

玉米早衰影响因素及其调控措施

刘全永¹,李林峰²,李娜³,寇艳玲⁴,邵瑞鑫²,杨青华^{2*}

(1. 商丘职业技术学院,河南 商丘 476000; 2. 河南农业大学 农学院,河南 郑州 450002;
3. 郑州澍青医学高等专科学校,河南 郑州 450064; 4. 河南农业职业学院,河南 中牟 451450)

摘要:介绍了玉米叶片及根系早衰的主要影响因素:品种自身遗传、气象环境与土壤肥力以及种植模式、栽培措施等,从宏观以及内在机制上阐述了早衰对玉米产量的显著影响。同时总结了早衰的防治方法,提出了具体的调控措施。除了从品种选育及使用合理的栽培措施调控外,还重点介绍了采用植物生长调节剂调控玉米生长发育进而延缓衰老的措施,并对未来玉米早衰的防治措施进行了展望。

关键词:玉米;早衰;影响因素;调控措施
中图分类号:S513 **文献标志码:**A **文章编号:**1004-3268(2015)05-0018-04

Factors Affecting Premature Senescence of Maize and Its Controlling Measures

LIU Quanyong¹, LI Linfeng², LI Na³, KOU Yanling⁴, SHAO Ruixin², YANG Qinghua^{2*}

(1. Shangqiu Vocational and Technical College, Shangqiu 476000, China; 2. Agronomy College of Henan Agricultural University, Zhengzhou 450002, China; 3. Zhengzhou Shuqing Medical College, Zhengzhou 450064, China;
4. Henan Vocational College of Agriculture, Zhongmu 451450, China)

Abstract:The paper described the main factors that caused the premature aging of maize leaves and roots, such as genetic inheritance of variety, weather conditions, soil environments, cropping patterns etc, and the inherent mechanism of premature senescence and its effects on maize yield. Meanwhile, the detailed regulation measures were proposed, including the breeding of resistant varieties, the reasonable cultivation measures and the application of plant growth regulators. Finally, the prevention measures to corn premature aging in the future were prospected.

Key words:maize; premature senility; influence factor; control measures

玉米是我国种植面积最大的粮食作物,目前年总产量已达 1.5 亿 t。根据我国粮食发展战略规划,2015 年玉米总产量上升至 1.79 亿 t^[1]。玉米生育后期是产量形成的关键时期,早衰对玉米产量的影响很大^[2-3]。据报道,辽宁地区玉米早衰面积约占播种面积的 15%~20%,减产 20% 以上^[4]。玉米早衰能够引起叶片同化功能的减退,光合产物积累减少,极大地限制了玉米产量的提高^[5-6]。籽粒的灌

浆速率是源、库、流相互作用的结果,生育后期玉米根系活力的高低及衰老程度直接影响着源、库、流的活力^[7]。由于发生程度不同,早衰植株较正常植株减产 3.7%~25.3%。早衰已构成玉米全局性危害,给玉米高产稳产带来了严重威胁。
延缓后期叶片和根系的衰老程度,保持较高的根系活力,有助于玉米产量的提高^[8]。有研究认为,如果在水稻成熟后期延长叶片寿命 1 d,可以增

收稿日期:2014-10-27
基金项目:郑州市创新性科技人才队伍建设工程项目(121PLJRC528);河南省科技创新人才计划项目(114100510019)
作者简介:刘全永(1970-),男,河南柘城人,副教授,博士,主要从事农业微生物研究。E-mail:liuqy710@sina.com
* 通讯作者:杨青华(1966-),男,河南柘城人,教授,博士,主要从事作物化控栽培技术研究。E-mail:yangqh2000@163.com
网络出版时间:2015-04-29 9:37:10
网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/41.1092.S.20150429.0937.001.html>

加2%的产量,实际可增产1%^[9]。因此,解决玉米早衰问题刻不容缓。国内外学者对玉米早衰的机制和防御措施进行了大量研究,但缺乏系统的总结。鉴此,综述了玉米早衰成因,提出了早衰防治措施,以期为玉米早衰的进一步研究提供参考。

