

UV-B 辐射增强对小麦籽粒化学组分的影响^{*}

徐建强 肖 薇 张荣刚 王传海 郑有飞

(南京气象学院环境科学系, 南京, 210044)

摘 要 在自然光照射条件下, 研究了 UV-B 辐射增强对小麦籽粒中可溶性糖、淀粉、赖氨酸、蛋白质等化学组分及其相互转化的影响. 结果表明: 增加 $0.25\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$ 的 UV-B 辐射使灌浆期的小麦籽粒中可溶性糖含量显著高于对照, 淀粉含量变化幅度增大, 赖氨酸含量下降速度较快, 成熟期总蛋白质含量增加. 增加 $0.75\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$ 的 UV-B 辐射能降低成熟籽粒中可溶性糖和淀粉的含量, 增加赖氨酸及总蛋白质的含量.

关键词 UV-B 辐射, 冬小麦, 化学组分.

国内外对 UV-B 辐射对植物的生物学效应、农作物特别是生长箱内作物的生长发育和产量形成、产量结构等影响进行了大量的研究^[1-5], 但对影响大田作物品质的化学组分的研究相对较少.

本文研究了大田条件下 UV-B 辐射增强对小麦籽粒中可溶性糖、淀粉、赖氨酸、蛋白质等化学组分及其转化的影响. 这是 UV-B 辐射增加生物学效应的一项重要基础研究, 也是农作物产量品质变化途径的实践研究.

1 实验部分

1.1 实验方法

试验于 2001 年 11 月—2002 年 5 月在南京气象学院农业气象试验站进行, 供试材料为宁麦 3 号, 大田种植, 试验田土壤肥力中等偏上, 基本均匀一致. 试验分成三个处理, 设一组重复. 2001 年 10 月统一播种, 每小区播种密度、播种深度均匀一致.

采用可升降式 UV-B 辐射灯架, 架于植株上方, 在小麦从返青期设三个试验处理: 对照 (CK, 自然光)、处理 1 (T1: 紫外辐射增强 $0.25\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$, 相当于南京地区夏季日平均 UV 辐射增强 3.0%)、处理 2 (T2: 紫外辐射增强 $0.75\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$, 相当于南京地区夏季日平均 UV 辐射增强 8.0%), 每天 9:00—16:00 照射 7h, 直至成熟为止.

齐穗扬花期开始每隔 4d 取样一次, 每个处理按随机取样法取有代表性的小麦 5 株, 直至成熟. 收获籽粒风干, 用高速粉碎机粉碎制样, 每一化学组分的测定结果均为 4 次重复测定的平均值, 以样品干基百分率表示, 并作显著性检验.

1.2 分析测定

2003 年 7 月 6 日收稿.

^{*} 国家自然科学基金 (40175029)、海外青年学者合作研究基金 (40028503) 和江苏省“333”工程资助项目.

可溶性糖、淀粉含量的测定采用蒽酮比色法^[6]. 赖氨酸含量的测定采用茚三酮比色法^[6]. 按照黄维南的方法对每一样品进行蛋白质 4 种组分分离^[7], 蛋白质含量的测定采用考马斯亮蓝法^[6].

2 结果与讨论

2.1 UV-B 辐射增强对小麦籽粒可溶性糖含量的影响

灌浆期 T1 小麦可溶性糖含量比 CK 大, 其中 5 月 13 日的观测结果表明, 其增大程度通过 0.05 的信度检验, T2 略低于 CK; 而灌浆期结束至收获, T1<CK, 且其差异在收获期通过 0.05 的信度检验, T2 处理与 CK 的差异不明显 (图 1).

