf K, 1800 kg/da verim için 6 kg/da K ve 2 ton/da verim için en az 8 kg/da K verilmesi tavsiye edilebilir.

Makro (N, P, K, S, Mg) ve mikro elementlerin (Fe, Mn, Zn, B, Cu) yeterlilik düzeylerinin belirlenmesi için toprak analizlerinin sonuçlarına bakmak gerekir. Fakat yüksek tane verimi hedeflendiğinde (1500 kg/da ve üzeri) toprakta yeterli görülen makro ve mikro elementlerin gerçekten yeterli olup olamayacağı noktasında çalışmaların yapılması gerekmektedir. Zira mısırın gübre ihtiyacının belirlenmesi üzerine yapılan çalışmaların tümü, 1000 kg/da ile 1500 kg/da tane verim potansiyeli dikkate alınarak yapılmaktadır. 1500 kg ve üzeri tane veriminde mısırın makro ve mikro element yeterlilik düzeylerinin (kritik seviyeler) ne kadar olacağına dair hiçbir çalışma mevcut değildir. Yalnız şunu söylemekte yarar vardır. Eğer yüksek tane verimi elde etmeyi hedefliyorsak, verim potansiyeli yüksek çeşitlerin çok fazla su ve besin maddesi tüketeceğini tahmin etmek zor değildir. Bundan dolayı yeni nesil gübrelerin makro ve mikro element içerikleri daha zengin olmak zorundadır. Bitkinin ihtiyaç duyduğu zamanda, miktarda ve içerikte toprağa salınan ve bitki tarafından alınan akıllı (smart) gübre teknolojileri yakın gelecekte bizleri bekliyor olacaktır. Gübrenin yanında yeni nesil mısır çeşitlerinin de akıllı (smart) tasarlanması gerekmektedir. Muhtemelen yeni çeşitler daha fazla su ve gübre alım ve kullanım kapasitesine (etkinlik) sahip olacaklardır.



## Element eksiklikleri

### Azot (N) eksikliği

Mısır, N eksikliğine çok duyarlıdır. Bitkilerin gelişimi geriler, boyları kısalmır ve yaprakları açık yeşilden sarıya doğru renk alır. Yaprığın kenarları, yaprağın uç (apical/distal) kısmından başlayarak yaprağın dibine (basal/proximal) doğru, genelde yaprak üstüne (adaxial) gelecek şekilde admedial yönde (orta damara (midrib) doğru) dörülür/kıvrılır. Koçan küçölür, koçanda sıra sayısı ve sırada tane sayısı azalır. Tane iriliği ve ağırlığı azalır. Dekara tane verimi ve silaj verimi düşer.

N, hem toprakta ve hem de bitki içerisinde hareketli (mobil) bir elementtir. N'un bitki bünyesinde yaşlı yapraklardan genç yapraklara tekrar taşınması (remobil) oldukça hızlı ve yüksektir. Bundan dolayı N eksikliği ilk önce yaşlı (ilk ya da alt) yapraklarda görülür.



<https://www.cabi.org/cabebooks/ebook/20133423263>

N eksikliği ilk önce alt yapraklarda görülür. Alt yapraklar önce açık yeşile, sonra sarı dönüşür ve daha sonra kurumaya başlar.

N eksikliği, alt yapraklarda başlar. İlk önce yaprak uçları sararır. Orta damar boyunca sararma ilerler. Sararan yaprak kısmı V şeklinde görünür. Yaprak kenarları yeşil kalmaya devam ederken orta damardan (midrib) yaprak ucuna doğru sararma genişleyerek gider ve yaprak ucunu kaplar. N eksikliği ilerlemeye devam ederse ilk önce yaprak uçlarında kuruma başlar ve tüm yaprağın kuruması ile sonuçlanır.



<https://www.cabi.org/cabebooks/ebook/20133423263>

N eksikliği, yaprak ucundan başlar, orta damarda çevresinde ilerler ve V şeklinde görülür. Yaprak uçları, genelde yaprağın üst (adaxial) kısmına doğru dürülür.



<https://www.cabi.org/cabebooks/ebook/20133423263>

N eksikliğinin ilerlemesiyle yaprak ucu kurumaya başlar.



<https://www.tfi.org/the-feed/fertilizer-101-big-3-nitrogen-phosphorus-and-potassium>

N eksikliğinin yaprak ucundan orta damar boyunca ilerlemesi ve V Şeklini alması. Yaprak kenarları N eksikliğinin ilk aşamasında yeşil kalmaya devam eder.



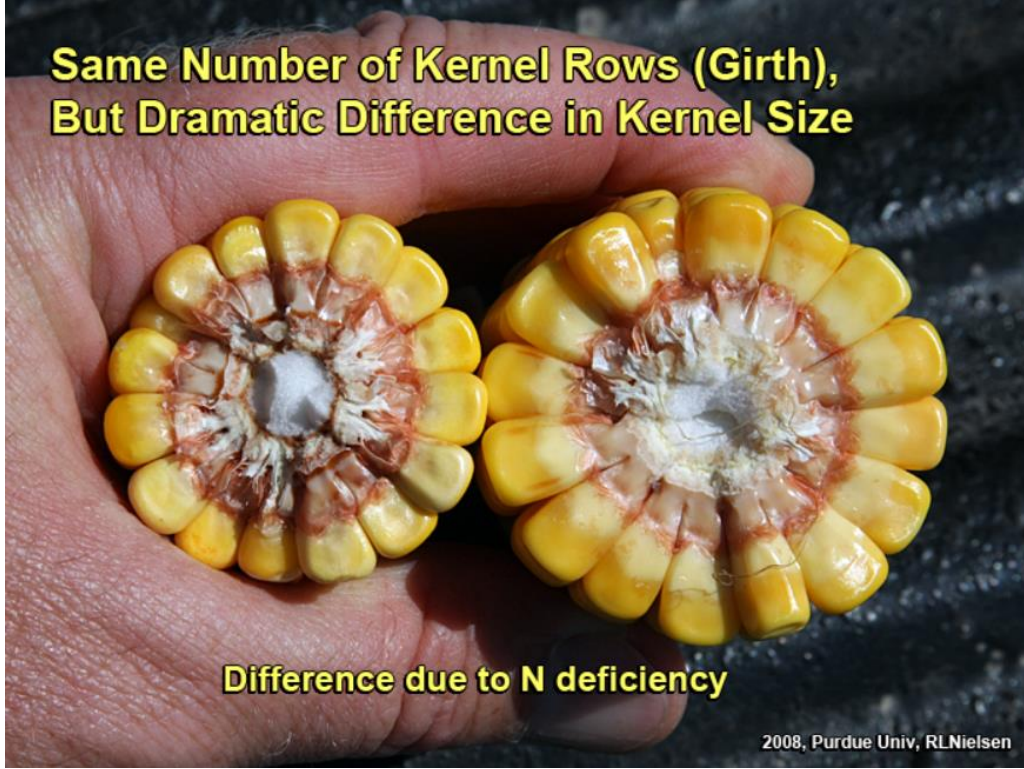


N eksikliği, ilk önce alt yapraklarda görülür



N eksikliğinde koçanın uç kısmındaki dişi çiçekler, tozlanıp döllense dahi tane oluşturmak için gelişemezler.





N eksikliğinde koçan çapı, koçanda sıra ve sırada tane sayısı azalır. Tanelerin iriliği ve ağırlığı azalır ve dekara tane/silaj verimi ve kalite düşer.

### **Fosfor (P) eksikliği**

P eksikliğinde mısır bitkinin gelişim zayıflar. Bitki boyu kısalmış, yapraklar morlaşır ve kökün büyüme ve gelişimi azalır. Yapraklarda stoma sayısı ve her bir stomanın hacmi azalır. Bitkide koçan sayısı, koçanın ebatları ve koçanda tane sayısı azalır.

P, toprakta adsorbe (tutulması) edilmesine rağmen, bitki içerisinde oldukça hareketli bir elementtir. P, yaşlı (alt) yapraklardan üsteki (yeni) yapraklara hızlı bir şekilde tekrar taşınır. Dolayısıyla, N’da olduğu gibi, P eksikliği ilk önce alt (yaşlı) yapraklarda görülür. Yaprak mor renk alır. Yaprak kenarları mor renk alırken orta damar çevresindeki alanlar yeşil kalmaya devam eder. Yaprığın yeşil kısmı zamanla koyu yeşile dönerken, mor kısımlar kırmızılaşma görülür. Çok şiddetli P eksikliğinde yapraklar kahverengiye dönüşüp kurumaya başlayabilirler.

Bazı yıllarda özellikle erken ekimlerde, çıkış sonrası, havanın soğumasıyla birlikte mısır yapraklarında mor renk oluşabilmektedir. P eksikliği ile soğğun tetiklediği morlaşma arasında farklar vardır ve ayırt etmek kolaydır. Öncelikle hava ve toprak sıcaklığını takip etmek gerekir. Sıcaklık 10 °C’nin altına inmişse soğuk kaynaklı yaprak morlaşmasından şüphelenmek gerekir. Havanın ısınmasıyla birlikte yaprak morlaşması 2-3 gün içerisinde kaybolacaktır.

P eksikliğinde alt yaprakların kenarlarında morlaşma görülürken, soğuktan morlaşma ise özellikle üst yapraklarda görülür ve yaprağın tümünü sarar.



<https://www.cabi.org/cabebooks/ebook/20133423263>

P eksikliği, ilk önce alt yaprakları morlaştırır, daha sonra yeni (üst) yaprakları morlaştırır



<https://www.cabi.org/cabebooks/ebook/20133423263>

P eksikliğinin ilk belirtileri: Alt yaprakların önce uçları ve sonra kenarları morlaşır ve orta damar çevresi yeşil kalır.



<https://www.cabi.org/cabebooks/ebook/20133423263>

P eksikliğinin ilk belirtileri: Alt yaprakların önce uçları ve sonra kenarları morlaşır ve orta damar çevresi yeşil kalır.



<https://www.cabi.org/cabebooks/ebook/20133423263>

P eksikliğinde yaprak ayasının kenarları admedial yönde (aya kenarından orta damara (midrib) doğru) morlaşır. Aya kenarları admedial yönde zamanla kahverengiye dönüşerek kurumaya başlar.





[https://en.wikipedia.org/wiki/Phosphorus\\_deficiency](https://en.wikipedia.org/wiki/Phosphorus_deficiency)

P eksikliği ilk önce alt yapraklarda mor renk oluşturur.

### **Çinko (Zn) eksikliği**

Mısır, Zn eksikliğine çok duyarlı olup, Zn eksikliğini yapraklarında açık bir şekilde göstermektedir. Mısır, Zn eksikliği için indicator bir bitkidir. Zn eksikliğinde mısırın çiçeklenmesi özellikle tepe püskülü çıkışı gecikir, tepe püskülünde anormal başakcıklar ve anterler oluşur. Zn eksikliğinde boğumalarının uzaması engellenir ve yapraklar bitkinin üst kısmında toplanarak bir küme (yelpaze) oluşturur. Toprakta Zn eksikliği varsa bitki çıkışından hemen sonra bitkide Zn eksikliği görülmeye başlar. Çünkü bitki içerisinde Zn, yaşlı (ilk ya da alt) yapraklardan üst (genç) yapraklara tekrar taşınmaz. Bundan dolayı Zn eksikliği ilk önce üst (genç) yapraklarda görülür.

Üst yaprakların orta damarının her iki tarafında orta damara paralel şekilde kalın bantlar (şeritler) oluşur. Bantlar, yaprak ayasının ilk önce dip (basal/proximal) kısmından başlar ve daha sonra yaprak ayasının ucuna (apical/distal) doğru ilerler. Yaprak ayasının kenarları ve orta damar çevresi yeşil kalmaya devam eder. Zn eksikliğinin ileri aşamasında yaprak ayasında oluşan bantlardaki dokular, önce açık/soluk yeşil, sonra beyaza dönüşür (klorosis) ve daha sonra da kurumaya (nekrosis) başlar.





<https://www.cabi.org/cabebooks/ebook/20133423263>

Zn eksikliği ilk önce üst (genç) yapraklarda ortaya çıkar. Orta damarın her iki yanında paralel şeritler (bantlar) oluşur. Bantların rengi soluk/yeşilden beyaza dönüşmeye başlar.



<https://www.cabi.org/cabebooks/ebook/20133423263>

Orta damarın her iki yanında paralel şeritler (bantlar) oluşur. Bantların rengi soluk/yeşilden beyaza dönüşmeye başlar. Orta damar çevresi ve yaprak ayası kenarları yeşil kalmaya devam eder.



<https://www.cabi.org/cabebooks/ebook/20133423263>

Zn eksikliğinin ilerleyen aşaması: orta damarın (midrib) her iki tarafına paralel şekilde oluşan bantlar ve dokuların ölmesi

### **Çinko (Zn) eksikliğini giderme**

Bitkide Zn eksikliğini belirlemek için doku analizi yapılabilir. Bitki dokusu analizlerinde mısır için Zn yeterlilik seviyesi 20-70 ppm (20-70 mg Zn/kg bitki yaprak kuru maddesi) olarak kabul edilir. Mısır yaprak örneklerinde 20 ppm'in altında Zn konsantrasyonu (mg/kg kuru madde) belirlenirse, mısırın Zn eksikliği gösterdiği kabul edilir.

Doku analizleri için mısırdan örnek alma:

- 1- Çıkış sonrası bitki boyu 10 cm'den daha az olduğu dönemde doku analizi yapılacaksa toprağın üstünde yaklaşık 2-3 bitki kısmı bırakarak bitki kesilir ve tüm üst kısım analiz edilir.
- 2- Genç bitki döneminde yaprak büzgüsü oluşmaya başlamışsa, en üsteki yaprak büzgüsüne sahip yaprakların ayaları doku analizi için örneklenir.
- 3- Çiçeklenme zamanında (tepe/koçan püskülü çıkarma dönemleri) örnekleme yapılacaksa, en üsteki koçana (ana koçan) en yakın yaprağın ayasından örnek alınır. Örnekleme zamanında koçanın püskül çıkarma zamanına denk getirmek gerekir. Koçan püskülü çıkarma zamanı geçtikten sonra bu dönemde yaprak analizi için örnek alınması tavsiye edilmemektedir.
- 4- Bir tarlayı temsil edecek şekilde tarlanın 15-20 yerinden örnekleme yapmak yeterli olacaktır.
- 5- Eğer yaprak örneklerine örnekleme esnasında toprak vb. gibi bulaşırsa, yapraklar çok hızlı ve kısa bir süre de soğuk saf su içerisinde yapraklara zarar vermeden yıkanmalı ve

oda sıcaklığında kurutulmalıdır. Yaprakların yıkanması uzun sürerse ve yapraklar yıpranırsa özellikle potasyum gibi bazı elementler yapraktan suya geçebilmektedir.

<https://www.agry.purdue.edu/ext/soilfertility/ZincDeficiencyCorn.pdf>

### Toprakta Zn durumu ve gübreleme

Toprakta mısır bitkisi tarafından alınabilir (suda çözülebilir) Zn miktarının kritik seviyesi, 0.5 ppm (0.5 mg Zn/kg kuru toprak) olarak kabul edilir. Toprağın Zn içeriği 0.5 ppm'den düşükse, toprağa ve/veya bitkiye Zn içerikli gübre uygulaması tavsiye edilir.

Topraktaki Zn eksikliğini gidermek için en uygun yöntem, toprağa doğrudan çinko sülfat ( $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ , heptahidrat formu %23 Zn içerir) uygulamaktır.  $ZnSO_4$ , suda %100 oranında eridiğinden dolayı pülverizatörle, dekara 3-4 kg gelecek şekilde toprak yüzeyine uygulanır ve toprak hemen kültivatörle karıştırılır. Toprağa uygulanan Zn'nin bakiye (residual) etkisi uzun yıllar devam etmektedir. Çünkü toprağa uygulanan Zn'nin çoğu, aynen fosfordaki (P) gibi toprakta adsorbe (tutulma/fikse) edilmektedir. Elbette Zn'nin toprakta adsorbe edilmesinde P'unda rolü vardır. Bundan dolayı toprağa Zn uygulaması, zorunlu olmadıkça P'lu gübrelerle aynı zamanda yapılmamalıdır.

Tarla bitkilerinde besin elementi eksiklikleri hakkında daha fazla bilgi almak için aşağıdaki kitaba başvurabilirsiniz.

<https://www.cabi.org/cabebooks/ebook/20133423263>

## Sulama

Sulama sayısı ve verilecek su miktarını iklim, toprak ve bitkinin ihtiyacı (alınması hedeflenen tane/silaj verimi) belirler. Genelde ilk vegetatif dönemlerde sulama sayısı ve su miktarı düşüktür. Bitkinin ihtiyacına göre vegetatif dönemlerde 7-20 günde bir (yüksek sıcaklık ve/veya kuraklık süresi ve şiddeti, yağış miktarı ve dağılışı) sulama yapılabilir. Kurak, sıcak ve yağışsız yıllarda sulama sayısı ve verilen su miktarı artar.

Mısırın generatif dönemlerinde mısır yetiştirilen tüm bölgelerde (Karadeniz, Marmara, Ege, İç, Akdeniz ve Güneydoğu) yağışlar yeterli olmadığından sulama yapılır.

Ülkemizde mısırın sulanması genelde salma (karık ve tava dahil) ve damla sulama yöntemleri ile yapılır. Yağmurlama sulama yöntemi mısırın V6 dönemine kadar uygulanabilir.

Salma sulamada sulama sıklığı, bölgenin yağışı ve toprak özelliklerine göre değişmekle birlikte 4-12 arasında değişmektedir. Sulama miktarı genelde tava veya karıkların suya doyumuna göre yapılmaktadır. Bazı çiftçiler belli bir saat süresince (8-12 saat) salma sulama yapmaktadır. Genelde salma sulama yöntemi çiftçi tecrübesine göre yönetilmektedir.

Sulama maliyeti açısından en ucuz yöntem olan salma sulama yönteminin, sürdürülebilir tarım açısından sakıncaları saymakla bitmez. Ne yazık ki ülkemizde hala en fazla uygulanan sulama yöntemidir.

Damla sulama yöntemi, Tarım Bakanlığı tarafından desteklenmektedir. Su ile gübre uygulaması yanında suyun daha tasarruflu kullanılmasını sağlar. Otomasyon sistemiyle istenilen günde, saatte ve sürede düşük işçilik giderleriyle yüzlerce dekarlık mısır tarlaları sulanabilmektedir.

### Sulamada temel konular

Sulama konusundaki temel konular Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi 'Sulama' (3. Baskı, Yıl 2004) ders kitabından (No: 493) alınarak hazırlanmıştır.

Toprak nemini yaygın kullanım şekli olana derinlik (mm) cinsinden ifade edeceğiz. Toprak bünyesi, hacim ağırlığının belirlenmesi açısından önemlidir. Aşağıdaki çizelgede farklı toprak bünyeleri için hacim ağırlıkları verilmiştir.

Farklı toprak bünyeleri için hacim ağırlıkları

| Toprak Bünyesi          | Hacim Ağırlığı, ( $A_s$ g/cm <sup>3</sup> ) |
|-------------------------|---|
| Kil (C)                 | 1.20  |
| Siltli killi tın (SiCL) | 1.30  |
| Silt (Si)               | 1.35  |
| İnce kumlu tın (FSL)    | 1.40  |
| Kum (S)                 | 1.50  |

<https://www.tarimorman.gov.tr/TAGEM/Belgeler/yayin/sulama%20teknikleri%20rehberi.pdf>

### Ekim öncesi toprak nemi

İlk önce mısır yetiştireceğimiz toprağın 30 cm, 60 cm ve 90 cm derinliklerdeki nem değerlerini belirleyelim.



Örneğin mısır tarlasından ekim öncesinde 100 cm<sup>3</sup> hacminde toprağın tartıldığını ve toprağın yaş ağırlığının 174 g ve kuru ağırlığının ise 143 g bulunduğunu kabul edelim. Bu verilerle, toprağımızın 30 cm, 60 cm ve 90 cm derinliklerdeki nem değerlerini hesaplayabiliriz.

Birinci aşamada mevcut nemi, kuru ağırlık (MNKA) cinsinden hesaplıyoruz.

$$MNKA=100 \times [(yaş \ ağırlık-kuru \ ağırlık)/kuru \ ağırlık]=100 \times [(174-143)/143]=\%21.7$$

İkinci aşamada mevcut nemi, hacim ağırlığı (MNHA) cinsinden hesaplıyoruz.

$$MNHA=kuru \ ağırlık/toprak \ örneğinin \ hacmi=143 \ g/100 \ cm^3 = 1.43 \ g/cm^3$$

Üçüncü aşamada mevcut nemi, derinlik (MND) cinsinden hesaplıyoruz.

30 cm derinlik için MND hesaplaması (kısaca MND30 diyebiliriz)

$$MND30=(MNKA \ g/100) \times MNHA \ g \times \ derinlik \ (mm)=(21.7/100) \times 1.43 \times 300=93.1 \ mm$$

Yani 30 cm toprak profilinde yaklaşık 93.1 mm su bulunmaktadır. Mısırın ilk 6 yapraklı (V6) döneminde kökler genelde ilk 30 cm'lik toprak profilinde yayılırlar.

60 cm derinlik için MND hesaplaması (kısaca MND60 diyebiliriz)

$$MND60=(MNKA \ g/100) \times MNHA \ g \times \ derinlik \ (mm)=(21.7/100) \times 1.43 \times 600=186.2 \ mm$$

Yani 60 cm toprak profilinde yaklaşık 186.2 mm su bulunmaktadır. Mısırın 6 yapraklı (V6) ile 12 yapraklı (V12) dönemleri arasında kökler genelde ilk 60 cm'lik toprak profilinde yayılırlar.

90 cm derinlik için MND hesaplaması (kısaca MND90 diyebiliriz)

$$MND90=(MNKA \ g/100) \times MNHA \ g \times \ derinlik \ (mm)=(21.7/100) \times 1.43 \times 900=310.3 \ mm$$

Yani 90 cm toprak profilinde yaklaşık 310.3 mm su bulunmaktadır. Mısırın 12 yapraklı (V12) ile tepe püskülü çıkarma (VT) dönemleri arasında kökler genelde ilk 90 cm'lik toprak profilinde yayılırlar. Mısırdaki etkili kök derinliği genelde 90 cm kabul edilir.

Mısır ekiminden önce toprağın farklı derinliklerdeki nem değerlerinin nasıl hesaplanacağını öğrenmiş olduk. Şimdi sulama açısından toprak neminin nasıl hesaplanacağını öğrenelim.

### **Sulama açısından toprak nemi**

Sulamamanın planlanabilmesi için öncelikle tarla kapasitesi ve solma noktasının belirlenmesi gerekir.

Örneğin mısır ekeceğimiz tarlanın, tarla kapasitesini (TK) %32, solma noktasını (SN) %19, mevcut nemde hacim ağırlığını (MNHA)  $1.4 \text{ g/cm}^3$  ve mevcut nemde kuru ağırlığını (MNKA) %25 olarak bulduğumuzu düşünelim.

Birinci aşamada tarla kapasitesini mısırdaki etkili kök derinliği olan 90 cm (kısaca TKd90 diyebiliriz) için hesaplayalım.

$$\text{TKd90} = (\text{TK}/100) \times \text{MNHA} \times \text{etkili kök derinliği (mm)} = (32/100) \times 1.4 \times 900 = 403.2 \text{ mm}$$

Yani mısırın etkili kök derinliğindeki (90 cm) toprak profili, sulamadan sonra tarla kapasitesine ulaştığında, derinlik cinsinden 403.2 mm'lik su içermektedir.

İkinci aşamada solma noktasını mısırdaki etkili kök derinliği olan 90 cm (kısaca SNd90 diyebiliriz) için hesaplayalım.

$$\text{SNd90} = (\text{SN}/100) \times \text{MNHA} \times \text{etkili kök derinliği (mm)} = (19/100) \times 1.4 \times 900 = 239.4 \text{ mm}$$

Yani mısırın etkili kök derinliğindeki (90 cm) su tüketilip solma noktasına ulaşıldığında, toprak derinlik cinsinden 239.4 mm'lik su içermektedir.

### **Toprağın kullanılabilir su tutma kapasitesi**

Tarla kapasitesi ve solma noktası hesaplamalarımızdan devam ediyoruz. Yukarıdaki örneğimizde tarlamızın mevcut nemde kuru ağırlığını (MNKA) %25 olarak belirlemiştik.

Şimdi kullanılabilir su miktarını % ve mm cinsinden hesaplayalım.

$$\text{Toprakta kullanılabilir su miktarı (KSM)} = \text{MNKA} - \text{SN} = \%25 - \%19 = \%6$$

Yani solma noktasının (SN) üstünde fakat tarla kapasitesinin (TK) altında kalan tarlada o anda mevcut olan suya, kullanılabilir su miktarı (KSM) diyoruz. Örneğin tarlamızda kullanılabilir su miktarı %6'dır.

Toprakta kullanılabilir su miktarı (KSM) mm cinsinden yani derinlik olarak da hesaplanabilir.

$$\text{KSM} = [(\text{MNKA} - \text{SN})/100] \times \text{MNHA} \times \text{etkili kök derinliği (mm)} = [(25 - 19)/100] \times 1.4 \times 900 = 75.6 \text{ mm}$$

Yani toprağımızdaki %6 kullanılabilir su miktarının mm cinsinden değeri 75.6'dır. Bir başka deyişle toprağımızdaki nemi belirlemek için örnek aldığımız esnada topraktaki kullanılabilir su miktarı 75.6 mm'dir.

Toprağın su tutma kapasitesi (STK) ise toprağın solma noktasından tarla kapasitesine ulaşıncaya kadar tutabildiği su miktarıdır.

Mısır ekeceğimiz tarlamızın STK değerini % cinsinden hesaplayalım.

Toprağın su tutma kapasitesi (STK)=TK-SN=%32-%19=%13

Yani toprağımızın solma noktasından (SN) tarla kapasitesine (TK) ulaşınca kadar tuttuğu su miktarı %13'tür.

Mısır ekeceğimiz tarlamızın STK değerini mm cinsinden yani derinlik olarak hesaplayalım.

$STK = [(TK-SN)/100] \times MNHA \times \text{etkili kök derinliği (mm)} = [(32-19)/100] \times 1.4 \times 900 = 163.8 \text{ mm}$

Yani toprağımızın %13'lük su tutma kapasitesinin (STK) mm (derinlik) cinsinden değeri 163.8'dir.

### Uygulamadan örnekler

Mısır ekiminden sonra çimlendirme suyu verilecektir. Kuru ağırlık % cinsinden tarla kapasitesi (TK) %31, solma noktası (SN) %18, mevcut nemde hacim ağırlığı (MNHA) 1.3 g/cm<sup>3</sup> ve kullanılabilir su miktarı (KSM) %24 olarak belirlemiştir. Mısırdaki etkili kök derinliği 90 cm'dir. Çimlendirme için gerekli olan su miktarını derinlik (mm) cinsinden hesaplayalım.

Birinci aşama tarla kapasitesindeki %31 nemin derinlik (mm) cinsinden (dTK) karşılığını bulmalıyız.

$dTK = (TK/100) \times MNHA \times \text{etkili kök derinliği (mm)} = (31/100) \times 1.3 \times 900 = 362.7 \text{ mm}$

Yani %31 tarla kapasitesindeki nemin derinlik cinsinden değeri 362.7 mm'dir

İkinci aşama solma noktasındaki %18 nemin derinlik (mm) cinsinden (dSN) karşılığını bulmalıyız.