1 玉米早衰的表现及影响因素

玉米早衰是在灌浆乳熟阶段植株穗位以下的叶片枯黄下垂、果穗苞叶松散下垂、茎秆干枯,过早地丧失光合作用,导致茎秆基部变软易折、百粒质量降低、产量下降等现象。早衰表现主要有叶片早衰和根系早衰,并且两者之间存在内在的联系。叶绿素降解是叶片在衰老过程中最明显的现象,此现象长期被用来反映叶片的衰老程度^[10-11]。根系是吸收养分和水分的重要器官,其生长特性和地上部分器官的光合作用、生长发育有很大的相关性^[12]。并且根系干质量和地上部叶片的绿叶面积呈极显著正相关^[13]。生育后期叶片的过早衰亡会导致根系缺乏营养从而加速根系的衰老^[14]。也有人认为,由于叶片所需的水分和营养供应不足,导致了叶片的衰老^[15]。在玉米生长过程中,导致叶片衰老的根本原因科研工作者众说不一,总之根系的衰老必然会导致根系活性的下降,延缓玉米根系衰老速率可以减缓叶片的衰老^[16]。随着玉米生育期的推进,产量对深层根系的依赖性加大^[17]。但是也有不同的观点,陈学留等^[18]对玉米根系生长与叶片衰老的相关研究中表明,叶片衰老的主要因素并不是根系的衰亡,原因是叶片衰老开始时期在出苗后十几天,而根系的衰老在出苗后45 d左右,即叶片的衰老要早于根系的衰老。总的来说,影响玉米早衰的因素主要有以下几个方面。

1.1 品种

研究表明,不同玉米品种抗衰老的能力差异显著。刘开昌等^[19]对75个常用自交系研究发现,不同基因型玉米自交系抽丝后叶片保绿度的衰减程度不同;Tollenaar等^[20]曾报道,1个显性基因决定自交系L087602的持绿性,Ceppi等^[21]的试验结果也证实了这一点。童淑媛等^[22]发现,郑单958和农大364在籽粒成熟期间叶片的衰老存在差异,郑单958单株绿叶面积下降59.29%,而农大364下降70.42%,农大364在灌浆后的叶片衰老速度明显快于郑单958。以上研究结果表明,品种自身的遗传特性严重影响玉米的衰老程度。

1.2 光照、温度、降雨、土壤肥力

光是一切有机物能量的来源,适宜的光照时间

和光照强度有利于植物叶片光合作用的进行。从玉米生育期来看,春玉米生育期内易受低温、寡照等影响,导致玉米植株的呼吸作用大于光合作用进而发生早衰。夏玉米生育后期(7—8月中旬)易遭受高温干旱影响,干旱直接导致根系吸收水分困难,代谢失调,酶活性钝化,不利于光合产物积累;高温造成叶片蒸腾作用加强,叶片失水较多出现萎蔫,不利于光合作用的进行,导致早衰。8月下旬降雨量明显增多,田间雨水大量积累导致土壤透气性降低,不能满足根系代谢对氧气的最基本需求,迫使根系进行无氧呼吸,产生酒精毒害根系。同时降水还会促进病原菌的萌发与侵染,加重叶片早衰。土壤理化性质、土壤质地及土壤肥力都与玉米早衰有密切关系。有机肥可以促进玉米根系对氮、磷、钾的吸收以及其向籽粒中的转移;并且能够抑制根系的膜脂过氧化作用,从而使不同土层根系的SOD活性提高、MDA含量降低,延缓根系的衰老^[23]。

1.3 种植模式及栽培措施

研究表明,在一定范围内玉米的产量随密度的增加而提高,但不同品种由于自身特性的差别,最适种植密度不同。如果不考虑品种自身特性盲目提高种植密度会导致群体内植株长势较弱,茎秆节间变长而出现倒伏。由于透风、透光性差导致中下层叶片光合作用困难,使叶片黄化脱落和整株早衰,严重减产^[24]。因此,必须针对品种特性确定最适密度,建立合理的冠层结构,减少后期因田间郁蔽而导致的早衰,进而提高玉米产量。同时合理的种植模式对延缓植株根系衰老也能起到一定作用。在垄作栽培条件下,开花后叶片SOD、CAT、POD等活性及可溶性蛋白质含量等较传统栽培均有显著提高,而MDA含量显著降低。另外,垄作栽培与传统栽培模式相比,在同等节水条件下有利于提高小麦深层根系的活力,达到延缓旗叶衰老的目的^[25]。

