

Die Bedingungen zur Blüte beeinflussen den Kornansatz

Die Blüte der Maispflanze ist eine der kritischsten Phasen für die Ertragsbildung. Um diesen Zeitpunkt herum wird die Anzahl der Körner pro Kolben festgelegt. Verluste durch eine reduzierte Anzahl von Körnern können später nicht vollständig aufgefangen werden, auch wenn die Wachstumsbedingungen für den Rest der Vegetationsperiode optimal sind. Dieser Artikel befasst sich mit der Kornbildung und Studien über den Einfluss von Stress in der frühen reproduktiven Phase.



Abb.1: Reduzierter Kornansatz aufgrund von Trockenstress

Die Blüte:

Viele verschiedene Schritte sind nötig bis zur Anlage und Ausbildung der Körner am Kolben: die Blüte, die Bestäubung und die Entwicklung des Embryos und des Endosperms, dem Nährgewebe. Während der Blüte werden lebensfähige Pollen in der Rispe produziert und ausgeschüttet und aufnahmefähige Narbenfäden aus der weiblichen Blüte heraus geschoben. Der Pollen verfängt sich in den Narbenfäden, keimt aus und lässt einen Pollenschlauch durch die gesamte Länge des Narbenfadens wachsen. Dieser Schlauch dringt bis in den Embryosack mit der Eizelle vor. Der Zellkern des Pollens teilt sich vor der Befruchtung in 2 Kerne auf. Einer verbindet sich mit dem Zellkern der Eizelle. Zusammen bilden sie zunächst die Zygote. Der andere Kern verschmilzt mit den beiden Kernen des umgebenden Nährgewebes, dem Endosperm. Die Eigenschaften des Endosperms werden also zu einem Drittel durch den Bestäuber bestimmt. Das ist der Grund, warum bei der Produktion von Gemüsemais ein Mindestabstand zu Futtermais eingehalten werden muss. Nach der Befruchtung trocknet der Narbenfaden rasch ab. Wachsen der Embryo, das Endosperm und das Perikarp (die Samenschale) weiter, so entsteht das Maiskorn.

Stress zur Blüte:

In vielen Studien wurde bewiesen, dass Stress um den Zeitpunkt der Blüte herum den Ertrag durch eine Reduktion der Kornanzahl am Kolben verringert. Die stressanfällige Phase fängt ungefähr eine Woche vor Blühbeginn an und endet 1 oder 2 Wochen nach der Blüte. Einige Untersuchungen identifizierten auch eine längere Periode.

Unter guten Wachstumsbedingungen finden alle aufeinander folgenden Prozesse der reproduktiven Phase erfolgreich statt. Unter Stress kann diese Abfolge jedoch an mehreren Punkten unterbrochen werden. Die Folge sind eine unvollständige Bestäubung oder die frühe Abstoßung von Körnern. Die Rispe kann zum Beispiel weniger Pollen produzieren oder der Pollen kann seine Vitalität verlieren. Wenn

Trockenstress auftritt, kann das Schieben der Narbenfäden, die weibliche Blüte, so spät erfolgen, dass die Pollenausschüttung schon fast beendet ist (Protandrie). Auch kann es zu einer Dysfunktion der Samenanlagen oder einem Abstoßen der neu gebildeten Zygote, des Embryos oder des Kornes kommen. Allgemein nimmt die Wahrscheinlichkeit der Abstoßung ab, je älter das Korn wird. Hohe Temperaturen, Trockenheit, reduziertes Sonnenlicht oder der Verlust von Blattfläche und damit eine verminderte Menge an Assimilaten sind alles Faktoren, welche die Maispflanze während der Reproduktionsphase negativ beeinflussen können.

Die Pollenausschüttung wird durch Hitze beeinflusst:

Durch ihre exponierte Lage ist die Rispe einer hohen Strahlung und Temperaturextremen ausgesetzt. Wissenschaftler haben herausgefunden, dass extrem hohe Temperaturen eher als Trockenheit allein, den größten Einfluss auf die Produktion und Lebensfähigkeit des Pollens haben. Mehrere Studien zeigten, dass sich die Lebensfähigkeit des Pollens *in vitro* verringert, wenn die Rispe hohen Temperaturen ausgesetzt wurde. Bei trockenen Bedingungen alleine wurde jedoch die Lebensfähigkeit der Pollen nicht beeinflusst, selbst wenn die Trockenheit bereits Welke und das Altern der unteren Blätter hervorgerufen hatte. Aus diesen Studien kann gefolgert werden, dass hohe Temperaturen für die Pollenentwicklung schädlicher als Trockenstress sind.

Damit der Kornansatz am Kolben reduziert wird, sind extreme Verluste in der Produktion und Lebensfähigkeit des Pollens nötig. Feldstudien, in denen die Pollenmenge durch männlich sterile Pflanzen limitiert wurde, zeigten, dass eine Reduktion um mindestens 80 % nötig war, damit der Kornansatz verringert wurde.

Der Effekt von Trockenheit auf die Narbenfäden:

Für das Wachstum der Narbenfäden wird viel Wasser benötigt. Unter trockenen Bedingungen findet das meiste Wachstum nachts statt, wenn die Feuchtigkeit im Bestand am höchsten ist. Eine Hemmung im Wachstum der Narbenfäden führt häufig zu einem zeitlich versetzten Auftreten von Pollenausschüttung und dem Schieben der Narbenfäden. Herrero und Johnson³ zeigten in einer Studie, dass Trockenstress das Schieben der Narbenfäden um 3-4 Tage verzögern kann. Die letzten Narbenfäden traten aus den Lieschblättern aus, als der meiste Pollen bereits ausgeschüttet war. Die Folge von mittlerer bis schwerer Wachstumsverzögerung der Narbenfäden sind schlecht gefüllte oder auch kornlose Kolben.

