

Ist beim Maiskorn die schwarze Trennschicht erkennbar, so hat es die physiologische Reife erreicht

Wenn die schwarze Trennschicht erkennbar ist, hat das Maiskorn sein höchstmögliches Trockengewicht erreicht. Es ist dann physiologisch reif. Es findet kein Austausch von Stärke oder Feuchtigkeit zwischen Restpflanze und Korn mehr statt. Das Korn kann nur noch über Verdunstung weiter Wasser abgeben. Der Wassergehalt im Korn ist nicht gekoppelt mit der Bildung der schwarzen Schicht (black layer).



Abb.1: Farbwechsel durch Kollabieren der Zellen in der schwarzen Schicht (bei Kornreife)

Stadien von der Blüte bis zur Reife:

- **Blühstadium:** Wenn die Narbenfäden aus den Lieschblättern austreten (1.Tag)
- **Kornfüllungsstadium:** ab 10.-14. Tag: Beginn der Kornbildung, Körner blass und blasenförmig mit 85% Wassergehalt.
- **Milchreifstadium:** ab 18.-22. Tag: die Farbe der Körner ähnelt bereits der sortentypischen Färbung, die eingelagerte Stärke bildet eine milchige Flüssigkeit, der Wassergehalt beträgt 80 %.
- **Teigreifstadium:** ab 24.-28. Tag: Wassergehalt circa 70%, Konsistenz: teigartig, die Körner haben ihre endgültige Farbe, die Spindel färbt sich, die Körner erreichen 50% ihres möglichen Trockengewichtes; Stress verringert das Trockengewicht.
- **Zahnstadium:** ab 35.-42. Tag: die äußere Stärkeschicht ist hart, der innere weiche Stärkekern gibt Feuchtigkeit ab: bei Zahnmais fällt das Korn oben in der Mitte ein. Dieses Stadium nimmt circa die Hälfte der Zeit zwischen Blüte und physiologischer Reife ein. Es dauert in der Regel 3-4 Wochen, abhängig von der Temperatur, der Wasserversorgung und der Sorte. Der Fortschritt der Wasserabgabe / Abreife ist an der Grenze zwischen harter, trockener Stärke und weicher Stärke zu erkennen. Dabei sinkt die sogenannte Milchlinie vom Kornrücken bis zur Spitze. Ist das Korn zur Hälfte trocken, so hat es bereits 90 % seiner Gesamttrockenmasse gebildet (Mahanna et al., 2014).
- **Physiologische Reife:** ab 60.-65 Tag, die Körner sind physiologisch reif, sie haben ihr maximal mögliches Trockengewicht erreicht, die schwarze Trennschicht wird sichtbar, die Kornfeuchte beträgt ungefähr 35%, das Korn ist bis zur Kornspitze hart.

Bildung der schwarzen Trennschicht:

Früh in der Kornbildung bildet sich die schwarze Schicht zwischen dem Endosperm des Kornes und den vaskulären Zellen zwischen Korn und Spindel, die Nährstoffe und Wasser weiter transportieren. Die Zellen dieser aus mehreren Lagen bestehenden Schicht kollabieren wenn das Korn physiologisch reif wird. Ebenso sterben die Zellen am Ende des Endosperms ab. Sie können dann keine Nährstoffe oder Wasser mehr weiterleiten. Sterben alle Zellen um die Kornspitze herum bis zum Perikarp (Fruchtschale / Außenwand des Kornes) und der Testa (Samenschale), entsteht eine dichte, verkorkte Barriere. Am Kolben werden zuerst die Körner an der Kolbenspitze auf diese Weise abgenabelt.

Es wird angenommen, dass das frühzeitige Abstoßen der Körner an der Kolbenspitze zu einem Überlebensmechanismus gehört (Daynard and Duncan, 1969). Wenn die Pflanze nicht genug Nährstoffe in die Körner bringen kann, stößt sie die, die zuletzt angelegt wurden und am weitesten entfernt von den assimilierenden Organen liegen, zuerst ab. Damit soll die Versorgung der bereits weiter entwickelten Körner gesichert werden. So entstand die Annahme, dass die schwarze Trennschicht gebildet wird, wenn keine Assimilate (Zuckerverbindungen) mehr verlagert werden. Dieses ist der Fall, wenn Pflanzen durch Blattverlust oder Stängelbruch geschädigt sind oder wenn das Korn seine maximale Trockensubstanz aufgrund der natürlichen Reifeprozesse erreicht hat.

