

温度对玉米生理生化特性的影响

张 旭, 赵 明, 李连禄, 李学会

(中国农业大学作物学院, 北京 100094)

[摘 要] 温度是玉米生长发育的重要限制因素, 影响着玉米的很多生理生化特性。本文着重介绍了玉米温度因子中低温冷害方面的国内外研究进展。

[关键词] 玉米; 低温冷害; 影响

[中图分类号] S 513. 012

[文献标识码] A

Effects of Temperature on Physiological and Biochemical Traits of Maize

ZHANG Xu, ZHAO Ming, LI Lian-lu, LI Xue-hui

(College of Crop Science, China Agricultural University, Beijing 100094, China)

Abstract: Temperature is an important limiting factor for maize growth and development, and it affects many physiological and biochemical traits of maize. The research progression about maize chilling injury is introduced in this article.

Key words: Maize; Chilling injury; Affection

玉米是喜温作物, 温度对其影响主要表现为低温冷害。Maiti & Wesche-Ebeling^[1] (1998) 综述了玉米温度因子方面的研究结果。现结合国内的一些文献, 对玉米低温冷害方面的研究进展作一简单介绍。

1 温度对玉米生长发育的影响

1.1 温度对玉米幼苗生长的影响

王连敏^[2] (1990) 综述了低温对玉米幼苗生长、发育和功能的影响。低温首先影响玉米种子萌发, 使玉米发芽进程减缓, 降低发芽势和发芽率, 延迟出苗, 降低幼苗活力。低温下土壤病原菌侵入机会增多, 在种子吸水过程中, 细胞膜透性受低温影响, 细胞组分, 如一些糖、有机酸、离子、氨基酸和蛋白质等渗出体外, 导致土壤中细菌和真菌的生长, 影响玉米发芽和出苗。

苗期温度对玉米根茎叶的生长影响很大。低温下玉米根冠细胞的增殖速率和吸收活性下降, 生理功能受到影响。Wang, et al. (1982) 将玉米根尖慢速

冷冻后快速解冻, 造成 ATP 酶活性提高, 总蛋白质中的有机磷含量由 $3.30 \mu\text{m}/\text{mg}$ 上升到 $3.42 \mu\text{m}/\text{mg}$, α -酮戊二酸氧化酶发生失活。在 $16 \sim 19^\circ\text{C}$ 的范围内, 随着温度提高, 玉米初生根的生长速率、直线伸长率、生物物质沉积速率提高 2~3 倍 (Pahlavaian, et al., 1988)。Feil, et al. (1988) 将玉米幼苗生长在 $14, 22, 30$ 和 38°C 的温度下, 并在 3 叶期收获发现, 茎干重在 $22 \sim 30^\circ\text{C}$ 时最大, 根干重在 22°C 时最大, 根的表面积在略高于 22°C 时最大。Engels, et al. (1988) 发现, 根系在低温 (12 和 18°C) 下处理 3 d, 和 24°C 下的对照相比, 茎鲜重、叶面积、根干重和根冠比明显下降。Baluska, et al. (1993) 还发现, 与根尖距离不等的组织细胞中的微管对 5°C 低温的敏感性表现出差异, 这种差异可通过微管解聚作用的再定位和趋向来判断。另外, 据 Mozafar, et al. (1993) 报道, 根际温度和光周期在调节根茎叶生长方面可能存在互作机制。日长从 6h 延长至 18h, 9°C 下不影响根尖茎尖生长, 21°C 下根尖茎尖生长则提高 8 倍。可见低温下玉米对光周期不敏感, 玉米早期低温条件下温度作用大于光周期, 这对于玉米苗期生长有重要意义。

[收稿日期] 2002-03-25

[作者简介] 张 旭 (1967 -), 男, 硕士, 中国农业大学副研究员, 从事高寒区饲用玉米育种研究。

1.2 温度对玉米发育进程的影响

影响玉米发育进程的环境因素主要是温度和光周期,其中温度更重要(Olsen, et al., 1993)。某一品种在某一生育阶段所需的积温值是一定的,不随季节或播种期而改变,但计算积温值的临界温度很重要。以 10℃ 或 15℃ 为临界点的积温对玉米的生育进程呈正效应,而以 21.3、26 或 32℃ 为临界点的积温则呈负效应(Hameed, et al. 1987)。Olsen, et al. (1993)还发现,不同品种生长发育所需积温的临界点也不同,一种普通玉米为 5.4~6.4℃,一种甜玉米为 10℃。一些温度模型可以根据积温准确预测不同生育阶段的间隔期。积温值的计算方法主要有 CHU(corn heat units), mCHU(modified CHUs)和 GDD(growing degree-days)等几种。据 plett (1992)的试验结果,它们预测生育期的相符程度依次为 CHU > GDD > mCHU。另外预测不同生育期的温度指标也不一样,如预测播种至出苗的间隔期,最好以地下 5cm 处的日平均土温为指标,预测播种至开花的间隔期,最好以日平均气温为指标,预测出苗至开花的间隔期,最好以 10~28℃ 之间的积温为指标(Izakovic, 1988)。