2 玉米早衰的调控措施

2.1 选择抗逆性好的品种

黄淮区域玉米生育期在90 d左右,其生育期内容易遭受高温、干旱、阴雨寡照、涝害、病虫害等逆境,这些因素均可导致玉米早衰的发生。浚单20,高抗矮花叶病,抗玉米螟,2 a区试比农大108增产9.19%。伟科702,株型紧凑,持绿性好。黄淮海夏玉米区鉴定,2 a区试比对照品种增产6.4%,伟科702有望成为代替郑单958的优势品种。因此,选择适应性好、抗逆性强的品种对防治早衰至关重要。

2.2 利用合理的栽培措施调控

利用栽培措施调控玉米早衰的研究越来越多。李潮海等^[26]研究表明,在玉米生育后期,不同质地的土壤对玉米叶片衰老的影响不同;并且随着深层土壤容重的增加,衰老速度也会加快^[27-28]。玉米的衰老与氮素营养之间也存在着密切的联系。解占军等^[29]研究认为,合理施用氮肥可以延缓玉米衰老的速度。N、P、K 与微量元素配合施用^[30],化肥与秸秆配合施用都能显著延缓叶片衰老。适量施用氮肥可明显提高 SOD、POD 活性以及可溶性蛋白的含量,同时降低 MDA 的含量,进而有效延缓玉米生育后期叶片的衰老^[31]。郑圣先等^[32]研究表明,控释氮肥中氮的逐渐释放,可以减少对水稻根系有强烈伤害的活性氧的累积速率及数量,以及提高活性氧清除酶的活性,从而延缓作物生育后期根系的衰老。李晶等^[33]研究表明,拔节期追肥可以显著提高冬小麦生育后期根系活力、POD 活性及 SOD 活性。通过科学的耕作制度及合理的灌溉技术来延缓根系衰老的研究也有很多。郭相平等^[34]研究表明,调亏灌溉可以延缓灌浆期叶片衰老,提高光合速率。采用深松措施来打破犁底层,能够改善作物根系生长的生态条件,促进根系生长、延长叶片的寿命^[35-36]。另外有研究表明,间作可以延缓作物叶片衰老,玉米、大豆间作,玉米、花生间作都能改善玉米的光合条件,提高光合作用^[37]。因此,在实际生产过程中要根据当地具体情况,因地制宜地选择栽培措施来延缓玉米叶片的衰老。

2.3 利用植物生长调节剂调控

衰老是植物叶片生长发育过程中的一个阶段,受遗传因子和植物激素调节,而激素调节在衰老中又处于中心位置。大量试验结果表明,各种内源激素都参与了对植物衰老的调节,植物生长调节剂通过调节植物内源激素的水平来调控作物的生理过程和相关外部农艺性状的表达。研究表明,植物生长调节剂可以改变植株的株型、促进根系发育、提高功能叶片叶绿素的含量和光合速率^[38-40];同时可以调节玉米和环境之间的关系,利于玉米高产稳产^[39-42]。另外,通过外源激素的导入可以起到对叶片内源激素补充的作用,对防止早衰、提高产量也具有明显的效果。杨青华等^[38]研究表明,植物生长调节剂拌种可促使玉米根系发达,且根系数量增多,根系活力和后期根系抗氧化酶的活性增强,进而延缓根系衰老。刘福建等^[39]研究表明,适宜浓度的丁二酸浸种可促进玉米根系生长,增加根系生物量;并且可抑制根系膜脂过氧化作用,增强根系中 SOD 活

性,降低 MDA 含量。刘亚丽等^[43]研究表明,2 种或 2 种以上的植物生长调节剂混合施用效果比单一使用更好。张吉旺等^[44]研究认为,在常规种植密度条件下施用植物生长调节剂的意义不大,只有在增加种植密度的前提下才能显现出植物生长调节剂的增产效应。因此,在玉米生长的关键时期,只有施用合适剂型、合适浓度的植物生长调节剂才能达到预期目标。

3 展望

玉米早衰的发生是一个复杂的过程,可以选育抗早衰品种,从根本上解决早衰问题。除了品种自身遗传因素的影响外,早衰还受外部环境的影响,但各个因素之间并不是孤立存在的,而是相互联系、相互影响的。因此,在从遗传、基因重组以及转基因等关键技术上防止玉米早衰的同时,还要加强对植物激素的研究,利用化学调控的方法,通过对外界生长环境的调节来达到延缓玉米衰老从而提高产量的目的。

