

冬小麦主要生育时期乙烯释放规律的研究

赵春江, 康书江, 李鸿祥, 郭晓维, 王纪华

(北京市农林科学院作物研究所, 北京 100089)

摘要: 测定了冬小麦不同群体条件下主要生育时期不同器官的乙烯释放量, 结果表明, 乙烯的释放是存在于小麦各生育时期的一种普遍的生理现象, 在不同穗位的分蘖和不同部位的小穗、小花及同位叶片的不同发育阶段, 其乙烯释放量存在着较大的差异: 起身期退化分蘖明显高于其它优势茎蘖, 拔节后迅速下降, 高密度下这一过程有所推迟; 劣势小穗和劣势小花高于优势小穗和优势小花; 功能初期和正在衰老的叶片高于功能盛期的叶片。表明乙烯参与了小麦优劣势器官转化的调控过程。

关键词: 小麦; 乙烯; 生育期; 释放

中图分类号: S512 110.1 文献标识码: A 文章编号: 1000-7091(1999)04-0045-05

乙烯是被公认的五大类植物内源激素之一, 目前的研究结果证明乙烯是植物细胞的正常代谢产物, 可对细胞的分裂与伸长、种子休眠与萌发、开花以及性别的分化、器官衰老、脱落产生影响, 其主要生理作用与果实的成熟和衰老器官的脱落紧密相关^[1,2]。近年来, 随着生物化学和分子生物学的发展, 尤其是生物技术的广泛应用, 促使对植物乙烯的生物化学代谢规律有了更加深入的认识, 使改造和进一步利用其生理功能成为现实。其中以利用反义 RNA 技术对番茄的乙烯代谢实施调节而达到控制成熟和贮藏保鲜的目的为最成功的范例^[3~5]。在小麦 (*Triticum aestivum* L.) 作物研究方面重点对逆境条件下乙烯的变化规律和与之相关的酶变化研究的较多^[5,6], 而对正常生长发育条件下小麦不同生育期乙烯的释放规律及其与作物生长发育的相关性研究较少。本研究试图通过对在大田生产条件下小麦不同群体主要生育时期的乙烯释放规律及其与器官发育的相关性分析, 进一步探讨乙烯对小麦优劣势器官的转化机制和可利用的调控途径。

1 材料和方法

1996~1997 年在北京市农林科学院作物所试验农场(壤土、中上等肥力)以品种京冬 8 号为供试材料, 分别设置 150, 450, 750 株/m² 3 个密度处理, 3 次重复, 田间按生产上常规管理。

取样: 定期观察记录小麦所处生育时期, 在小麦起身期、拔节后期分别取不同密度下主茎、优势(大)分蘖和劣势(小)分蘖; 在小麦开花期、灌浆期、子粒成熟期分别取不同叶位的春生叶片和主茎不同小穗位的小穗、不同小花位的子粒等器官测定每克鲜重乙烯释放量及灌浆等生理指标。其中分别取顶部 3 小穗、中部 3 小穗和基部 3 小穗作为顶部、中部和基部小穗处理,

收稿日期: 1998-10-08

基金项目: 国家自然科学基金(39770436)和北京市科技新星计划(951870900)资助项目。

作者简介: 赵春江, 男, 1964 年生, 研究员, 农学博士, 主要从事作物生理和农业信息技术研究工作。

每个处理材料重复 3 次。

分析测试: 在董建国等方法^[7]基础上, 对试验材料进行如下处理: 不同生育时期取得的试验材料按器官分类, 记录所取主茎、分蘖、叶片、小穗和子粒的数量和质量, 然后密闭于 50 mL 玻璃瓶中, 9 h 后用岛津 GC-7AG 气相色谱仪测定乙烯的释放量, 每个样品测 3 次重复。色谱条件: 采用 GDX-502、直径 3 mm×2 m 玻璃柱, FID 检测器, 柱温 70℃, 气化温度 110℃, 用标准乙烯气体样品作对照, 外标法定量分析。

