

网络出版时间:2013-05-31 19:59

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1390.S.20130531.1959.023.html>

小麦叶片逆向衰老过程中叶绿素含量及 光合特性的变化

董宝婧^a, 黄 蓉^b, 苗 芳^b, 王长发^a, 刘党校^b

(西北农林科技大学 a 农学院, b 生命科学学院, 陕西 杨凌 712100)

[摘 要] 【目的】研究小麦叶片逆向衰老过程中旗叶和倒二叶叶绿素含量、净光合速率、蒸腾速率和气孔导度的变化规律,为进一步揭示叶片逆向衰老的生理机制提供研究思路 and 理论指导。【方法】以逆向衰老小麦‘温麦 19’和‘兰考矮早 8’为试验材料,在小麦扬花后 6,12,18,24,30 和 36 d,分别采用 CCM-200 手持式叶绿素仪和 LI-6400 XT 型便携式光合测定系统,在田间测定旗叶和倒二叶的叶绿素含量、净光合速率、蒸腾速率和气孔导度。【结果】‘温麦 19’和‘兰考矮早 8’在灌浆结实后期(花后 18~36 d)均出现倒二叶叶绿素含量高于旗叶的现象,即叶片逆向衰老的现象;‘温麦 19’较‘兰考矮早 8’叶片逆向衰老现象出现早。在灌浆后期,‘温麦 19’旗叶的光合速率、蒸腾速率和气孔导度均低于倒二叶,而‘兰考矮早 8’旗叶的光合速率低于倒二叶,蒸腾速率和气孔导度仍高于倒二叶。【结论】在逆向衰老过程中,随着小麦旗叶和倒二叶叶绿素含量的变化,其净光合速率、蒸腾速率和气孔导度也发生相应的变化,且品种之间存在较大差异。

[关键词] 小麦;逆向衰老;叶绿素;光合作用

[中图分类号] S512.11

[文献标志码] A

[文章编号] 1671-9387(2013)06-0044-05

Chlorophyll and photosynthetic characteristic variations in the inverted senescing process of wheat leaves

DONG Bao-jing^a, HUANG Rong^b, MIAO Fang^b, WANG Chang-fa^a, LIU Dang-xiao^b

(a College of Agronomy, b College of Life Science, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: 【Objective】Wenmai 19 and Lankaoaizao 8 were chosen as material to reveal the changing law of chlorophyll content, photosynthetic rate, transpiration rate and stomata conductance of the flag leaves and the penultimate leaves. We intended to provide research thought and academic guidance of announcing the physiological mechanism of inverted senescing leaves. 【Method】The study measured the chlorophyll content, photosynthetic rate, transpiration rate and stomata conductance of the flag leaves and the penultimate leaves respectively by using chlorophyll measuring system in hand and a portable LI-6400 photosynthesis system in 6 d, 12 d, 18 d, 24 d, 30 d and 36 d after flowering. 【Result】Both Wenmai 19 and Lankaoaizao 8 presented higher chlorophyll content in the penultimate leaves than the flag leaves, i. e., inverted senescing sequence in wheat leaves. Inverted senescing sequence in wheat leaves presented earlier in Wenmai 19; and the index of photosynthetic rate, transpiration rate and stomata conductance were lower in the flag leaves than the penultimate leaves in the late fruiting age. The photosynthetic rate of Lankaoaizao 8 in the flag leaves was lower, but the transpiration rate and stomata conductance were higher than the penul-

[收稿日期] 2012-09-05

[基金项目] 国家自然科学基金项目(31170366)

[作者简介] 董宝婧(1986—),女,河北石家庄人,在读硕士,主要从事作物栽培与种源研究。E-mail: dbj1986@sina.com

[通信作者] 王长发(1967—),男,河北南宫人,副教授,硕士生导师,主要从事作物栽培与种源研究。

timiate leaves. 【Conclusion】 In the process of inverted senescing sequence in wheat leaves, with the appearance of inverted sequence in chlorophyll content of the flag leaves and the penultimate leaves, photosynthetic rate, transpiration rate and stomata conductance presented the corresponding change and there were differences between varieties.