低温下器官分化迟、生长慢,物候期延迟,子粒灌浆起步晚、速度慢,常造成霜前不能正常成熟,子粒含水量高,粒重低等后果(龚文娟, 1992)。赵明等 2000 年在张家口坝上高寒区的玉米引种试验结果表明,前期低温下出苗至拔节的时间过长,是限制玉米正常成熟,进而影响玉米产量的重要原因。据孙玉亭(1980)研究的结果,黑龙江省玉米从抽雄到成熟期的积温每减少 100℃,百粒重下降 12% 左右。张毅等(1992)发现玉米在孕穗期和灌浆期遇低温,导致光合速率下降,光合有效叶面积降低,叶片和雌穗(子粒)超氧化物歧化酶(SOD)活性下降,丙二醛含量剧增,相对电导率提高,造成低温冷害。孕穗期低温主要抑制雌穗分化和发育,减少穗粒数,灌浆期低温主要影响子粒灌浆,致使百粒重下降,引起产量降低。子粒生长的不同时期,温度的影响是不同的。在子粒生长的直线期,在 0~25℃ 范围内,子粒的干物质积累速率随温度的升高而增加,但在子粒的生理成熟期,子粒的干物重随温度的变化很小,短期的高生长速率被子粒过早成熟所抵消(Tollenaar, et al., 1988)。另外,不同类型的品种子粒形成过程中干物质积累所需的积温是不同的,极早熟种 1 040~1 075℃·d,早熟种 1 080~1 100℃·d,中早熟种 1 001

~1 150℃·d,中熟种 1 160~1 200℃·d,中晚熟种 1 201~1 280℃·d,晚熟种 1 281~1 350℃·d(Carbur, et al., 1984)。这也可作为针对不同的生态区域选择不同熟性品种的依据之一。

2 温度对玉米光合作用的影响

虽然在玉米的不同生育阶段光合作用的最适温度存在着差异,但温度对玉米光合作用的影响多表现为低温的限制作用。Tret'yakov, et al. (1984)发现温度从 25℃ 下降至 5℃ 时,玉米叶片的光合作用降低,叶绿素 a 和 b 含量降低,地上部生长减慢,根和茎中的呼吸增加。李学会^[3](2001)将三叶期玉米幼苗在 -2℃ 下处理 9 h,发现叶绿素荧光参数 F_o 明显提高, F_m 、 F_v 、 F_v/F_m 、 F_v/F_o 显著降低,表明低温处理造成了玉米幼苗的光抑制。Stamp(1985)发现,当昼夜温度从 24/22℃ 下降到 14/12℃ 时,叶面积、叶绿素含量、RuBC 和 NADP-苹果酸脱氢酶活性、 CO_2 同化速率,以及茎的生长都受到抑制。据 Koscielniak (1993)报道,将玉米幼苗在夜间低温(5℃)下暴露 15 d,叶片组织、含水量降低,叶片的扩散阻力增加,从而使叶绿素的凝聚作用受影响,单位面积的叶绿素含量低于 50 $\mu g/cm^2$,因此光合强度明显下降。另外,低温下与光合作用有关的过氧化氢酶发生失活,以及类囊体膜构成发生改变(Feierabend, et al., 1992; Bredenkamp, et al., 1992)。

低温常常伴随高光强,共同造成对光合器官的伤害。通过测定光量子的平均产量显示出,3~5℃ 的低温和强光共同诱导光抑制,这在短生长季的情况下表现尤为突出(Farage, et al., 1987)。Fercival, et al. (1987)发现,使玉米叶片暴露于高强度光子流和 5℃ 的低温下 6 h,类囊体遭到破坏。在田间条件下,凌晨低于 5℃ 的低温加上早晨的强光照射,使 CO_2 吸收下降,植株生长速率和干物质积累降低(Farage, 1989)。另据 Stirling, et al. (1993)的研究结果,各种光强伴随低温都使 CO_2 同化速率下降,同时造成冠层叶片光合和作物光能利用效率的持续下降。