2 结果与分析

2.1 分蘖两极分化期不同密度主茎、优势分蘖和退化分蘖的乙烯释放特点

起身、拔节期是小麦一生中很重要的生育时期, 小麦起身后茎蘖群体数量达到高峰, 逐渐从以营养生长为主转向以生殖生长为主过渡, 拔节后分蘖开始两极分化, 大部分主茎和优势分蘖生长发育占主导地位并最后成穗, 而相应的劣势分蘖逐渐退化、衰亡。由于群体的质量和数量不同, 分蘖两极分化的早晚略有差异, 但总体趋势一致。

2.1.1 起身期的乙烯释放 表 1 为起身期的乙烯释放量的测定结果, 3 个密度条件下主茎、优势分蘖和退化小蘖的单位鲜重释放量呈相同趋势, 即主茎低于优势分蘖, 而退化分蘖最高, 说明高乙烯释放量有利于退化分蘖的衰亡。其中 150 株/m² 的低密度下退化分蘖的乙烯释放量明显高于主茎, 在 450 株/m² 和 750 株/m² 的高密度下, 主茎与优势、退化分蘖的释放量相差较小, 说明随密度的增加, 主茎与分蘖之间的乙烯释放量差异逐渐变小, 主茎与分蘖相比其优势逐渐下降。单位器官乙烯释放量的测定结果规律性较差, 可能与器官的大小有关。

表 1 起身期不同密度麦田主茎和分蘖的乙烯释放量

部 位	150 株/m ²		450 株/m ²		750 株/m ²	
	单位器官 (ng/ PO)	鲜重 (ng/ g)	单位器官 (ng/ PO)	鲜重 (ng/ g)	单位器官 (ng/ PO)	鲜重 (ng/ g)
主茎	0.5740	0.1941	0.6870	0.2060	0.9150	0.2420
优势大蘖	0.3180	0.2726	0.4550	0.2140	0.0462	0.2760
退化小蘖	0.1790	0.3086	0.1790	0.2250	0.1410	0.2980

注: 退化小蘖为与优势分蘖相差一个叶龄以上的分蘖; PO 为单位器官。

2.1.2 拔节期的乙烯释放 表 2 为小麦拔节后期乙烯释放量的测定结果, 从单位器官的乙烯释放量分析, 3 个密度处理释放量共同存在着主茎、优势蘖、退化小蘖由大变小的趋势, 以 450 株/m² 的主茎释放量为最高, 且与优势蘖、退化小蘖释放量的差值较大, 而 150 株/m² 和 750 株/m² 的主茎与分蘖之间释放量差异较小。从单位鲜重茎蘖的乙烯释放量分析, 150 株/m²

表 2 冬小麦拔节后期主茎和分蘖的乙烯释放

部 位	150 株/m ²		450 株/m ²		750 株/m ²	
	单位器官 (ng/ PO)	鲜重 (ng/ g)	单位器官 (ng/ PO)	鲜重 (ng/ g)	单位器官 (ng/ PO)	鲜重 (ng/ g)
主茎	6.950	1.070	10.670	1.215	7.370	1.235
优势大蘖	5.600	1.820	6.520	1.935	—	—
退化小蘖	0.440	0.790	0.680	1.052	0.820	1.310

和450株/m²主茎、优势分蘖、退化小分蘖的释放量均存在优势分蘖>主茎>退化小蘖的规律;750株/m²退化分蘖的释放量略高于主茎。从3个密度的主茎、优势分蘖、退化小分蘖的乙烯释放量横向对比分析,有随密度的增加释放量也随之增加的趋势。这可能与高密度条件下分蘖的两极分化速度较慢有关,当正常密度条件下大量的小分蘖已完全退化死亡时,而高密度的小分蘖有可能处于分化高峰。

综合对比分析小麦起身、拔节两个时期的乙烯释放情况,在分蘖的两极分化过程中,优势分蘖与劣势分蘖不仅在形态上有明显的不同,而且体内生理代谢也存在较大的差异,乙烯作为内源激素参与了一系列的生理过程,在主茎和不同类型分蘖之间乙烯的释放量明显不同。在总体上两极分化前期(起身期)退化分蘖的乙烯释放量较高,两极分化后期(拔节后期)乙烯的释放量都有所下降,除高密度分化进程慢外,退化分蘖趋向死亡,乙烯释放量明显下降。不同群体条件下的优势茎蘖和退化分蘖的乙烯释放总体上随两极分化进程逐渐下降,但合理群体的下降较快,而大群体的则较慢。