$dSN = (SN/100) \times MNHA \times \text{etkili kök derinliği (mm)} = (18/100) \times 1.3 \times 900 = 210.6 \text{ mm}$

Yani %18 solma noktasındaki nemin derinlik cinsinden değeri 210.6 mm'dir

Üçüncü aşamada toprakta mevcut kullanılabilir su miktarını (KSM) derinlik (mm) cinsinden (dKSM) bulmalıyız.

$dKSM = (KSM/100) \times MNHA \times \text{etkili kök derinliği (mm)} = (24/100) \times 1.3 \times 900 = 280.8 \text{ mm}$

Yani topraktaki %24 mevcut nemin derinlik cinsinden değeri 280.8 mm'dir

Dördüncü aşamada çimlendirme suyu (ÇS) olarak tarlaya verilmesi gereken suyun (kabaca gerekli su miktarı (GSM)) derinlik cinsinden hesaplanması

$GSM = dTK - dKSM = 362.7 - 280.8 = 81.9 \text{ mm}$

Yani mısır ekiminden sonra çimlendirmek için tarlamıza en az 81.9 mm su vermeliyiz.

Diyelim ki ilk çimlendirme suyundan sonra tekrar çimlendirme suyuna ihtiyaç duyuldu. Bu durumda topraktaki elverişli nemin (EN) %50'ye düşüp düşmediği takip edilir.

$$EN=dTK-dSN=362.7-210.6=152.1 \text{ mm}$$

Yani toprağın bitki tarafından alabilir nemi (elverişli nem) ya da toprağın kullanılabilir su tutma kapasitesi %50'ye yani yarıya ( $152.1/2=76.05 \text{ mm}$ ) düştüğünde tekrar sulanması tavsiye edilir. Böyle bir durumda toprağa 76.05 mm su verilerek, topraktaki nem tekrar tarla kapasitesine çıkarılır.

Fakat mısırın çimlendirmesi suyunu, etkili kök derinliğine kadar vermeye gerek yoktur. 30-40 mm su, mısırın çimlendirilmesi için yeterli olacaktır. İkinci defa çimlendirme suyu verilecekse yine 30-40 mm su vermek yeterli olacaktır.

### **Toprağın su alma hızı (infiltrasyon)**

Toprak bünyesi, su alma hızını etkileyen en önemli faktörlerden birisidir. Aşağıdaki çizelgede farklı toprak bünyelerinin farklı su alma hızlarına sahip oldukları gösterilmektedir.

Toprak bünyesine göre su alma hızı değerleri

| Toprak bünyesi | Su alma hızı, mm/h |
|----------------|--------------------|
| Kum            | 25-250             |
| Kumlu-tın      | 13-76              |
| Tın            | 8-20               |
| Killi-tın      | 2.5-15             |
| Milli-kil      | 0.3-8              |
| Kil            | 0.1-5              |

Yukarıdaki çizelge ve sulama konusunda daha fazla bilgi için Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi 'Sulama' (3. Baskı, Yıl 2004) kitabına bakınız. Bu e-kitabımızda sulamanın temel konuları hakkında bilgi verilmemektedir. Bundan dolayı toprağın su alma hızının nasıl belirlendiğinden ziyade, sulamada nasıl kullanıldığı bizim için daha önemlidir.

Toprağın su alma hızı, pratikte mısır tarlamıza suyun kaç saat verilmesi gerektiğini hesaplamamızda yardımcı olmaktadır. Çünkü hafif bünyeli (kum gibi) toprakların su alma hızı yüksektir ve daha kısa sürede tarla kapasitesine ulaşılır. Fakat ağır bünyeli (killi-tınlı)



topraklarda suyun toprağa geçme ve aşağıya doğru hareketi yavaştır ve uzun sürede tarla kapasitesine ulaşılır.

### **Bitki su tüketimi (Evapotranspirasyon)**

Bitki su tüketimi (BST) genelde derinlik (mm) cinsinden gösterilmektedir. Bitkinin bir günde tükettiği suyun mm cinsinden ifadesidir. Toprakta (evaporasyon) ile bitkiden (transpirasyon) günlük mm cinsinden su kaybıdır. Bitki su tüketimi (BST), sulama programlarında sulama aralığını belirler.

Mısırdaki günlük BST, ana ürün ekilişlerinde genelde çıkış sonrası düşüktür. Zamanla bitkinin büyüme ve gelişmesinin artması, sıcaklığın yükselmesi, nispi nemin düşmesi, kuraklık oluşması gibi nedenlerden dolayı bitkinin günlük BST'si artar ve çiçeklenme döneminde maksimum seviyeye ulaşır. Çıkıştan itibaren ana ürün mısırdaki günlük BST 1-2 mm'den başlar, çiçeklenmede 8-10 mm'ye (zellikle kurak yıllarda) kadar ulaşır ve tane dolum dönemlerinin sonuna doğru azalmaya başlar (5-6 mm). İkinci rn koşullarında (şanlıurfa'daki gibi) ıkış sonrası bitki her ne kadar kk olsa da toprak yüzeyinden su kaybı çok yüksek olduğu için günlük BST yükselmektedir.

Mısırdaki ıkış sonrası erken gelişim çok önemlidir. Hızlı bir şekilde sıra aralarını kapatan çeşitler (yaprakların hızlı gelişmesiyle yaprak alan indeksinin artması) toprak yüzeyinden su kaybını azaltılabilmektedir. Erken dönemde bitki yzenin artmasıyla, BST'nin artması arasında doğrusal bir ilişki olsa da asıl önemli olan konu, suyun bitki tarafından etkin olarak kullanılmasıdır.

Mevcut mısır çeşitlerinin erken büyüme ve gelişim dönemleri çoğunlukla yavaştır. Bitki büyümesi ve gelişimi ilerledikçe, yaprak alan indeksi artmakta ve çiçeklenme döneminde yakın maksimuma ulaşmaktadır. Dolayısıyla BST'de, bitki tarafından kullanılan su miktarı (bitkinin payı) erken dönemde az iken bitkinin yaprak sayısı ve alanın artığı ileri dönemlerde yüksektir.

BST hesaplamalarında bitki katsayısının (BK) belirlenmesi gerekir. BK hesaplamalarında bitkiler 4 dönem üzerinden değerlendirilir. Örneğin mısırın ıkışı (VE) ile 6 yapraklı olduğu dönem (V6) arasına Başlangıç Dönemi (BD), V6 (6 yapraklı) ile V18 (18 yapraklı) dönemleri arasına Gelişme Dönemi (GD), V18 ile R6 (fizyolojik olum) dönemleri arasına Orta Dönem (OD) ve hasat olum döneminde ise Son Dönem (SD) adı verilmektedir. Genel olarak söylemek gerekirse, mısırdaki BD 30 gün, GD 40 gün, OD 50 gün ve SD 30 gün olmak üzere toplam vegetasyon süresinin 150 gün sürdüğü bildirilmektedir.

Ülkemizde en fazla mısırın yetiştirildiği 3 il için hesaplanan gelişme süreleri verilmiştir.

### Mısırın iklim bölgelerine gelişme süreleri (gün sayısı)

| İl        | Ürün tipi* | İklim tipi | Ekim zamanı (hafta) | Başlangıç dönemi | Gelişme dönemi | Orta dönem | Son dönem | Vejetasyon süresi |
|-----------|------------|------------|---------------------|------------------|----------------|------------|-----------|-------------------|
| Adana     | Tane-1     | Akdeniz    | Nisan-I             | 30               | 40             | 50         | 30        | 151               |
|           | Tane-2     |            | Haziran-III         | 20               | 30             | 40         | 30        | 120               |
|           | Silaj-1    |            | Nisan-II            | 30               | 35             | 45         | 10        | 120               |
|           | Silaj-2    |            | Haziran-III         | 20               | 30             | 33         | 10        | 93                |
| Konya     | Tane-1     | İç Anadolu | Mayıs-I             | 30               | 40             | 50         | 40        | 160               |
|           | Silaj-1    |            | Mayıs-I             | 27               | 35             | 50         | 10        | 122               |
|           | Silaj-2    |            | Haziran-III         | 20               | 30             | 48         | 10        | 108               |
| Şanlıurfa | Tane-1     | Güneydoğu  | Nisan-I             | 30               | 40             | 55         | 35        | 160               |
|           | Tane-2     |            | Haziran-III         | 20               | 30             | 40         | 30        | 120               |
|           | Silaj-1    |            | Nisan-I             | 30               | 39             | 46         | 10        | 125               |
|           | Silaj-2    |            | Temmuz-I            | 20               | 30             | 36         | 10        | 96                |

<https://www.tarimorman.gov.tr/TAGEM/Belgeler/yayin/Tu%CC%88rkiyede%20Sulanan%20Bitkilerin%20Bitki%20Su%20Tu%CC%88ketimleri.pdf>

\*Tane-1, tane ana ürün ; Tane-2, tane ikinci ürün; Silaj-1, silaj ana ürün; Silaj-2, silaj ikinci ürün

Yukarıdaki çizelgede iller için verilen gelişme dönemleri ve vejetasyon süreleri gerçekte uyuşmamaktadır. Mısırdaki vejetasyon süresi çıkıştan (VE) fizyolojik olum (R6) dönemine kadar geçen süreye göre belirlenir. Fizyolojik olum döneminde tanede siyah tabakanın oluşmasıyla birlikte bitkinin artık suya ihtiyacı kalmaz. İlk altı yapraklı döneme ulaşıncaya kadar mısır normal şartlarda her 5 günde bir yaprak geliştirir. İlk altı yapraklı döneme mısır ortalama 30 günde ulaşabilir (6 yaprak x 5 gün = 30 gün), yani bitki katsayısı (BK) hesaplamasında kullanılan başlangıç dönemine karşılık gelmektedir (BK1 ile gösterelim). Başlangıç dönemindeki bitki katsayısı (BK1) genelde değişmez yani sabit kabul edilir.

6 yapraklı ile 18 yapraklı dönemi kapsayan gelişme döneminde ise 12 yaprak oluşur ve her bir yaprak genelde 3-4 günde gelişir ki bu da toplamda yaklaşık 36-48 (ortalama 42) güne eş değerdir. İkinci dönem olan gelişme dönemi mısırdaki ortalama yaklaşık 40 gün kabul edilir ki bu da bizim hesaplamamızla yaklaşık olarak uyumlu çıkmaktadır. Gelişme dönemi bitki su tüketimi en yüksek seviyeye ulaşmaya doğru gideceğinden bitki katsayısı (BK2) artan değer olacaktır.

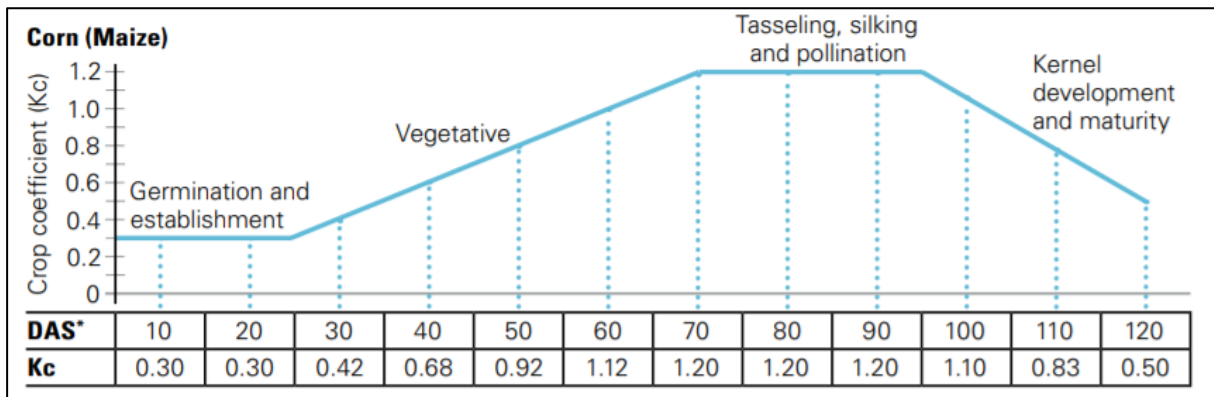
Orta dönem süresi, gerçek mısır yetiştiriciliği ile uyumlu değildir. Çünkü orta dönem çiçeklenme ve tane doldurma dönemlerini kapsamaktadır. Bu dönem, erkenci çeşitlerde genelde 50-55 gün ile geçici çeşitlerde 65-70 gün arasında bir zaman dilimine karşılık gelmektedir. Ana ürün tane mısır çeşitlerinin neredeyse tamamının orta dönem süreleri 65 günden az değildir. Halbuki yukarıdaki çizelgede 50-55 arasında verilmiştir. Ana ürün silajlıklarda da durum benzerdir. Orta dönemde bitki su tüketimi maksimum seviyeye ulaşır. Bundan dolayı bitki katsayısı (BK3) en yüksek değeri alır. Orta dönemin sonuna doğru BK3 değeri düşme eğilimine geçer.

Son dönemde sadece tanede nem kaybı oluşmakta ve tane mısırın hasat nemine (<%15) ulaşması beklenmektedir. Bu süre bölgeye, yıla ve çeşide göre 15-30 arasında sürebilir. Fakat bu dönemde sulama yapılmamalıdır. Bundan dolayı, son dönem için sulamada bitki katsayısı (BK4) hesaplanmasına gerek yoktur. Zaten silaj mısır çeşitleri orta dönemde biçilmelidir.

Sulama alanı ile ilgilenen bilim adamları ile yetiştirme teknikleriyle ilgilenen bilim insanları mısırın büyüme ve gelişme dönemlerini oldukça farklı tanımlamaktadır. Bu farklılık bitki su tüketiminde kullanılan bitki katsayılarının hesaplanmasında farklı yaklaşımlara neden olmaktadır. Örneğin 4. bitki katsayısı değerinin (BK4) hesaplandığı son dönem tam bir karmaşaya neden olmaktadır. Çünkü mısırın hasat olgununa ulaşması için geçen süre son döneme dahil edilse bile pratikte bu durumun hiçbir karşılığı yoktur. Mısır hasat olum döneminde sulanmaz. Aksine koçanda tanenin su kaybetmesi gerekir. Akabinde hasat olum dönemine girilir. Bundan dolayı tane mısırdaki son dönemin süresi 30-40 gün asla olmamalıdır. En fazla 10 gün kabul edilebilir. Tane mısır için verilen toplam vejetasyon süreleri yaklaşık 20 gün daha kısaltılmalıdır. 150-160 gün olarak verilen vejetasyon süresinin gerçekteki karşılığı FAO 900-1000 olum grubudur.

Sulama bilimcilerin mısırın büyüme ve gelişim dönemlerini (başlangıç, gelişme, orta ve son) kategorize etme biçimleri oldukça karmaşık ve anlaşılması zor görünmektedir. Aşağıda verilen şekil doğrultusunda, sulama bilimcilerin mısırın büyüme ve gelişme dönemlerini yeniden kategorize etmeleri uygun olacaktır.

Sulama bilimi açısından mısırın büyüme ve gelişme dönemleri



<https://www.netafim.com.mx/bynder/4F8EA374-EA05-4506-8BF82AA20B7ED034-drip-irrigation-system-handbook-.pdf>

Yukarıdaki görüş farklılıklarını bildirdikten sonra, mısırın sulama açısından gelişme dönemleri için belirlenen bitki katsayıları konusuna geri dönüyoruz.

En fazla mısır yetiştirilen 3 ilimiz için hesaplanan bitki katsayısı değerleri aşağıdaki çizelgede verilmiştir.

## Sulama açısından mısır gelişme dönemlerinin bitki katsayıları

| İl        | Ürün tipi* | İklim tipi | Başlangıç dönemi- Bitki katsayısı (BK1) | Orta dönem- Bitki katsayısı (BK3) | Son dönem- Bitki katsayısı (BK4) |
|-----------|------------|------------|---|-----------------------------------|----------------------------------|
| Adana     | Tane-1     | Akdeniz    | 0.45                                    | 1.14                              | 0.27                             |
|           | Tane-2     |            | 0.33                                    | 1.14                              | 0.31                             |
|           | Silaj-2    |            | 0.33                                    | 1.13                              | 0.85                             |
| Konya     | Tane-1     | İç Anadolu | 0.3                                     | 1.24                              | 0.36                             |
|           | Silaj-1    |            | 0.3                                     | 1.24                              | 0.93                             |
|           | Silaj-2    |            | 0.33                                    | 1.23                              | 0.91                             |
| Şanlıurfa | Tane-1     | Güneydoğu  | 0.29                                    | 1.26                              | 0.39                             |
|           | Tane-2     |            | 0.28                                    | 1.23                              | 0.35                             |
|           | Silaj-1    |            | 0.29                                    | 1.26                              | 0.94                             |
|           | Silaj-2    |            | 0.28                                    | 1.23                              | 0.91                             |

<https://www.tarimorman.gov.tr/TAGEM/Belgeler/yayin/Tu%CC%88rkiyede%20Sulanan%20Bitkilerin%20Bitki%20Su%20Tu%CC%88ketimleri.pdf>

\*Tane-1, tane ana ürün ; Tane-2, tane ikinci ürün; Silaj-1, silaj ana ürün; Silaj-2, silaj ikinci ürün

Yukarıdaki çizelgede verilen bitki katsayıları, Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nün 259 istasyonundan 30 yıl boyunca toplanan iklim verilerinden hesaplanmıştır. Bölgelere ve hatta illere göre mısırın bitki su tüketiminin hesaplanmasında doğrudan kullanılacağı bildirilmektedir. İlgili yayından diğer bölgelerin ve illerin bitki katsayılarına ulaşılabilir.

Bitki su tüketimi (BST) = Bitki katsayısı (BK) x Kıyas bitki su tüketimi (KBST) denklemi ile tahmin edilir. Bu denklemde yer alan bitki katsayılarının değerlerini yukarıdaki çizelgede ve kaynak kitapta verilmiştir. Kıyas bitki su tüketiminin hesaplanmış değerleri yine aynı kaynak kitapta verilmektedir.

Aşağıdaki çizelgede ülkemizde en fazla mısır yetiştirilen 3 ilin kıyas bitki su tüketim değerleri 10'ar günlük periyotlar şeklinde verilmektedir. İlgili kaynak kitaptan diğer illere de ulaşılabilir.

### 3 ilin kıyas bitki su tüketim değerleri

| Aylar | 10'ar günlük periyotlar | Adana                | Konya | Şanlıurfa |
|-------|-------------------------|----------------------|-------|-----------|
| Ocak  | 1 (ilk on gün)          | 10                   | 6     | 8         |
|       | 2 (ikinci 10 gün)       | 11                   | 6     | 9         |
|       | 3 (üçüncü 10 gün)       | 13                   | 8     | 11        |
| Şubat | 1                       | 14                   | 9     | 12        |
|       | 2                       | 15                   | 11    | 14        |
|       | 3                       | 14                   | 11    | 13        |
| Mart  | 1                       | 20                   | 17    | 21        |
|       | 2                       | <b>23 (ana ürün)</b> | 20    | 24        |
|       | 3                       | <b>29</b>            | 27    | 31        |
| Nisan | 1                       | <b>30</b>            | 28    | 32        |



|                   |   |           |                      |                         |
|-------------------|---|-----------|----------------------|-------------------------|
|                   | 2 | <b>33</b> | 32                   | 38                      |
|                   | 3 | <b>37</b> | 34                   | 42                      |
| Mayıs             | 1 | <b>40</b> | <b>38 (ana ürün)</b> | 46                      |
|                   | 2 | <b>44</b> | <b>42</b>            | 54                      |
|                   | 3 | <b>52</b> | <b>49</b>            | 68                      |
| Haziran           | 1 | <b>50</b> | <b>49</b>            | 68                      |
|                   | 2 | <b>52</b> | <b>52</b>            | 73                      |
|                   | 3 | <b>55</b> | <b>58</b>            | <b>77 (ikinci ürün)</b> |
| Temmuz            | 1 | <b>56</b> | <b>60</b>            | <b>77</b>               |
|                   | 2 | <b>54</b> | <b>60</b>            | <b>78</b>               |
|                   | 3 | <b>59</b> | <b>66</b>            | <b>80</b>               |
| Ağustos           | 1 | <b>51</b> | <b>57</b>            | <b>68</b>               |
|                   | 2 | <b>50</b> | <b>54</b>            | <b>65</b>               |
|                   | 3 | 51        | <b>53</b>            | <b>64</b>               |
| Eylül             | 1 | 42        | <b>42</b>            | <b>54</b>               |
|                   | 2 | 38        | <b>39</b>            | <b>48</b>               |
|                   | 3 | 33        | <b>32</b>            | <b>41</b>               |
| Ekim              | 1 | 29        | <b>26</b>            | <b>34</b>               |
|                   | 2 | 25        | 21                   | <b>28</b>               |
|                   | 3 | 22        | 17                   | <b>24</b>               |
| Kasım             | 1 | 16        | 13                   | <b>16</b>               |
|                   | 2 | 14        | 9                    | 14                      |
|                   | 3 | 12        | 8                    | 12                      |
| Aralık            | 1 | 10        | 6                    | 9                       |
|                   | 2 | 10        | 6                    | 9                       |
|                   | 3 | 11        | 6                    | 9                       |
| Mısır için toplam |   | 715       | 777                  | 754                     |
| Genel toplam      |   | 1124      | 1077                 | 1372                    |

<https://www.tarimorman.gov.tr/TAGEM/Belgeler/yayin/Tu%CC%88rkiyede%20Sulanan%20Bitkilerin%20Bitki%20Su%20Tu%CC%88ketimleri.pdf>

Kıyas bitki su tüketimi hesaplamaları tarımsal üretimi yapılan bitkilerin su tüketim değerlerini bulmak için referans olarak kullanılır. Mısır gibi günlük, haftalık ya da 10 günlük kısa periyotlar için su tüketim değerlerinin tahmin edilmesi gereken bitkilerinde referans bitki olarak genelde çayır/çim bitkileri kullanılmaktadır.

Yukarıdaki çizelgede kıyas bitki su tüketimleri 10'ar günlük periyotlar şeklinde 12 ay için verilmiştir. Fakat mısır ülkemizde 12 ay boyunca yetiştirilmemektedir. Her ilimiz için kıyas bitki su tüketimi farklı olacaktır. Örneğin Şanlıurfa'da ana ürün mısır yetiştirilmemektedir. Dolayısıyla ocak, şubat, mart, nisan, mayıs, haziran (20-30 Haziran hariç), kasım (1-10 Kasım hariç) ve aralık aylarının kıyas bitki su tüketim değerlerini hesaplamaya/kullanmaya gerek yoktur. Şanlıurfa'da mısır ikinci ürün olarak 20 Haziran ile 10 Kasım tarihleri arasında yetiştirilmektedir. Şanlıurfa için mısırın bitki su tüketimi hesaplanmasında bu tarihler

arasındaki kıyas bitki su tüketimlerinin kullanılması uygun olacaktır. Böyle bir durumda Şanlıurfa için kıyas bitki su tüketimi 754 mm olmaktadır. Konya ve Adana'da ana ürün tane mısır için kıyas bitki su tüketimi sırasıyla 777 mm ve 715 mm civarındadır.

Ülkemizde mısır yetiştirilen illerin kıyas bitki su tüketimi ve bitki katsayılarının yanında bitki su tüketim değerleri de hesaplanmıştır. En fazla mısır yetiştirilen 3 il için hesaplanan bitki su tüketim değerleri aşağıdaki çizelgede verilmiştir.

En fazla mısır yetiştirilen 3 ilin bitki su tüketim değerleri (mm)

| Aylar   | 10'ar günlük periyotlar | Adana   |        |         | Konya  |         |         | Şanlıurfa Akçakale |
|---------|-------------------------|---------|--------|---------|--------|---------|---------|--------------------|
|         |                         | Tane-1* | Tane-2 | Silaj-2 | Tane-1 | Silaj-1 | Silaj-2 | Tane-2             |
| Ocak    | 1 (ilk on gün)          |         |        |         |        |         |         |                    |
|         | 2 (ikinci 10 gün)       |         |        |         |        |         |         |                    |
|         | 3 (üçüncü 10 gün)       |         |        |         |        |         |         |                    |
| Şubat   | 1                       |         |        |         |        |         |         |                    |
|         | 2                       |         |        |         |        |         |         |                    |
|         | 3                       |         |        |         |        |         |         |                    |
| Mart    | 1                       |         |        |         |        |         |         |                    |
|         | 2                       | 6       |        |         |        |         |         |                    |
|         | 3                       | 13      |        |         |        |         |         |                    |
| Nisan   | 1                       | 14      |        |         |        |         |         |                    |
|         | 2                       | 17      |        |         |        |         |         |                    |
|         | 3                       | 25      |        |         |        |         |         |                    |
| Mayıs   | 1                       | 34      |        |         | 11     | 11      |         |                    |
|         | 2                       | 44      |        |         | 13     | 13      |         |                    |
|         | 3                       | 59      |        |         | 15     | 15      |         |                    |
| Haziran | 1                       | 57      |        |         | 22     | 23      |         |                    |
|         | 2                       | 59      |        |         | 37     | 40      |         |                    |
|         | 3                       | 62      | 18     | 18      | 54     | 59      | 19      |                    |
| Temmuz  | 1                       | 63      | 18     | 18      | 69     | 74      | 20      | 22                 |
|         | 2                       | 56      | 26     | 26      | 75     | 75      | 30      | 22                 |
|         | 3                       | 43      | 45     | 45      | 81     | 81      | 53      | 39                 |
| Ağustos | 1                       | 22      | 53     | 53      | 71     | 71      | 64      | 58                 |
|         | 2                       | 1       | 57     | 57      | 67     | 67      | 66      | 78                 |
|         | 3                       |         | 58     | 58      | 66     | 61      | 66      | 85                 |
| Eylül   | 1                       |         | 48     | 48      | 49     | 9       | 52      | 71                 |
|         | 2                       |         | 43     | 29      | 35     |         | 48      | 61                 |
|         | 3                       |         | 31     |         | 21     |         | 37      | 51                 |
| Ekim    | 1                       |         | 19     |         | 8      |         | 8       | 35                 |
|         | 2                       |         | 8      |         |        |         |         | 21                 |
|         | 3                       |         |        |         |        |         |         | 8                  |
| Kasım   | 1                       |         |        |         |        |         |         |                    |
|         | 2                       |         |        |         |        |         |         |                    |
|         | 3                       |         |        |         |        |         |         |                    |

|        |   |     |     |     |     |     |     |     |
|--------|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Aralık | 1 |     |     |     |     |     |     |     |
|        | 2 |     |     |     |     |     |     |     |
|        | 3 |     |     |     |     |     |     |     |
| Toplam |   | 576 | 424 | 351 | 692 | 597 | 462 | 549 |

<https://www.tarimorman.gov.tr/TAGEM/Belgeler/yayin/Tu%CC%88rkiyede%20Sulanan%20Bitkilerin%20Bitki%20Su%20Tu%CC%88ketimleri.pdf>

\*Tane-1, tane ana ürün ; Tane-2, tane ikinci ürün; Silaj-1, silaj ana ürün; Silaj-2, silaj ikinci ürün

Daha önce de vurguladığımız gibi yukarıdaki çizelgede verilen bitki su tüketim değerleri, Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nün 259 istasyonundan 30 yıl boyunca toplanan iklim verilerinden hesaplanmıştır. İlgili yaygından diğer bölgelerin ve illerin mısır için bitki su tüketim değerlerine ulaşılabilir.