3 温度对玉米其他生理生化特性的影响

邓洪烈(1978)在探讨玉米低温冷害的生理机制时指出,一般在低温下酶的分解能力强,合成能力弱,变化大小取决于低温程度和持续时间。温度过

低甚至能引起合成作用停止。低温使蛋白质和淀粉的水解作用增强,含量减少,可溶性蛋白和蔗糖的含量增加,核糖核酸酶、脱氧核糖核酸酶、细胞保护酶及一些合成酶活性降低。肖永璐(1981)分析了低温对玉米细胞膜透性的影响,认为随着温度的降低,膜脂由液晶相转化为凝胶相,影响镶嵌在膜脂中的蛋白质的功能,导致原生质停止流动,膜结合酶活性下降和膜透性增大。曹仪植(1983)发现以低温处理玉米植株,生长促进物质含量并不发生变化,而抑制生长物质明显增加。Maurino, et al.(1985)还发现玉米叶片冷冻后解冻,硝酸还原酶发生不可逆失活。另外, Mistrik, et al.(1981)将玉米幼苗从 25℃ 移至 5℃ 下 24 h 或 168 h,卵磷脂、磷脂酰乙醇,以及亚油酸、亚麻酸的含量增加。在低温下时间长,这些生化组分的积累量也较多。

4 玉米耐寒性的生理生化机制

低温下玉米的耐寒品种和敏感品种的生理生化特性存在着明显的差异。在 0℃ 的温度下处理时,冷敏感品种在叶绿素荧光下降之前出现上升过程,而耐冷品种不出现,说明冷敏感品种叶绿体的电子传递被抑制。(Hasselt, 1986)。Capell, et al.(1993)发现,冷敏感玉米品种在低温下水势和渗透势较低,原因在于它们的蒸腾速率较高,以及阻止水分扩散的能力较低。另外低温下 ABA 含量增加,耐冷品种叶片的高水势促进了 ABA 的积累,从而使耐冷品种 ABA 含量高于不耐冷品种,因此,ABA 作为抵抗寒冷的保护剂,玉米的耐寒性可能与快速形成较多 ABA 的能力有关。胡荣海等(1984)在玉米抗冷性鉴定中发现,随着温度的降低, K^+ 的外渗量增加,品种间的差异也变得明显。Bao, et al.(1984)报道,玉米耐冷品种和冷敏感品种相比,棕榈酸含量较低,亚油酸较高,其它脂肪酸含量以及线粒体的磷脂组分没有差异。李俊明(1989)将玉米自交系幼苗在 2℃ 低温下处理,耐冷性强的自交系比耐冷性弱的自交系总蛋白含量高,可溶性蛋白和过氧化氢含量低,过氧化氢酶活力高,过氧化氢酶同工酶数量多。张敬贤

等(1993)在 4℃ 低温下处理玉米自交系幼苗 2 d,发现细胞保护酶和胞质质量发生变化。抗冷性弱的自交系的过氧化氢酶、过氧化物酶、超氧化物歧化酶活性降低较多。Saczynska, et al.(1994)发现玉米的耐寒性与叶绿体中半乳糖脂酶的特性和水平有关。耐寒品种中该酶活性较低,且在 pH5.2 ~ 8.5 的范围内变化不大,敏感品种中该酶活性较高,并在 pH5.5 ~ 6.5 时达到最高。

研究发现,一些物质能诱导或提高玉米的耐寒性。Xin, et al.(1993)比较脯氨酸和 ABA 诱导的玉米组培细胞的耐寒性发现,两种物质诱导的耐寒性是可加的;放线菌酮能抑制 ABA 诱导的耐寒性,但不能抑制脯氨酸诱导的耐寒性;ABA 处理的组培细胞耐寒性提高的同时,会积累一些新合成的蛋白质,而脯氨酸处理的细胞中没有观察到这些蛋白质。说明两种物质诱导耐寒性的机制不同。张承烈(1991)研究了 Mefluidide 提高玉米幼苗抗寒性的原因,认为 Mefluidide 通过影响生物膜中性和极性脂的合成,从而影响了生物膜的结构,使其脂肪酸的不饱和度加大,以致细胞质膜和内膜对低温的敏感程度降低。同时在长时间低温过程中 Mefluidide 能显著稳定内膜结合酶活性的变化。他们还认为抗寒性提高也与 Mefluidide 在常温下触发内源游离 ABA 含量的增加有关。

我国北方广大地区玉米的正常成熟和高产稳产经常受到温度因素的制约,尤其是低温冷害的不利影响。了解国内外在这方面的研究进展,对这些地区的玉米科学研究和生产实践具有一定的借鉴和指导意义。

[参考文献]

- [1] R. K. Maiti and P. Wesche-Ebeling. Maize science [M]. U.S.A.: Science Publishers, Inc., 1998.
 - [2] 王连敏. 低温对玉米幼苗生长、发育及功能的影响[J]. 杂粮作物, 1990, (6): 23-25.
 - [3] 李学会. 不同基因型玉米低温下及低温伤害后苗期生长和生理特性的差异[D]. 北京: 中国农业大学, 2001.
- 联系电话: 010-62891287(办) 101-62891230(宅)