

文章编号: 1000-8551(2005)03-228-04

植物生长调节剂对冬小麦籽粒灌浆期 源库关系的调控

张玲娥¹ 张 萍²

(1. 中国农业大学, 北京 100094; 2. 中国农业科学院原子能利用研究所, 北京 100094)

摘 要: 用¹⁴C-示踪的方法研究冬小麦籽粒灌浆期在穗部施用植物生长调节剂, 对小麦产量形成的影响。结果表明, 脱落酸(ABA)和赤霉素(GA₃)对灌浆冬小麦源库之间以及同化物的运输和分配有着调控作用。ABA的施用对冬小麦籽粒灌浆期,¹⁴C-同化物运输和分配起阻碍作用, 而GA₃则起促进作用。

关键词: ¹⁴C-同化物; 冬小麦; 库活性; 脱落酸; 赤霉素

ADJUSTMENT OF PLANT GROWTH REGULATORS IN SOURCE-SINK RELATIONSHIP DURING GRAIN FILLING OF WINTER WHEAT

ZHANG Ling-e¹ ZHANG Ping²(1. China Agricultural University, Beijing 100094; 2. Institute for Application of Atomic Energy,
Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing, 100094)

Abstract: Taking relationship, translocation and distribution of photosynthesis assimilates as indexes, the adjustment of plant growth regulator in source-sink was investigated by ¹⁴C-tracer technique during grain filling of winter wheat. The results show that the application of ABA and GA₃ affect the translocation and distribution of the ¹⁴C-assimilates. Application of ABA inhibits and GA₃ stimulates effect on the translocation and distribution of ¹⁴C-assimilates.

Key words: ¹⁴C-assimilate; winter wheat; sink activity; Gibberellin's Acid (GA₃); abscisic Acid (ABA)

小麦的穗数、穗粒数、粒重是影响产量的主要因素。遮荫试验表明, 籽粒的大小和粒数在籽粒灌浆前已奠定, 在籽粒灌浆期前遮荫比籽粒灌浆期间遮荫产量降低的幅度更大^[1,2]。同化物的运输和分配与内源植物激素有关, 且最终影响籽粒的重量。GA₃和ABA对胚乳细胞的大小和数目都产生影响, 如在灌浆初期细胞分裂仍在进行, 胚乳中积累有大量的GA₃^[3]。但物质的运输是一个相互协调的系统, 在营养生长期遮荫使得籽粒重量下降可能是库容降低的结果, 其因果关系可能是: 遮荫 → 激素平衡发生变化 → 库容降低 → 光合作用受抑制。本文就ABA和GA₃对灌浆期冬小麦源库之间以及同化物的运输和分配的影响进行了研究。

1 材料与方法

1.1 材料

冬小麦原冬3号由中国农业科学院原子能利用研究所小麦组提供。种子适时播种于该所农场5m×5m试验小区, 常规管理。

收稿日期: 2004-02-12

作者简介: 张玲娥(1970-), 女, 山西侯马人, 助理研究员, 从事资源环境科学研究。Email: zhanglingafter@163.com

1.2 方法

1.2.1 植物生长调节剂的施用 选长势开花相对一致(±1d)的植株挂牌,并于开花后第10天的18:30用毛笔分别蘸浓度均为20mg/L的ABA及GA₃涂穗,每株5ml,以不涂激素为对照,每处理27株,在第2天同时间重复一次。

1.2.2 ¹⁴CO₂ 饲喂 在完成激素处理的第2天上午8:00,对植株进行饲喂,每处理24株,标记叶为旗叶。具体饲喂方法见文献[4]。

1.2.3 样品处理 在饲喂后1、2、4、7、10、14、17、24和48h后分别取地上植株部分,并立即分解为旗叶、籽粒和其它剩余植株3部分。分别在105℃杀青10min,80℃烘干,称重后粉碎样品,待测。

1.2.4 样品的测量 旗叶和籽粒中可溶性糖、蔗糖和淀粉的提取方法见文献[5]。

各部位¹⁴C-同化物、¹⁴C-可溶性糖和¹⁴C-蔗糖的测量在BH1216型低本底、测量装置上测定。其中旗叶总¹⁴C-同化物的测定样品50mg;旗叶¹⁴C-蔗糖的样品制备如下:将20μl层析液用薄层层析法分离蔗糖等(展开剂为乙酸已酯:乙醇:冰醋酸=16:4:3),将分离出来的含有蔗糖的硅胶剂从层析板上刮下来称重,取50mg测定;旗叶¹⁴C-可溶性糖样品的制备如下:取20μl层析液滴入测定盘中干燥后直接测量。每测量重复3次。