Key words: wheat; inverted senescing sequence; chlorophyll; photosynthesis

普通小麦叶片的衰老为随叶位上升自下而上的顺序性衰老(即上绿下黄)^[1-3],但张嵩午等^[4-7]在研究冷型和冷尾型小麦时发现,有些小麦品种在灌浆结实后期出现顶层叶黄、临层叶绿(即上黄下绿)的现象,此类小麦被命名为逆向衰老小麦,也称叶色倒置小麦。小麦逆向衰老并不是早衰^[8],此类小麦仍具有冷型小麦冠层温度低、叶片功能期长、生态幅广等特征^[9-13],逆向衰老现象一般在灌浆结实后期大规模发生,发生的时期较晚,已接近成熟期。为了更深入地了解小麦叶片的逆向衰老现象,本试验以逆向衰老小麦为材料,研究了开花至成熟期小麦旗叶和倒二叶的叶绿素含量、净光合速率、蒸腾速率和气孔导度的变化规律,旨在为进一步揭示叶片逆向衰老的生理机制提供研究思路 and 理论指导。

1 材料与方法

田间试验在西北农林科技大学节水农业灌溉试验站进行。选取扬花期(2012-04-19)一致的逆向衰老小麦‘温麦 19’和‘兰考矮早 8’作为试验材料。每种小麦种 10 行,重复 3 次,随机区组排列。于 2011-10-11 开沟点播,每小区行长 1.3 m,行距 0.23 m,株距 0.03 m。小麦播种前按尿素 150 kg/hm²,磷

酸二氢铵 225 kg/hm²,磷酸二氢钾 30 kg/hm² 的标准施底肥。冬灌 1 次,并追施尿素 75 kg/hm²。

分别在供试小麦扬花后 6,12,18,24,30,36 d,每个品种选择长势一致的小麦茎 3 个,重复 3 次,共 9 个茎,定茎测定其旗叶和倒二叶的叶绿素含量、净光合速率、蒸腾速率和气孔导度。其中,叶绿素含量的测定采用美国产 CCM-200 手持式叶绿素仪在田间进行,结果用 SPAD 值表示;净光合速率、蒸腾速率和气孔导度的测定采用美国 LI-COR 公司生产的 LI-6400 XT 型便携式光合测定系统,选择红蓝光源叶室,设定光量子密度(PAR)为 1 100 μmol/(m²·s),在天气晴朗、云量稳定的上午 09:00—11:30 测定。试验数据用“平均值±标准误差”表示,用 Microsoft Excel 进行处理和作图。

2 结果与分析

2.1 旗叶和倒二叶叶绿素含量的变化

小麦生长发育过程中,功能叶片的叶绿素含量直接影响着光合作用的速率和光合产物的形成^[14]。图 1 反映了花后 6~36 d 不同小麦品种旗叶和倒二叶叶绿素含量的动态变化过程。

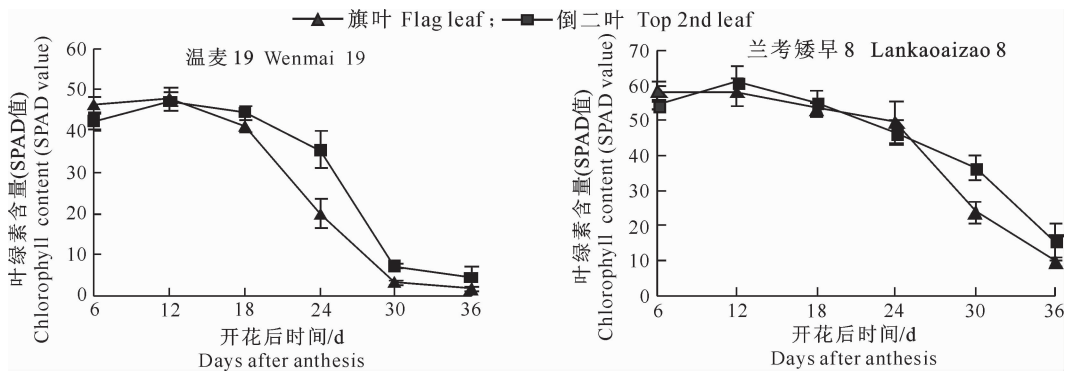


图 1 逆向衰老小麦‘温麦 19’和‘兰考矮早 8’旗叶和倒二叶叶绿素含量的变化

Fig. 1 Chlorophyll content variations of flag leaf and top 2nd leaf in ‘Wenmai 19’ and ‘Lankaoaizao 8’ of inverted senescing sequence wheat