2.2 UV-B 辐射增强对小麦籽粒淀粉含量的影响

淀粉含量的变化如图 1 所示, CK 的淀粉累积最慢, 但一直呈上升态势, 而 T1 和 T2 达最大值后开始下降; T1 的变化比 CK 和 T2 提前; 成熟期前 T2 比 CK 大. 收获后籽粒中淀粉的含量 CK>T1>T2, 其中 T2 较 CK 下降程度通过 0.05 的信度检验, T2 较 T1 下降程度通过 0.01 的信度检验, 结果见表 1. T2, T1, CK 小麦籽粒中淀粉的含量先后达到最大值, 分析产生这一现象的原因可能与 UV-B 增强促进小麦的衰老^[8]有关. 而收获时淀粉的减少可能与 UV-B 处理下小麦提前成熟未能及时收获导致小麦籽粒呼吸消耗有关, 或是后期蛋白质的增加导致了淀粉含量的相对减少.

由图 1 可见, 可溶性糖和淀粉含量的变化有相反的趋势, 说明可溶性糖向淀粉转化, 其中 5 月 13 日至 5 月 17 日, T1 可溶性糖的含量下降最快, 相应的其淀粉的含量迅速增加.

2.3 UV-B 辐射增强对小麦籽粒赖氨酸百分含量的影响

由图 1 可以看出, 小麦籽粒中赖氨酸的含量在整个灌浆-成熟阶段总体呈下降趋势, 与图 2 中水溶性蛋白含量的变化趋势相反. 但不同处理条件下不同阶段的变化幅度不同: CK 最大, T1 次之, T2 最小, 这可能与 UV-B 辐射增加使小麦代谢在一个较低的水平上进行有关. 至收获期, T2 处理的小麦籽粒中, 赖氨酸的含量均显著高于 T1 和 CK (如表 1 所示).

表 1 收获期不同处理条件下小麦籽粒中各种成分的含量

Table 1 The content of different components in wheat seeds in harvesttime

物 质	可溶性糖/ %	淀粉/ %	赖氨酸/ %	蛋白质/ %
(T1-CK)/CK	- 18.84	- 1.05	5.11	19.98
(T2-CK)/CK	- 11.83	- 11.70*	62.01*	20.57

* 表示差异通过 0.05 的信度检验.

2.4 UV-B 辐射增强对小麦籽粒蛋白质及 4 种组分含量的影响

2.4.1 对小麦籽粒总蛋白质含量的影响

小麦籽粒中总蛋白质含量为: T2>T1>CK, 变化幅度 T2 最为缓慢, T1 次之, CK

最大, 如图 1 所示. 收获期 T1 小麦籽粒中总蛋白质含量比 CK 高出 20.0%, T2 比 CK 高出 20.6%, T2 略高于 T1, 如表 2 所示. 由此表明, UV-B 辐射增强使小麦籽粒的品质变好. 就小麦品质性状的相关性而言, 蛋白质含量与赖氨酸含量成极显著正相关^[9], 我们的实验结论与此基本一致.

在 5 月 17 日以前有一次较大的波动, 这可能因为氨基酸与蛋白质之间相互转化, 即二者含量为负相关. 另外, 5 月 13 日前后可能有充足的灌浆碳水化合物进入籽粒中, 稀释了蛋白质的浓度, 导致蛋白质的含量较低^[8].