旗叶¹⁴C-淀粉含量测定如下:从旗叶淀粉提取液中取出400μl于液闪杯中,加入2.5ml的闪烁液(闪烁液为500ml二氧六环加PPO3g,POPOP0.2g,曲拉通10ml),在LKB1217PACKBETA液体闪烁谱仪上测量。

籽粒部分¹⁴C-同化物、¹⁴C-可溶性糖、¹⁴C-蔗糖和¹⁴C-淀粉的提取与测定的方法均与旗叶一致,只是籽粒部分¹⁴C-同化物的测定样品为100mg。

2 结果与分析

2.1 施用 ABA、GA₃ 对旗叶同化物输出和转化的影响

2.1.1 饲喂后旗叶中¹⁴C-同化物的变化

表1 ABA、GA₃ 处理穗部后旗叶¹⁴C-同化物的变化
Table 1 The change of ¹⁴C-assimilates in flag leaf after ABA、GA₃ application
(旗叶中/整株中, in flag leaf/ in whole plant; %)

处理 treatment	饲喂后时间 time after feeding (h)									
	0	1	2	4	7	10	14	17	24	48
ABA	100	83.12	64.80	56.06	54.29	50.54	45.75	32.35	34.84	30.47
GA ₃	100	79.64	56.93	50.89	48.03	45.71	31.99	29.06	26.95	24.64
CK	100	81.28	60.05	53.74	50.11	48.87	40.48	33.19	30.53	27.22

旗叶中¹⁴C-同化物在饲喂后不同时间的滞留情况见表1。可以看出,饲喂后1h内输出最快,17h后合成与输出趋于平衡,24h和48h的¹⁴C-同化物在旗叶中滞留量基本一样,说明同化物的运输周期为24h。ABA、GA₃在穗部的施用对同化物在旗叶的输出趋势没有影响,但ABA处理使旗叶中同化物的输出较对照略低,而GA₃处理则使同化物的输出略高于对照。

2.1.2 饲喂后旗叶中¹⁴C-可溶性糖、¹⁴C-蔗糖和¹⁴C-淀粉的动态变化

从表2可以看出,随着旗叶¹⁴C-同化物的输出,¹⁴C-可溶性糖和¹⁴C-蔗糖也不断向外输出,且¹⁴C-蔗糖输出要快于¹⁴C-可溶性糖。喂后4h¹⁴C-可溶性糖和¹⁴C-蔗糖输出已趋于稳定。

但ABA处理表现为抑制两种糖分的输出,而GA₃处理表现为促进糖分的输出。

旗叶¹⁴C-淀粉的水平在饲喂1h后基本保持稳定,各处理间以及各处理在喂后不同的时间¹⁴C-淀粉含量的变化均无显著差异,这说明ABA、GA₃的施用没有影响同化物的输出趋势。¹⁴C-淀粉含量基本不变也反映出可溶性糖和蔗糖在源端的运输是通畅的,因当同化物运输受阻时,来不及运出的¹⁴C-蔗糖会在液泡中暂时积累,引起源端旗叶中¹⁴C-淀粉的积累。

表 2 穗部施用 ABA、GA₃ 后旗叶中¹⁴C-可溶性糖、¹⁴C-蔗糖和¹⁴C-淀粉的动态变化Table 2 The change of ¹⁴C-soluble sugar, ¹⁴C-sugar and ¹⁴C-starch in flag leaf after ABA、GA₃ application

(旗叶中/整株中, in flag leaf/ in whole plant; %)

糖分种类 sugar	处理 treatment	饲喂后时间 time after feeding (h)									
		0	1	2	4	7	10	14	17	24	48
¹⁴ C-蔗糖 ¹⁴ C-sugar	ABA	100	38.69	16.49	15.15	14.64	13.41	12.85	10.84	9.75	8.31
	GA ₃	100	27.92	10.65	7.68	7.30	7.18	4.11	4.95	4.33	4.10
	CK	100	30.68	13.85	13.81	12.35	10.31	8.57	7.63	6.91	6.78
¹⁴ C-可溶性糖 ¹⁴ C-soluble sugar	ABA	100	62.97	52.56	38.45	33.11	35.54	34.59	22.19	18.94	12.92
	GA ₃	100	46.19	35.30	27.94	25.92	24.49	14.04	10.84	9.871	7.87
	CK	100	51.22	38.50	33.06	30.59	27.37	23.70	17.18	4.84	11.28
¹⁴ C-淀粉 ¹⁴ C-starch	ABA	0	6.50	9.98	9.48	9.78	10.00	9.68	9.25	11.10	11.55
	GA ₃	0	9.67	10.29	10.77	10.98	9.09	8.47	9.02	9.77	10.96
	CK	0	11.79	11.23	10.88	11.41	9.61	8.96	9.47	8.04	9.03