从图 1 可以看出,随着小麦生育期的延续,‘温麦 19’和‘兰考矮早 8’的旗叶和倒二叶叶绿素含量均呈下降趋势。在花后 6~18 d,‘温麦 19’旗叶和

倒二叶的叶绿素含量处于相对稳定的时期,叶绿素 SPAD 值在 40~50 波动;18 d 后叶绿素 SPAD 值迅速下降,且旗叶叶绿素 SPAD 值的下降速度大于

倒二叶,其 SPAD 值低于倒二叶,出现叶色倒置现象。‘兰考矮早 8’旗叶和倒二叶的叶绿素 SPAD 值在花后 6~24 d 相对比较稳定,24 d 以后迅速下降,其中旗叶叶绿素值的下降速度大于倒二叶,也出现了叶色倒置的现象。

2.2 旗叶和倒二叶净光合速率的变化

光合速率是光合作用的重要指标之一,它反映了植株进行光合作用的强度以及同化有机物的能力。‘温麦 19’和‘兰考矮早 8’旗叶和倒二叶光合速率的变化情况见图 2。图 2 表明,总体上看,花后

6~12 d,‘温麦 19’和‘兰考矮早 8’旗叶和倒二叶的光合速率均上升,12 d 时达到峰值,之后呈下降趋势。‘温麦 19’在花后 6~18 d,旗叶的光合速率高于倒二叶;18~24 d 旗叶和倒二叶的光合速率接近;24 d 以后,旗叶的光合速率迅速下降且低于倒二叶,并一直持续到成熟。‘兰考矮早 8’在花后 6~24 d,旗叶的光合速率均高于倒二叶;24~30 d,旗叶和倒二叶的光合速率比较接近;30 d 之后,旗叶光合速率快速下降,逐渐低于倒二叶。

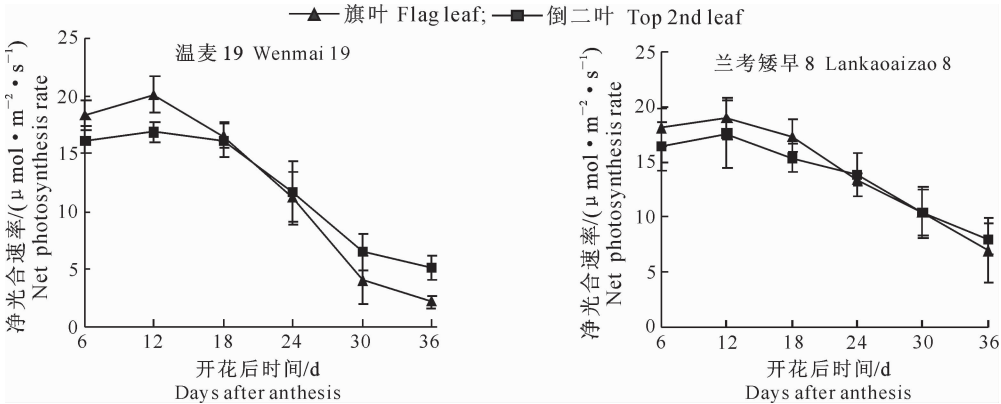


图 2 逆向衰老小麦‘温麦 19’和‘兰考矮早 8’旗叶和倒二叶光合速率的变化
Fig. 2 Photosynthetic rate variations of flag leaf and top 2nd leaf in ‘Wenmai 19’and ‘Lankaoaizao 8’ of inverted senescing sequence wheat