因此可以认为乙烯促进了分蘖的两极分化,即促进分蘖的两极分化和加快退化分蘖衰亡。

2.2 开花期和灌浆期不同叶位春生叶片的乙烯释放

叶片作为小麦的重要器官,在发生、生长、衰老的变化过程中伴随着乙烯的释放变化,同一叶片在不同时期其乙烯的释放量表现为功能初期和处在衰老的阶段较高,功能盛期的叶片较低。同一生育时期的不同叶位叶片其乙烯的释放量变化与叶片的生理状态有关,正在衰老时期的叶片乙烯释放量明显比其他叶片高,如开花期的春2叶、灌浆中期的春3叶及春4叶、灌浆后期的春5叶都处于衰老状态,它们的乙烯释放量比同期的其它叶片明显偏高(表3)。

表3 开花期和灌浆中后期不同主茎叶片的乙烯释放量(密度:450株/m ²)						ng/g
时 期	春2叶	春3叶	春4叶	春5叶	旗 叶	
开花期	0.2610	0.1830	0.1250	0.2610	0.2570	
灌浆中期	—	0.2320	0.2520	0.1224	0.1960	
灌浆后期	—	—	0.0210	0.3080	0.1140	

2.3 不同灌浆时期的不同部位小穗乙烯释放

表4为不同灌浆时期不同部位小穗乙烯的释放量测定结果。可以看出灌浆初期和灌浆中期的顶部小穗和基部小穗的乙烯释放量明显高于中部小穗,顶部小穗与基部小穗相比,在灌浆初期前者的乙烯释放量高于后者,到中期二者基本相近,而到灌浆后期基本上很难测到乙烯的释放。

表4 不同灌浆时期不同部位小穗的乙烯释放量						密度:450株/m ²
时 期	顶部3个小穗		中部3个小穗		基部3个小穗	
	释放量 (ng/g)	灌浆速率 (g/d)	释放量 (ng/g)	灌浆速率 (g/d)	释放量 (ng/g)	灌浆速率 (g/d)
灌浆初期	0.5007	0.061	0.2275	0.112	0.3612	0.086
灌浆中期	0.2320	1.534	0.1070	2.114	0.2650	1.830
灌浆后期	0.0000	0.632	—	0.615	—	0.000

从同一部位小穗在不同时期的乙烯释放量来看,随着子粒灌浆进程的发展,乙烯的释放量都明显下降,其中顶端3个小穗降低幅度最大,达到0.27ng/g。

一般认为小麦小穗的发育以中部为优势,基部次之,顶端最差,从不同时期不同部位小穗

的乙烯释放量综合分析, 总体上是随小穗发育优势的减弱, 其乙烯的释放量不断增强, 即优势小穗的乙烯释放量低于劣势小穗, 说明乙烯参与了小麦小穗生长发育的调控过程。

2.4 不同灌浆时期不同花位子粒的乙烯释放

根据表 5 的测试结果分析, 同一花位子粒的乙烯释放量随着灌浆进程的发展而明显降低, 到灌浆后期基本检测不到, 3 个花位子粒具有相同的变化趋势。同一小穗的不同花位子粒其乙烯释放变化表现为: 无论子粒灌浆处于什么时期, 第 3 花位子粒的乙烯释放量均最高, 灌浆中期, 第 3 花位子粒的释放量分别是第 1、第 2 花位子粒的 1.5 和 2.3 倍; 到灌浆后期第 1、第 2 花位子粒的乙烯释放量达到不能检测出的微量时, 而第 3 花位仍有较强的乙烯释放; 而第 1、第 2 花位子粒的乙烯释放差异不大。

表 5 不同灌浆时期不同花位子粒的乙烯释放量					密度: 450 株/ m ²	
时 期	第 1 花位子粒		第 2 花位子粒		第 3 花位子粒	
	释放量 (ng/ g)	灌浆速率 (g/ d)	释放量 (ng/ g)	灌浆速率 (g/ d)	释放量 (ng/ g)	灌浆速率 (g/ d)
灌浆初期	0. 742	0. 570	0. 713	1. 020	0. 861	0. 620
灌浆中期	0. 288	2. 010	0. 179	2. 360	0. 410	2. 140
灌浆后期	—	0. 780	—	0. 195	0. 124	0. 013