参考文献:

- [1] 陈印军,肖碧林,王勇,等. 中国谷物发展态势、展望与对策[J]. 农业经济问题,2008(7):27-31.
- [2] 李潮海,李胜利,王群,等. 不同质地土壤对玉米根系生长动态的影响[J]. 中国农业科学,2004,37(9):1334-1340.
- [3] Wolfe D W, Henderson D W, Hsiao T C, et al. Interactive water and nitrogen effects on senescence of maize. I. Leaf area duration, nitrogen distribution, and yield [J]. Agronomy Journal, 1988, 80(6):859-864.
- [4] 杜桂娟,张哲,杨姝,等. 浅谈玉米早衰及其调控[J]. 辽宁农业科学,2012(2):58-61.
- [5] 罗瑶年,张建华,李霞. 玉米叶片的衰老[J]. 玉米科学,1992(3):40-43,47.
- [6] 曾富华,罗泽民. 赤霉素对杂交水稻生育后期剑叶中活性氧清除剂的影响[J]. 作物学报,1994,20(3):347-350.
- [7] 袁小乐,潘晓华,石庆华,等. 超级早、晚稻品种的源库协调性[J]. 作物学报,2009,35(9):1744-1748.
- [8] 肖凯,张荣铤,钱维朴,等. 小麦生育后期根叶生理功能衰退特性研究[J]. 中国农业科学,1998,31(6):25-32.
- [9] 刘道宏. 植物叶片的衰老[J]. 植物生理学通讯,1983(2):14-19.
- [10] Keskitalo J, Bergquist G, Gardeström P, et al. A cellular timetable of autumn senescence [J]. Plant Physiology, 2005, 139(4):1635-1648.