2.3 旗叶和倒二叶蒸腾速率的变化

蒸腾速率是植株冠层的指示指标之一,它体现了植株从土壤吸收水分的能力,对植株正常生长有重要作用。从图 3 可以看出,‘温麦 19’在花后 6~24 d 旗叶的蒸腾速率缓慢升高,并且旗叶的蒸腾速率高于倒二叶;24 d 以后,旗叶和倒二叶的蒸腾速率均呈快速下降的趋势,且旗叶的下降速度快于倒

二叶,30 d 后,倒二叶的蒸腾速率逐渐高于旗叶。‘兰考矮早 8’旗叶和倒二叶的蒸腾速率在开花结实期(花后 6~36 d)内呈先缓慢上升,后缓慢下降的趋势,且旗叶的蒸腾速率高于倒二叶,灌浆后期(24~36 d)没有出现倒二叶的蒸腾速率高于旗叶的倒置现象。

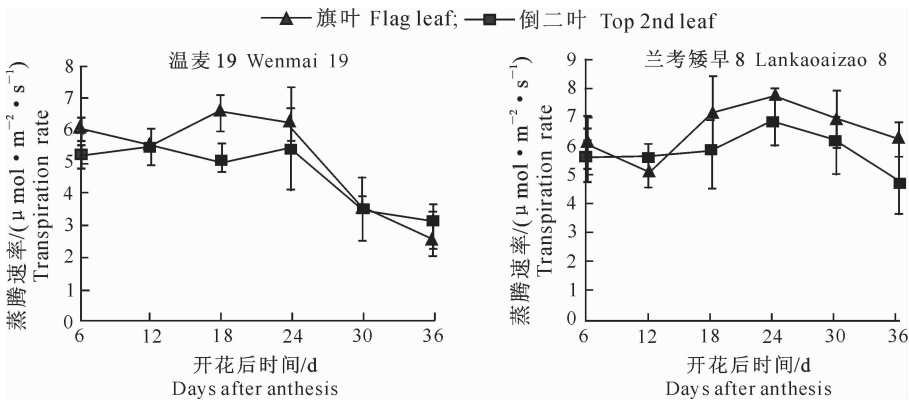


图 3 逆向衰老小麦‘温麦 19’和‘兰考矮早 8’旗叶和倒二叶蒸腾速率的变化
Fig. 3 Transpiration rate variations of flag leaf and top 2nd leaf in ‘Wenmai 19’and ‘Lankaoaizao 8’ of inverted senescing sequence wheat

2.4 旗叶和倒二叶气孔导度的变化

气孔是植株进行气体交换的场所,气孔导度是限制光合作用提高的因素之一。从图 4 可以看出,‘温麦 19’在开花结实期(花后 6~36 d)旗叶和倒二叶的气孔导度总体均呈下降趋势;在花后 6~30 d,旗叶的气孔导度高于倒二叶;花后 30~36 d,旗叶的

气孔导度逐渐低于倒二叶。‘兰考矮早 8’气孔导度的变化情况与‘温麦 19’不同,在花后 6~24 d,其旗叶和倒二叶气孔导度的变化幅度相对较小;24~36 d,旗叶和倒二叶气孔导度均迅速下降,但旗叶的气孔导度大于倒二叶,并未出现倒置现象。