Bitki su tüketim değerleri incelendiğinde bazı sorunların yanıtları kafa karıştırıcı olabilmektedir. Örneğin Şanlıurfa (Akçakale) Meteoroloji İstasyonu verilerinden ikinci ürün tane mısır için hesaplanan toplam bitki su tüketim değeri 549 mm'dir (yukarıdaki çizelgede). Fakat, Şanlıurfa'da yapılan çalışmalarda ikinci ürün mısırın mevsimlik su tüketiminin en az 1200 mm olduğu bildirilmektedir. Benzer durum Adana ilindeki mısırın bitki su tüketim değerleri içinde söylenebilir. Yukarıdaki çizelgede Adana'da ana ürün mısırın toplam bitki su tüketim değeri 576 mm olarak verilmektedir. Fakat Adana'da yapılan çalışmalarda ana ürün tane mısırın mevsimsel su tüketiminin en az 800 mm olduğu bildirilmektedir.

### **Nem denge yöntemine göre mevsimsel bitki su tüketimi (BST)**

Mevsimsel bitki su tüketimi, aşağıdaki verilen formülle hesaplanabilmektedir.

Mevsimsel bitki su tüketimi (BST)=Sulama suyu miktarının toplamı (mm) + Yağış miktarının toplamı (mm) - Yüzey akışıyla yiten suyun toplamı (mm) – Etkili kök derinliğinin altına sızan suyun toplamı (mm) ± Etkili kök derinliğindeki nem değişim (mm) (yani mevsim başı ile mevsim sonu arasındaki farkı)

<http://libratez.cu.edu.tr/tezler/7284.pdf>

Bu e-kitabımızda mısırdaki sulama konusu, damla sulama sistemine göre açıklanmaktadır. Damla sulama sisteminde yüzey akışı söz konusu olmadığından, formüldeki yüzey akış unsuru ihmal edilmektedir. Yine damla sulama uygulamaları, toprağın kullanılabilir su tutma kapasitesinin %50'ye düştüğü anda yapıldığından, formüldeki etkili kök derinliğinin altına sızan su unsuru ihmal edilmektedir.

Böylece formül yeniden aşağıdaki gibi düzenlenir.

Mevsimsel bitki su tüketimi (BST)=Sulama suyu miktarının toplamı (mm) + Yağış miktarının toplamı (mm) ± Etkili kök derinliğindeki nem değişim (mm) (yani mevsim başı ile mevsim sonu arasındaki farkı)

Yukarıdaki formülün kullanımını bir örnek ile açıklayalım.

Mısır ekili bir tarlanın kuru ağırlık cinsinden tarla kapasitesi (TK) %29, solma noktası (SN) %17 ve hacim ağırlığı (HA) 1.31 g/cm<sup>3</sup> olarak belirlenmiştir. Mevsim süresinde toprağın kullanılabilir su tutma kapasitesinin (KSTK) yani toprakta elverişli nem (EN) %50'ye düştüğü anda sulama yapılması koşuluyla toplam 8 defa sulama yapılmıştır. Mısır, 4 defa yağış almış ve toplam yağış miktarı 119 mm'dir. Mısır tarlasında ilk ölçülen nem %19, son ölçülen nem ise %16.5 olmuştur. Mısırın etkili kök derinliği 90 cm'dir. Bu veriler ışında mısırın toplam bitki su tüketimini mm cinsinden hesaplayalım.

Birinci aşamada tarla kapasitesindeki (%29) suyu derinlik (mm) cinsinden (kısaca dTK) hesaplayalım.

$$dTK=(TK/100) \times HA \times \text{etkili kök derinliği (mm)}=(29/100) \times 1.31 \times 900=341.91 \text{ mm}$$

Yani 90 cm etkili kök derinliğindeki tarla kapasitesinde su miktarı 341.91 mm'dir.

İkinci aşamada solma noktasındaki (%17) suyu derinlik (mm) cinsinden (dSN) hesaplayalım

$$dSN==(SN/100) \times HA \times \text{etkili kök derinliği (mm)}=(17/100) \times 1.31 \times 900=200.43 \text{ mm}$$

Yani 90 cm etkili kök derinliğindeki solma noktasında su miktarı 200.43 mm'dir.

Üçüncü aşamada toprakta elverişli nem (EN) yani toprağın kullanılabilir su tutma kapasitesini (KSTK) hesaplayalım.

Toprağın elverişli nemi (EN)=tarla kapasitesindeki nem (mm)- solma noktasında nem (mm)

EN=341.91-200.43=141.48 mm yani toprak tarla kapasitesine ulaştığında, toprağın elverişli nem miktarı 141.48 mm'dir. Elverişli nem, bitki tarafından alınabilir nemdir. Elverişli nem düzeyine %50 azaldığında yani 141.48/2=70.74 mm'ye düştüğünde toprağa su verilmektedir. Bir başka deyişle tarla kapasitesindeki 341.91 mm su seviyesi, 200.43 mm+70.74 mm=271.17 mm su seviyesine düştüğünde sulama yapılmaktadır. 271.17 mm su seviyesi, toprağın elverişli nem miktarının yani toprağın kullanılabilir su tutma kapasitesinin %50'ye düştüğü andaki toprağın nem içeriğini ifade eder.

Dördüncü aşamada 8 defa sulamada verilen toplam su miktarını hesaplayalım.

Toprağı tarla kapasitesine yani 341.48 mm su seviyesine ulaştırmak için elverişli nem seviyesinin %50'e düştüğü (elverişli su seviyesi 271.17 mm'ye düştüğünde) anda sulama yapılması gerektiğinden hareketle, her sulamada en az 70.74 mm su verilmelidir. 8 defa sulama yapıldığına göre toplam sulama suyu miktarı 8x70.74=565.92 mm'dir.



Beşinci aşamada topraktaki ilk nem miktarını derinlik (mm) cinsinden (dİlkN) hesaplayalım.

Topraktaki ilk nem seviyesi (dİlkN)=(ilk nem/100)xhacim ağırlığıxetkili kök derinliği (mm)

$dİlkN=(19/100) \times 1.31 \times 900=224.01$  mm yani ekim yapmadan önce toprağın 90 cm derinliğindeki nem miktarıdır.

Altıncı aşamada topraktaki son nem miktarını derinlik (mm) cinsinden (dSonN) hesaplayalım.

Topraktaki son nem seviyesi (dSonN)=(son nem/100)xhacim ağırlığıxetkili kök derinliği (mm)

$dSonN=(16.5/100) \times 1.31 \times 900=194.54$  mm yani hasat öncesi/hasat sonrası toprağın 90 cm derinliğindeki nem miktarıdır.

Yedinci aşamada etkili kök derinliğindeki nem değişim (EKDND) (yani mevsim başı ile mevsim sonu arasındaki farkı) miktarını derinlik (mm) cinsinden (dEKDND) hesaplayalım.

Etkili kök derinliğindeki nem değişimi (dEKDND)= Topraktaki ilk nem seviyesi (dİlkN)-  
Topraktaki son nem seviyesi (dSonN)

$dEKDND=224.01-194.54=29.47$  mm yani toprağın ekim öncesi nem miktarı, hasat öncesi/hasat sonrası nem miktarından 29.47 mm daha fazladır.

Tekrar mevsimsel bitki su tüketimi formülüne geri dönelim;

Mevsimsel bitki su tüketimi (BST)=Sulama suyu miktarının toplamı (mm) + Yağış miktarının toplamı (mm) ± Etkili kök derinliğindeki nem değişim (mm) (yani mevsim başı ile mevsim sonu arasındaki farkı)

Formüldeki tüm unsurları yukarıda hesaplamış olduk. Formülde yerlerine yazalım:

$BST=565.92 \text{ mm}+119 \text{ mm}+29.47 \text{ mm}=714.39$  mm yani mevsimsel olarak tarlamızdaki mısırın bitki su tüketimi toplamı 714.39 mm'dir.

## **Sulama randımanı**

Suyun etkin kullanılması gerekir. Damla sulama sistemi, sulama randımanı en yüksek sistemdir. Bu sistemde yüzey akışı şeklinde su kaybı olmaz. Etkili kök derinliğinin altına (derine) su sızması gerçekleşmez. Damla sulama kapalı sistem kullanıldığı için tesisattan su kaybı yok denecek kadar azdır. Bu sistem, en yüksek su iletim randımanına (%98) sahiptir.

Sulama randımanında pek çok konu vardır. Fakat iki konu oldukça önemlidir. Su depolama randımanı, etkili kök derinliğinde depolanması gereken su miktarını gösterir. Ülkemizdeki

ağır bünyeli toprakların su alma hızı yavaş olup damla sulama sistemiyle su depolama randımanı artırılabilir.

Bir diğer konu ise bitki su kullanım randımanıdır (etkinliği). Damla sulama sistemiyle kök bölgesine uygulanan sudan bitki daha etkin (randımanlı) yararlanmaktadır. Elbette su kullanım etkinliği (randımanı) yüksek eşitleri seçmek gerekir.

### **Yağışın etkinliği (randımanı)**

Mısır zerine düşen yağışın etkinliği, sulama suyu ihtiyacını teleyebilir. Fakat düşen yağışın miktarı ve dağılımları önemlidir. Yağış miktarı 25 mm'den düşükse tümü etkili yağış olarak kabul edilmektedir. Daha yüksek yağış miktarının etkinliğini, bitkinin net sulama ihtiyacı belirler. Yağışın ne kadarının etkin olduğunu bulmak için hazır çizelgeler kullanılabilir. Genelde yağışın %80'nin etkin olduğu kabul edilmektedir. Aşağıdaki izelgede en fazla mısır yetiştirilen 3 ilimizin aylar bazında uzun yıllar yağış ortalamaları verilmektedir. İklim değimi senaryolarından önce Adana'da ana ürün tane mısır ekim zamanı nisan ayı iken, şimdilerde şubat ayında da ekim yapılmaktadır. Ekim tarihinin ne çekilmesinde iklim değişiminin yanında özellikle mısır kurdu ve mısır koçan kurdu zararlarının önlenmesi temel gerekçelerdir. şubat ve mart ayına kayan ekim tarihi Adana'da yağıştan yararlanma olanağını da artırmıştır. şubat ayı dahil edilmese bile mart, nisan, mayıs, haziran ve temmuz yağışlarının toplamı 198.3 mm'dir. Bu yağışların etkili olan kısmı (%80), 158.64 mm'dir. Mevsimsel bitki su tüketiminin 158.64 mm'si, yağışlar tarafından karşılanmaktadır. Elbette bu miktar yıldan yıla (yıl içerisinde yağışın miktarı ve dağılışına) farklılık gösterecektir.

şanlıurfa'da ana ürün tane/silaj mısır, yüksek sıcaklık ve düşük nispi nem (temmuz ve ağustos aylarındaki) nedeniyle yetiştirilememektedir. İkinci rn tane mısırın ekimi, genelde haziran ayının sonu-temmuz ayının başında yapılmaktadır. Aşağıdaki izelgede şanlıurfa'nın haziran, temmuz ve eylül aylarının yağış miktarlarına bakıldığında yok denemek kadar az olduğu grlmektedir. Ekim ayındaki yağışında çok düşük olduğu grlmektedir. şanlıurfa'da ikinci ürün mısır yetiştiriciliğine yağışın hiçbir katkısı bulunmamaktadır. Mevsimsel bitki su tüketiminin tamamı sulamadan karşılanmaktadır.

#### Aylar bazında yağış miktarları (mm)

| Aylar   | Adana       | Konya       | Şanlıurfa   |
|---------|-------------|-------------|-------------|
| Ocak    | 111.6       | 37.9        | 87.6        |
| Şubat   | 89.7        | 28.5        | 69.5        |
| Mart    | 65.4        | 28.7        | 62.8        |
| Nisan   | <b>51.9</b> | 31.9        | 49.8        |
| Mayıs   | <b>48.8</b> | <b>43.3</b> | 26.7        |
| Haziran | <b>22</b>   | <b>25.7</b> | 4.4         |
| Temmuz  | <b>10.2</b> | <b>7.1</b>  | <b>2</b>    |
| Ağustos | <b>9.8</b>  | <b>6.5</b>  | <b>3.4</b>  |
| Eylül   | 19.6        | <b>13.2</b> | <b>4.6</b>  |
| Ekim    | 43.6        | 29.9        | <b>26.5</b> |
| Kasım   | 71.4        | 32.2        | 44.6        |
| Aralık  | 127.3       | 42.8        | 81.7        |
| Toplam  | 671.3       | 327.7       | 463.6       |

<https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?k=undefined&m=KONYA>

#### Sulama suyu ihtiyacı

Yukarıda bitki su tüketimi konusunun açıklandığı kısmında en fazla mısır yetiştirilen 3 ilimizin 10'ar günlük bitki su tüketim değerleri vermiş ve Adana ve Şanlıurfa için hesaplanan bitki su tüketim değerlerinin araştırma bulgularıyla uyuşmadığını bildirmiştik. Fakat Konya için hesaplanan bitki su tüketimi değerleri hakkında yorum yapmamıştık. Çünkü bu ilimiz için tahmin edilen bitki su tüketim değerleri (gerek 10'ar günlük gerekse mevsimsel bitki su tüketim değerleri) araştırma bulgularıyla da örtüşmektedir. Sulama suyu ihtiyacının belirlenmesinde Konya ili aylık bitki su tüketim değerleri kullanılacaktır. Bu ilimize ait tane mısır için aylık bitki su tüketim değerleri çizelgenin altında verilen kitaptan alınmıştır.

Mısır yetiştirilen tarlamız için sulama suyu ihtiyacını ve sulama modülünü ortaya koyalım. Örneğin 5000 da'lık bir alanda damla sulama sistemini uygulayarak sulama suyu ihtiyacı ve sulama modülü planlaması yapalım. Tarlamızda sadece mısır yetireceğiz. Proje alanımızda başka bitki türü bulunmamaktadır.

Birinci aşamada damla sulama için bitki su tüketimini (DSBST) hesaplayalım.

$DSBST = \text{Bitki su tüketimi} \times (\text{bitki tarafından gölgelenen alan yüzdesi}/85)$

Hesaplama mısır için bitki tarafından gölgelenen alan %80 olarak alınır.

Nisan ayı için  $DSBST = 39 \times (80/85) = 36.71$  mm.

Benzer şekilde diğer aylar içinde hesaplanır ve aşağıdaki çizelgeye eklenir.

İkinci aşamada etkin yağış miktarını (mm) hesaplayalım.

Yağış miktarı (mm) 25 mm'den düşükse tümü etkili yağış olarak alınmaktadır. 25 mm'den fazla olan yağışların, kabaca %80'i etkili yağış kabul edilmektedir. Aşağıdaki çizelgede mayıs, haziran ve ekim ayları yağışlarının %80'i dahil edilmiştir.

Üçüncü aşamada net sulama suyu ihtiyacını hesaplayalım.

Net sulama suyu ihtiyacı (NSSİ)=DSBST – etkin yağış

Nisan ayı için NSSİ=36.71-34.64=2.07 mm

Diğer aylar içinde benzer şekilde hesaplarız.

Dördüncü aşamada toplam sulama suyu ihtiyacı (TSSİ) belirlenir.

TSSİ=NSSİ/(su iletim randımanı x su uygulama randımanı)

Damla sulamada su iletim randımanı %98 ve su uygulama randımanı %90 kabul edilir.

Nisan ayı için TSSİ=2.07/(0.98x0.90)=2.34 mm

Diğer aylar içinde benzer şekilde hesaplanır.

Beşinci aşamada sulama modülünü (SM) hesaplayalım.

Sulama modülü (SM), 1 saniyede 1 hektarın sulanması için gerekli olan suyun litre cinsinden miktarıdır (debi).

SM=(10xTSSİ)/(3.6xsulama gün sayısıxsulama saati)

Nisan ayı için SM=(10x2.34)/(3.6x30x24)=0.009 L/sn/Ha

5000 da'lık mısır tarlamızın ayın her günü 24 saat sulama ihtiyacını karşılayacak şekilde sulama modülü oluşturduk.

5000 da tarlamız 500 ha eşittir. Sulama suyunun en fazla ihtiyaç duyulacağı temmuz ayı için sulama debisi 500 x 0.895=447.63 L/sn olmalıdır.

Diğer aylar içinde benzer şekilde hesaplanır.



## Sulama suyu ihtiyacı ve sulama modülü

| Aylar   | Aylık bitki su tüketimi (mm/ay) | Damla sulama için aylık bitki su tüketimi (mm/ay) | Yağış miktarı (mm) | Yağış etkinliği (mm/ay)* | Net sulama suyu ihtiyacı (mm/ay) | Toplam sulama suyu ihtiyacı (mm/ay) | Sulama modülü (L/sn/ha) |
|---------|---------------------------------|---|--------------------|--------------------------|----------------------------------|-------------------------------------|-------------------------|
| Mayıs   | 39                              | 36.71   | 43.3               | 34.64                    | 2.07                             | 2.34                                | 0.009                   |
| Haziran | 113                             | 106.35  | 25.7               | 20.56                    | 85.79                            | 97.27                               | 0.375                   |
| Temmuz  | 225                             | 211.76  | 7.1                | 7.1                      | 204.66                           | 232.05                              | 0.895                   |
| Ağustos | 204                             | 192.00  | 6.5                | 6.5                      | 185.50                           | 210.32                              | 0.811                   |
| Eylül   | 105                             | 98.82   | 13.2               | 13.2                     | 85.62                            | 97.08                               | 0.375                   |
| Ekim    | 8                               | 7.53  | 29.9               | 23.92                    | 0**                              | 0                                   | 0.000                   |
| Toplam  | 692                             | 653.18  | 125.7              | 105.92                   | 563.64                           | 639.06                              |                         |

<https://www.tarimorman.gov.tr/TAGEM/Belgeler/yayin/Tu%CC%88rkiyede%20Sulanan%20Bitkilerin%20Bitki%20Su%20Tu%CC%88ketimleri.pdf>

\*Yağış miktarı (mm) 25 mm'den ise tümü etkili yağış kabul edildi. 25 mm'den fazla ise 0.8 ile çapıldı.

\*\*Ekim ayı için net ve toplam sulama suyu ihtiyacı hesaplanmıştır. Çünkü ekim ayı etkin yağışı (23.92 mm), ekim ayı bitki su tüketiminden (7.53 mm) fazladır.

## Her sulamada uygulanacak sulama suyu miktarı ve sulama aralığı

Her sulamada ne kadar su verilmesi gerektiğini hesaplayabilmek için toprağın kullanılabilir su tutma kapasitesi (KSTK) bilinmelidir. KSTK, tarla kapasitesi ile solma noktası arasındaki toplam su miktarıdır (mm veya %). Genel bir uygulama olarak toprağın KSTK %50 seviyesine indiğinde sulamaya başlanır. Yüzeysel sulama sistemlerinde (salma, tava vb.) tekrar sulamaya başlanabilmesi için toprağın KSTK'nin %50'sini tüketmesi beklenir. Fakat damla sulama sisteminde toprağın KSTK'nin %60-70'ni kullanmasına izin verilebilmektedir. Yani damla sulamada tekrar sulamaya başlanabilmesi için KSTK'nin %30-40 seviyelerine inmesi beklenebilmektedir.

Örneğin mısır tarlamız damla sulama sistemiyle sulanmaktadır. Tarlamızın kullanılabilir su tutma kapasitesi (KSTK) 160 mm, etkili kök derinliği 90 cm, bitki su tüketimi (BST) 9 mm/gün (çiçeklenme döneminde), su uygulama randımanı %90 ve su iletim randımanı ise % 98'dir. Damla sulama sistemi kullandığımız için KSTK %40 indiğinde sulamaya başlanacaktır.

Yukarıdaki verilere göre her sulamada uygulanacak net sulama suyu miktarı, sulama aralığı, tarla başında ihtiyaç duyulan sulama suyu miktarını ve su kaynağından ihtiyaç duyulan sulama suyu miktarını hesaplayalım.

Her sulamada uygulanacak net sulama suyu miktarının (NSSM) hesaplanması:

$NSSM = \text{Kullanılabilir su tutma kapasitesi (KSTK)} \times \text{etkili kök derinliği} \times \text{Kullanılabilir su tutma kapasitesinin (KSTK) imesine izin verilen seviye (\%40)}$

$$NSSM = 160 \times 0.9 \times 0.4 = 57.6 \text{ mm}$$

Yani mısır tarlamıza çiçeklenme döneminde, her sulamada, en az 57.6 mm suyu, damla sulama sistemiyle uygulamalıyız.

Sulama aralığını (SA) hesaplayalım yani sulamalar arasında kaç gün olmalıdır?

$$SA = \text{Net sulama suyu miktarı (NSSM)} / \text{Bitki su tüketimi}$$

$$SA = 57.6 / 9 = 6.4 \text{ gün (aşağıya doğru yuvarlarsak 6 gün)}$$

Yani sulamaları 6 günlük aralıklarla yapmalıyız.

Tarla başında ihtiyaç duyulan sulama suyu (Tarla İDSS) miktarını hesaplayalım.

$$\text{Tarla İDSS} = \text{Net sulama suyu miktarı (NSSM)} / \text{su uygulama randımanı}$$

$$\text{Tarla İDSS} = 57.6 / 0.90 = 64 \text{ mm}$$

Yani tarlaya her sulamada uygulanacak toplam sulama suyu miktarı 64 mm'dir.

Su kaynağından ihtiyaç duyulan sulama suyu (Su kaynak İDSS) miktarını hesaplayalım.

$$\text{Su kaynak İDSS} = \text{Net sulama suyu miktarı (NSSM)} / (\text{su uygulama randımanı} \times \text{su iletim randımanı})$$

$$\text{Su kaynak İDSS} = 57.6 / (0.90 \times 0.98) = 65.31 \text{ mm}$$

Yani su kaynağından ihtiyaç duyulan sulama suyu (Su kaynak İDSS) miktarı 65.31 mm'dir.

### **Sistem kapasitesi**

Sistem kapasitenin hesaplanmasını bir örnekle açıklayalım. Örneğin 100 da'lık bir mısır tarlamızı sulamak istiyoruz. Bir sulamada 80 mm suya ihtiyaç duyuyoruz. Tarlamızı 10 saat sulamak istiyoruz. Ne kadarlık bir su debisine ihtiyacımız vardır?

$$\text{Sistem kapasitesi (SK)} = (\text{Sulanacak alan} \times \text{sulama suyu ihtiyacı}) / (3.6 \times \text{sulama süresi})$$

$$SK = (100 \times 80) / (3.6 \times 10) = 222.22 \text{ L/sn}$$

Yani sistem kapasitesi (debisi) olarak saniyede 222.22 L su kaynağına ihtiyaç vardır.

Başka bir mısır tarlamızın su kaynağındaki debisi 150 L/sn, tarlamızın büyüklüğü 150 da, her sulamada uygulanacak net sulama suyu ihtiyacı 80 mm, damla sulama sistemi uyguladığımız için su uygulama randımanı %90 ve su iletim randımanı %98 ise tarlamızın sulama süresinin ne kadar olacağını hesaplayalım

İlk önce toplam sulama suyu ihtiyacını (SSi) hesaplamalıyız.

$SSi = \text{net sulama suyu ihtiyacı} / (\text{su iletim randımanı} \times \text{su uygulama randımanı})$

$SSi = 80 / (0.90 \times 0.98) = 90.70 \text{ mm}$

Yani bir sulamada ihtiyaç duyulan toplam sulama suyu (SSi) miktarı 90.70 mm'dir.

Şimdi sulama süresini (SS) hesaplayabiliriz.

$SS = (\text{tarlanın büyüklüğü} \times SSi) / (3.6 \times \text{debi}) = (150 \times 90.70) / (3.6 \times 150) = 25.19 \text{ sa.}$

Yani 150 da mısır tarlamız, 150 L/sn debiye sahip bir su kaynağından gelen su ile beslenen damla sulama sistemiyle 25.19 sulandığında toprak profiline 90.70 mm toplam sulama suyu (net sulama suyu 80 mm) verilmektedir.

### **Sulama zamanın planlanması**

Sulama zamanın planlanabilmesi için toprak neminin takip edilmesi gerekir. Damla sulama sisteminde toprak nemi tansiyometre ile takip edilebilmektedir. 30 cm, 60 cm ve 90 cm derinliğe yerleştirilen tansiyometreler, toprak neminin hızlı ve kolay okunmasını sağlamaktadır. 0.85 atm değerine kadar güvenilir sonuç verdikleri için tansiyometreler damla sulama sistemi için oldukça uygundur. Fakat biz burada mısırın sulama zamanın planlanmasında bitki su tüketimi yönteminin nasıl kullanılacağını açıklayacağız.

Bitki su tüketimi yönteminin esası, su dengesi modeline göre bir su bilançosu hazırlayarak, etkili kök derinliğinde günlük toprak nem değişimlerini hesaplamaktır.

Sulama zamanın planlanması konusundaki örneğimizi aşağıdaki çizelgede tane mısır bitki su tüketim değerleri verilen Konya ilimiz için açıklayacağız. Veriler çizelgenin altında verilen kaynaktan alınmıştır. Konya ilinde tane mısır yetiştirme süresi ile bazı konuları belirtmekte yarar vardır. Aşağıdaki çizelgeye göre Konya ilinde tane mısırın tüketimi 1 Mayıs ile 10 Ekim tarihleri arasında kapsamaktadır. Buda gün sayısı olarak yaklaşık 160 güne denk gelmektedir. Konya'da tane mısır çeşitleri üzerine yapılan çalışmalarda en uygun çeşitlerin FAO 550-600 grubuna olan 115-120 günlük (sıcaklık isteği toplamı 1350-1450 °C) çeşitlerin olduğu belirlenmiştir. Aşağıdaki çizelgede Konya ili tane mısır yetiştiriciliği için 160 günlük bitki su tüketim değerleri verilirken, Konya ilinde yapılan araştırma sonuçlarına göre ise en fazla 120

(FAO 600) günlük tane mısır çeşitlerinin yetiştiriciliği tavsiye edilmekte ve 120 günlük tane mısır çeşitleri yetiştirilmektedir. İki durum arasında  $160-120=40$  günlük bir fark bulunmaktadır. İklim değişimi senaryolarından önce Konya ili için tavsiye edilen en erken mısır ekim tarihi 10 Mayıs kabul ediliyordu. Fakat son yıllarda toprağın daha erken ısınmasına bağlı olarak Konya ilinde mısır ekim tarihi 20 Nisan'a kadar kaymıştır. Böylece olum süresi daha geç/uzun olan çeşitleri yetiştirme fırsatı doğmuştur. FAO 650-700 grubunun olgunlaşma süresi 125-130 gün arasındadır. Fakat bu noktada olgunlaşma gün sayısından ne anlamamız gerektiğini açıklamamız gerekir. Çıkış tarihinden fizyolojik olum dönemine (tanede siyah tabakanın görüldüğü tarih) kadar geçen gün sayısıdır. Bazıları ekim tarihinden itibaren saymayı tercih eder. Böyle durumda Konya için 130 günlük bir çeşidin üzerine 10-15 günlük çimlenme süresini de dahil etmek gerekir. Böylece 140-145 günlük bir olgunlaşma süresine ulaşılır. Fakat yine de  $160-145=15$  günlük bir farkı izah etmek gerekir. Buradaki temel farklılığın nedeni mısırın büyüme ve gelişme dönemlerinin farklı tanımlanmasıyla ancak açıklayabiliriz. Sulama bilimcileri mısırın büyüme ve gelişme dönemlerini; başlangıç, gelişme, orta ve son olmak üzere 4'e ayırmaktadır. Bu dönemlerden (Konya ili için) başlangıç dönemi 30 gün, gelişme dönemi 40 gün, orta dönem 50 gün ve son dönem ise 30 gün olmak üzere toplam 150 gün olduğu kabul edilmektedir (aşağıdaki çizelgenin alt kısmında verilen kaynaktan alınmıştır). Kanaatimizce sulama bilimcileri, mısırın orta ile son dönemlerinin ayrımını yaparken, agronomistlerin mısırın büyüme ve gelişme dönemlerini kullandıkları metodolojiden farklı bir yaklaşım ortaya koymaktadırlar. Agronomistlere göre mısırın bitki su tüketim süreci fizyolojik olum döneminde sonlandırılmalıdır. Fakat sulama bilimciler, mısır bitkisinin kuruyup sararınca kadar sulamaya devam edilmesi gerektiği yönde bir yaklaşım benimsemiş olabilirler. Ancak böyle bir yaklaşım ortaya konduğunda Konya ilinde tane mısırın yetiştirme süresi 150-160 gün olabilmektedir. Eğer böyle bir yaklaşım benimsenirse tarlada mısır bitkinin, koçanların ve tanelerin sonbahar yağışlarından önce hasat olgunluğuna kadar kuruması mümkün görünmemektedir.