2.2 施用 ABA、GA₃ 对籽粒中¹⁴C-同化物积累和转化的影响

2.2.1 饲喂后不同时间¹⁴C-同化物在籽粒中的积累动态

穗部施用 ABA、GA₃ 后¹⁴C-同化物在籽粒中的积累动态见表 3。可以看出,冬小麦籽粒灌浆期,旗叶同化¹⁴CO₂ 并将其转化为¹⁴C-同化物后,大部分都运往籽粒。¹⁴C-同化物在籽粒的积累非常迅速,24h 内已接近最大值,48h 时,¹⁴C-同化物由剑叶转运到籽粒中的速率已经很低。穗部施用 ABA 抑制了同化物在籽粒中的积累,而施用 GA₃ 促进了同化物在籽粒中的积累。饲喂后 24h 两个处理的籽粒中¹⁴C-同化物分别为 54.17% 和 64.82%。

表 3 ABA、GA₃ 处理后籽粒中¹⁴C-同化物的变化Table 3 The change of ¹⁴C-assimilates in grain after ABA、GA₃ application

(籽粒中/整株中, in grain/ in whole plant; %)

处理 treatment	饲喂后时间 time after feeding (h)									
	0	1	2	4	7	10	14	17	24	48
ABA	0	2.17	17.87	25.28	26.82	36.97	45.07	50.84	54.17	61.80
GA ₃	0	4.48	23.78	31.72	34.74	41.15	53.88	58.08	64.82	68.44
CK	0	3.45	20.91	28.64	31.62	39.62	50.94	54.42	58.91	65.65

2.2.2 籽粒中¹⁴C-可溶性糖、¹⁴C-蔗糖的变化

当¹⁴C-可溶性糖和¹⁴C-蔗糖运输到籽粒后,绝大部分转化成淀粉,且转化非常快。¹⁴C-可溶性糖和¹⁴C-蔗糖在籽粒中的积累动态是先随饲喂时间的增加而明显增加,在饲喂后 4h 具有明显峰值,之后随着时间的延长而下降,在饲喂后 24h 趋于稳定。可能由于¹⁴C-同化物在籽粒中的卸出过快,而卸出的¹⁴C-可溶性糖和¹⁴C-蔗糖来不及转化,导致积累。而随着时间的推移,积累的¹⁴C-可溶性糖和¹⁴C-蔗糖转化为淀粉,使得籽粒¹⁴C-可溶性糖和¹⁴C-蔗糖的含量下降。穗部经 GA₃ 处理,饲喂后 4h 籽粒中¹⁴C-可溶性糖和¹⁴C-蔗糖积累的峰值要明显高于对照,而经 ABA 处理,饲喂后 4h 籽粒中¹⁴C-可溶性糖和¹⁴C-蔗糖积累的峰值要明显低于对照。

2.2.3 不同处理的籽粒中¹⁴C-淀粉的转化速率

籽粒中淀粉形成非常快,在饲喂后 24h 内呈线性上升。饲喂后 24h 对照籽粒¹⁴C-淀粉含量已达 46.4% (表 4)。由此可以看出,籽粒是一个强大的库。表 5 为各处理饲喂 24h 后¹⁴C-淀粉转化速率。已知在籽粒中同化物在各种酶的作用下主要转化成淀粉,不同的处理对淀粉在籽粒中的转化速率的影响不一样。经 ABA 处理的植株籽粒中淀粉的转化速率要明显低于对照,而经 GA₃ 处理的则明显高于对照。

表 4 穗部施用 ABA、GA₃ 后籽粒中¹⁴C-可溶性糖、¹⁴C-蔗糖、¹⁴C-淀粉的动态变化

Table 4 The change of ¹⁴C-soluble sugar, ¹⁴C-sugar and ¹⁴C-starch in grain after ABA、GA₃ application
(籽粒中/整株中, in grain/ in whole plant; %)