Empfängliche Narbenfäden unterstützen die Keimung der Pollen, das Wachstum des Pollenschlauches und das Eindringen in den Embryosack. Basetti und Westgate¹ zeigten, dass Narbenfäden ungefähr 7 Tage nach dem Heraustreten aus den Lieschblättern empfänglich bleiben. Danach trocknen sie von der Basis her aus. Normalerweise werden die Narbenfäden innerhalb von einem oder maximal zwei Tagen nach ihrem Austreten bestäubt. Die Befruchtung findet dann während der nächsten 24 Stunden statt. Basetti und Westgate² fanden außerdem, dass das Wachstum der Narbenfäden unter Trockenstress verlangsamt ist und bei starker Trockenheit ganz unterdrückt werden kann. Auch das Wachstum des Pollenschlauches kann ebenso um die Hälfte oder mehr verringert sein. Es dauerte bis zu 48 Stunden, bis der Pollenschlauch die Eizelle erreichte und die Befruchtung stattfand. Eine Verlangsamung des Wachstums führte nur zu negativen Effekten, wenn die Bestäubung 5 Tage nach dem Schieben der Narbenfäden stattfand. Die Basis der Narbenfäden fing dann zu altern an, bevor der Pollenschlauch sie erreichte.

Im Feld ist es sehr unwahrscheinlich, dass durch das Eintrocknen der Narbenfäden oder der Verlust ihrer Empfänglichkeit signifikant der Kornansatz reduziert wird.

Normalerweise werden Narbenfäden während der ersten 24 Stunden nach ihrem Austreten bestäubt. Andere Studien zeigten, dass auch bei Trockenstress, der hoch genug war, die Ausbildung eines normalen Maiskorns zu verhindern, der Pollen im Narbenfaden noch auskeimen und einen Schlauch bilden konnte. Demnach liegt der Zeitpunkt für das Entstehen eines reduzierten Kornansatzes eher während oder nach der Befruchtung.

Der Effekt von Assimilaten auf die Abstoßung der Maiskörner:

Ein Erklärungsansatz für einen schlechten Kornansatz ist das Fehlen von Assimilaten aufgrund von Trockenheit. Diese hemmt bekanntermaßen die Photosynthese. Zudem ist zum Zeitpunkt der Blüte die Reserve von gespeicherten Assimilaten niedrig. Diese These wird von einigen Studien mit unterschiedlicher Versorgung an Kohlenhydraten zur Blüte untermauert. Ein Beschatten der Pflanzen während der Blüte und der frühen Phase des Kornwachstums führte zu einer reduzierten Kornanzahl auf dem Kolben, während zusätzliches Licht die Anzahl der Körner erhöhte. Sorten, die bekanntermaßen sehr viele Assimilate für den Kolben zur Verfügung stellen, zeigten sich weniger anfällig für Trockenstress als andere Sorten. Wurden die Pflanzen per Infusion in den Stängel mit zusätzlichen Kohlenhydraten versorgt, konnte der Kornansatz auch bei ungenügender Wasserversorgung stark erhöht werden. Mit diesen Studien konnte gezeigt werden, dass die Versorgung mit Assimilaten die Anzahl der Körner am Kolben in trockenheitsgestressten Pflanzen bestimmt.

Schussler und Westgate⁴ verglichen die Reduktion der Photosyntheserate um 50 und 100 % während der Blüte und dem anfänglichen Kornwachstum einmal bedingt durch Trockenheit und einmal durch Beschattung (siehe Tabelle).

Faktor	Anzahl Pflanzen	Körner pro Kolben
Kontrolle	20	581 ± 14
Mittlere Trockenheit	9	304 ± 27
50 % Beschattung	9	349 ± 50
Schwere Trockenheit	9	2 ± 2
Dunkelheit	9	0 ± 0

Tab.1: Anzahl Körner pro Kolben bei Trockenstress und Beschattung

Die mittlere Trockenheit und 50 % Beschattung reduzierten den Kornansatz um die gleiche Menge. Schwere Trockenheit und vollständige Beschattung verhinderten die Photosynthese und damit die Entwicklung von Maiskörnern am Kolben. Zwischen der Photosyntheserate der Blätter zur Blüte und der Anzahl Körner pro Kolben wurde eine sehr hohe Korrelation gefunden. Die Verfügbarkeit von Assimilaten für den sich entwickelnden Kolben war der Hauptfaktor für den Verlust der Körner der trockenheitsgestressten Pflanzen. Die Reduktion wurde hier hauptsächlich durch die Abstoßung der Zygote verursacht. Bei Trockenstress kann es aber auch zu einer Dysfunktion der Samenanlagen und damit zu einer Störung der Befruchtung kommen.

Referenzen:

¹Bassetti, P., and M.E. Westgate. 1993a. Emergence, elongation, and senescence of maize silks. Crop Sci. 33:271-275.

²Bassetti, P., and M.E. Westgate. 1993. Water deficit affects receptivity of maize silks. Crop Sci. 33:279-282.

³Herrero, M.P., and R.R. Johnson. 1981. Drought stress and its effects on maize reproductive systems. Crop Sci. 21:105-110.

⁴Schussler, J.R., and M.E. Westgate. 1991. Kernel set of maize at low water potential: II. Sensitivity to reduced assimilates at pollination. Crop Sci. 31:1196-1203.