## Konya ili tane mısırın 10'ar günlük periyotlar için bitki su tüketim değerleri

| Aylar   | Periyotlar    | Kıyas bitki su tüketimi (mm) | Bitki katsayısı* | Bitki su tüketimi (mm) |
|---------|---------------|------------------------------|------------------|------------------------|
| Mayıs   | 1-10 Mayıs    | 38                           | 0.29             | 11                     |
|         | 11-20 Mayıs   | 42                           | 0.31             | 13                     |
|         | 21-31 Mayıs   | 49                           | 0.31             | 15                     |
| Haziran | 1-10 Haziran  | 49                           | 0.45             | 22                     |
|         | 11-20 Haziran | 52                           | 0.71             | 37                     |
|         | 21-30 Haziran | 58                           | 0.93             | 54                     |
| Temmuz  | 1-10 Temmuz   | 60                           | 1.15             | 69                     |
|         | 11-20 Temmuz  | 60                           | 1.25             | 75                     |
|         | 21-31 Temmuz  | 66                           | 1.23             | 81                     |
| Ağustos | 1-10 Ağustos  | 57                           | 1.25             | 71                     |
|         | 11-20 Ağustos | 54                           | 1.24             | 67                     |
|         | 21-31 Ağustos | 53                           | 1.25             | 66                     |
| Eylül   | 1-10 Eylül    | 42                           | 1.17             | 49                     |
|         | 11-20 Eylül   | 39                           | 0.90             | 35                     |
|         | 21-30 Eylül   | 32                           | 0.66             | 21                     |
| Ekim    | 1-10 Ekim     | 26                           | 0.31             | 8                      |
| Toplam  |               | 777                          | 0.89             | 692                    |

<https://www.tarimorman.gov.tr/TAGEM/Belgeler/yayin/Tu%CC%88riyede%20Sulanan%20Bitkilerin%20Bitki%20Su%20Tu%CC%88ketimleri.pdf>

\*Bitki katsayısı bitki su tüketim değerlerinin kıyas bitki su tüketim değerlerine bölünmesiyle elde edilmiştir (örnek: 11/38=0.29)

Yukarıdaki çizelgede verilen 10'ar günlük bitki su tüketimi değerlerini, bir mısır tarlamız için belirlenmiş olduğunu kabul edelim. Bu tarlamızın toprak nemini tespit etmek için yaptırdığımız toprak analiz sonuçlarının da aşağıdaki çizelgede verilen değerler olduğunu düşünelim.

## Sulama için toprak analiz sonuçları

| Toprak katmanı (cm) | Toprağın hacim ağırlığı (g/cm <sup>3</sup> ) | Tarla kapasitesi |        | Solma noktası |       | Kullanılabilir su tutma kapasitesi |       | Sulamaya başlanacak nem düzeyi* |        | Sulamaya başlanacak nem düzeyi** |        |
|---------------------|--|------------------|--------|---------------|-------|------------------------------------|-------|---------------------------------|--------|----------------------------------|--------|
|                     |  | %                | mm     | %             | mm    | %                                  | mm    | %                               | mm     | %                                | mm     |
| 0-30                | 1.34   | 29.4             | 118.19 | 18.7          | 75.17 | 10.7                               | 43.01 | 24.05                           | 96.68  | 25.12                            | 100.98 |
| 30-60               | 1.38   | 30.2             | 125.03 | 18.5          | 76.59 | 11.7                               | 48.44 | 24.35                           | 100.81 | 25.52                            | 105.65 |
| 60-90               | 1.32   | 31.7             | 125.53 | 19.6          | 77.62 | 12.1                               | 47.92 | 25.65                           | 101.57 | 26.86                            | 106.37 |
| 0-90                | Toplam                                       | 368.75           |        | 229.38        |       | 139.37                             |       | 299.06                          |        | 313.00                           |        |

Bu veriler, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi 'Sulama' (3. Baskı, Yıl 2004) kitabından alınmıştır. \* Yüzey sulama sistemlerinde kullanılabilir su tutma kapasitesi %50 seviyesine indiğinde sulamaya başlanmaktadır. \*\* Damla sulama sisteminde, kullanılabilir su tutma kapasitesinin %30-40'i tüketildiğinde sulamaya başlanabilir. Tarlamızın sulamasını damla sulama sistemini kullanarak yaptığımız için kullanılabilir su tutma kapasitesinin %40'ını tüketildiğinde sulamaya başladık.

Tarlamızda sulama yapabilmek için analiz yaptırdığımızda toprak nem özellikleri genelde % cinsinden ifade edilir ve bunu derinlik (mm) cinsine çevirmek gerekir.

Daha önceki konularımızda toprak neminin derinlik (mm) cinsinden nasıl hesaplanacağını anlatmıştır. Fakat burada her özellik için birer dönüştürme yaparak hatırlatalım.

Tarla kapasitesinin (0-30 cm katman için) %29.4 nemini, derinlik (mm) cinsinden (dTK30) hesaplayalım.

$dTK30=(29.4/100) \times 1.34 \times 300=118.19$  mm. 60 cm ve 90 cm derinlik hesaplamaları da aynı şekilde yapılır.

Solma noktasının (0-30 cm katman için) %18.7 nemini, derinlik (mm) cinsinden (dSN30) hesaplayalım.

$dSN30=(18.7/100) \times 1.34 \times 300=75.17$  mm. 60 cm ve 90 cm derinlik hesaplamaları da aynı şekilde yapılır.

0-30 cm toprak katmanı için kullanılabilir su tutma kapasitesi (%KSTK30) % cinsinden =%29.4-%18.7=%10.7. Diğer katmanlar içinde benzer şekilde KSTK değerleri hesaplanır.

0-30 cm toprak katmanı için kullanılabilir su tutma kapasitesi (dKSTK30) derinlik (mm) cinsinden =118.19-75.17=43.01 mm. Diğer katmanlar içinde benzer şekilde KSTK değerleri hesaplanır.

Damla sulama sistemi için 0-30 cm'lik toprak katmanında sulamaya başlanacak nem seviyesini % ve derinlik (mm) cinsinden hesaplayalım.

Yüzey sulama sistemlerinde kullanılabilir su tutma kapasitesinin %50'si tüketildiğinde, damla sulama sisteminde ise %30-40'ı tüketildiğinde tekrar sulamaya başlanmalıdır. Biz tarlamızı damla sulama sistemiyle sulamayı tercih ettiğimiz için sulamaya başlama nem seviyesini bir başka deyişle kullanılabilir su tutma kapasitesinin %40'ı tüketildiğinde sulamaya başlamayı tercih ettik.

Hesaplamalarda yanlış yapmamak için tekrar hatırlatmak istiyoruz. Damla sulama sisteminde kullanılabilir su tutma kapasitesinin %40'ı tüketildiğinde tekrar sulamaya başlamak aslında kullanılabilir su tutma kapasitesinin %60 seviyesine indiğinde tekrar sulamaya başlamak anlamına gelmektedir. Bu bilgiler ışında aşağıdaki hesaplamaları dikkatlice inceleyiniz.

% cinsinden sulamaya başlama seviyesi= $(10.7 \times 0.60) + 18.7 = \%25.12$

Derinlik (mm) cinsinden sulamaya başlama seviyesi= $(43.01 \times 0.60) + 75.17 = 100.98$  mm

Diğer toprak katmanları içinde benzer şekilde hesaplamalar yapılır.

Yukarıdaki çizelgede verilen sulama eşiği değerlerine göre tarlamızı damla sulama sistemi ile sulamaya başlayabilmemiz için topraktaki nem seviyesinin derinlik cinsinden 313 mm'ye düşmesi gerekmektedir. Her sulamada su seviyesini tarla kapasitesine çıkarabilmek için  $368.75 - 313 = 55.75$  mm su verilmelidir.

Sulama zamanını planlayabilmemiz için bitki su tüketim değerlerini damla sulama sistemine uyarlamamız gerekir. Mısırdaki bitkinin tarlayı gölgeleme oranı %80 olarak kabul edilir. Bitki su tüketimini bu orana göre düzenlemeliyiz. Fakat mısırın, tarlayı %80 oranında gölgeleyebilmesi için 12 yapraklı (V12) döneme ulaşması gerekir. Mısırdaki 12., 13. ve 14. yaprakların yüzey alanları en yüksektir. Bu yaprakların altında ve üstünde kalan yaprakların alanları gittikçe azalır. Mısır, çıkıştan itibaren 12 yapraklı döneme kadar tarlayı %80 oranında gölgeleyemez. Çünkü bitkinin tarlayı gölgeleme yüzey alanı henüz azdır. Aslında mısır, 8 yapraklı döneme ulaştığında yaprak alan indeksi (YAI) 1'e ulaşır. Fakat YAI'nin 1 ulaşması, tarlayı gölgeleme oranının %80'e ulaştığı anlamına gelmemektedir.

<https://lib.dr.iastate.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=3680&context=etd>

12 yapraklı dönemden sonrası için bitki su tüketme değerlerinde %80 tarla gölgeleme oranını kullanarak düzeltme yapılabilir. Fakat 12 yapraklı dönem öncesinde bitkinin toprağı gölgeleme oranı %80'den düşük olduğu için bitki su tüketim değerlerinin düzeltilmesinde nasıl bir yol izleneceğı belli değildir.

Bitki, 12 yapraklı oluncaya kadar bitki su tüketiminde evaporasyonun rolü fazla olacaktır. Çünkü bitki henüz küçük olduğunda dolayı transpirasyonla su kaybı az iken evaporasyonla su kaybı fazla olması beklenmelidir. Böyle bir durumda bitkinin tarlayı gölgeleme oranı düşük olduğundan (<%80), damla sulama sisteminde bitki su tüketiminin yapılacağı bilinmemektedir. Bitki, 12 yapraklı döneme girdiğinde ise transpirasyonla su kaybının, evaporasyonla su kaybindan daha fazla olması beklenir. İşte tam bu nokta da bitkinin toprağı

gölgeleme oranı %80'e ulaşır ve damla sulama sistemi için bitki su tüketim değerlerinde düzeltme yapılabilir. Bu konudaki düşüncelerimizi belirttikten sonra Konya ili için daha önce belirlenen 10'ar günlük bitki su tüketim değerlerinde damla sulama sistemi için düzeltme yapabiliriz.

Konya ili tane mısırın 10'ar günlük periyotlar için damla sulama için düzeltilmiş bitki su tüketim değerleri

| Aylar   | Periyotlar    | Kıyas bitki su tüketimi (mm) | Bitki katsayısı* | Bitki su tüketimi (mm) | Bitki su tüketimi (mm)** |
|---------|---------------|------------------------------|------------------|------------------------|--------------------------|
| Mayıs   | 1-10 Mayıs    | 38                           | 0.29             | 11                     | 10.35                    |
|         | 11-20 Mayıs   | 42                           | 0.31             | 13                     | 12.24                    |
|         | 21-31 Mayıs   | 49                           | 0.31             | 15                     | 14.12                    |
| Haziran | 1-10 Haziran  | 49                           | 0.45             | 22                     | 20.71                    |
|         | 11-20 Haziran | 52                           | 0.71             | 37                     | 34.82                    |
|         | 21-30 Haziran | 58                           | 0.93             | 54                     | 50.82                    |
| Temmuz  | 1-10 Temmuz   | 60                           | 1.15             | 69                     | 64.94                    |
|         | 11-20 Temmuz  | 60                           | 1.25             | 75                     | 70.59                    |
|         | 21-31 Temmuz  | 66                           | 1.23             | 81                     | 76.24                    |
| Ağustos | 1-10 Ağustos  | 57                           | 1.25             | 71                     | 66.82                    |
|         | 11-20 Ağustos | 54                           | 1.24             | 67                     | 63.06                    |
|         | 21-31 Ağustos | 53                           | 1.25             | 66                     | 62.12                    |
| Eylül   | 1-10 Eylül    | 42                           | 1.17             | 49                     | 46.12                    |
|         | 11-20 Eylül   | 39                           | 0.9              | 35                     | 32.94                    |
|         | 21-30 Eylül   | 32                           | 0.66             | 21                     | 19.76                    |
| Ekim    | 1-10 Ekim     | 26                           | 0.31             | 8                      | 7.53                     |
| Toplam  |               | 777                          | 0.89             | 692                    | 653.18                   |

<https://www.tarimorman.gov.tr/TAGEM/Belgeler/yayin/Tu%CC%88rkiyede%20Sulanan%20Bitkilerin%20Bitki%20Su%20Tu%CC%88ketimleri.pdf>

\*Bitki katsayısı bitki su tüketim değerlerinin kıyas bitki su tüketim değerlerine bölünmesiyle elde edilmiştir (Örnek: 11/38=0.29).

\*\*Damla sulama sistemi için bitki su tüketiminde düzeltme yapılmıştır (Örnek: 11x(80/85)=10.35 mm).

Yukarıdaki çizelgeden Mayıs ayının ilk 10 günü için günlük bitki su tüketim değeri, 10.35/10=1.035 mm şeklinde hesaplanır. Diğer ayların günleri içinde aynı şekilde günlük bitki su tüketim değerleri hesaplanır. Aşağıdaki çizelgede Konya ilinin tane mısır günlük su tüketim değerlerini göstermektedir.

Mısır tarlamıza damla sulama sistemiyle mevsimsel olarak 10 defa su verilmiştir. Her sulamada, toprağın su seviyesi 313 mm'ye düştüğünde sulamaya başlanmış ve su seviyesi 368.75 mm'ye (tarla kapasitesi) ulaşınca kadar su verilmiştir. 313 mm sulama eşiği



seviyesini tarla kapasitesine ulaştırmak için gerekli olan su miktarına net sulama suyu miktarı (NSSM) denmektedir. NSSM, mevsimsel olarak toplam 578.47 mm olup her sulamada 55.98 mm ile 60.43 mm arasında değişmiştir. Diğer taraftan, toplam sulama suyu miktarı, mevsimsel olarak toplam 642.75 mm olup, her sulamada ise 62.20 mm ile 67.14 mm arasında değişmiştir. Aslında tarlamıza verdiğimiz toplam su miktarı 642.75 mm'dir. Net sulama suyu miktarı ile toplam sulama suyu miktarı arasında  $642.75-578.47=64.28$  mm fark vardır. Bu farklılığın nedeni, damla sulama sisteminin su uygulama randımanından kaynaklanmaktadır.

Toplam sulama suyu miktarı, net sulama suyunun, su uygulama randımanına (damla sulamada %90 alınır) bölünmesiyle elde edilmiştir. Toplam sulama suyu miktarının hesaplanmasında damla sulamada su uygulama randımanı %90 alınmıştır. İşletme birimi küçük ve lateraller kısa ise su uygulama randımanı %90, işletme büyük ve lateraller uzun ise su uygulama randımanı %85 alınabilir. Lateral boruların damlatıcıları basınç ayarlı seğilirse su uygulama randımanı %95 alınabilir.

Damla sulama sisteminde kullanılabilir su tutma kapasitesinin %30-40 tüketildiğinde sulamaya başlanılması tavsiye edilmektedir. Burada verdiğimiz örnekte, mısır tarlamızda sulamaya başlanabilmesi için kritik sulama eşiği olarak, kullanılabilir su tutma kapasitesinin %40'ı tüketildiğinde sulamaya başlamayı tercih ettik ve 10 defa sulama yaptık. Damla sulama yönteminde genelde az su verilerek sık sulama aralıkları tercih edilir. Kullanılabilir su tutma kapasitesinin %30 veya %35'i tüketildiğinde sulama yapılırsa daha sık aralıklarla ve daha az su verilerek sulama yapılacaktır. Tarlamızda kritik sulama başlangıç eşiğini %30-35'e (kullanılabilir su tutma kapasitesinin tüketilen kısmı) çekersek, sulama sayımızın 10'dan 12-13'e çıkması beklenebilir.

Mayıs ayının tümü ile 21 Haziran'a kadar sulama yapılmamıştır. Toprakta var olan su ile yağışlar 1 Mayıs ile 21 Haziran tarihleri arasında bitki için yeterli olmuştur. Mevsimsel olarak toplam 105.8 mm yağış alınmıştır. Günlük düşen yağışlara bakıldığında tüm günlük yağış miktarlarının 25 mm'den az olduğu görölmektedir. Günlük toplam yağış miktarı 25 mm'den az olduğundan tüm günlük yağış miktarları, etkili/etkin yağış olarak kabul edilmiş ve yağışın alındığı günün su bilançosuna eklenmiştir.

Konya ili tane mısır su bilançosu

| Aylar   | Günler | Etkili kök derinliğindeki nem (mm) | Bitki su tüketimi (mm/gün) | Yağış (mm) | Etkili yağış (mm) | Net sulama suyu miktarı (mm) | Toplam sulama suyu miktarı (mm) |
|---------|--------|------------------------------------|----------------------------|------------|-------------------|------------------------------|---------------------------------|
| Mayıs   | 1      | 342.00                             | 1.035                      |            |                   |                              |                                 |
|         | 2      | 340.97→360.965                     | 1.035                      | 20         | 20                |                              |                                 |
|         | 3      | 359.93                             | 1.035                      |            |                   |                              |                                 |
|         | 4      | 358.895                            | 1.035                      |            |                   |                              |                                 |
|         | 5      | 357.86                             | 1.035                      |            |                   |                              |                                 |
|         | 6      | 356.825                            | 1.035                      |            |                   |                              |                                 |
|         | 7      | 355.79                             | 1.035                      |            |                   |                              |                                 |
|         | 8      | 354.755                            | 1.035                      |            |                   |                              |                                 |
|         | 9      | 353.72                             | 1.035                      |            |                   |                              |                                 |
|         | 10     | 352.685                            | 1.035                      |            |                   |                              |                                 |
|         | 11     | 351.65→368.75                      | 1.224                      | 23.3       | 23.3              |                              |                                 |
|         | 12     | 367.526                            | 1.224                      |            |                   |                              |                                 |
|         | 13     | 366.302                            | 1.224                      |            |                   |                              |                                 |
|         | 14     | 365.078                            | 1.224                      |            |                   |                              |                                 |
|         | 15     | 363.854                            | 1.224                      |            |                   |                              |                                 |
|         | 16     | 362.63                             | 1.224                      |            |                   |                              |                                 |
|         | 17     | 361.406                            | 1.224                      |            |                   |                              |                                 |
|         | 18     | 360.182                            | 1.224                      |            |                   |                              |                                 |
|         | 19     | 358.958                            | 1.224                      |            |                   |                              |                                 |
|         | 20     | 357.734                            | 1.224                      |            |                   |                              |                                 |
|         | 21     | 356.51                             | 1.412                      |            |                   |                              |                                 |
|         | 22     | 355.098                            | 1.412                      |            |                   |                              |                                 |
|         | 23     | 353.686                            | 1.412                      |            |                   |                              |                                 |
|         | 24     | 352.274                            | 1.412                      |            |                   |                              |                                 |
|         | 25     | 350.862                            | 1.412                      |            |                   |                              |                                 |
|         | 26     | 349.45                             | 1.412                      |            |                   |                              |                                 |
|         | 27     | 348.038                            | 1.412                      |            |                   |                              |                                 |
|         | 28     | 346.626                            | 1.412                      |            |                   |                              |                                 |
|         | 29     | 345.214                            | 1.412                      |            |                   |                              |                                 |
|         | 30     | 343.802                            | 1.412                      |            |                   |                              |                                 |
|         | 31     | 342.39                             | 1.412                      |            |                   |                              |                                 |
| Haziran | 1      | 340.978                            | 2.071                      |            |                   |                              |                                 |
|         | 2      | 338.907                            | 2.071                      |            |                   |                              |                                 |
|         | 3      | 336.836→346.836                    | 2.071                      | 10         | 10                |                              |                                 |
|         | 4      | 344.765                            | 2.071                      |            |                   |                              |                                 |
|         | 5      | 342.694                            | 2.071                      |            |                   |                              |                                 |
|         | 6      | 340.623                            | 2.071                      |            |                   |                              |                                 |
|         | 7      | 338.552                            | 2.071                      |            |                   |                              |                                 |
|         | 8      | 336.481                            | 2.071                      |            |                   |                              |                                 |

|                 |    |                       |       |      |      |               |       |
|-----------------|----|-----------------------|-------|------|------|---------------|-------|
|                 | 9  | 334.41                | 2.071 |      |      |               |       |
|                 | 10 | 332.339               | 2.071 |      |      |               |       |
|                 | 11 | 330.268               | 3.482 |      |      |               |       |
|                 | 12 | 326.786               | 3.482 |      |      |               |       |
|                 | 13 | 323.304               | 3.482 |      |      |               |       |
|                 | 14 | 319.822→335.522       | 3.482 | 15.7 | 15.7 |               |       |
|                 | 15 | 332.04                | 3.482 |      |      |               |       |
|                 | 16 | 328.558               | 3.482 |      |      |               |       |
|                 | 17 | 325.076               | 3.482 |      |      |               |       |
|                 | 18 | 321.594               | 3.482 |      |      |               |       |
|                 | 19 | 318.112               | 3.482 |      |      |               |       |
|                 | 20 | 314.63                | 3.482 |      |      |               |       |
| <b>Sulama-1</b> | 21 | <b>311.148→368.75</b> | 5.082 |      |      | <b>57.602</b> | 64.00 |
|                 | 22 | 363.668               | 5.082 |      |      |               |       |
|                 | 23 | 358.586               | 5.082 |      |      |               |       |
|                 | 24 | 353.504               | 5.082 |      |      |               |       |
|                 | 25 | 348.422               | 5.082 |      |      |               |       |
|                 | 26 | 343.34                | 5.082 |      |      |               |       |
|                 | 27 | 338.258               | 5.082 |      |      |               |       |
|                 | 28 | 333.176               | 5.082 |      |      |               |       |
|                 | 29 | 328.094               | 5.082 |      |      |               |       |
|                 | 30 | 323.012               | 5.082 |      |      |               |       |
|                 |    |                       |       |      |      |               |       |
| Temmuz          | 1  | 317.93                | 6.494 |      |      |               |       |
| <b>Sulama-2</b> | 2  | <b>311.436→368.75</b> | 6.494 |      |      | <b>57.31</b>  | 63.68 |
|                 | 3  | 362.256               | 6.494 |      |      |               |       |
|                 | 4  | 355.762               | 6.494 |      |      |               |       |
|                 | 5  | 349.268→356.368       | 6.494 | 7.1  | 7.1  |               |       |
|                 | 6  | 349.874               | 6.494 |      |      |               |       |
|                 | 7  | 343.38                | 6.494 |      |      |               |       |
|                 | 8  | 336.886               | 6.494 |      |      |               |       |
|                 | 9  | 330.392               | 6.494 |      |      |               |       |
|                 | 10 | 323.898               | 6.494 |      |      |               |       |
|                 | 11 | 317.404               | 7.059 |      |      |               |       |
| <b>Sulama-3</b> | 12 | <b>310.345→368.75</b> | 7.059 |      |      | <b>58.41</b>  | 64.89 |
|                 | 13 | 361.691               | 7.059 |      |      |               |       |
|                 | 14 | 354.632               | 7.059 |      |      |               |       |
|                 | 15 | 347.573               | 7.059 |      |      |               |       |
|                 | 16 | 340.514               | 7.059 |      |      |               |       |
|                 | 17 | 333.455               | 7.059 |      |      |               |       |
|                 | 18 | 326.396               | 7.059 |      |      |               |       |
|                 | 19 | 319.337               | 7.059 |      |      |               |       |
| <b>Sulama-4</b> | 20 | <b>312.278→368.75</b> | 7.059 |      |      | <b>56.47</b>  | 62.75 |
|                 | 21 | 361.691               | 7.624 |      |      |               |       |
|                 | 22 | 354.067               | 7.624 |      |      |               |       |
|                 | 23 | 346.443               | 7.624 |      |      |               |       |

|                 |    |                       |       |     |     |              |       |
|-----------------|----|-----------------------|-------|-----|-----|--------------|-------|
|                 | 24 | 338.819               | 7.624 |     |     |              |       |
|                 | 25 | 331.195               | 7.624 |     |     |              |       |
|                 | 26 | 323.571               | 7.624 |     |     |              |       |
|                 | 27 | 315.947               | 7.624 |     |     |              |       |
| <b>Sulama-5</b> | 28 | <b>308.323→368.75</b> | 7.624 |     |     | <b>60.43</b> | 67.14 |
|                 | 29 | 362.068               | 7.624 |     |     |              |       |
|                 | 30 | 355.386               | 7.624 |     |     |              |       |
|                 | 31 | 348.704               | 7.624 |     |     |              |       |
|                 |    |                       |       |     |     |              |       |
| Ağustos         | 1  | 342.022               | 6.682 |     |     |              |       |
|                 | 2  | 335.34                | 6.682 |     |     |              |       |
|                 | 3  | 328.658               | 6.682 |     |     |              |       |
|                 | 4  | 321.976               | 6.682 |     |     |              |       |
|                 | 5  | 315.294               | 6.682 |     |     |              |       |
| <b>Sulama-6</b> | 6  | <b>308.612→368.75</b> | 6.682 |     |     | <b>60.14</b> | 66.82 |
|                 | 7  | 362.068               | 6.682 |     |     |              |       |
|                 | 8  | 355.386               | 6.682 |     |     |              |       |
|                 | 9  | 348.704               | 6.682 |     |     |              |       |
|                 | 10 | 342.022→348.522       | 6.682 | 6.5 | 6.5 |              |       |
|                 | 11 | 341.84                | 6.306 |     |     |              |       |
|                 | 12 | 335.534               | 6.306 |     |     |              |       |
|                 | 13 | 329.228               | 6.306 |     |     |              |       |
|                 | 14 | 322.922               | 6.306 |     |     |              |       |
|                 | 15 | 316.616               | 6.306 |     |     |              |       |
| <b>Sulama-7</b> | 16 | <b>310.31→368.75</b>  | 6.306 |     |     | <b>58.44</b> | 64.93 |
|                 | 17 | 362.444               | 6.306 |     |     |              |       |
|                 | 18 | 356.138               | 6.306 |     |     |              |       |
|                 | 19 | 349.832               | 6.306 |     |     |              |       |
|                 | 20 | 343.526               | 6.306 |     |     |              |       |
|                 | 21 | 337.22                | 6.212 |     |     |              |       |
|                 | 22 | 331.008               | 6.212 |     |     |              |       |
|                 | 23 | 324.796               | 6.212 |     |     |              |       |
|                 | 24 | 318.584               | 6.212 |     |     |              |       |
| <b>Sulama-8</b> | 25 | <b>312.372→368.75</b> | 6.212 |     |     | <b>56.38</b> | 62.64 |
|                 | 26 | 362.538               | 6.212 |     |     |              |       |
|                 | 27 | 356.326               | 6.212 |     |     |              |       |
|                 | 28 | 350.114               | 6.212 |     |     |              |       |
|                 | 29 | 343.902               | 6.212 |     |     |              |       |
|                 | 30 | 337.69                | 6.212 |     |     |              |       |
|                 | 31 | 331.478               | 6.212 |     |     |              |       |
|                 |    |                       |       |     |     |              |       |
| Eylül           | 1  | 325.266               | 4.612 |     |     |              |       |
|                 | 2  | 320.654               | 4.612 |     |     |              |       |
|                 | 3  | 316.042               | 4.612 |     |     |              |       |
| <b>Sulama-9</b> | 4  | <b>311.43→368.75</b>  | 4.612 |     |     | <b>57.32</b> | 63.69 |
|                 | 5  | 364.138               | 4.612 |     |     |              |       |



|                  |    |                       |       |        |        |              |        |
|------------------|----|-----------------------|-------|--------|--------|--------------|--------|
|                  | 6  | 359.526→372.726       | 4.612 | 13.2   | 13.2   |              |        |
|                  | 7  | 368.114               | 4.612 |        |        |              |        |
|                  | 8  | 363.502               | 4.612 |        |        |              |        |
|                  | 9  | 358.89                | 4.612 |        |        |              |        |
|                  | 10 | 354.278               | 4.612 |        |        |              |        |
|                  | 11 | 349.666               | 3.294 |        |        |              |        |
|                  | 12 | 346.372               | 3.294 |        |        |              |        |
|                  | 13 | 343.078               | 3.294 |        |        |              |        |
|                  | 14 | 339.784               | 3.294 |        |        |              |        |
|                  | 15 | 336.49                | 3.294 |        |        |              |        |
|                  | 16 | 333.196               | 3.294 |        |        |              |        |
|                  | 17 | 329.902               | 3.294 |        |        |              |        |
|                  | 18 | 326.608               | 3.294 |        |        |              |        |
|                  | 19 | 323.314               | 3.294 |        |        |              |        |
|                  | 20 | 320.02                | 3.294 |        |        |              |        |
|                  | 21 | 316.726               | 1.976 |        |        |              |        |
|                  | 22 | 314.75                | 1.976 |        |        |              |        |
| <b>Sulama-10</b> | 23 | <b>312.774→368.75</b> | 1.976 |        |        | <b>55.98</b> | 62.20  |
|                  | 24 | 366.774               | 1.976 |        |        |              |        |
|                  | 25 | 364.798               | 1.976 |        |        |              |        |
|                  | 26 | 362.822               | 1.976 |        |        |              |        |
|                  | 27 | 360.846               | 1.976 |        |        |              |        |
|                  | 28 | 358.87                | 1.976 |        |        |              |        |
|                  | 29 | 356.894               | 1.976 |        |        |              |        |
|                  | 30 | 354.918               | 1.976 |        |        |              |        |
|                  |    |                       |       |        |        |              |        |
| Ekim             | 1  | 352.942               | 0.753 |        |        |              |        |
|                  | 2  | 352.189               | 0.753 |        |        |              |        |
|                  | 3  | 351.436               | 0.753 |        |        |              |        |
|                  | 4  | 350.683               | 0.753 |        |        |              |        |
|                  | 5  | 349.93→359.93         | 0.753 | 10     | 10     |              |        |
|                  | 6  | 359.177               | 0.753 |        |        |              |        |
|                  | 7  | 358.424               | 0.753 |        |        |              |        |
|                  | 8  | 357.671               | 0.753 |        |        |              |        |
|                  | 9  | 356.918               | 0.753 |        |        |              |        |
|                  | 10 | 356.165               | 0.753 |        |        |              |        |
| Toplam           |    |                       |       | 105.80 | 105.80 | 578.47       | 642.75 |

<https://www.tarimorman.gov.tr/TAGEM/Belgeler/yayin/Tu%CC%88rkiyede%20Sulanan%20Bitkilerin%20Bitki%20Su%20Tu%CC%88ketimleri.pdf>

Çizelgedeki verilerin üretilmesinde, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi 'Sulama' (3. Baskı, Yıl 2004) kitabından yararlanılmıştır.