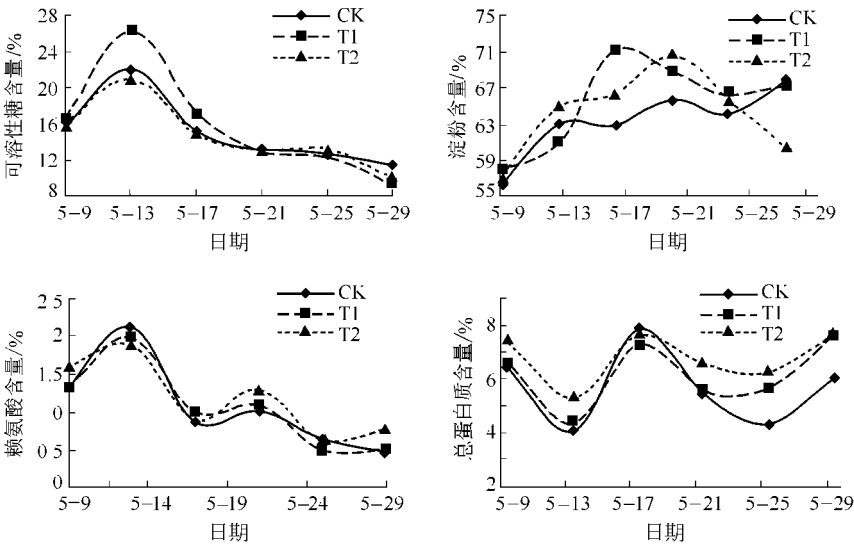


图 1 小麦灌浆-成熟期籽粒中不同组分的含量

Fig. 1 Content of different components of wheat in milking mature stage

表 2 冬小麦籽粒中总蛋白及不同介质蛋白含量的变化

Table 2 The content of total protein and protein in different media in wheat seeds

处 理	总蛋白/ %	水溶性蛋白/ %	盐溶性蛋白/ %	醇溶性蛋白/ %	碱溶性蛋白/ %
CK	6.38(100.0)	2.76(100.0)	0.73(100.0)	1.19(100.0)	1.70(100.0)
T1	7.65(120.0)	1.67(60.6)	0.70(96.4)	3.08*(258.9)	2.20*(129.5)
T2	7.69*(120.6)	2.07*(74.9)	0.92(126.1)	2.39*(201.1)	2.31*(136.1)

* 表示相对于对照的差异通过 0.05 的信度检验.

2.4.2 对小麦籽粒蛋白质 4 种组分含量的影响

小麦籽粒中的蛋白质根据他们在不同介质中的溶解性, 主要有以下 4 类: 清蛋白 (白蛋白, 又叫水溶性蛋白)、球蛋白 (盐溶性蛋白)、醇溶性蛋白、谷蛋白 (碱溶性蛋白)^[11]. 蛋白质的不同组分是评价粮油籽粒蛋白质品质的一个重要指标, 非醇溶性蛋白中氨基酸组成往往比较完全, 特别是人体必需的氨基酸含量高于醇溶性蛋白^[6]. 因此, 较少剂量 T1 的 UV-B 辐射增强对小麦籽粒总蛋白质和盐溶性、水溶性蛋白含量的提高, 较多剂量 T2 对总蛋白质及其 4 种组分的提高, 势必提高小麦的品质.

在表 2 中, 水溶性蛋白减少, T1 和 T2 分别比 CK 减少了 39.4 和 25.1 个百分点, 其中 T2 与 CK 的差异达到显著性水平; 盐溶性蛋白基本上是增加的, T2 比 CK 增加了 26.1 个百分点, T1 处理下与 CK 相比没有太大的变化; 碱溶性蛋白增加较多, T1 和 T2 分别比 CK 增多了 29.5 和 36.1 个百分点, 其中 T1, T2 与 CK 的差异均达到显著性水平, 这可能是赖氨酸的增加主要体现在碱溶性蛋白的增多上, 就这一点而言, 小麦籽粒的品质是变好的; 醇溶性蛋白增加更多, T1, T2 分别比 CK 增多了 158.9 和 101.1 个百分点, 其中 T1, T2 与 CK 的差异同样达到显著性水平, 由于醇溶性蛋白所含人体必需的氨基酸较少, 因而, 醇溶性蛋白增多会导致小麦的品质变差.

从图 2 可以看到, 水溶性蛋白在整个灌浆-成熟阶段基本趋势上是增加的, 这一点与图 1 赖氨酸含量的变化曲线对应的很好, 体现了氨基酸与蛋白质之间转化的规律性, 并且在整个变化过程中基本上表现为自然条件下的赖氨酸含量要大于 T1 和 T2. 而赖氨酸含量较多的水溶性蛋白减少会影响小麦籽粒的品质.