Vorzeitige Bildung der schwarzen Trennschicht (black layer):

Bei Stress kann sich die schwarze Trennschicht demnach frühzeitig bilden, bevor das Korn sein maximal mögliches Trockengewicht erreicht hat oder die erkennbare Feuchtigkeit im Korn verschwunden ist. Die Stärke im Endosperm ist dann im Ganzen noch weich, obwohl die aktive Wasserabgabe durch die Bildung der schwarzen Trennschicht bereits eingestellt ist. Eine Trennung im Korn zwischen bereits trockener Stärke und weicher Stärke, die Milchlinie, ist nicht erkennbar. Gründe hierfür sind der frühzeitige Verlust von Blattmasse durch Blattkrankheiten, Stängelbruch, Tierfraß, Hagel, Frost oder auch Wassermangel.

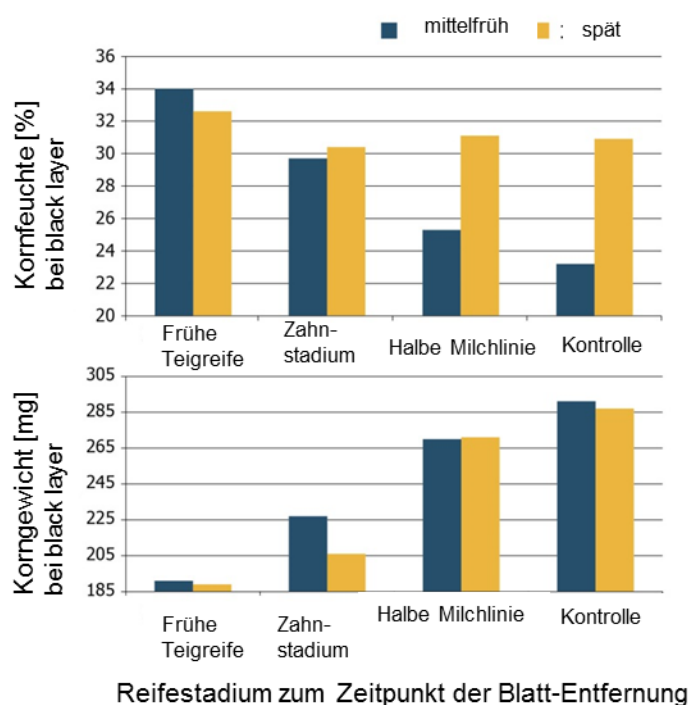


Abb.2: Nach Afuakwa et al., 1984. Das Entfernen der Maisblätter zu drei verschiedenen Wachstumsstadien und der Einfluss auf die Kornfeuchte (oben) und das Korngewicht (unten) zum Zeitpunkt der Bildung der schwarzen Trennschicht (black layer) (Mittel über 2 Sorten und 2 Jahre).

Je früher der Blattverlust eintritt, umso geringer fällt das endgültige Korngewicht aus.

Aber auch Perioden mit sehr kaltem Wetter ohne Frost können zur vorzeitigen Bildung der schwarzen Trennschicht und weichen Körnern (ohne erkennbare Milchlinie) und damit zu Ertragsverlusten führen, besonders beim Stärkegehalt. Raymond Baker (1970), der erste Pionier Maiszüchter, berichtete, dass Mais das Wachstum einstellt, wenn die mittleren Tagestemperaturen eine Woche lang unter 12,8°C bleiben. Andere Forscher fanden eine frühzeitige Bildung der schwarzen Trennschicht 1 – 4 Tage nach einer Woche mit täglich 12,8°C Temperaturmaximum (Daynard, 1972).

Der Verlust von Blattmasse oder sehr kühle Temperaturen über einige Tage reduzieren in erster Linie die Assimilate und verursachen damit etwas verzögert die Bildung der schwarzen Trennschicht, wie in einigen Experimenten gezeigt wurde. Die physiologische Reife tritt im Extremfall mit weniger Wärmeeinheiten beziehungsweise nach weniger Tagen als üblich, ein (siehe blaue Punkte Abb.3) (Afuakwa et al., 1984).