## **Damla sulama sistemi**

Damla sulama sistemi; su pompası, farklı tipte filtreler, su sayacı, manometreler, farklı tipte vanalar, gübre tankı, ana boru, manifold borular, lateral borular ve damlatıcılardan oluşur.

Damla sulamada suyunun kaynağı; akarsu, kuyu, kanal vb. olabilir. Önemli olan suyun filtrelenerek sisteme verilmesidir. Filtrelerle ilgili bilgi aşağıda verilmiştir.

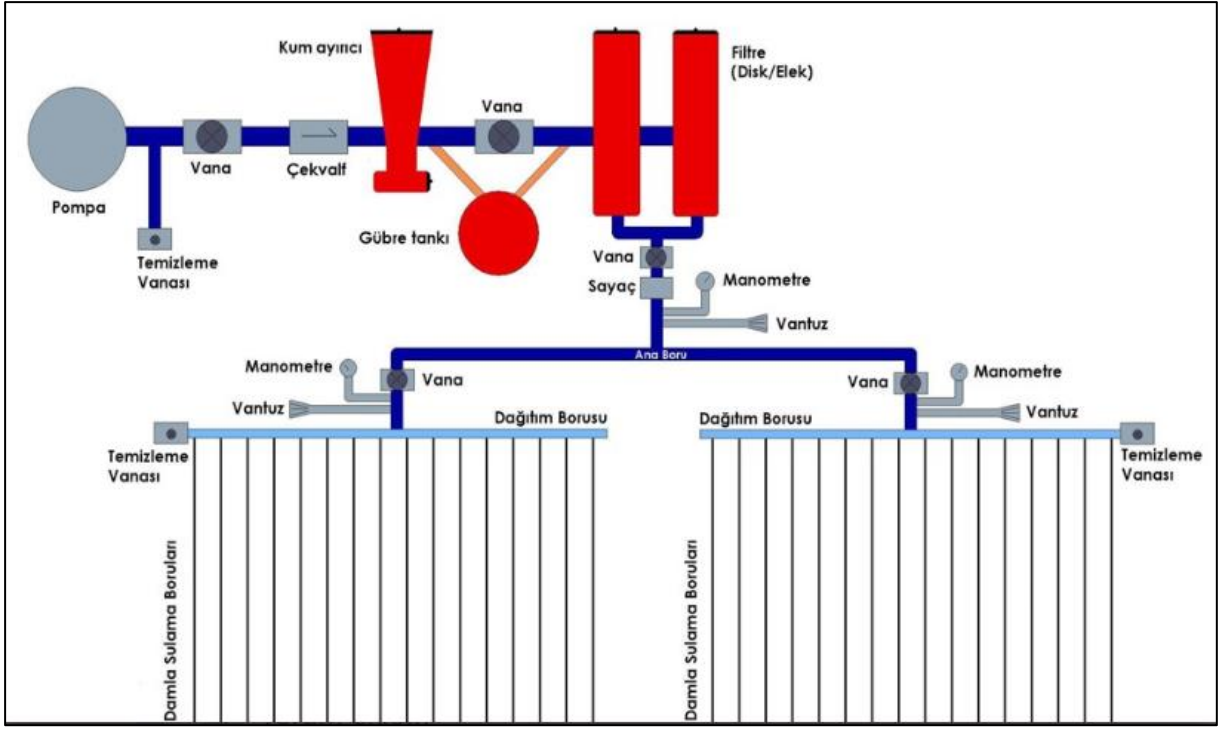
Damla sulamada gübre veriliyorsa sıvı gübre formlarını seçmek daha uygun olacaktır. Katı gübre verilecekse iyi karıştırılmalı ve iyi eritilmelidir. Sulama suyuna gübre uyguladıktan sonra mutlaka filtreleme yapılmalıdır. Gübre tankı, hidrosiklon filtreden sonra ve elek/gravel/disk filtrelerden önce damla sulama sistemine monte edilmelidir.

Ana boru hattı, işletmeye toprak altına (kapalı/gömülü) veya üstüne yerleştirilmektedir. Kapalı sistemde sert PVC (polivinil klorid) borular, yüzeysel sistemde ise HDPE (yüksek yoğunluklu polietilen) borular kullanılabilir.

Sulama suyu, ana borulardan laterallere manifold borularla iletilir. Damla sulama sisteminin istasyonlar şeklinde yönetilebilmesi için manifold borulara ihtiyaç vardır. Farklı tiplerde manifold borular vardır. Geniş alanların sulanmasında kullanılan manifold boruları seçerken toplanması, serilmesi, taşınması ve uzun yıllar kullanılabilmesi gibi pek çok kritere göre seçilmesi gereklidir.

Lateral borular, manifold borulara monte edilirler. Damlatıcılar, lateral boruların üzerindedir. Lateral boru seçerken damlatıcı aralıklarının mesafesi önemlidir. Tarlamızda uzun yıllar hangi ürünleri yetiştireceğimize göre damlatıcının aralıklarını seçmemiz gerekir. Çünkü damlatıcılar arası mesafe sabit kalacaktır. Lateral borunun uzun yıllar kullanılabilmesi, serilmesi, toplanması, taşınması vb. pek çok kritere göre tercih edilmesi gerekir.

Damlatıcılarla ilgili bilgiyi aşağıda bulabilirsiniz.



Damla sulama sistemi



<https://www.youtube.com/watch?v=fPdAsZtuw34>

Damla sulama sistemi



<https://www.netafim.com.tr/akademi/damla-sulama-sistemlerinin-kurulumu/>

Damla sulama sistemi

Damla sulama sisteminde 2 önemli konu vardır: Filtreler ve damlatıcılar

Filtreler

Damla sulama sisteminde sulama suyunun temiz olması en önemli konulardan birisidir. Su temiz olmadığında damlatıcılar kısa sürede tıkanmaktadır. Böyle bir durumda damla sulama sistemi kullanılamaz hale gelmektedir. Su kaynağı ne olursa olsun (akarsu, kanal suyu, kuyu suyu vb.) sulama suyu, damla sulama sisteminin lateral borularına verilmeden önce mutlaka filtre sisteminde geçirilmelidir. Aşağıda yaygın olarak kullanılan 4 filtre tipinin hangi durumlarda kullanması gerektiği verilmiştir.

Farklı filtre tiplerinin filtreleme yetenekleri

| Filtrelenecek madde         | Elek filtre | Gravel filtre | Disk filte | Hidrosiklon |
|-----------------------------|-------------|---------------|------------|-------------|
| İri kum (>50 µm)            | +           | ++            | +          | +++         |
| İnce kum (<50 µm)           | +++         | +             | ++         | +           |
| Yüzen cisimler (genel)      | +++         | +             | ++         | +           |
| Silt ve kil                 | +           | +++           | ++         | +           |
| Yosun, alg                  | +           | +++           | ++         | +           |
| Filtreleme yeteneği (genel) | +           | +++           | ++         | +           |

<https://www.netafim.com.mx/bynder/4F8EA374-EA05-4506-8BF82AA20B7ED034-drip-irrigation-system-handbook-.pdf>



<https://www.netafim.com.tr/urunlerimiz--cozumlerimiz/urun-onerilerimiz/filtreler/>

Disk filtre



<https://www.netafim.com.tr/urunlerimiz--cozumlerimiz/urun-onerilerimiz/filtreler/elek-filtreler/>

Elek filtre





<https://www.netafim.com.tr/4a7709/globalassets/local/turkish/gravel-filtreler.pdf>

Gravel filtre

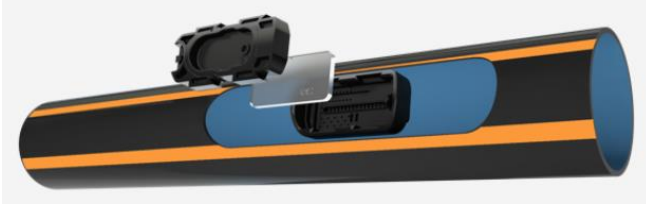


<https://www.netafim.com.tr/4a7709/globalassets/local/turkish/hidrosiklon.pdf>

Hidrosiklon filtre

## Damlaticılar

Mısırın damla sulama ile sulanması durumunda damlaticıların et kalınlığı fazla olan, uzun yıllar kullanılabilen lateral boruları seçmek yararlı olacaktır. Damlaticı başlık tipi olarak laterale boylamasına gecik (in-line) tipler daha uygundur. Basınç ayarlı damlaticı başlıkları, sulama randımanını artırmaktadır.



<https://www.netafim.com/en/products-and-solutions/product-offering/drip-irrigation-products/dripnet/dripnet-pc-migrated/>

Basınç ayarlı damlaticı

## Damla sulamada sulama suyu miktarı, sulama aralığı ve sulama süresi

Bu konuyu bir önekle açıklayalım. Mısır tarlamızın kullanılabilir su tutma kapasitesi (KSTK) 140 mm, su alma hızı (SAH) (infiltrasyon) 10 mm/sa, sıra aralığı (SA) 70 cm, etkili kök derinliği (EKD) 90 cm, çiçeklenme dönemi için bitki su tüketimi (BST) 8 mm/gün ve bitkinin toprağı gölgeleme oranı (GO) %80 olarak veriliyor. KSTK'sinin %40'ı tüketildiğinde tekrar sulamaya başlanacaktır. Damlaticı debisi 2 L/sa olarak veriliyor. Bu veriler ışında her sulamada verilecek toplam sulama suyu miktarını (mm), sulama aralığını, damlaticı aralığı, lateral aralığı, ıslatılan alan (%), damlaticı sayısı (1 da için), lateral boru uzunluğu (1 da için) ve sulama süresini hesaplayalım.

Damlaticı aralığı (DA)

$$DA=0.9 \sqrt{\frac{\text{damlaticı debisi}}{\text{su alma hızı}}}$$

$$DA=0.9 \sqrt{\frac{2}{10}} = 0.40 \text{ m}$$

Damlaticılar arası mesafe 40 cm olmalıdır.

Lateral aralığı (LA)

Damlaticı aralığı (40 cm), bitki sıra arasından (70 cm) küçük olduğu için her bitki sıra arasına bir lateral boru hattı döşenir. Dolayısıyla, lateral aralığı, bitki sıra aralığına (70 cm) eşit olur.

Islatılan alan (IA) (%)

$$IA = (\text{Damlaticı aralığı} / \text{Lateral aralığı}) \times 100 = (0.40 / 0.70) \times 100 = \%57.14$$

Damla sulama sisteminden ıslatılan alan en az %30 olmalıdır.

Her sulamada uygulanacak maksimum net sulama suyu miktarı (NSSM) (mm)

$$\text{NSSM} = \text{Kullanılabilir su tutma kapasitesi} \times \text{etkili kök derinliği} \times \text{kullanılabilir su tutma kapasitesinin tüketilen kısmı} \times (\text{ıslatılan alan} / 100) = 140 \times 0.90 \times 0.4 \times (57.14 / 100) = 28.79 \text{ mm}$$

Her sulamada uygulanacak maksimum net sulama suyu miktarı 28.79 mm'dir.

Bitki su tüketimi (BST) damla sulama sistemine göre düzeltilmelidir.

$$\text{Düzeltilmiş BST} = \text{BST} \times (\text{gölgeleme alanı} / 85) = 8 \times (80 / 85) = 7.52 \text{ mm/gün}$$

Damla sulama sistemine göre düzeltilmiş bitki su tüketimi 7.52 mm/gün'dür.

Sulama aralığı (SA) (gün)

$$SA = \text{Net sulama suyu miktarı} / \text{düzeltilmiş bitki su tüketimi} = 28.79 / 7.52 = 3.82 \text{ gün}$$

Her sulama arasında en fazla 4 gün olmalıdır.

Her sulamada verilecek toplam sulama suyu miktarı (TSSM)

$$TSSM=(\text{net sulama suyu miktarı/su uygulama randımanı})=(28.79/0.90)=31.98 \text{ mm}$$

Her sulamada verilecek toplam sulama suyu miktarı 31.98 mm'dir.

Bir dekar alandaki toplam damlatıcı sayısı (DS)

$$DS=(1000/\text{lateral aralığı} \times \text{damlatıcı aralığı})=(1000/0.70 \times 0.40)=3571 \text{ adet}$$

70 cm lateral aralığı ve 40 cm damlatıcı aralığına sahip bir damla sulama sisteminde 1 dekada 3571 adet damlatıcı bulunur.

Bir dekar için gerekli lateral boru uzunluğu (LB) (m)

$$LB=(1000/\text{lateral arası mesafe})=(1000/0.70)=1428.57 \text{ m}$$

1 dekar alan için gerekli olan lateral boru uzunluğu 1428.57 m'dir.

Sulama süresi (SS)

$$SS=(1000 \times \text{toplam sulama suyu miktarı})/(\text{damlatıcı debisi} \times \text{damlatıcı sayısı})=(1000 \times 31.98)/(2 \times 3571)=4.48 \text{ sa}$$

Her sulama süresi yaklaşık 4.5 sa olmalıdır.

### **Damla sulamada gübreleme**

Damla sulamanın en büyük avantajlarından birisi gübrenin sulama suyuyla verilebilmesidir. Damla sulama sisteminde sıvı formdaki gübreleri tercih etmek daha uygundur. Katı gübrelerin suda hızlı ve sediment oluşturmadan çözülen formları da uygundur. Taban gübresi ekim öncesi veya ekimle birlikte verildikten sonra üst gübrelerin damla sulama sistemiyle verilmesi gübrenin bitki tarafından daha etkin alınması ve kullanılmasına yardımcı olmaktadır. Gübrenin kayıpları da azaltılmaktadır. Gübre, bitkinin ihtiyaç duyduğu dönemde,

ihtiyacı kadar verilmektedir. Tüm vejetasyon süresince gübre verme olanağı vardır. Mısır bitkisi, tüm besin elementlerine bütün büyüme ve gelişme dönemlerinde ihtiyaç duymaktadır.

Damla sulama sistemiyle makro ve mikro elementlerden eksik olanlar, kolayca bitkiye verilebilmektedir. Fakat her gübre formu damla sulama sistemiyle verilmeye uygun değildir. Damla sulama sistemiyle verilebilen gübrelerin listesi aşağıda verilmiştir.

Damla sulama sistemine uygun gübreler

| <b>Element content (%) in fertilizers - Suitable for Nutrigation™</b> |   | <b>Element</b>       |                               |                  |    |    |    |    |    |                 |  |
|---|---|----------------------|-------------------------------|------------------|----|----|----|----|----|-----------------|--|
|   |   | Nitrogen (total)     |                               |                  |    |    |    |    |    |                 |  |
|   |   | Phosphorus pentoxide |                               |                  |    |    |    |    |    |                 |  |
|   |   | Potassium            |                               |                  |    |    |    |    |    |                 |  |
|   |   | Calcium              |                               |                  |    |    |    |    |    |                 |  |
|   |   | Chlorine             |                               |                  |    |    |    |    |    |                 |  |
|   |   | Sodium               |                               |                  |    |    |    |    |    |                 |  |
|   |   | Magnesium            |                               |                  |    |    |    |    |    |                 |  |
|   |   | Sulfur               |                               |                  |    |    |    |    |    |                 |  |
|   |   | Sulfate              |                               |                  |    |    |    |    |    |                 |  |
| <b>Fertilizer</b>   | <b>Formula</b>  | N                    | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | K <sub>2</sub> O | Ca | Cl | Na | Mg | S  | SO <sub>4</sub> |  |
| Urea  | CO(NH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub>                                 | 46                   |                               |                  |    |    |    |    |    |                 |  |
| Urea ammonium nitrate   | CO(NH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> | 32                   |                               |                  |    |    |    |    |    |                 |  |
| Mono ammonium phosphate MAP   | NH <sub>4</sub> H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>                    | 12                   | 61                            |                  |    |    |    |    |    |                 |  |
| Ammonium nitrate  | NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>                                   | 32                   |                               |                  |    |    |    |    |    |                 |  |
| Potassium nitrate   | KNO <sub>3</sub>  | 13                   |                               | 46               |    |    |    |    |    |                 |  |
| Calcium nitrate   | Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>                                 | 15                   |                               |                  | 19 |    |    |    |    |                 |  |
| Calcium chloride  | CaCl <sub>2</sub>   |                      |                               |                  | 27 | 63 |    |    |    |                 |  |
| Potassium chloride  | KCl   |                      |                               | 61               |    | 47 |    |    |    |                 |  |
| Potassium sulfate   | K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>                                    |                      |                               | 51               |    |    |    |    | 55 | 18              |  |
| Mono potassium phosphate MKP  | KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>                                   |                      | 52                            | 34               |    |    |    |    |    |                 |  |
| Ammonium sulfate  | (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>                   | 21                   |                               |                  |    |    |    |    | 24 | 73              |  |
| Magnesium sulfate   | MgSO <sub>4</sub>   |                      |                               |                  |    |    |    | 16 | 16 | 49              |  |
| Calcium sulfate   | CaSO <sub>4</sub>   |                      |                               |                  | 19 |    |    |    | 8  | 26              |  |
| Magnesium nitrate   | Mg(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>                                 | 11                   |                               |                  |    |    |    | 10 |    |                 |  |
| Sulfuric acid   | H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>                                    |                      |                               |                  |    |    |    |    | 33 |                 |  |
| Phosphoric acid   | H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>                                    |                      | 61                            |                  |    |    |    |    |    |                 |  |
| Nitric acid   | HNO <sub>3</sub>  | 13                   |                               |                  |    |    |    |    |    |                 |  |
| Sodium chloride (salt)  | NaCl  |                      |                               |                  |    | 62 | 38 |    |    |                 |  |

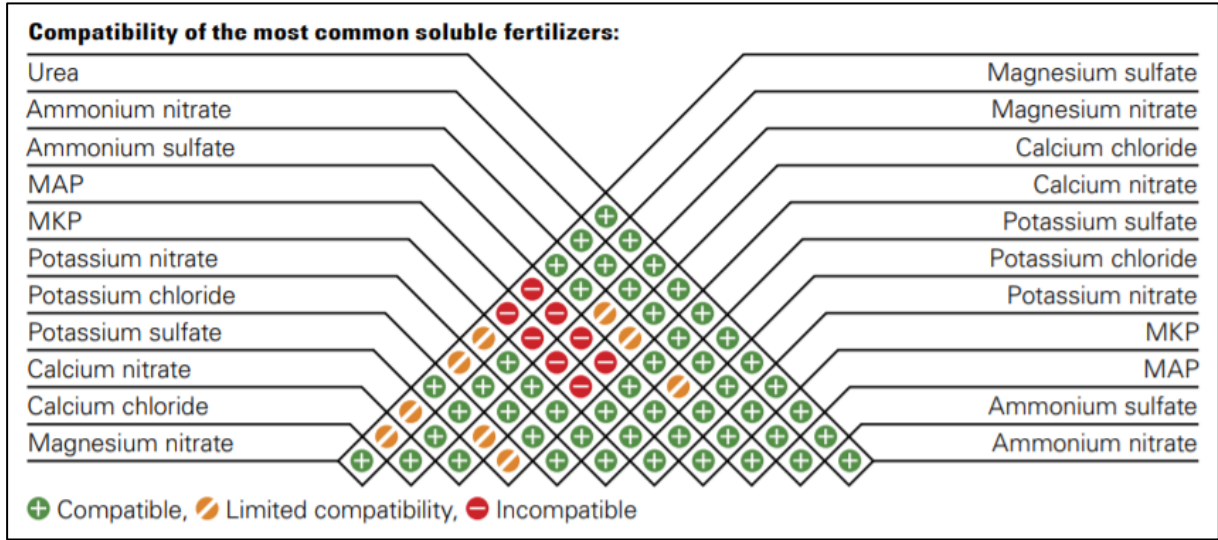
<https://www.netafim.com/499749/globalassets/products/drippers-and-dripperlines/drip-irrigation-system-handbook.pdf>

Yukarıdaki liste incelendiğinde azot için üre, potasyum için potasyum sülfat (potasyum + kükürt), potasyum nitrat (potasyum + azot), fosfor için mono amonyum fosfat (MAP) (azot + fosfor), mono potasyum fosfat (MKP) (potasyum + fosfor) formunda makro element içerikli gübre formları uygun olabilir. Ülkemizde yaygın olan çinko eksikliği için çinko sülfat formundaki gübre formu kullanılabilir.



Damla sulama sistemiyle gübreler birbirleriyle karıştırılarak uygulanırken dikkatli olmak gerekir. Çünkü bazı gübre formlarının bazı gübre formlarıyla karıştırılarak uygulanmaması gerekir. Aşağıdaki şekilde gübrelerin birbirleriyle karışıma uyumlu olup olmadıklarının gösterilmektedir.

#### Gübrelerin karışıma uygunlukları



<https://www.netafim.com/499749/globalassets/products/drippers-and-dripperlines/drip-irrigation-system-handbook.pdf>

Yukarıdaki gübrelerin karışıma uygunluk durumları incelendiğinde ürenin tüm gübre formlarıyla uyumlu olduğu anlaşılmaktadır. Damla sulamada, mono amonyum fosfat (MAP) ve mono potasyum fosfat (MKP) formundaki gübreleri, magnezyum ve kalsiyum içerikli gübrelerle karıştırarak vermemek gerekir. Listede verilmeyen çinko ve demir sülfat içerikli gübreleri üre ile karıştırarak damla sulama sisteminde kullanmakta bir sakınca yoktur. Bu noktada dikkat edilmesi gereken konu bazı gübre formlarının özellikle damla sulama sisteminin metal aksamaları parçalarında korozyon oluşma ihtimalidir. Asit karakterli örneğin fosforik asit ve potasyum klorit vb. gübre formları korozyona neden olabilmektedir.

Bazı gübreler su çözülmüş halde uçarak kaybolmaktadır. Örneğin üre ve amonyum formundaki azot suyla buharlaşarak kaybolabilmektedir. Bu formdaki gübreleri günlük taze hazırlayıp hemen damla sulamayla toprağa uygulamak gerekir. Gübre tankında suda çözülmüş gübreleri kesinlikle bekletmemek gerekir.

Granül veya toz formundaki katı gübreler, kolayca nem çekerler ve toplaşarak kesek oluştururlar. Böylece su erimeleri zorlaşır. Katı gübrelerin hava ve su ile teması engellenmelidir.

Sulama suyunun sıcaklığı artıkça, gübrelerin suda çözülme oranları artar. Aşağıdaki çizelgede sulama suyu sıcaklığı ile gübrelerin çözülme oranları arasındaki ilişki gösterilmektedir.

Sulama suyu sıcaklığı ile gübrelerin çözülme oranları arasındaki ilişki

**Effect of temperature (°C) on the solubility of fertilizers (fertilizer grams in one liter of water)**

| Fertilizer grams / liter water | Temperature °C |     |     |      |      |      |
|--------------------------------|----------------|-----|-----|------|------|------|
|                                | 0              | 5   | 10  | 20   | 25   | 30   |
| Urea                           | 680            | 780 | 850 | 1060 | 1200 | 1330 |
| Ammonium sulfate               | 700            | 715 | 730 | 750  | 770  | 780  |
| Potassium sulfate              | 70             | 80  | 90  | 110  | 120  | 130  |
| Potassium chloride             | 280            | 290 | 310 | 340  | 350  | 370  |
| Potassium nitrate              | 130            | 170 | 210 | 320  | 370  | 460  |
| Mono-ammonium phosphate        | 227            | 255 | 295 | 374  | 410  | 464  |

Yukarıdaki çizelgede de görüldüğü gibi en yüksek gübre çözülme oranı 30 °C sulama suyunda elde edilmektedir. Sulama suyu sıcaklığının en az 20 °C olması tavsiye edilmektedir.