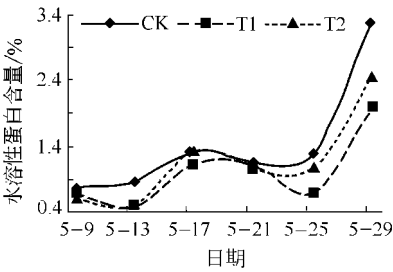


图 2 小麦籽粒中水溶性蛋白含量的变化

Fig. 2 The change of water soluble protein content in wheat seeds

由以上的分析可以看出, UV-B 增加处理下尽管出现了水溶性蛋白的减少以及醇溶性蛋白的增加, 但总体上 UV-B 增加处理下可溶性糖及淀粉的含量减少. 总蛋白质及赖氨酸含量增加, 说明小麦的食用价值提高.

3 结论

UV-B 辐射增强使小麦灌浆期籽粒可溶性糖含量明显高于对照, 淀粉含量变化幅度增大; 灌浆期赖氨酸含量下降速度增加; 增加成熟期总蛋白质、醇溶性和碱溶性蛋白含量, 降低水溶性和盐溶性蛋白含量.

UV-B 辐射增强将影响小麦籽粒化学组分的转化, 最终使小麦籽粒的赖氨酸和蛋白质含量增加、淀粉含量下降, 使小麦籽粒品质提高. 我们认为, UV-B 辐射增强可能对酶的生物活性产生影响, 导致可溶性糖向淀粉转化的减少, 而氨基酸向蛋白质的转化有所增加.

参 考 文 献

[1] Schmalwieser A W, Schaubeger G, Janouch M et al., World Wide Forecast of the Biologically Effective UV Radiation:

- UV Index and Daily Dose. Proceedings of SPIE: Ultraviolet Ground and Space Based Measurements, Models, and Effects. 2002, Vol. **4482** 259—264
- [2] Walter Shea E, Yuen G, Hubbard K et al., Bacterial Survival in Turfgrass as Predicted from the UN Environment. Proceedings of SPIE: Ultraviolet Ground and Space Based Measurements, Models, and Effects. 2002, Vol. **4482** 297—304
- [3] Zheng Y F, Gao W, Slusser J R et al., Yield and Yield Formation of Winter Wheat in Response to Enhanced Solar Ultraviolet B Radiation. Proceedings of SPIE: Ultraviolet Ground and Space Based Measurements, Models, and Effects. 2002, Vol. **4482** 335—340
- [4] 李元, 王勋陵, 紫外辐射增加对春小麦生理、产量和品质的影响. 环境科学学报 [J], 1998, **18** (5) : 504—509
- [5] Teramura A H, Effect of Ultraviolet B Radiation on the Growth and Yield of Crop Plants. *Physiol. Plant*, 1983, **58** 415—427
- [6] 何照范, 粮油籽粒品质及其分析技术 [M]. 北京: 农业出版社, 1985, 57—62
- [7] 中国科学院上海植物生理研究所、上海市植物生理学会编. 现代植物生理学实验指南 [M]. 北京: 科学出版社, 1999, 143—144
- [8] 杨春霞, 小麦产量与若干品质性状的相关研究. 耕作与栽培, 2001, **3** 11—12
- [9] 杨崇力, 罗树中, 小麦产量和品质若干性状的相关性. 浙江农业大学学报, 1990, **16** (2) : 242—246

THE EFFECT OF ENHANCED UV-B RADIATION ON THE CHEMICAL CONSTITUENT OF WHEAT

XU Jian-qiang XIAO Wei ZHANG Rong-gang WANG Chuan-hai ZHENG You-fei

(Department of Environmental Sciences, Nanjing Institute of Meteorology, Nanjing, 210044)

ABSTRACT

In the conditions of field and natural light, the effect of enhanced UV-B radiation on the chemical constituent and transformation of wheat seeds, such as soluble sugar, starch, lysine and protein have been investigated. The result indicates that UV-B radiation of $0.25\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$ increases the content of soluble sugar, enhances the changes of starch and lysine; UV-B radiation of $0.75\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$ reduces soluble sugar and starch content, increases the content of lysine and total protein.

Keywords: UV-B radiation, wheat, chemical constituent.