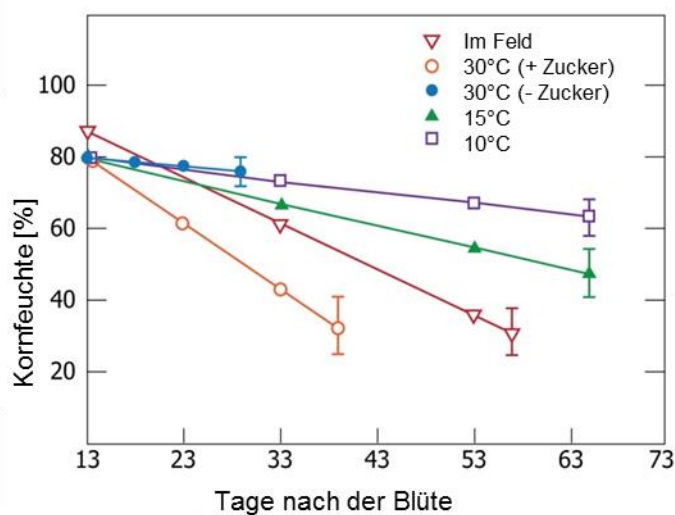


Abb.3: Nach Afuakwa et al., 1984. Einfluss der Temperatur und Zuckerverfügbarkeit auf die Kornfeuchte und Dauer der Abreife bis zum black layer (Laborversuch).

In Abbildung 3 ist als Vergleich die Kornfeuchte von Pflanzen, welche auf dem Feld standen, eingefügt (Dreiecke). Sobald über 50% der Körner die schwarze Trennschicht zeigten, wurden die Messungen gestoppt.

Körner, welche im Feld oder im Labor bei 30°C und Zuckerversorgung abreifen, zeigten zum Zeitpunkt der physiologischen Reife (schwarze Trennschicht) das Zahnstadium mit dem eingefallenen Kornrücken und waren im Ganzen ohne erkennbare Feuchtigkeit. Körner ohne Zuckerversorgung zeigten die schwarze Trennschicht ohne in das Zahnstadium zu kommen. Das Endosperm wurde zwar fester, war aber noch feucht und die Milchlinie war nicht zu erkennen. Körner, welche **bei kühlen Temperaturen** abreifen mussten (grüne und lila Kurve), zeigten zwar eine **deutlich verzögerte Reife**, aber nicht die extreme Kornfeuchte von 76% wie bei fehlender Zuckerversorgung. Demnach ist die Versorgung mit Assimilaten für die physiologische Reife wichtiger als die Temperatur alleine.

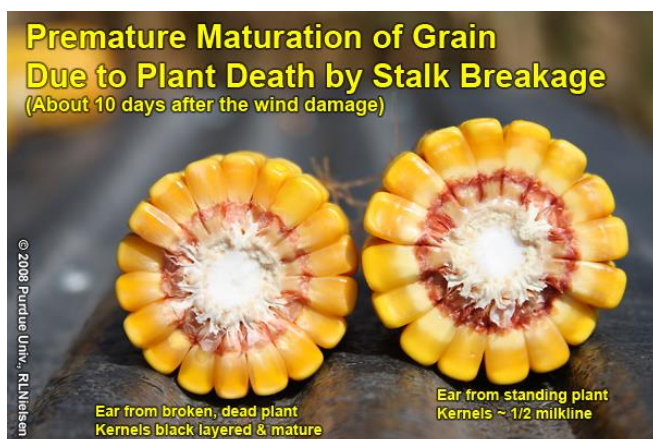


Abb.4: Vorzeitige Abreife von Körnern nach Stängelbruch (links). Die Körner sind deutlich kleiner und es ist kein Fortschreiten der Linie zwischen trockener und nasser Stärke im Korn erkennbar (Milchlinie). Rechts bei normaler Abreife ist die Milchlinie auf der Hälfte des Korns erkennbar. Das Gleiche ist bei Verlust von Blattmasse oder längeren kühlen Wetterlagen zu finden. Das Foto wurde zur Verfügung gestellt von Dr. R.L. Nielsen, Purdue University.

Sortenwahl:

Dieses Wissen ist wichtig für die Sortenwahl, auch wenn heutige Sorten deutlich kältetoleranter sind. Werden üblicherweise Sorten mit der Reife 260 angebaut, so wird eine Sorte mit der Reife von 330 vielleicht mehr Masse bilden, aber sicher nicht ihr Potential an Stärke ausschöpfen, da es aufgrund kühler Temperaturen und weniger Tageslicht im späten Herbst (weniger Photosynthese) bereits vor der physiologischen Reife zur Bildung der schwarzen Trennschicht kommt.