Damla sulama sistemiyle verilecek gübre miktarını hesaplama

Örneğin damla sulama sistemiyle 4 saatte 20 dekarlık bir mısır tarlamıza sulama suyu verebildiğimizi kabul edelim. Mevsim boyunca 10 defa sulama yapalım. E-kitabımızın ilerleyen sayfalarında mısırın sulama ve gübreleme için kritik dönemlerinden bahsediyoruz. Kritik dönemlere baktığımızda 5 yapraklı (V5), 10 yapraklı (V10), 15 yapraklı (V15) ve koçan püskülü çıkarma (R1) dönemleri olduğu görülmektedir. Bu dönemlerde damla sulama sistemiyle örneğin azotlu gübre uygulamasının nasıl yapılacağı konusunu ele alalım. Azotlu gübre formlarından üreyi (damla sulama sistemine uygun üre formu) kullanarak hesaplama yapalım.

Mısır tarlamızdan beklediğim dekara tane verimi 1500 kg olsun. Yaklaşık her 100 kg tane verimi için en az 2 kg/da saf azot verilmesi uygun olmaktadır. Bu durumda toplamda dekara en az 30 kg saf azot verilmesi beklenmelidir. Azotlu gübrenin kritik dönemlere miktarları dağılırsa ekim esnasında dekara 5 kg, V5 döneminde 5 kg, V10 döneminde 10 kg, V15 döneminde 5 kg ve R1 döneminde 5 kg olmak üzere toplam 30 kg saf azot olduğu görülür.

5 yapraklı (V5) dönemi, damla sulama sistemiyle ilk gübre uygulanacak dönemdir. Bir dekara 5 kg saf azot vermek için dekara yaklaşık 12 kg üre vermek gerekir. 20 dekar için  $20 \times 12 = 240$  kg üre uygulanacağı anlamına gelir. 240 kg üre gübresini su ile karıştırıp eritecek boyutta

gübre tankına ihtiyaç bulunmaktadır. Yapılan araştırmalara göre 100 L suda 110 kg üre çözülebilmektedir.

[https://www.haifa-group.com/sites/default/files/article/Deliverable\\_2.pdf](https://www.haifa-group.com/sites/default/files/article/Deliverable_2.pdf)

240 kg üreyi çözebilmek için 250-300 L'lik bir gübre tankı yeterli olacaktır.

Damla sulama sisteminde gübre, sistem çalıştırdıktan en az bir saat sonra verilmeye başlanmalı ve sulamanın bitirileceği son saatten önce (1 saat önce) gübre verme işlemine son verilmelidir. Örneğin damla sulama sistemi 4 saat çalıştırılacaksa gübre, 2 saat (2. ve 3. saatlerde) verilmeli, 1. ve 4. saatlerde gübre verilmemelidir.

Sulama konusunda daha fazla bilgi almak için aşağıdaki bağlantılara başvurabilirsiniz.

<https://www.tarimorman.gov.tr/TAGEM/Belgeler/yayin/Tu%CC%88rkiyede%20Sulanan%20Bitkilerin%20Bitki%20Su%20Tu%CC%88ketimleri.pdf>

<https://www.tarimorman.gov.tr/TAGEM/Belgeler/yayin/sulama%20teknikleri%20rehberi.pdf>

### **Sulama ve gübreleme için kritik dönemler**

Mısır bitkisinin suya en fazla ihtiyaç duyduğu büyüme ve gelişme dönemleri yani sulama açısından kritik dönemler aşağıdaki çizelgede verilmiştir. Her bir dönem için belirlenmiş olan sulama suyu miktarı mevsimsel olarak yağışın alınmadığı var sayılarak belirtilmiştir.

Gübre hesaplamalarında toprağın azot ve fosfor içeriğinin çok yetersiz olduğu kabul edilmiştir. Böyle bir durumda gübre miktarı hesaplanırken her 100 kg/da tane verimi için en az 2 kg/da saf azot ve 1 kg/da saf fosfor uygulanması tavsiye edilebilir.

Mısırda sulama, gübreleme, herbisit ve insektisit uygulamaları için kritik vegetatif ve generatif dönemler (1500 kg/da tane verimi almak için)

| Kritik dönemler | Sulama              | Gübreleme                            | Herbisit                                      | İnsektisit   |
|-----------------|---------------------|--------------------------------------|---|--|
| Çıkış-VE        | 1.sulama<br>(50 mm) | 1.gübre<br>-33 kg/da DAP<br>(ekimde) | -Çıkış öncesi<br>(nem ve sıcaklık<br>gerekli) | -Tohum<br>ilaçlaması<br>(telkurt, bozkurt<br>zararı) |
| 6 yaprak (V6)   | 2.sulama            | 2.gübre<br>-12 kg/da Üre             | -1.Çapa (V3<br>döneminde)                     |  |

|   |   |   |   |  |
|---|---|---|---|--|
| -Tepe püskülü ve koçan taslağı oluşumu başlar<br>-Koçanda sıra sayısı belirlenir<br>-Boğum araları uzamaya başlar (sapa kalkma) | -V6'dan önce, en erken V4, en uygunu V5 döneminde (60 mm)   | -V6'dan önce, en erken V4, en uygunu V5 döneminde (sapa kalma öncesi)                       | -2.Çapa (V5 döneminde)<br>- V6 döneminden önce en geç V5 döneminde herbisit uygulanmalı |  |
| 12 yaprak (V12)<br>-Koçan sırasında tane sayısı belirlenir  | 3.sulama<br>-V12'dan önce en erken V9, en uygunu V10, en geç V11 döneminde (70 mm)                                      | 3.gübre<br>-22 kg/da Üre<br>-V12'dan önce, en erken V9, en uygunu V10, en geç V11 döneminde | Herbisit uygulanmaz   |  |
| 15 yaprak (V15)<br>- Koçan sırasında tane sayısı belirlenir   | 4.sulama<br>-V15 ile V16 döneminde (80 mm)  | 4.gübre<br>-12 kg/da Üre<br>-V15 ile V16 döneminde  |   |  |
| 18 yaprak (V18)<br><b>(kritik sulama dönemi)</b>  | 5.sulama<br>-V18 ile V19 döneminde (yaprak sayısına bağlı, VT'den yaklaşık 7 gün önce)<br>-7 günlük su ihtiyacı (90 mm) |   |   |  |
| Tepe püskülü (VT)<br><b>(kritik sulama dönemi)</b>  | 6.sulama<br>-Tepe püskülünün ucu bayrak yaprağından çıktığında<br>-7 günlük su ihtiyacı (120 mm)                        |   |   |  |
| Koçan püskülü (R1)<br><b>(kritik sulama dönemi)</b>   | 7.sulama<br>-Koçan püskülü+döllenme (VT den yaklaşık 7 gün sonra)<br>-7 günlük su ihtiyacı                              | 5.gübre<br>12 kg/da Üre<br>-Süt olum döneminin (R3) başında                                 |   |  |

|                        |  |   |  |  |
|------------------------|--|---|--|--|
|                        | (120 mm)   |   |  |  |
| Kabarcık (Blister)(R2) |  |   |  |  |
| Süt olum (R3)          | 8.sulama<br>-Süt olum döneminin (R3) başında<br>(120 mm)     |   |  |  |
| Hamur olum (R4)        | 9.sulama<br>-Hamur olum döneminin (R4) ortasında<br>(100 mm) |   |  |  |
| Diş (dent) (R5)        | 10.sulama<br>-Diş olum döneminin (R5.5) ortasında<br>(90 mm) |   |  |  |
| Fizyolojik olum (R6)   | Sulama yapılmamalı   | Gübre verilmemeli   |  |  |
|                        | Toplam su = 900 mm   | Toplam gübre = 30 kg/da N, 15 kg/da P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> |  |  |

### Tane mısırdada son su ne zaman verilmelidir?

Diş olum döneminde (R5), süt çizgisi %50-75 arasında geldiğinde son su verilebilir. Son suyun verilme zamanı, esasında her bölgeye göre farklılık gösterebilir. Bazı bölgelerde sonbaharda (Örneğin İç Anadolu Bölgesi gibi) evapotranspirasyonla (bitki su tüketimi) su kaybı düşükse, son su %50 süt çizgisinde verilebilir. Eğer su kaybı yüksek ise (Örneğin Güneydoğu Anadolu Bölgesi gibi) son su, süt çizgisi %75'e ulaştığında verilebilir. Süt çizgisi, dört çeyreğe ayrılırsa (%25, %50, %75 ve %100) her çeyreğin oluşması için 5-7 günlük bir zaman dilimine ihtiyaç vardır. Örneğin %25 süt çizgisinde sulama yapılırsa, %50 süt çizgisine kadar 5-7 gün geçmesi gerekebilir. Bir başta deyişle R5 döneminde %50 süt çizgisinde son sulama yapılırsa, tanenin fizyolojik olum (R6) dönemine (artık bitkinin suya ihtiyacı olmadığı ve tanenin dip kısmında siyah tabakanın görüldüğü dönem) kadar 10-14 günlük bir zamana ihtiyaç duyduğu söylenebilir. Yani %50 süt çizgisinde bitkiye verilen su, en az 10-14 gün süreyle bitkiye yeterli olmalıdır. Eğer bitki, verilen suyu 10-14 günlük bir periyottan önceden tüketiyorsa veya



tüketme ihtimali varsa, son suyun %75 süt çizgisinde (tanede beyazlık oranının %25 ve sarılık oranının %75 olduğu dönem) verilmesi daha uygun olacaktır.

Damla sulama yöntemi uygulanıyorsa son su, %75 süt çizgisinde verilmelidir.

Mısıra son su, eğer R6 dönemine çok yakın bir zamanda veya R6 dönemine girdikten sonra verilirse, tarlada bitki, koçan ve tanenin nem kaybı hızlı olmayacak ve hatta yüksek nemli tane hasat etme olasılığı artacaktır.

Süt çizgisi nasıl belirlenmelidir?

Tarlayı temsil eden en az 10 kısımdan bitkinin ana koçanı (en üstteki koçan) koparılır. Koçan yaprakları soyulur. Koçan tam ortasından enine ikiye bölünür. Koçan sapının olduğu kısma bakılmaz. Çünkü bu kısımda embriyo oluşur ki embriyo da beyaz görünür. Koçan ucunun olduğu diğer yarı koçan kısmındaki tanelerin süt çizgisine bakarak karar verilir. Bu kısım tanenin endosperm kısmındaki süt çizgisini gösterir.

<https://cornsouth.com/uncategorized/when-can-corn-irrigation-be-terminated/#:~:text=Once%20the%20starch%20line%20has,irrigated%20fields%20could%20be%20terminated.>



<https://mytrellis.com/blog/when-should-i-stop-irrigating>

R5 (diş olum) döneminde süt çizgisi, ilk önce tanenin uç kısmında oluşur. Zaman ilerledikçe (yaklaşık 20-25 gün) süt çizgisi, tanenin dibine (koçana bağlandığı kısma) doğru ilerler. Yukarıdaki sol üstteki fotoda süt çizgisi yaklaşık %10, sağ üstteki fotoda %25, sol alttaki fotoda %50 ve sağ alttaki fotoda %75'tir. Damla sulamada son su, %75 süt çizgisinde verilebilir.

## Silaj mısırdaki biçim ne zaman yapılmalıdır?

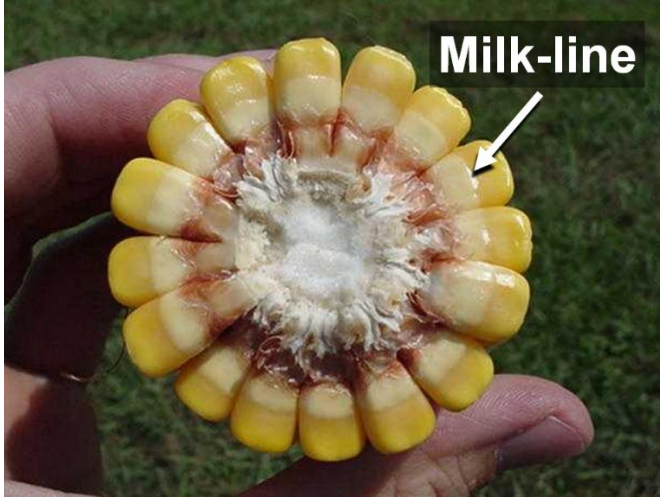
Silaj biçimi, bitkide nem oranı %62-68 arasında ve kuru madde oranı ise %32-36 arasında olduğunda yapılmalıdır. Pratikte silaj biçim zamanı, tanedeki süt çizgisine göre belirlenebilmektedir. Silajlık mısırın biçimi, diğ olum dönemindeki (R5) tanede, süt çizgisi %50 ile %65 arasında olduğu zaman yapılmalıdır. R5 döneminde süt çizgisi %50'den az ise yani tanenin %50'den fazlası beyaz görünüyorsa, silaj biçimi yapmamak gerekir. Çünkü silajda hem nem yüksek olacaktır ve hem de kuru madde miktarı düşük olacaktır. Yüksek su içeriğine sahip silaj çabuk bozulmaktadır. R5 döneminde süt çizgisi tanenin %65'ten fazlasını kapsıyorsa yani tanedeki beyaz kısım oranı %35'ten az, sarı kısım %65'ten fazlaysa silaj biçiminin zamanı artık geçmiş demektir. Çünkü bu dönemde silaj biçimi yapılırsa silajın nem oranı düşük olmakta ve kuru madde miktarı artmasına rağmen sindirilmeyen lif oranı artığı (ANF, ADL ve NDF) için silajın hayvan besleme kalitesi de düşmektedir. Ayrıca nem oranı düşük silajların olgunlaşma süreçleri sekteye uğramaktadır.

Silaj biçiminin hızlı ve kısa sürede yapılması önemlidir. Tarlada biçim süresi uzadıkça süt çizgisi ilerlemektedir. Dolayısıyla ilk biçimin silaj kalitesi yüksek iken son biçimin silaj kalitesi düşmektedir. Mümkünse birkaç silaj hasat/biçim makinesi ile biçimi en fazla 3-5 günde bitirmek gerekir. Biçim zamanının uzaması bitkide kurumaya, nem kaybına ve sindirilemeyen lif oranının artmasına neden olmaktadır.

## Silaj mısırdaki son su ne zaman verilmelidir?

Damla sulamada son su, R5 döneminde süt çizgisi %40 civarında iken verilebilir. Yaklaşık 4-6 gün sonra, süt çizgisi %50-55'e ulaşacaktır yani ideal silaj biçim dönemine girilmiş olunacaktır. Bu esnada tarlada silaj biçim makinesinin çalışabilmesi için toprak da yeterince kurumuş (nem kaybetmiş) olacaktır.

Ülkemizde yetiştirilen silaj mısır çeşitleri çoğunlukla geçici karakterde oldukları için biçim zamanı ile sonbahar yağışları arasında bir denge kurulmalıdır. Sonbaharın yoğun yağışları başlamadan önce büyüme ve gelişmesini tamamlayan silaj mısır çeşitlerini seçmek daha uygun olacaktır.



<https://site.extension.uga.edu/nochaway/2014/07/black-layer-in-corn/>

Tane üzerinde %50 süt çizgisi: Silaj için biçime başlanabilir.



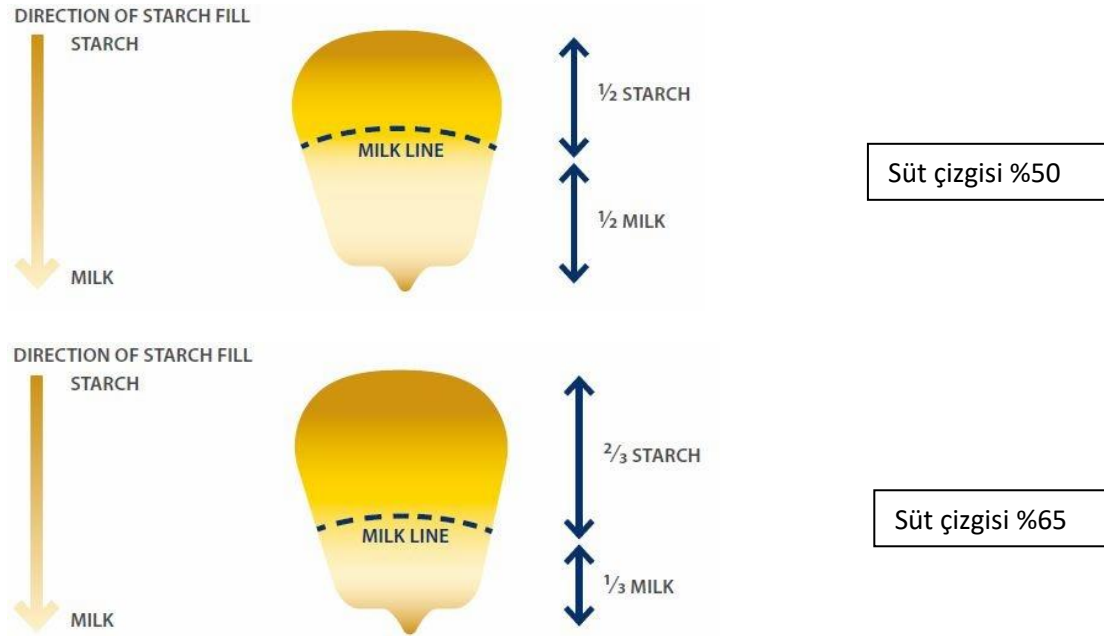
<https://agcrops.osu.edu/newsletter/corn-newsletter/2014-20/determination-ear-size-corn-well-underway>

Tane üzerinde %65 süt çizgisi: Silaj için en son biçim zamanı.



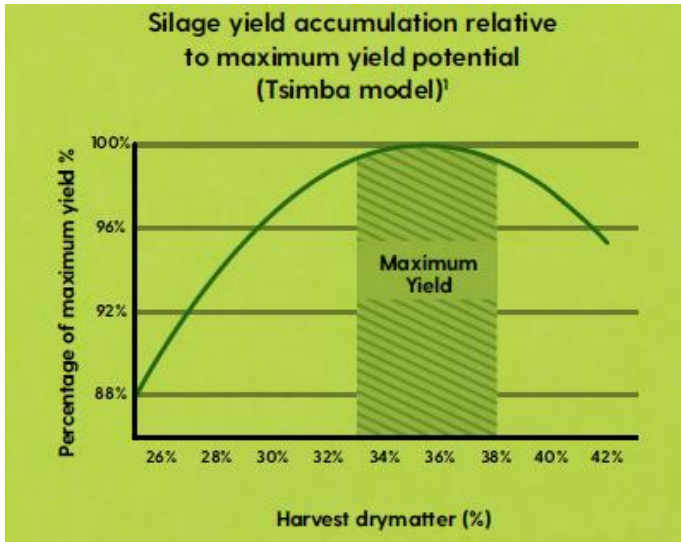
<https://www.agweb.com/article/a-surprising-way-to-add-10-to-corn-yields-late-season>

Soldaki koçan, silaj için en uygun biçim dönemindedir (%60 süt çizgisi). Fakat sağdaki koçanın silaj için biçim zamanı artık geçmiştir.



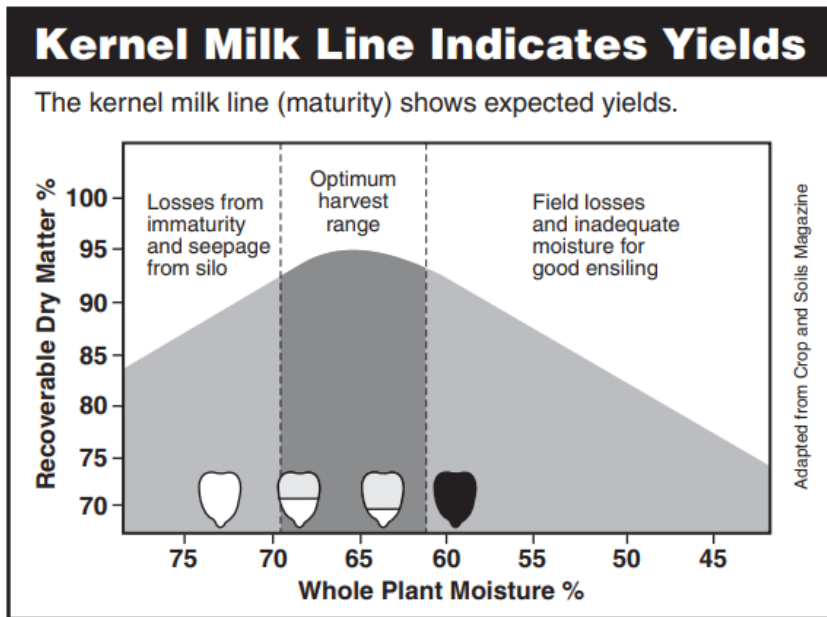
<https://www.corsonmaize.co.nz/harvesting-and-storage/when-to-harvest>

Silaj için en uygun biçim aralığı, süt çizgisinin %50 ile %65 arasında olduğu dönemdir.



<https://www.pioneer.co.nz/news/2018-04-12/getting-it-right-from-planting-to-harvest.html>

Silaj biçim zamanını belirleyen en önemli kriterlerden birisi kuru madde oranıdır (%). Kaliteli bir silajda kuru madde oranı %32-36 arasında olmalıdır.



<https://www.ag.ndsu.edu/news/newsreleases/2010/aug-30-2010/september-means-corn-silage-harvest/>

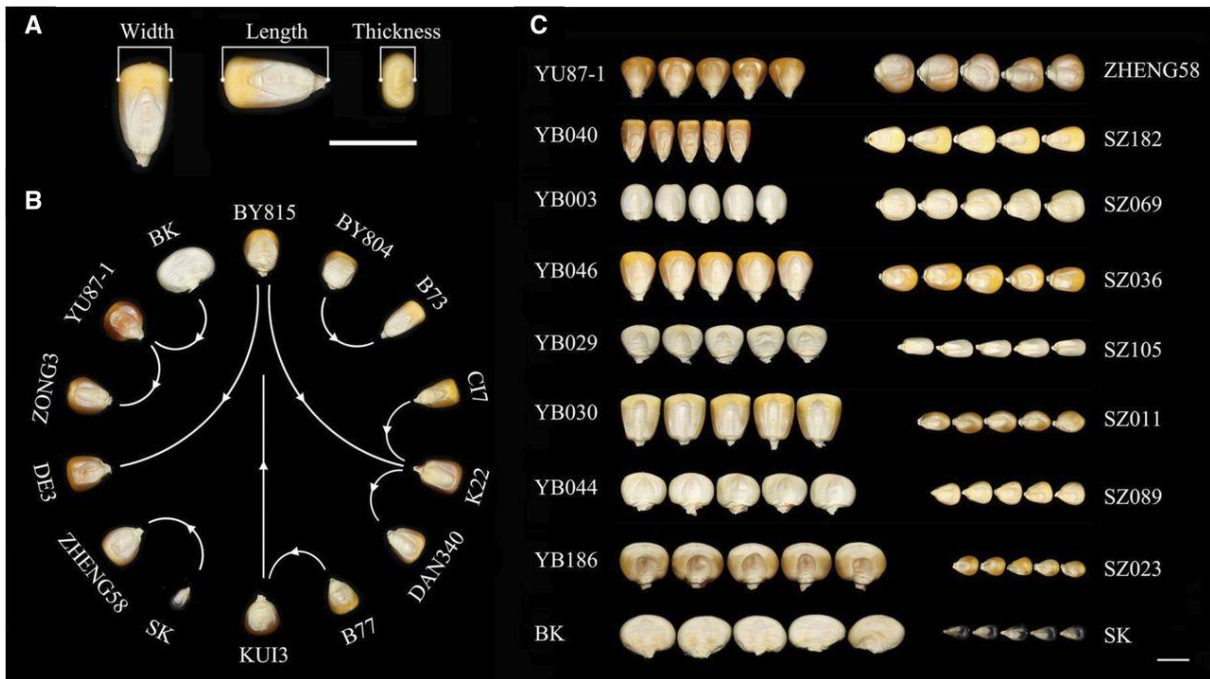
Silaj biçim zamanını belirleyen en önemli kriterlerden birisi bitki nem oranıdır (%). Kaliteli bir silajda bitki nem oranı %62-69 arasında olmalıdır.



## Bitkisel karakterler

### Tane karakterleri

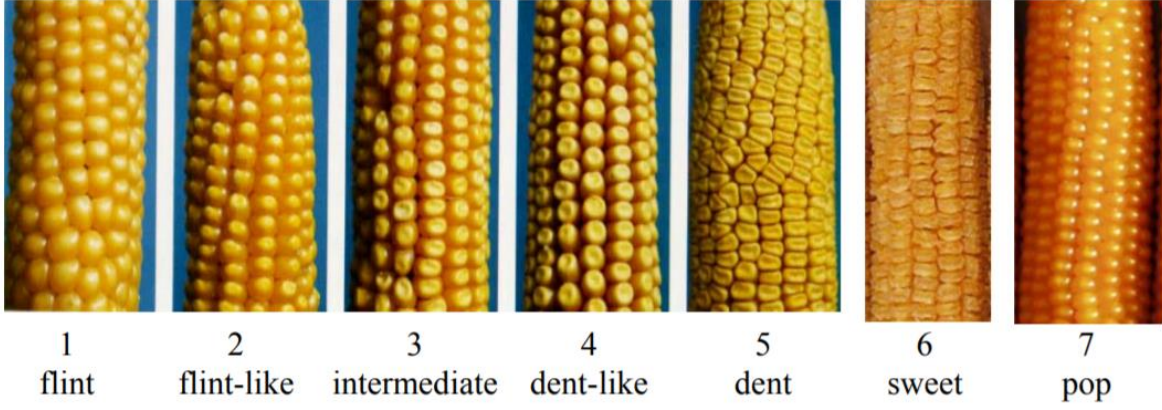
Mısırdaki tane karakterlerini uzunluk, genişlik (eni) ve kalınlık oluşturur. At dişi mısır çeşitlerinin taneleri genelde uzun, orta genişlik ve kalınlıktadır. Kısa, oldukça kalın ve fazla geniş taneli çeşitler tercih edilmezler.



<http://www.plantphysiol.org/content/175/2/774>

Tane karakterleri: Foto A, tanenin uzunluk, genişlik ve kalınlığını gösterir; Fotolar B ve C, tane karakterlerindeki genetik varyasyonu gösterir. Genelde B73 tipi tane karakterleri tercih edilir.

Koçan üzerindeki tanelerin alt tür (veya varyete) karakterleri de önemlidir. Bu e-kitapta her ne kadar at dişi mısır alttürünü anlatmış olsak da diğer alt türleri en azından şekilsel olarak bilmek gerekir. Aşağıdaki fotoğrafta yaygın olan 4 alt tür tanıtılmaktadır.



<https://www.upov.int/edocs/tgdocs/en/tg002.pdf>

Mısır bazı alt türleri: 1-Sert mısır; 2-Sert mısıra benzer; 3-Sert-At dişi mısır; 4-At dişi mısıra benzer; 5-At dişi mısır; 6-Şeker mısır; 7-Cin mısır

### Tane verimi

Klasik anlamda mısırın tane verimini dekarda koçan sayısı, koçanda tane sayısı ve tane ağırlığı oluşturur. Fakat mısırdaki tane verimi hesaplanırken, tane neminin dikkate alınması gerekir. TTSM teknik talimatlarına göre mısırın tane verimini hesaplanırken, tane verimi %15 tane nemine göre düzeltme yapılarak hesaplanır.

[https://www.tarimorman.gov.tr/BUGEM/TTSM/Belgeler/Tescil/Teknik%20Talimatlar/S%C4%B1cak%20%C4%B0klim%20Tah%C4%B1lar%C4%B1/MISIR\\_TEKNİK\\_TALIMATI.pdf](https://www.tarimorman.gov.tr/BUGEM/TTSM/Belgeler/Tescil/Teknik%20Talimatlar/S%C4%B1cak%20%C4%B0klim%20Tah%C4%B1lar%C4%B1/MISIR_TEKNİK_TALIMATI.pdf)

Oysaki TMO'nun 2019 yılı mısır alım bareminde %14 tane nemi esas alınır. TMO, %15 tane nemine sahip bir mısır çeşidine alım esnasında %2.3 fiyat indirimi uygulamaktadır.