一般认为同一小穗不同花位子粒发育优势依花位逐渐下降, 即第 1 花位> 第 2 花位> 第 3 花位, 密度较高群体偏大时, 一般第 3 小花发育的子粒很小或败育; 从灌浆速率与乙烯的释放关系分析看出, 灌浆速率高的时期既不是乙烯释放量的最高期, 也不是最低期, 而是处在乙烯释放量为中间水平的时期, 说明乙烯与灌浆存在着深层次的生理关系, 也就是说只有乙烯的代谢达到合理水平时, 子粒的灌浆速度才会最快, 这表明, 乙烯参与了小花和子粒的发育过程。

3 讨论

乙烯一直被认为是植物果实成熟、衰老和逆境等条件下的一种典型生理反应, 并作为重要的生理指标, 而综合分析本试验结果表明, 乙烯在小麦的不同器官和发育的不同阶段都普遍存在, 只是释放量有所差别。因此, 乙烯作为衰老等生理变化的代表指标不仅需要定性, 而且必须有定量的标准, 才能更准确的反映植物所处的生长发育状态。

小麦一生的生长发育过程中伴随着器官的不断分化和转化, 其中包括分蘖成穗过程中优势和劣势分蘖的转化, 在结实过程中优势和劣势小穗及小花的转化。如何提高成穗率和结实率, 即增加小麦有效积累和减少无效消耗, 是促进小麦产量进一步提高的关键。本文通过对不同时期和不同器官的乙烯释放研究, 证实乙烯在小麦优劣势分蘖、小穗和小花的转化和叶片的衰老过程中起着重要的调控作用。乙烯促进了分蘖、小穗和小花的两极分化, 同时加速了叶片功能的丧失, 走向衰老。这一结果为针对小麦的不同发育时期和生长条件进行有目的调控提供了依据。

参考文献:

- [1] 李宗霆, 周燮. 植物激素及其免疫检测技术[M]. 江苏科学出版社, 1996. 137—151.
- [2] 赵微平. 小麦生理和分子生物学[M]. 北京: 北京农业大学出版社, 1993. 101—102
- [3] Harry K. Molecular genetic approaches to plant hormone biology[J]. *Annu Rev Plant Physiol Plant Mol Bio*, 1991(42): 529—551.
- [4] Hamilton A. Antisense gene that inhibits synthesis of hormone ethylene in transgenic plants[J]. *Nature*, 1990(346): 284—287.
- [5] Yang S F. Ethylene biosynthesis and its regulation in higher plants. *Annu Rev Plant Physiol*[J], 1984(35): 155—189.
- [6] 汤福强, 刘愚, 施教耐, 等. 番茄子叶外植体芽的分化过程与乙烯释放的关系. *植物生理学报*[J]. 1996, 22(2): 152—156
- [7] 董建国, 俞子文, 余叔文. 在渍水前后的不同时期增加体内乙烯产生对小麦抗渍性的影响[J]. *植物生理学报*, 1983, 9(4): 383—389.

Regular Ethylene Release of Winter Wheat in Key Growth Stages

ZHAO Chun-jiang, KANG Shu-jiang, LI Hong-xiang,
GUO Xiao-wei, WANG Ji-hua

(Institute of Crop Beijing Municipal Academy of Agricultural and Forestry Sciences, Beijing 100081)

Abstract: Ethylene release of wheat organs in different density was measured during the different key growth stages. The results showed that release of ethylene was general physiological phenomenon in wheat growth and development stages, but there were big differences in quantity among different tillers, spikelets, florets in different position, and leaves in different developing stages. In general, ethylene release of the inferior tillers was higher than that of the superior ones and main stems before it decreased in the jointing period. This process was postponed in high-density populations. Ethylene release of inferior spikelets and florets was higher than that of superior ones. Ethylene release of early functional leaves and senescent leaves was higher than that of full functional leaves. The result also demonstrated that ethylene might regulate the transience of superior and inferior organs.

Key words: Wheat (*Triticum aestivum* L.); Ethylene; Growth stage; Release