糖分种类 sugar	处理 treatment	饲喂后时间 time after feeding (h)								
		1	2	4	7	10	14	17	24	48
¹⁴ C-蔗糖 ¹⁴ C-sugar	ABA	0.72	3.33	8.69	8.28	6.81	6.34	5.57	4.43	3.39
	GA ₃	1.01	8.16	12.72	7.17	5.04	3.79	2.90	1.50	1.26
	CK	0.87	5.41	11.19	9.21	6.59	4.32	3.11	2.73	2.50
¹⁴ C-可溶性糖 ¹⁴ C-soluble sugar	ABA	1.17	8.21	14.81	14.57	14.24	13.26	12.18	11.87	10.29
	GA ₃	3.23	15.80	23.97	18.67	16.28	11.30	10.78	9.45	7.02
	CK	1.68	13.26	20.43	16.88	14.17	12.47	11.25	10.66	8.89
¹⁴ C-淀粉 ¹⁴ C-starch	ABA	0.74	1.12	3.72	7.27	13.12	23.11	33.16	40.21	48.71
	GA ₃	1.06	6.31	6.20	14.72	17.84	27.49	40.25	50.16	56.85
	CK	0.95	4.73	5.87	12.51	14.51	26.70	37.76	46.64	53.11

表 5 ABA、GA₃ 处理穗部后 1d¹⁴C-淀粉的转化速率

Table 5 The transformation speed of the ¹⁴C-starch after the application of the ABA、GA₃

处理 treatment	ABA	GA ₃	CK
转化速率 transformation speed	1.55 %/h	2.44 %/h	2.14 %/h

由此可得出,冬小麦在籽粒灌浆期穗部施用 ABA 会抑制同化物在籽粒的卸出,同时也减慢了淀粉的转化速率,而 GA₃ 的施用则促进了籽粒同化物的卸出,同时籽粒中淀粉的转化速率要明显高于对照。

3 结论和讨论

在作物产量形成过程中,源将直接影响生物产量,库更多的是影响经济产量。综上所述,在冬小麦籽粒灌浆期,源能为库提供充足的光合产物,而库利用来自源的光合产物的能力是有限的,从而使得库端¹⁴C-可溶性糖和¹⁴C-蔗糖出现了饱和状态。说明库活性是有一定限度的。经 GA₃ 处理后,籽粒中可溶性糖和蔗糖的聚积明显高于对照。ABA 的施用使得此峰值明显低于对照,表明前者在处理可溶性糖和蔗糖的能力方面明显强于后者^[4],说明不同激素对库活性的影响是不同的^[6]。

在本试验中,由于库端激素的使用,使得旗叶¹⁴C-同化物的输出有所变化,这或许是由于激素的施用使得库活性有所改变,从而使库端对同化物的需求改变,进而影响了旗叶¹⁴C-同化物的输出。Blum 在小麦去粒的试验中得出,由于去粒得到了较小的库,会显著降低源的活力^[7]。当在去粒试验中给予胁迫条件时,可以看到植株旗叶碳交换率降低。该现象可解释为在脱落酸的影响下降低了气孔传导力^[1],即源库关系受制于植物生长调节剂而非光合产物的反馈^[8]。该结论支持了我们的试验结果,但仍需做进一步的研究。

致谢:本实验是在于凤义研究员的悉心指导下完成的,特此致谢。

参考文献:

[1] Gifford R M, Thorne J N, Hitz W D. Crop productivity and photoassimilate partitioning. Science, 1984, 225: 801 ~ 808
[2] Stoy V. Photosynthesis, respiration and carbohydrate accumulation in spring wheat in relation to yield. Physiol Plant, Suppl, 1965, IV
[3] Mounla M A, Kh, Michael G. Gibberellin-like substances in developing barley grain and their relation to dry weight increase. Physiol Plant, 1973, 29: 274 ~ 276
[4] 于凤义,张玉文,张 萍,等.春小麦灌浆期功能叶¹⁴C-同化物源-库调控.华北农学报,1997,12(3):30 ~ 35
[5] 张玉文,张 萍,于凤义,李小云,等.春小麦籽粒灌浆期旗叶¹⁴C-同化物在库端卸出的昼夜变化.核农学报,1995,9(4):225 ~ 229
[6] Jones R J, Mansfield T A. Suppression of stomatal opening in leaves treated with abscisic acid. J. Exp. Bot, 1970, 21:714 ~ 719
[7] Blum A, Mayer J, Golan G. The effect of grain number per ear (sink size) on source activity and its water-relations in wheat. Journal Experimental Botany, 1988, 39: 106 ~ 114
[8] Geiger D R. Effects of translocation and assimilate demand on photosynthesis. Canadian Journal of Botany, 1976, 54: 2337 ~ 2345