<http://www.tmo.gov.tr/Upload/Document/misiralimbaremi2018.pdf>

TTSM teknik talimatına göre mısırdaki tane verimi tahmini nasıl yapılır?

TTSM'nin verim tahmini, tarla denemeleri için geçerlidir. Mısırdaki verim denemelerinin her bir parseli 4 sıra (70 cm sıra arası) şeklinde kurulur ve sadece ortadaki 2 sıra hasat edilir.

Birinci olarak, her parselden temsili 10 koçan alınır, tanelenerek tane/koçan oranı (TKO) bulunur. TKO, normal şartlarda genelde 0.8 ile 0.9 arasında değerler alır.

İkinci olarak, hasat esnasında parselde tane nemi (HTN) belirlenir.

<http://www.dickey-john.com/products/agriculture/moisture-testing/>

Üçüncü olarak, parsel orta sıraları hasat edilerek ham parsel verim (HPV) tahmini (tane nemi dikkate alınmadan) yapılır.

Dördüncü olarak aşağıdaki formülle tane nemine göre düzeltilmiş parsel verim (DPV) tahmini yapılır.

Beşinci olarak, DPV ile dekara verim tahmini yapılır.

$$\text{Düzeltilmiş parsel verimi (DPV)} = \frac{\text{HPV} \times (100 - \text{HTN})}{85} \times \text{TKO}$$

DPV formülünün paydasında yer alan 85 değeri, TTSM'nin ham parsel verimini %15 tane nemine göre düzeltmek için gereklidir. Diğer taraftan TMO, mısır alım bareminde %14 tane nemini dikkate almaktadır. %14 tane nemine göre DPV tahmin edilirken paydayı 85 değil de 86 almak gerekir.

TTSM'ye göre DPV tahmini

Örnek: HPV=12 kg, HTN=%18, TKO=0.87 ise dekara verimi tahmin edelim.

$$\text{DPV} = \frac{12 \times (100 - 18)}{85} \times 0.87 = 10.07 \text{ kg}$$

Bir parselin alanı (iki orta sıraya göre): 0.7 m x 2 sıra = 1.4 m (eni) x 5 m (uzunluğu) = 7 m<sup>2</sup>

7 m<sup>2</sup> alana sahip bir parselden 10.07 kg tane verimi alınıyorsa 1 dekardan (1000 m<sup>2</sup>) kaç kg tane verimi alınır?

1 dekardan (10.07 x 1000)/7 = 1438.57 kg/da tane verimi alınır.

TMO'ya göre DPV tahmini nasıl yapılır?

%14 tane neminde DPV değeri 9.954 kg olarak hesaplanır.

1 dekara verim ise 1422 kg/da bulunur.

TTSM ile TMO tane verimi farkı 1438.57-1422=16.57 kg/da yani bu verim farklılığının anlamı şu demektir:

%15 tane nemine sahip bir mısır çeşidini hasattan sonra, satmak için TMO'ya götürdüğünüzde hem %1 tonaj kaybı ve hem de %2.3 fiyat kaybı oluşacaktır. Aslında bu farklılığın nedeni sadece verim tahmini hesaplamasındaki farklılıktan kaynaklanmaktadır. Madem mısır alım bareminde %14 tane nemi dikkate alınmaktadır. Öyleyse verim tahminini piyasaya uygun yapmakta yarar vardır.

Üretim alanlarında verim tahmini nasıl yapılır?

0.7 m sıra arasında ekilen mısır tarlasında, temsili bir yer belirlenir. Bu yerde seçilen iki sıranın ortasından, iki sraya paralel şekilde, şerit metre ile 14.28 m uzunluğunda bir mesafe ölçülür. Şerit metrenin hem sağındaki ve hem de solundaki 14.28 m uzunluğundaki her iki sıra üzerindeki bitkilerdeki koçanların sayısı belirlenir. 14.28 m uzunluğundaki 2 sıranın (aralarında  $0.7 \text{ m} \times 2 = 1.4 \text{ m}$ ) alanı yaklaşık  $20 \text{ m}^2$  eder ( $14.28 \text{ m} \times 1.4 \text{ m}$ ). Yani  $20 \text{ m}^2$ 'deki koçan sayısı bulunur. Bu işlem tarlayı temsil eden en az 5 farklı yerde tekrarlanır ve  $20 \text{ m}^2$ 'de ortalama koçan sayısı bulunur.  $20 \text{ m}^2$ 'de ortalama 200 koçan bulunduğunu düşünelim.

Her temsili sıradan en az 5 koçanda (5 temsili yerden toplam en az 25 koçan) sıra ve sırada tane sayısı belirlenir. Pratik olması açısından koçandaki sıra sayısı ile bir sıradaki tane sayısı çarpılarak bir koçandaki toplam tane sayısı tahmin edilir. Fakat bu yöntemle, gerçek koçanda tane sayısı değerinden daima daha yüksek tahmin edilmektedir. Çünkü koçanın uç kısmındaki sıra sayısı azaldığından dolayı, koçanda tane sayısını tahmin etmek yanıltıcı olmaktadır. Örneğin bir koçanın ortasından sayıldığında, koçanda sıra sayısının 16 ve sırada tane sayısının 37 olduğunu düşünelim. Bu koçanda toplam tane sayısı 592 ( $16 \times 37$ ) olacaktır. Fakat gerçekte 592 olması mümkün değildir. Çünkü koçanın uç kısımlarında sıra sayısı 16 dan ilk önce 14'e daha sonra 12'ye düşmektedir. Böyle bir durumda koçanda tane sayısının 0.85 ile çarpılması koçanda tane sayısını gerçeğe yaklaştıracaktır. Yani koçanda sıra sayısı 16 x sırada tane sayısı 37 x sabit kat sayı 0.85 = 503'e düşmektedir. 0.85 kat sayısı, benim kendi gözlemlerime dayalı olarak önerdiğim bir değerdir.

Koçanda tane sayısı ortalaması 503 olduğuna göre her iki koçandaki tane sayısı yaklaşık 1000 civarındadır. Toplam temsili 25 koçan tanelenir, tartılır ve elde edilen toplam ağırlık, 25'e bölünerek bir koçanın (yani 503 tanenin) ağırlığı bulunur. Tek koçan tanesinin (yani 503 tane) ağırlığı, 2 ile çarpılarak, 1000 tane ağırlığı (2 koçan tanesine eş değer) elde edilir. Yetiştirdiğimiz çeşidin 1000 tane ağırlığının yani 2 koçan tanesinin yaklaşık 0.3 kg olduğunu düşünelim.

$20 \text{ m}^2$  alandan 200 koçan alınırsa,  $1000 \text{ m}^2$  alandan 10000 koçan alınır. 2 koçan tanesinin ağırlığı (yani 1000 tane ağırlığı) 0.3 kg ederse, 10000 koçan,  $(0.3 \times 10000)/2 = 1500 \text{ kg}$  eder. Yani 1 dekardan yaklaşık 1500 kg tane verimi beklenebilir.

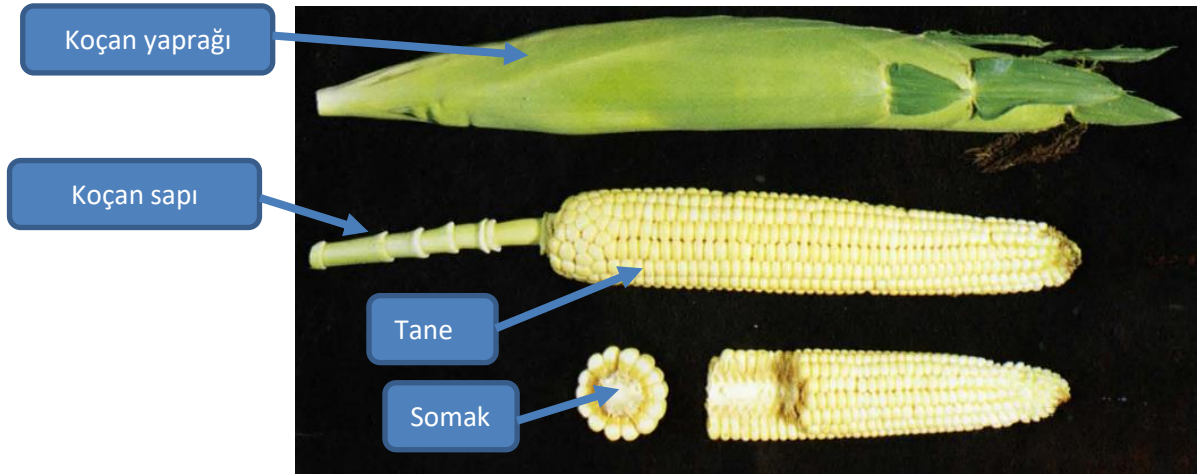
Bu hesaplamada tane nemi göz ardı edilmiştir. Fakat taşınabilir tane nemi ölçer cihazlarla tarla anlık nem ölçümü yapılabilir.

## Koçan özellikler

Ülkemizde genelde ilk koçanın oluştuğu boğum ile toprak seviyesi arasındaki mesafe ölçülür. Gerçekte en alttaki koçan değil en üsteki koçan önemlidir. Çünkü ana koçan en üste yer alır.

Bitkide ilk koçan yüksekliğinden ziyade bitki başına düşen koçan sayısı, ana koçanın ve varsa ikinci koçanın (ana koçanın altındaki) beslenme durumu ve koçanda tane sayısı en önemli tarımsal özelliklerdir.

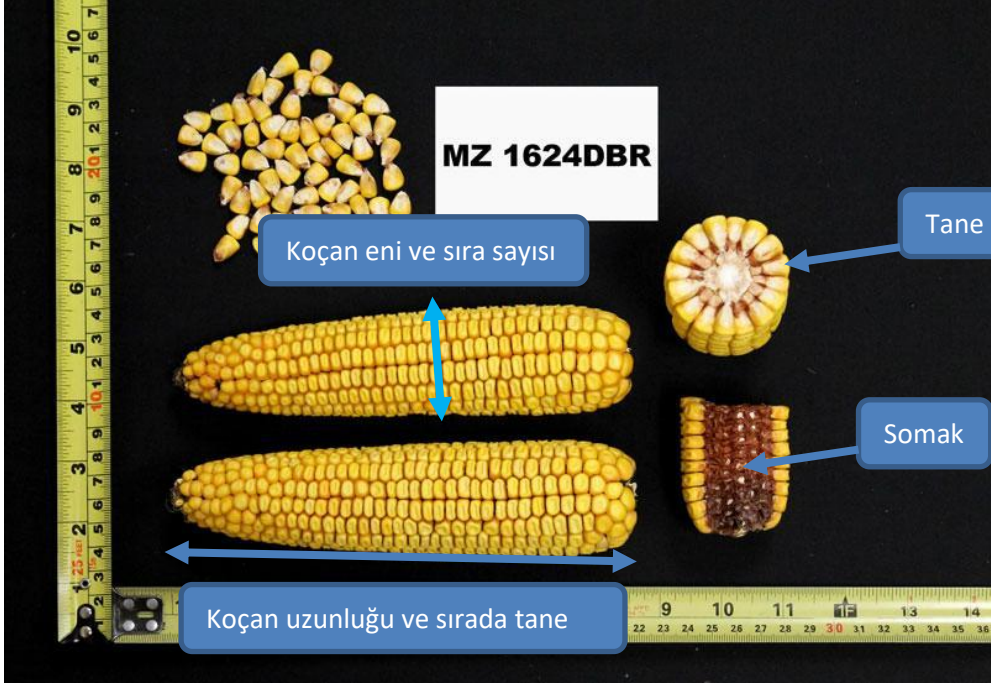
Bunun yanında koçan uzunluğu ve koçanda sıra sayısı da dikkate alınabilir. Fakat koçanda tane sayısı daha önemlidir.



<http://publications.iowa.gov/18027/1/How%20a%20corn%20plant%20develops001.pdf>

Koçanın kısımları

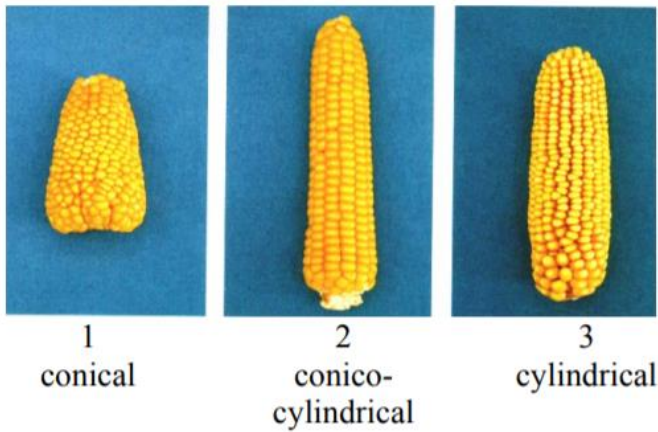




<http://www.maizex.com/corn/grain/products/mz-1624dbr>

Koçanın kısımları

Koçan şekli farklı olabilir. Genelde silindirik koçan şekli tercih edilir.



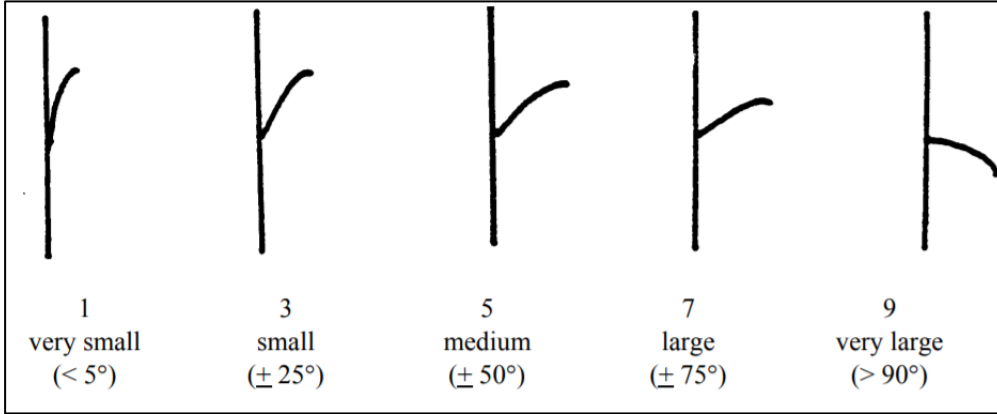
<https://www.upov.int/edocs/tgdocs/en/tg002.pdf>

Koçan şekli: 1-Konik; 2-Konik-silindir; 3-Silindir

## Yaprak özellikleri

Yeni geliştirilen çeşitlerin sap ile yaprak ayaları arasındaki açı dardır. Bu durum birim alana daha fazla bitki yerleştirilmesine yani daha sık ekime olanak tanır. Böylece birim alandan elde edilen tane/silaj verimi artmaktadır.

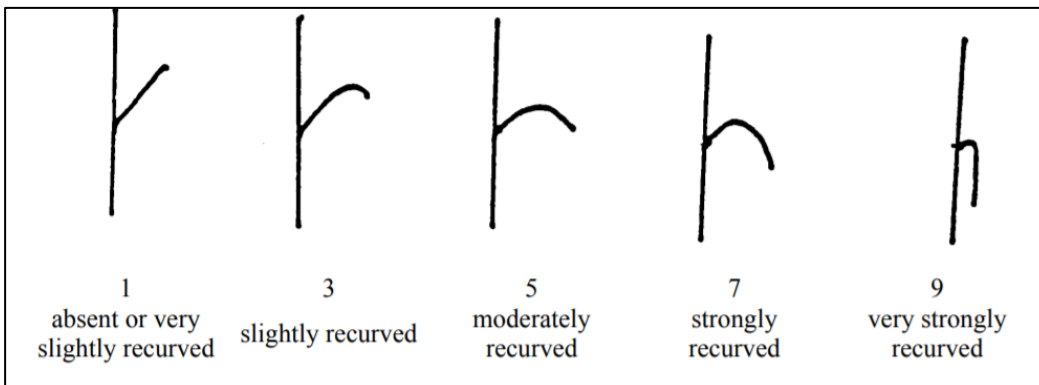
Günümüzde geliştirilen çeşitlerin yaprak ayaları ile sap arasındaki açıları çoğunlukla 45°'nin altındadır.



<https://www.upov.int/edocs/tgdocs/en/tg002.pdf>

Yaprak ayası ile sap arasındaki açılar: 1 ve 3 tipindeki yapraklar sık ekime uygundur (bazı yeni çeşitlerde 5 tipi de görülür). Eski çeşitler genelde 7 ve 9 tipindedir.

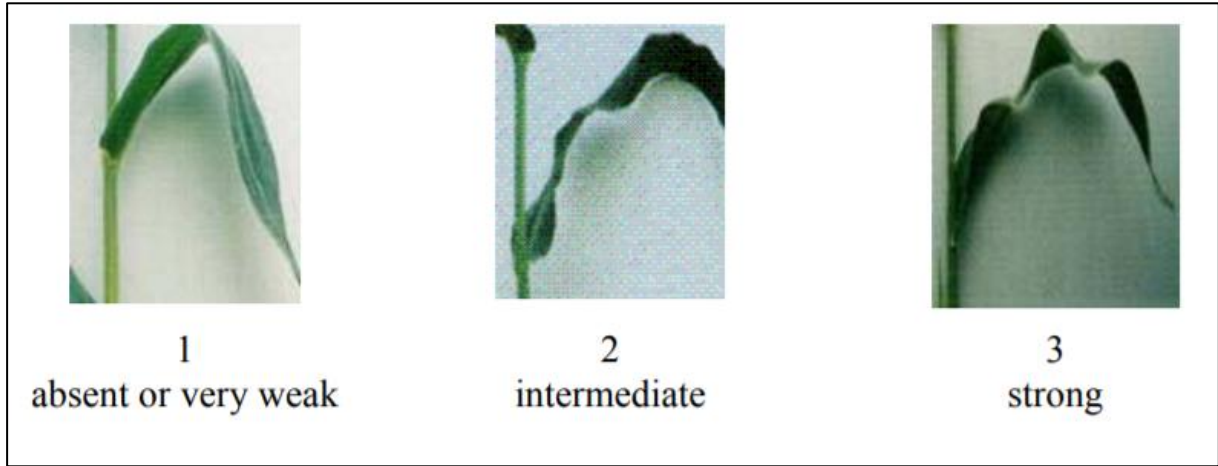
Sap ile yaprak ayasının açısı hem dar olmalı ve hem de yaprak ayasının sarkık olmaması tercih edilir. Sarkık yaprak ayası sık ekime engel teşkil eder.



<https://www.upov.int/edocs/tgdocs/en/tg002.pdf>

Yaprak ayasının sarkma durumu: 1 ve 3 tipi yaprak ayası tercih edilir.

Yaprak ayasının kenarları çeşit özelliği olarak dalgalı olabilir. Bu özelliğin verimle veya başka tarımsal karakterlerle bir ilişkinin olup olmadığı bilinmemektedir.



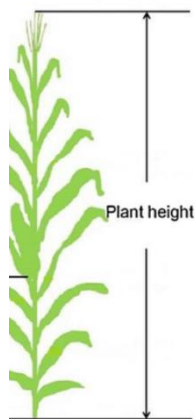
<https://www.upov.int/edocs/tgdocs/en/tg002.pdf>

Yaprak ayası kenarlarında dalgalanma

### Bitki boyu

Döllenme sonrası toprak seviyesinden tepe püskülünün en uçtaki noktasına kadar olan yüksekliktir.

[https://www.tarimorman.gov.tr/BUGEM/TTSM/Belgeler/Tescil/Teknik%20Talimatlar/S%C4%B1cak%20%C4%B0klim%20Tah%C4%B1lar%C4%B1/MISIR\\_TEKNIK\\_TALIMATI.pdf](https://www.tarimorman.gov.tr/BUGEM/TTSM/Belgeler/Tescil/Teknik%20Talimatlar/S%C4%B1cak%20%C4%B0klim%20Tah%C4%B1lar%C4%B1/MISIR_TEKNIK_TALIMATI.pdf)



[https://www.researchgate.net/post/What\\_is\\_right\\_method\\_of\\_plant\\_height\\_measurement\\_of\\_maize\\_or\\_corn](https://www.researchgate.net/post/What_is_right_method_of_plant_height_measurement_of_maize_or_corn)

Mısırın bitki boyu sınırları

Bitki boyu, tane at dişi mısır çeşitlerinde genelde 2.5 ile 3 m arasında iken silajlık çeşitlerde 3.5 ile 4 m civarında olabilmektedir. Hem tanelik ve hem de silajlık çeşitlerde bitki boyunun artması tane verimini azaltmaktadır. Fazla biyomass üretimi, koçanda tane sayısını ve iriliğini azaltmaktadır. Silajlık çeşitlerde dahil koçanın oluşması ve tane üretmesi istenmektedir.

## **Yatma**

Her parselde fizyolojik olum döneminden sonra bitkinin dik duruşuna göre, 30°lik açıdan fazla yatan bitki sayısıdır.

[https://www.tarimorman.gov.tr/BUGEM/TTSM/Belgeler/Tescil/Teknik%20Talimatlar/S%C4%B1cak%20%C4%B0klim%20Tah%C4%B1llar%C4%B1/MISIR\\_TEKNİK\\_TALIMATI.pdf](https://www.tarimorman.gov.tr/BUGEM/TTSM/Belgeler/Tescil/Teknik%20Talimatlar/S%C4%B1cak%20%C4%B0klim%20Tah%C4%B1llar%C4%B1/MISIR_TEKNİK_TALIMATI.pdf)

Yeni geliştirilen çeşitler daha fazla sık ekime uygundur. Sık ekim, bitkiler arası rekabeti artırarak sapın gelişmesini olumsuz yönde etkilemekte ve sapı zayıflatmaktadır. Fazla miktarda azot kullanımı, sık ekim, fazla sulama, kök ve sap hastalıkları (çürüklükler vb.) ve zararlıları (Sesamia ve Ostrinia türleri vb.) başta olmak üzere pek çok faktör mısırın yatmasına neden olur. Fakat en kötüsü, bir çeşidin genetiksel olarak yatmaya hassas olmasıdır. Genetiksel olarak hassas çeşitler, çevresel faktörlerin (biyotik ve abiyotik) tetiklemesiyle yatmaya daha kolay meylederler.

Bir çeşidin yatmaya dayanıklı veya hassas olduğunu belirlemek kolay değildir. Hastalıklardan ve zararlılardan arı bir çevrede verim potansiyeli denenerek ancak ortaya konabilir. Bir çevrede (yer ve/veya yılda) yatma hassasiyet göstermeyen bir çeşit, başka bir çevrede hassasiyet gösterebilir. Ondan dolayı verim gibi yatmada kolay ölçülemeyen bir karakterdir.

## **Kurağa tolerans**

Ülkemizde üretimi yapılan gerek kamu kuruluşları ve gerekse özel sektör tarafından geliştirilmiş olan at dişi mısır çeşitlerinin tümü hiç istisnasız kurağa hassastır. Kısıtlı sulama uygulaması ile yapılan tüm araştırma denemelerde kullanılan çeşitler, kurağa toleranslı değildir. Çünkü ülkemizde ekilen mevcut çeşitlerin tümü tam sulama şartlarında geliştirilmekte ve tescil edilmektedir. Bu çeşitlerin ana ve babaları da kurağa hassastır. Mevcut durumda İslah çalışmaları tam sulama ve yüksek verim potansiyeli şartlarında yürütülmektedir. Dolayısıyla güncel İslah yaklaşımlarıyla kurağa toleranslı çeşit geliştirmek mümkün değildir.

Tüm yukarıdaki nedenlerden dolayı yüksek su isteğine ve bununla birlikte yüksek verim potansiyeline sahip çeşitleri kullanarak, kurağa toleranslı ve/veya kısıtlı sulama çalışmaları yaparak, su ihtiyacı düşük çeşitleri (yüksek verim potansiyeli koruyarak) ortaya çıkarmaya çalışmak, sadece boşa sarf edilmiş efordan ibarettir.

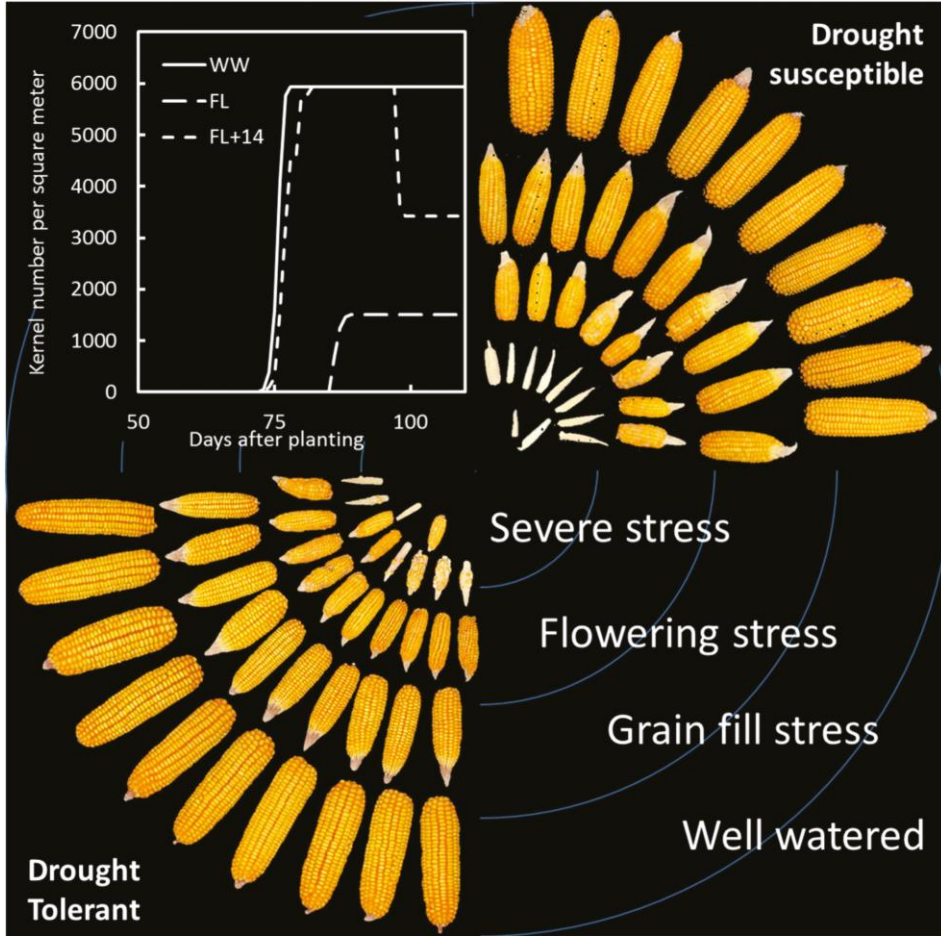
Kurağa toleranslı çeşit geliştirmek için neler yapılabilir?

3 aşamada kurağa toleranslı çeşit geliştirilebilir:

1. Melezlemede kullanılan ana ve/veya babanın kurağa tolerans genlerini taşıması gerekir.
2. Melezleme sonra yapılacak seleksiyonların kurağa toleransı ortaya çıkararak çevre şartlarında yapılması gerekir.
3. Verim denemeleri kurağa toleransı temsil edecek çevrelerde (lokasyon ve/veya yıl) yürütülmesi gerekir.