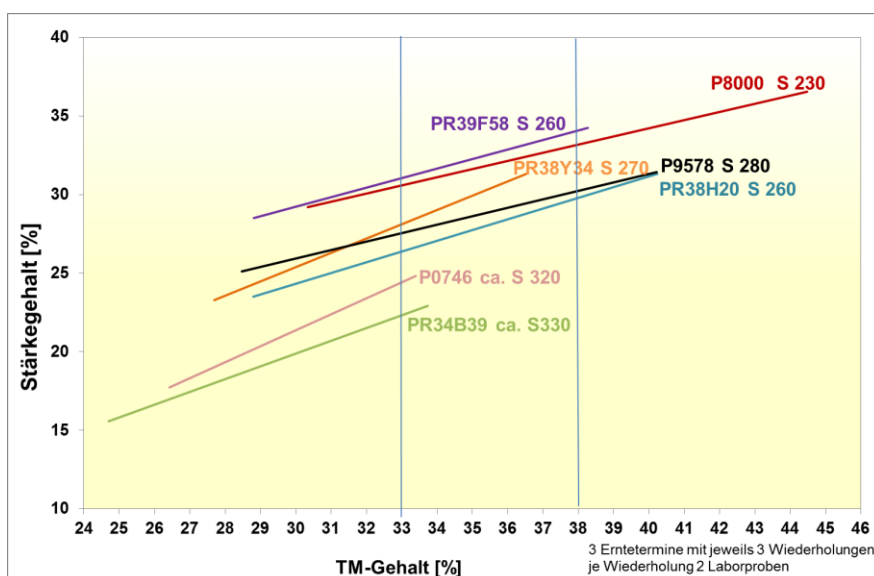


Abb.5: Pioneer-Ernteterminversuch 2011 in 21634 Nindorf. 3.Ernte am 24.10.2011. Die späten Sorten erreichen noch viel Masse und genügend TM-Gehalt, jedoch keine guten Stärkegehalte.

Literatur:

Dieser Artikel beruht auf dem dem Crop Insights "Kernel Black Layer Formation in Corn: Anatomy, Physiology and Causes" Vol. 26, No.15, Carter Paul R. 2016:

Und der

DuPont Pioneer, 2015, "Mais – Wachstum und Entwicklung" Broschüre

Weitere Literatur:

- 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.
- Afuakwa, J.J., and R. Kent Crookston. 1984. Using the kernel milk line to visually monitor grain maturity in maize. *Crop Sci.* 24: 687-691.
- Afuakwa, J.J., R. Kent Crookston, R.J. Jones. 1984. Effect of temperature and sucrose availability on kernel black layer development in maize. *Crop Sci.* 24: 285-288.
- Baker, R. 1970. Black layer development. One way to tell when your corn is mature. *Crops Soils* 24 (1): 8-9.
- Butzen, S. 2014. Managing for delayed corn crop development. *Crop Insights* 24:10. DuPont Pioneer Agronomy Sciences.
- Daynard, T.B. 1972. Relationships among black layer formation, grain moisture percentage, and heat unit accumulation in corn. *Agron. J.* 64: 716-719.
- Daynard, T.B., and W.G. Duncan. 1969. The black layer and grain maturity in corn. *Crop Sci.* 9: 474-476.
- Endicott et al. 2015. Corn growth and development. DuPont Pioneer. Johnston, Iowa.
- Johann, H. 1935. Histology of the caryopsis of yellow dent corn, with reference to resistance and susceptibility to kernel rots. *J. Ag. Res.* 51: 855-883.
- Kiesselbach, T. A., and E. R. Walker. 1952. Structure of certain specialized tissues in the kernel of corn. *J. Bot.* 39: 561-569.
- Nielsen, R.L. 2013. Effects of stress during grain filling in corn. Purdue Univ. [online]
<https://www.agry.purdue.edu/ext/corn/news/timeless/grainfillstress.html>

Pioneer Hi-Bred Northern Europe Sales Division GmbH

Apensener Str. 198, 21614 Buxtehude

Tel.: 0 41 61 / 737-0, Fax: 0 41 61 / 737-100, E-Mail: piode@pioneer.com, Internet: www.pioneer.com/de Das DuPont
 Oval Logo ist ein eingetragenes Warenzeichen von DuPont. ®, TM, SM sind Warenzeichen und Dienstleistungsmarken von Pioneer. © 2012 PHIL.