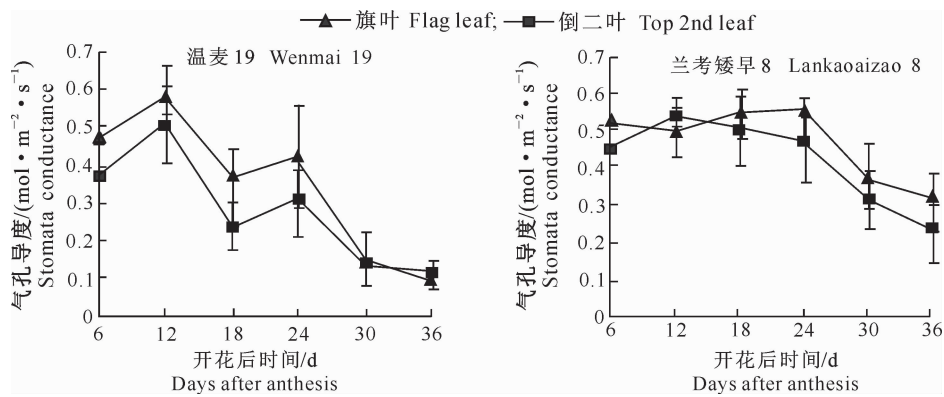


图 4 逆向衰老小麦‘温麦 19’和‘兰考矮早 8’旗叶和倒二叶气孔导度的变化
Fig. 4 Stomata conductance variations of flag leaf and top 2nd leaf in ‘Wenmai 19’ and ‘Lankaoaizao 8’ of inverted senescing sequence wheat

3 讨 论

普通小麦叶片在衰老过程中发生的诸多生理变化均随叶序呈现顺序性变化,即随着叶位上升,叶片的叶绿素含量自下而上顺序性降低;光合速率自下而上逐渐增大,且光合速率下降开始的时间以旗叶最晚^[2,4,15-16];蒸腾速率、气孔导度始终维持旗叶>倒二叶的规律。张嵩午等^[6-7]的研究表明,逆向衰老小麦从开花期到面团期旗叶叶绿素含量高于倒二叶,是向籽粒输送养分的主源,此时旗叶的光合速率、蒸腾速率及气孔导度均大于倒二叶,与普通小麦相似;面团期后,旗叶叶绿素含量迅速降低,光合速率、蒸腾速率及气孔导度亦同步降低,远低于倒二叶,同时叶片也出现“顶层叶黄、临层叶绿”的逆向衰老现象。本研究结果与张嵩午等^[9-11]的研究报道不同,主要体现在:① 品种间叶色倒置现象出现早晚不同。‘温麦 19’和‘兰考矮早 8’开花期虽然相同,但‘温麦 19’叶色倒置现象比‘兰考矮早 8’提前约 6 d。② 叶色变化与光合速率变化不同步。‘温麦 19’和‘兰考矮早 8’倒二叶叶绿素含量分别在花后 18 和 24 d 高于旗叶,而光合速率分别在花后 24 和 30 d 高于旗叶,光合速率变化的时间明显滞后于叶绿素含量变化的时间。③ 光合速率变化与蒸腾速率和气孔导度的变化不同步。‘温麦 19’倒二叶光合速率在花后 24 d 高于旗叶,而蒸腾速率和气孔导度

在花后 30 d 才高于旗叶;‘兰考矮早 8’倒二叶光合速率在花后 30 d 高于旗叶,而蒸腾速率和气孔导度在花后 18 d 一直低于旗叶。2 个品种均表现出光合速率变化与蒸腾速率、气孔导度变化不同步的现象。这些发现将进一步揭示叶片逆向衰老的生理机制提供研究思路和理论指导。

[参考文献]

[1] Feller U. Proteolytic enzymes in relation to leaf senescence [C]// Dalling M J. Plant Proteolytic Enzymes(Vol 2). Boca Raton, Fla: CRC Press,1986:49-68.
[2] Patterson T G, Moss D V, Brume W A. Enzymatic changes during the senescence of filed grown wheat [J]. Crop Science, 1980,20(1):15-18.
[3] Leopold A C, Kamien E N, Janick J. Experimental modification of plant senescence [J]. Plant Physiology, 1959, 34(5): 570-573.
[4] 张嵩午, 苗 芳, 王长发. 小麦低温种质及其叶片的光合性能和结构特征 [J]. 自然科学进展, 2004, 14(2): 179-184.
Zhang S W, Miao F, Wang C F. Low temperature wheat germplasm and its leaf photosynthetic traits and structure characteristics [J]. Progress in Natural Science, 2004, 14(2): 179-184. (in Chinese)
[5] 张嵩午. 冷型小麦的概念 特性 未来 [J]. 中国科学基金, 2006, 20(4): 210-214.
Zhang S W. Concept, characteristics and future of cold type wheat [J]. Science Foundation in China, 2007, 15(1): 51-56.
[6] 张嵩午, 王长发, 姚有华. 小麦叶片的逆向衰老 [J]. 中国农业

科学,2010,43(11):2229-2238.