Ülkemizde mısırdaki kurağa toleranslı çeşit geliştirme çalışmaları yürütülmemektedir. Çünkü mısırdaki kurağa dayanıklı çeşit geliştirilmesinin mümkün olmadığına inanılmaktadır. Bu düşüncenin haklı gerekçeleri olabilir. Ülkemizde Karadeniz Bölgesi hariç yaz mevsimi boyunca sulama yapılmadan mısırın yetiştirilmesi mümkün değildir. Maalesef kurağa toleranslı çeşit kavramıyla, suya hiç ihtiyaç duymayan ve hatta susuz şartlarda yetiştirilebilen çeşit anlaşılmaktadır. Bugünkü bilgi ve teknolojiyle böylesine ütopyik bir çeşidin geliştirmesi mümkün değildir. O halde kurağa toleranslı mısır çeşidinden kastedilen bilimsel beklentiler veya olgular nelerse onların da bilimsel çerçevede ortaya konması gerekir.





*in silico Plants*, Volume 1, Issue 1, 2019, diz003,  
<https://doi.org/10.1093/insilicoplants/diz003>

Fotoğrafın sol alt köşesindeki koçanlar kurağa toleranslı çeşidin koçanları, sağ üst köşedeki koçanlarda kurağa hassas çeşidin koçanları. En iyi koçanlar tam sulama şartlarında elde edilmiştir. Daha sonra sırasıyla tane dolum zamanında kuraklık stresi, çiçeklenme zamanında kuraklık stresi ve tüm bitki dönemlerinde kuraklık stresi uygulanmıştır. Gerçek şu ki, sonuçta kurağa toleranslı çeşidi ile hassas çeşidin uygulanan stres koşullarında vermiş olduğu koçanların birbirine çok benzer olduğudur. Yani mevcut çeşitler üzerinden yapılan mısırdaki kuraklık çalışmaları herhangi bir yeni ufuk açacak nitelikte değildir.

### Sıcağa tolerans

Ülkemizde düşük sıcaklıklar genelde ekimin gecikmesine neden olmaktadır. Bazen de çıkışın gecikmesine neden olmaktadır. Çok nadirde olsa bazı yıllarda fide döneminde soğuk zararına neden olabilmektedir.

Asıl yüksek sıcaklıklar mısırın büyüme ve gelişmesine büyük oranda zarar vermektedir. Yüksek sıcaklık en büyük zararı çiçeklenme döneminde vermektedir. Güneydoğu Anadolu Bölgesi olmak üzere Akdeniz Bölgesi'nde bazen de İç Anadolu Bölgesi'nde çiçeklenme zamanında yüksek sıcaklık zararı ortaya çıkmaktadır. 30 °C'nin üzerindeki sıcaklıkları, düşük nispi nemle birlikte hem tepe ve hem de koçan püskülüne zarar vermektedir. Nispi nem %60'dan düşük ve sıcaklık 30 °C'den yüksek olursa tepe püskülü kurumaya, polenler canlılıkları kaybetmeye ve koçan püskülü kurumaya başlıyor. Ölü polenler, tozlanmayı engelliyor. Koçan püskülünün çıkış gecikiyor. Polen salımı ile koçan püskülünün çıkış zamanları uyuşmuyor. Polen salımı daha erken olurken, koça püskülünü çıkışı gecikiyor ve tozlanma gerçekleşmiyor. Koçan ya tamamen döllenenmediği hiç tane oluşturmuyor ya da seyrek şekilde koçan üzerinde birkaç tane oluşuyor.

Özellikle Güneydoğu Anadolu Bölgesinde ana ürün mısır ekilişlerinde çiçeklenme zamanı temmuz ve/veya ağustos aylarına denk geldiğinde aşırı yüksek sıcaklıklardan (düşük nispi nemle birlikte) dolayı tozlanma ve/veya döllenenme gerçekleşmemekte ve koçanda tane oluşmamaktadır.

Böyle sorunun yaşadığı yerlerde ana ürün ekilişi ya daha eken yapılarak haziran ayında tozlanma ve/veya döllenenmenin gerçekleşmesi (Batman'da yapıldığı gibi) sağlanmakta ya da ana ürün yerine ikinci ürün tercih edilerek (Şanlıurfa'da yapıldığı gibi) yüksek sıcaklıkla başa çıkılmaktadır.

Ana ürün ekilişleri Akdeniz Bölgesinde şubat ayında yapılabildiği için yüksek sıcaklıklar, tozlanma/döllenenme üzerine olumsuz etkide bulunmamakla birlikte tane dolum dönemlerinde olumsuz etkide bulunmaktadır.

İç Anadolu Bölgesinde çok nadirde olsa bazı yıllarda temmuz/ağustos sıcaklıkları mısırın tozlanma/döllenenmesine olumsuz etkide bulunabilmektedir.

Görüldüğü gibi ülkemizin farklı bölgelerinde ekim zamanlarını değiştirerek yüksek sıcaklığın mısırın tozlanma/döllenenmesine olumsuz etkisi azaltılabilmektedir. Fakat tane dolum/olum dönemlerinde yaşanan yüksek sıcaklığın olumsuz etkisi konusunda duyarlı davranılmamaktadır. Muhtemelen ülkemizin dekara verim ortalamasının 1 tonu geçememesinin en önemli nedenlerinden biri de tane dolum/olum dönemlerinde yaşanan yüksek sıcaklıklardır.

Kuraklığa toleranslı mısır çeşidi geliştirmek mi? Yoksa yüksek sıcaklığa toleranslı çeşit geliştirmek mi? Daha kolaydır diye sorulursa hiç şüphesiz sorunun yanıtı ikincisi olacaktır.

Suyun kısıtlanmadığı bir seleksiyon ortamında yüksek sıcaklığa toleranslı çeşit geliştirmek daha kolaydır. Yüksek sıcaklık her yıl tekrar eder ve seleksiyonda başarı sağlamak çok yüksek bir ihtimaldir. Dolayısıyla kalıtım derecesi yüksektir. Bir ıslahçı için seleksiyon şartlarının her yıl aynı şekilde tekrar etmesi on başarının temel anahtarıdır. İşte bu başarının anahtarı da her yıl ortaya çıkan yüksek sıcaklık olayıdır.



<https://www.agry.purdue.edu/ext/corn/news/timeless/GrainFillStress.html>

Yüksek sıcaklığın/kuraklığın etkisiyle koçan ucunda tozlaşma/döllenmenin gerçekleşmemesi

## Kalite

### Tane mısır

TTSM'nin 'Mısır Teknik Talimatı'na göre çeşit tescil edilirken kalite özellikleri de dikkate alınmaktadır. Bu arada aklıma gelmişken söylemekte yarar görüyorum. TTSM'nin bütün teknik talimatlarında belirtilen kalite özelliklerinin hangi standartlara göre yürütüleceği tanımlanmamıştır. Örneğin tane mısırdaki çeşit tescili kalite kriterleri; ham protein, ham yağ, nişasta, bin tane ağırlığı ve hektolitre şeklinde sadece başlık olarak sıralanmış, fakat bu kalite özelliklerinin hangi yöntemlerle ortaya konulması gerektiği açıklanmamıştır.

Tane at dişi mısır çeşitlerinin geliştirilmesinin temel amacı nişasta üretmektir. Gerek hayvan beslemede kesif yemin ve gerekse sanayi tipi glikoz üretiminin ham maddesi nişastadır. Tanede nişasta oranını yükseltmek, at dişi mısırdaki temel ıslah amaçlarından birisidir. Hal böyle olunca at dişi mısır tanesinde protein ve yağ oranı ikinci derecede önem arz eder. Özellikle

protein oranının endosperm de oransal olarak artması, nişasta oranını azaltması anlamına geldiğinden dolayı, at dişi mısırın tanesindeki protein oranının yükselmesi arzu edilmez.

At dişi mısır tanesindeki yağ oranının artışı, çoğunlukla embriyo ile ilişkilidir. Yapılan çalışmalar, yağlık at dişi mısır çeşitlerinin geliştirmesinin, ancak embriyo oranının artışı ile mümkün olabileceğini göstermektedir. Tanede embriyo oranının artışı, endosperm oranının düşmesine neden olmakta ve dolaylı olarak da tanede nişasta oranı azalmaktadır.

Yukarıdaki açıklamalardan anlaşılacağı üzere tane at dişi mısır çeşitlerinde protein ve yağ oranındaki artışlar, nişasta oranını olumsuz yönde etkilemektedir. Dolayısıyla tane at dişi mısır çeşitlerinde protein ve yağ oranları genellikle düşüktür.

TTSM'nin kalite kriterleri içerisinde yer alan bin tane ağırlığı, aslında bir kalite kriteri değildir. Daha ziyade, bir verim unsurudur.

Kütle ölçüsü içerisinde en önemli kalite kriteri hektolitre ağırlığıdır. At dişi mısırdaki hektolitre ağırlığın en az 71 kg/100L olması istenir.

2018 yılında tescil edilmiş 27 at dişi mısır çeşidinin (tane üretim için) ham protein oranları %5.5 ile %8.1 arasında, ham yağ oranları %2.7 ile %4.0 arasında; nişasta oranları %61.3 ile %70.5 arasında; hektolitre ağırlıkları ise 66.1 kg/100L ile 75.3 kg/100L arasında değiştiği belirlenmiştir.

<https://www.tarimorman.gov.tr/BUGEM/TTSM/Belgeler/Yay%C4%B1nlar/%C3%87e%C5%9Fit%20Katalo%C4%9Fu%202018.pdf>

Görüldüğü gibi tane at dişi mısır çeşitlerinin protein ve yağ oranları genelde düşük iken nişasta oranı ve hektolitre ağırlıkları genelde yüksektir. Zaten böyle bir durum olağandır.

## **Silaj mısır**

TTSM'de silajlık at dişi mısır kalite kriterleri olarak; su, kuru madde, ham protein, hazmolabilir protein, ham selüloz, ADF, NDF, ADL, Selüloz (ADF-ADL), Hemi-selüloz (NDF-ADF) oranları ve metabolik enerji değerleri (Kcal/kg) verilmiştir.

Silaj mısırdaki en önemli kalite kriterlerinden birisi, lif içeriğidir. Silajda lif içeriğinin yüksek olması istenmez. Lif, nişasta gibi kolayca sindirilemez, fakat ruminant hayvanların sindirim sistemi için lif gereklidir. Lif, aynı zamanda bitkinin kendisi içinde gereklidir. Bitkiyi ayakta tutan (hücre duvarlarında yer alırlar) madde liflerdir. Lignin içeriği düşük mısır çeşitlerinin yatmaya hassas olduğu belirlenmiştir.

ADF, NDF ve ADL gibi testlerin amacı silajda lif içeriğini ve oranını belirlemektir. NDF (nötral deterjan lif), silaj kuru maddesindeki hemiselüloz, selüloz ve ligninin (üçünün birlikte)

sindirilemeyen lif kısmıdır. ADF (asit deterjan lif), silaj kuru maddesindeki hemi-selüloz hariç selüloz ve ligninin (ikisi birlikte) sindirilemeyen lif kısmıdır.

<https://www.txanc.org/docs/Fiber-Requirements-for-Dairy-Cattle-How-Low-Can-You-Go.pdf>

Hemi-selüloz ve selüloz tipi liflerin sindirimi yavaş iken lignin tipi lifler ise çoğunlukla sindirilemezler. Bu nedenlerden dolayı özellikle lignin içeriği hakkında bilgi veren ADL değerlerinin yüksek olması istenmez. Elbette hemi-selüloz (NDF'nin ADF'den çıkarılmasıyla elde edilir) ve selüloz (ADF'nin ADL'den çıkarılmasıyla elde edilir) tipi liflerin de kuru maddede oransal olarak yüksek olması istenmez.

Silajda kuru madde %32-36 arasında olmalıdır.

2019 yılı 20 silajlık at dişi mısır çeşidinin tescil denemelerinden elde edilen verilere göre NDF değerleri %39.3 ile %55.5 arasında, ADF değerleri %22.1 ile %35.5 ve ADL değerleri %2.9 ile %6.1 arasında gerçekleşmiştir.

[https://www.tarimorman.gov.tr/BUGEM/TTSM/Belgeler/Duyuru%20Belgeleri/2020/duyuru/nisan%20toplant%C4%B1/tescil%20raporlar%C4%B1/s%C4%B1cak%20iklim/2020%20YILI%20S%C4%B0LAJLIK%20MISIR%20TESC%C4%B0L%20RAPORU%20\(2018-2019\).pdf](https://www.tarimorman.gov.tr/BUGEM/TTSM/Belgeler/Duyuru%20Belgeleri/2020/duyuru/nisan%20toplant%C4%B1/tescil%20raporlar%C4%B1/s%C4%B1cak%20iklim/2020%20YILI%20S%C4%B0LAJLIK%20MISIR%20TESC%C4%B0L%20RAPORU%20(2018-2019).pdf)

Genelde NDF değerlerinin %45'ten düşük, ADF değerlerinin %25'ten düşük ve ADL değerlerinin ise %4'en düşük olması istenir.

Ülkemizde silaj mısır çeşitleri tescil edilirken silaj kalitesi (silaj yapılarak) ve hayvan beslenme değerleri belirlenmemektedir.

### **TMO alım kriterleri**

TMO'nun 2019 yılı mısır alım bareminde tane nemi ilk sırada yer alır. Tane nemi %14 ve altında ise alım fiyatında indirim uygulanmaz. Tane nemi %14.1 ile %28.0 arasında ise alım yapar, nem oranına göre alım fiyatında indirim uygulanarak alım yapılır. Örneğin tane nemi %20 olduğunda alım fiyatında %14.4 indirim uygulanmaktadır. Diğer taraftan, tane nemi %28'in üzerine ise alım yapılmamaktadır.

İkinci kriter, kırık tane oranıdır. Özellikle tarlada hasat öncesi tane nemi %14 ve altına inerse, hasatta tane kırık oranı artmaktadır. Örneğin %12 kırık tane oranına sahip bir mısır çeşidine %7.5 alım fiyatı indirimi uygulanmaktadır.

Üçüncü kriter, diğer muhtelif maddelerin oranıdır. Diğer muhtelif maddelerin oranı %12 olursa alım fiyatında %11 indirim uygulanmaktadır.



Hektolitre ağırlığı önemli alım kriterlerindedir ve grup belirleyicidir. Hektolitre ağırlığı 75 kg/100L ve üzeri değerlere sahip mısır çeşitleri 1. gruba girmektedir ve bu gruba giren çeşitlerde alım fiyatı indirimi uygulamamaktadır. Hektolitre ağırlığı 75 kg/100L'den düşük çeşitlerde alım fiyatı indirimi uygulanmakta ve bu çeşitler ikinci gruba dahil edilmektedir.

Çimlenmiş, filizlenmiş tane oranı %6 civarında ise alım fiyatında %1.75 oranında indirim uygulanmaktadır.

Kusurlu tane, mısırdaki kurutma esnasında zarar görmüş, haşere tahribatına uğramış ve diğer hububatları oranını ifade eder. Kusurlu tane oranı %12 olursa, alım fiyatında %4 oranında indirim uygulanmaktadır.

TMO'nun alım kriterleri ve tanımları yıldan yıla farklılık göstermektedir.

<http://www.tmo.gov.tr/Upload/Document/misiralimbaremi2018.pdf>

<http://www.tmo.gov.tr/Upload/Document/ihaleilani/ticaret/sozlesme01.pdf>

<http://www.tmo.gov.tr/upload/document/ab/hububatalimesas.pdf>

## Çeşit seçimi

Kendi bölgenize uygun çeşit seçerken nelere dikkat etmeliyiz?

**Bölgenize uygun toplam sıcaklık isteğine sahip çeşidi tercih ediniz:** Tohum ekiminden itibaren (çoğunlukla pratikte çıkıştan itibaren) fizyolojik olum dönemine kadar geçen süre bazen gün sayısı, bazen FAO olum grubu, bazen de toplam sıcaklık isteği olarak tanımlanır. Bu konuda kitabımızın ilk sayfalarında açıkladığımız mısırın sıcaklık isteği kısmına bakabilirsiniz.

**Erken ekime uygun çeşit tercih edilmelidir:** iklim değişimi senaryolarında ülkemizde mısırın ekim zamanının ana üründe daha erkene kaydığı yönünde bir kanaat oluşmuştur. Fakat değişen iklim, belirsiz hava olaylarını meydana getireceğinden dolayı erken ekimlerde mısırın soğuktan zarar görme ve/veya çıkışlarda gecikmelere neden olma olasılığı vardır. ABD'de soğuk ve/veya çıkış gecikmesi olasılığa karşılık yeni çeşitlerde soğukta çimlendirme testleri yapılmaktadır. Maalesef ülkemizde mısırdaki soğuk testleri yapılmamaktadır. Ülkemizde oransal olarak az olsa da erken ekimlerde geciken çıkışlar, kayıplara neden olmaktadır.

**Sık ekime uygun çeşit tercih edilmelidir:** Günümüzde 1 dekada bitkisi sayısı tane mısır için 9000, silaj mısırdaki ise 10000 civarındadır. Dekada bitkisi sayısının düşmesi, tane/silaj veriminin düşmesi anlamına gelmektedir. İdeal verim için optimum bitki çıkışı gerekir. Erken

ekim, tarlada tesviye bozuklukları ve çimlenme oranındaki düşüklükler göz önüne alınarak, ekim esnasında tohum miktarı %5-10 artırılmalıdır.

Tane mısırdaki bitki sayısı 1970'li yıllarda 3000-3500, 1980'li yıllarda 4000-4500, 1990'li yıllarda 5000-6000, 2000'li yıllarda 7000-8000 ve 2020'li yıllarda 9000-9500'e ulaşmıştır. Dekarda bitki sayısının artmasıyla birlikte dekardan elde edilen tane verimi mutlak artış göstermiştir. Mısırın tane verimindeki artışta elbette genetiksel ilerleme (verim potansiyelindeki yükselme) ve yetiştirme tekniklerindeki gelişmelerin de (gübreleme, sulama ve bütünleşik mücadele vb.) pay yadsınamayacak kadar yüksektir. Fakat mısırdaki tane verimi artışın en önemli nedeni, hiç kuşkusuz dekardaki bitki sayısının artmasıdır. Gelecekte verim artışlarında en önemli payı yine dekara bitki sayısı alacaktır. Günümüzde mısır tek sıra ekimde 70 cm arası mesafe ile ekilmektedir ve optimum bitki sıklığı tane mısırdaki 9000-9500 olarak kabul edilmektedir. Çift sıra ekimle 1 dekarda bitki sayısı 1200-12500 civarına çıkarılmış ve tane veriminde artışlar elde edilmiştir. Bu durum bize gelecekte artık mısırın 70 cm sıra arası mesafeyle ekilmeyeceğini ve sıra arası mesafenin daha da daraltılarak dekardaki bitki sayısının artırılacağını ve böylece verim artışı sağlanacağını göstermektedir. **Ülkemizde mısır konusunda çalışan tüm paydaşların mısırın sıra arası mesafesinin daraltılarak dekarda bitki sayısının artırılması üzerine acilen ar-ge çalışmaları yapmaya başlamasını** tavsiye ederiz. Bu konuda daha fazla bilgiye aşağıdaki bağlantıdan ulaşabilirsiniz.

<https://www.youtube.com/watch?v=l7h9qSinbbw>

**Kardeşlenmeyen çeşit tercih edilmelidir.** Kitabımızın kardeşlenme konusu kısmına bakınız.

**Yatmayan çeşit tercih edilmelidir.** Gübreleme ve sulamalardan sonra yatmayan çeşitler tercih edilmelidir.

**Tane verimi yüksek çeşit tercih edilmelidir.** Ülkemizin tane mısır verim ortalaması 2019 yılı itibarıyla yaklaşık 940 kg/da'dır. Diğer taraftan bazı mısır yetiştiricilerimiz 1500 kg/da, 1800 kg/da ve hatta 2000 kg/da tane verimi alabilmektedir. Fakat bu çiftçilerimizin sayısı çok azdır. ABD'de yapılan mısır tane verimi yarışmasında, 3200 kg/da kaydedilmiştir.

Yüksek verim alabilmenin bazı koşulları vardır. Çeşidin genetiksel olarak verim potansiyeli yüksek olmalıdır. Genetik verim potansiyelini öncelikle çeşidi geliştiren kurum/şirket ortaya koymalıdır. Yüksek verim için toprak kalitesinin yüksek olması gerekir. Toprak analizleri doğrultusunda uygun gübre formu (organik ve inorganik formlarda makro ve mikro elementler) ve dozu uygun büyüme ve gelişme dönemlerinde uygulanmalıdır. Organik madde eksikliği giderilmelidir. Damla sulama yöntemi ile üst gübreleme ve sulama yeterli miktar ve zamanda yapılmalıdır.

Bölgenize uygun çeşit seçerseniz ve uygun yetiştirme teknikleri uygularsanız yüksek verim almanız mümkündür. Aşağıdaki bağlantıda mısırdaki yüksek verimin nasıl alınacağı anlatılmaktadır.

<https://www.youtube.com/watch?v=q7ixadfQ7dA>

**Yüksek kaliteli çeşit tercih edilmelidir.** Tane at dişi mısırdaki en önemli kalite özelliği yüksek nişasta oranıdır.

**Bitki boyu uygun çeşit tercih edilmelidir.** Tane at dişi mısır çeşidinin boyu 2.5 ile 3 m arasında olmalıdır. 3 m'den uzun veya 2.5 m'den kısa çeşitlerin koçanları genelde küçük olmaktadır.

**Tarlada kuruması hızlı yüksek çeşit tercih edilmelidir.** Koçan üzerinde tane nemini hızlı kaybeden çeşitler tercih edilmelidir. Özellikle geçici çeşitlerde, tarlada nem kaybı çok önemlidir. Geçici çeşitlerin tane verimlerinin yüksek olmasının yanında hasatta tane nem içerikleri de yüksektir. Tarlada tane nem kaybı hızlı ve yüksek olmazsa, hasat sonrası yüksek nemli tanenin kurutma tesislerinde kurutulması gerekir. Bu işlem ürün maliyetini artırmaktadır.

**Yüksek sıcaklığa ve kurağa toleranslı çeşit tercih edilmelidir.** Ülkemizde yetiştirilen çeşitlerin hiç birisi yüksek sıcaklığa ve kurağa toleranslı değildir.

**Hastalıklara ve zararlılara dayanıklı çeşit tercih edilmelidir.** Bölgenizde yaygın hastalık ve zararlıları öncelikle bilmeniz gerekir. Ülkemizde mısır yetiştirilen alanlarda yaygın olarak görülen hastalık ve zararlılar ve mücadelesi hakkında ayrıntılı bilgiye aşağıdaki bağlantıdan ulaşabilirsiniz.

<https://www.tarimorman.gov.tr/TAGEM/Belgeler/Entegre/m%C4%B1s%C4%B1r%20entegre.pdf>

Ülkemizde yetiştirilen at dişi mısır çeşitlerinin tümü, mısır koçan kurdu ve mısır kurdu olmak üzere tüm mısır zararlılarına dayanıksızdır. Ülkemizde mısır zararlılarına karşı bütünlük kimyasal mücadele yapılmaktadır.

Ülkemizde yetiştirilen bazı at dişi mısır çeşitleri bazı hastalıklara yüksek veya orta düzeyde dayanıklılık gösterebilmektedir. Bölgenizde yaygın olan mısır hastalıklarını doğru tanıladıktan sonra çeşit seçerken özellikle spesifik olarak bölgenizdeki yaygın hastalığa veya hastalıklara dayanıklı/orta dayanıklı çeşitleri tercih ediniz.

**Çeşit seçerken en önemli konu şudur:** Kurum/şirket satış elemanından bölgenize önerdiği çeşidin bölgenizde daha önce yetiştirilip yetiştirilmediği, yetiştirildi ise nerelerde yetiştirildiği, tane verimi değerleri, kalite özellikleri, kaç günde yetiştiği, tarlada tane nem kaybı durumu, çeşidin Pazar fiyatı, hastalıklara dayanıklılık durumu gibi bilgileri öğrenmeniz gerekir.

**Silajlık çeşit özellikleri:** Bitki boyu 4 m'den fazla olmamalıdır. Fazla boylanma koçanı küçülmektedir. İyi bir silaj için koçanın oluşması ve tane tane bağlanması gerekir. Sap kalitesi yüksek olmalıdır. Saptaki sindirilemeyen lif oranı yüksek olmamalı yani ADF, NDF ve ADL oranları düşük olmalıdır. Günümüzde silajlık mısır çeşitlerinden 8 ton/da ve üstü verim

alınabilmektedir. Fakat yüksek silaj verimi demek, çoğunlukla düşük kaliteli silaj anlamına gelmektedir. Kalite ile verimi dengeleyen çeşitleri tercih etmek daha uygun olacaktır. Silajlık mısır çeşitleri genelde geçici çeşitlerdir. Fakat silaj hasat zamanı ile sonbaharın yağışlı periyodu arasındaki uyumda çok önemlidir. İyi bir silajlık çeşit, sonbahar yağışlarından önce hasat edilebilmelidir.

### **Zararlılar, hastalıklar ve yabancı otlar**

Tarım Bakanlığı tarafından hazırlanmış olan 'Mısır Entegre Mücadele Teknik Talimatı' kitabı mısırın zararlıları, hastalıkları ve yabancı otları hakkında yeterli bilgi vermektedir.

<https://www.tarimorman.gov.tr/TAGEM/Belgeler/Entegre/m%C4%B1s%C4%B1r%20entegre.pdf>

## Kaynaklar

Abendroth, L.J., R.W. Elmore, M.J. Boyer, and S.K. Marlay. 2011. Corn growth and development. PMR 1009. Iowa State University Extension, Ames, Iowa.

Kacar, B ve Katkat, A. V. 2009. Bitki Besleme. Nobel Yayınları No: 849. 4. Baskı. 660 s. Ankara.

Kirtok, Y. 1998. Mısır üretimi ve kullanımı. Adana.

<https://www.agry.purdue.edu/ext/corn/cornguy.html>

[https://www.tarimorman.gov.tr/BUGEM/TTSM/Belgeler/Tescil/Teknik%20Talimatlar/S%C4%B1cak%20%C4%B0klim%20Tah%C4%B1llar%C4%B1/MISIR\\_TEKNIK\\_TALIMATI.pdf](https://www.tarimorman.gov.tr/BUGEM/TTSM/Belgeler/Tescil/Teknik%20Talimatlar/S%C4%B1cak%20%C4%B0klim%20Tah%C4%B1llar%C4%B1/MISIR_TEKNIK_TALIMATI.pdf)

<https://store.extension.iastate.edu/product/Corn-Growth-and-Development>

<https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?m=SIIRT>

<https://www.youtube.com/watch?v=qC4BMFni5vs>

[http://corn.agronomy.wisc.edu/Extension/PowerPoints/AU\\_2012.pdf](http://corn.agronomy.wisc.edu/Extension/PowerPoints/AU_2012.pdf)

<http://corn.agronomy.wisc.edu/Silage/S004.aspx>

<https://link.springer.com/book/10.1007/978-0-387-79418-1#toc>

<https://www.agry.purdue.edu/ext/corn/news/timeless/CornRespLateSeasonN.html>

<https://amarillo.tamu.edu/files/2017/07/CORN-GROWTH-STAGES-AND-DEVELOPMENT.pdf>

<https://crops.extension.iastate.edu/cropnews/2017/06/how-fast-and-deep-do-corn-roots-grow-iowa>

[https://www.agry.purdue.edu/ext/soilfertility/news/Striped\\_Corn.pdf](https://www.agry.purdue.edu/ext/soilfertility/news/Striped_Corn.pdf)

<https://dl.sciencesocieties.org/publications/aj/articles/105/1/161>

<https://www.crcpress.com/Specialty-Corns/Hallauer/p/book/9780849323775>