- [11] Merewitz E B, Gianfagna T, Huang B R. Photosynthesis, water use, and root viability under water stress as affected by expression of SAG12-ipt controlling cytokinin synthesis in *Agrostis stolonifera* [J]. *Exp Bot*, 2011, 62(1): 383-395.
- [12] 董学会, 段留生, 何钟佩, 等. 30% 己乙水剂对玉米根系伤流液及其组分的影响[J]. *西北植物学报*, 2005, 25(3): 587-591.
- [13] 刘胜群, 宋凤斌, 王燕, 等. 玉米根系性状与地上部性状的相关性研究[J]. *吉林农业大学学报*, 2007, 29(1): 1-6.
- [14] 朱玉芹, 杨双, 蔡鑫茹, 等. 玉米叶片早衰及子粒败育[J]. *吉林农业科学*, 2008, 33(3): 9-10, 13.
- [15] 代惠萍, 冯佰利, 贾根良, 等. 糜子根系与旗叶协同衰老的生理生化机理研究[J]. *西北植物学报*, 2008, 28(8): 1663-1668.
- [16] 柴世伟, 刘文兆, 李秧秧. 伤根对玉米光合作用和水分利用效率的影响[J]. *应用生态学报*, 2002, 13(12): 1716-1718.
- [17] 宋日, 吴春胜, 王成己, 等. 玉米深层根系对地上部营养生长和产量的影响[J]. *玉米科学*, 2002, 10(3): 63-66.
- [18] 陈学留, 张建华. 玉米根系生长与叶片衰老的相关观察[J]. *莱阳农学院学报*, 1994, 11(1): 17-20.
- [19] 刘开昌, 董树亭, 赵海军, 等. 我国玉米自交系叶片保绿性及其与产量的关系[J]. *作物学报*, 2009, 35(9): 1662-1671.
- [20] Tollenaar M, Daynard T B. Leaf senescence in short-season maize hybrids [J]. *Can Plant Sci*, 1978, 58(3): 869-874.
- [21] Ceppi D, Sala M, Gentinetta E, et al. Genotype-dependent leaf senescence in maize inheritance and effects of pollination-prevention [J]. *Plant Physiology*, 1987, 85(3): 720-725.
- [22] 童淑媛, 宋凤斌, 徐洪文. 不同品种玉米籽粒成熟期间叶片形态衰老的差异[J]. *华北农学报*, 2009, 24(1): 11-15.
- [23] 李絮花, 杨守祥, 于振文, 等. 有机肥对小麦根系生长及根系衰老进程的影响[J]. *植物营养与肥料学报*, 2005, 11(4): 467-472.
- [24] 吕丽华, 陶洪斌, 夏来坤, 等. 不同种植密度下的夏玉米冠层结构及光合特性[J]. *作物学报*, 2008, 34(3): 447-455.
- [25] 王旭清, 王法宏, 于振文, 等. 垄作栽培对冬小麦根系活力和旗叶衰老的影响[J]. *麦类作物学报*, 2005, 25(1): 55-60.
- [26] 李潮海, 赵霞, 王群, 等. 土壤质地对玉米生育后期叶片衰老的影响[J]. *玉米科学*, 2007, 15(1): 73-75.
- [27] 李潮海, 赵霞, 王群, 等. 下层土壤容重对玉米生育后期叶片衰老的生理效应[J]. *玉米科学*, 2007, 15(2): 61-63.
- [28] 李潮海, 李胜利, 王群, 等. 下层土壤容重对玉米根系生长及吸收活力的影响[J]. *中国农业科学*, 2005, 38(8): 1706-1711.
- [29] 解占军, 汪仁, 安景文, 等. 不同施肥技术对防止玉米早衰及对产量的影响[J]. *辽宁农业科学*, 2008(6): 29-31.
- [30] 刘梦星, 崔彦宏, 丁民伟, 等. 氮磷钾及锌配施对旱薄区夏玉米干物质积累、分配和转移的影响[J]. *河北农业大学学报*, 2007, 30(1): 1-4.
- [31] 刘艳, 汪仁, 华利民, 等. 施氮量对玉米生育后期叶片衰老与保护酶系统的影响[J]. *玉米科学*, 2012, 20(2): 124-127.
- [32] 郑圣先, 聂军, 戴平安, 等. 控释氮肥对杂交水稻生育后期根系形态生理特征和衰老的影响[J]. *植物营养与肥料学报*, 2006, 12(2): 188-194.
- [33] 李晶, 魏湜, 商文楠, 等. 播种方式与追肥时期对寒地冬小麦根系生理活性及子粒品质的影响[J]. *作物杂志*, 2013(4): 100-103.
- [34] 郭相平, 刘才良, 邵孝侯, 等. 调亏灌溉对玉米需水规律和水分生产效率的影响[J]. *干旱地区农业研究*, 1999, 17(3): 92-96.
- [35] 宋日, 吴春胜, 牟金明, 等. 深松土对玉米根系生长发育的影响[J]. *吉林农业大学学报*, 2000, 22(4): 73-75, 80.
- [36] 陈喜凤, 杨粉团, 姜晓莉, 等. 深松对玉米早衰的调控作用[J]. *中国农学通报*, 2011, 27(12): 82-86.
- [37] 焦念元, 赵春, 宁堂原, 等. 玉米一花生间作对作物产量和光合作用光响应的影响[J]. *应用生态学报*, 2008, 19(5): 981-985.
- [38] 杨青华, 赵宇, 邵瑞鑫, 等. 不同植物生长调节物质对玉米根系衰老及产量的影响[J]. *华北农学报*, 2012, 27(1): 134-139.
- [39] 刘福建, 杨青华. 丁二酸浸种对玉米根系生长和生理特性的影响[J]. *华北农学报*, 2010, 25(3): 145-147.
- [40] 荣湘民, 谢桂先, 刘强, 等. 生长调节剂对玉米氮代谢的影响[J]. *植物营养与肥料学报*, 2005, 11(5): 634-640.
- [41] 宁堂原, 李增嘉, 焦念元, 等. 利丰收对春玉米生育特性及产量的影响[J]. *玉米科学*, 2002, 10(3): 67-68.
- [42] 李艳杰. 应用化调物质对玉米增产效果的试验初报[J]. *玉米科学*, 2003, 11(4): 61-62.
- [43] 刘亚丽, 李学梅, 姬生栋, 等. 植物生长调节剂对小麦叶片衰老过程中生理特性的影响[J]. *河南农业科学*, 2005(8): 29-32.
- [44] 张吉旺, 胡昌浩, 王空军, 等. 植物生长调节剂在玉米上的初步应用研究[J]. *山东农业大学学报: 自然科学版*, 2003, 34(3): 343-346.