Zhang S W,Wang C F,Yao Y H. Inverted senescing sequence of wheat leaves [J]. Agricultural Sciences in China,2010,43(11):2229-2238. (in Chinese)

[7] 张嵩午,王长发. 小麦叶片的非顺序性衰老 [J]. 自然科学进展,2009,19(7):711-717.

Zhang S W,Wang C F. Inverted senescing sequence of wheat leaves [J]. Progress in Natural Science,2009,19(7):711-717. (in Chinese)

[8] 李宏伟,王淑霞,李 滨,等. 早衰和正常小麦近等基因系旗叶光合特性与产量比较研究 [J]. 作物学报,2006,32(11):1649-1655.

Li H W,Wang S X,Li B,et al. Comparative study on physiological traits related with grain filling and photosynthesis of flag leaf in early aging and normal near-isogenic lines of common wheat [J]. Acta Agronomica Sinica,2006,32(11):1649-1655. (in Chinese)

[9] 张嵩午,王长发,冯佰利,等. 灾害性天气下小麦低温种质的性状表现 [J]. 自然科学进展,2001,11(10):1068-1073.

Zhang S W,Wang C F,Feng B L,et al. Some traits of low temperature germplasm wheat under extremely unfavorable weather conditions [J]. Progress in Natural Science,2001,11(10):1068-1073. (in Chinese)

[10] 张嵩午,王长发. 小麦冷源及其性状特征的研究 [J]. 中国农业科学,2001,34(1):40-45.

Zhang S W,Wang C F. Study on wheat cold source and its characters [J]. Agricultural Sciences in China,2001,34(1):40-45. (in Chinese)

[11] 张嵩午,冯佰利,王长发,等. 小麦冷源及其在干旱条件下的适应性 [J]. 生态学报,2003,23(12):2558-2564.

Zhang S W,Feng B L,Wang C F,et al. Wheat cold source and its adaptability under drought conditions [J]. Acta Ecologica Sinica,2003,23(12):2558-2564. (in Chinese)

[12] 苗 芳,张嵩午,王长发,等. 低温小麦种质叶片结构及某些生理特性 [J]. 应用生态学报,2006,17(3):408-412.

Miao F,Zhang S W,Wang C F,et al. Leaf structure and some physiologic characteristics of low temperature wheat germplasm [J]. Chinese Journal of Applied Ecology,2006,17(3):408-412. (in Chinese)

[13] 李桂显,王长发,刘雪薇,等. 小麦非顺序衰老的生物学特征研究 [J]. 干旱地区农业研究,2011,29(3):58-62.

Li G X,Wang C F,Liu X W,et al. Some biological characteristics of inverted senescing sequence of wheat leaves [J]. Agricultural Research in the Arid Areas,2011,29(3):58-62. (in Chinese)

[14] 王正航,武仙山,昌小平,等. 小麦旗叶绿素含量及荧光动力学参数与产量的灰色关联度分析 [J]. 作物学报,2010,36(2):217-227.

Wang Z H,Wu X S,Chang X P,et al. Chlorophyll content and chlorophyll fluorescence kinetics parameters of flag leaf and their gray relational grade with yield in wheat [J]. Acta Agronomica Sinica,2010,36(2):217-227. (in Chinese)

[15] 李韶山,周嘉槐. 小麦叶片衰老过程中的代谢变化 [J]. 安徽师范大学学报:自然科学版,1990,13(3):37-42.

Li S S,Zhou J H. Metabolic changes in wheat leaf senescence [J]. Journal of Anhui Normal University:Natural Science Edition,1990,13(3):37-42. (in Chinese)

[16] 陆定志,傅家瑞,宋松泉. 植物衰老及其调控 [M]. 北京:中国农业出版社,1997:40-41,151-155.

Lu D Z,Fu J R,Song S Q. Plant senescence and its regulation [M]. Beijing:China Agriculture Press,1997:40-41,151-155. (in Chinese)