

Effects of Reflective Film on Spinach Yield and Carotenoid Accumulation

Jin Huang^{1,2}, Bodi Hui^{1*}

¹Department of Food Science, Beijing Union University, Beijing

²Cofco Nutrition and Health Research Institute Co., LTD., Beijing

Email: huangjin1@cofco.com, bodi_hui@buu.edu.cn

Received: June 17th, 2019; accepted: July 2nd, 2019; published: July 9th, 2019

Abstract

Spinach is a popular green leafy vegetable. During photosynthesis, spinach absorbs light energy mainly from the upper surface of the leaves. In this study, reflective film was used to increase the intensity of light on the back of spinach leaves. The results from this study showed that, compared with the control group, after 90 days of growth, the yield of spinach increased by 19.16% (fresh weight), the contents of lutein from the edible parts reduced by 1.30% and its edible portion β -carotene increased to 0.63% (dry weight).

Keywords

Spinach, Light Supplementary on Leaf Back, Reflective Film, Yield, Beta-Carotene, Lutein

反光地膜对菠菜产量及类胡萝卜素积累的影响

黄金^{1,2}, 惠伯棣^{1*}

¹北京联合大学食品科学系, 北京

²中粮营养健康研究院有限公司, 北京

Email: huangjin1@cofco.com, bodi_hui@buu.edu.cn

收稿日期: 2019年6月17日; 录用日期: 2019年7月2日; 发布日期: 2019年7月9日

摘要

菠菜是一种被普遍食用的绿色叶菜。菠菜在进行光合作用时,吸收直射光能的主要部位是叶子的上表面。在本项研究中,应用反光地膜增加了菠菜叶片背面的光照强度。实验结果表明:相对于对照组,应用反

*通讯作者。

光地膜后, 经过90天的生长, 菠菜增产19.16% (鲜重计), 可食用部分中的叶黄素减少了1.30%, β -胡萝卜素增加了0.63% (以干重计)。

关键词

菠菜, 叶背补光, 反光地膜, 产量, β -胡萝卜素, 叶黄素

Copyright © 2019 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

绿色植物在接受光照时, 叶子上表面进行光合作用, 光合作用是农作物产量和营养物质的形成基础, 作物干物质的 90%~95% 来自于光合作用[1] [2]。叶子下表面主要进行光呼吸作用, 光呼吸作用可以减弱光合作用, 降低作物产量, 光呼吸是植物生理过程中必不可少的代谢过程[3] [4]。本文研究针对叶背补光, 增加光合利用率, 提高作物光照干物质积累的探究。

类胡萝卜素类物质大多来源于植物食品, 其中菠菜中 β -胡萝卜素(图 1)和叶黄素含量(图 2)占有很大比例, β -胡萝卜素是维生素 A 的前体物质, 它在人体肠道内可转化为维生素 A, 是目前最安全的补充维生素 A 的途径。据发现叶黄素在人体视网膜的黄斑处有极高浓度, 是黄斑色素的重要组成, 能够有效淬灭单线态氧, 降低光损伤对视网膜的伤害, 维持正常的视觉功能。因此提高菠菜的产量和增加菠菜中 β -胡萝卜素和叶黄素含量, 具有重要的影响[5]。

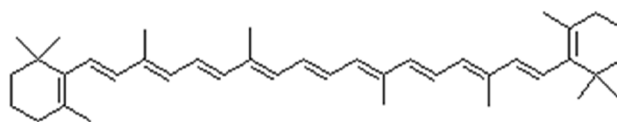


Figure 1. The molecular structure of β -carotene

图 1. β -胡萝卜素的分子结构式

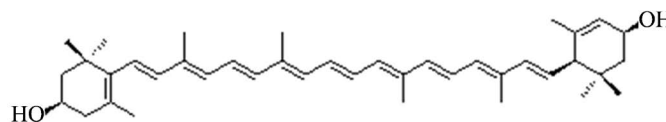


Figure 2. The molecular structure of lutein

图 2. 叶黄素的分子结构式

本文通过在地面铺设镀铝膜等反光材料, 将太阳或人工光源所发射的光线进行多角度反射用于增加植物叶片背面的受光面积[6] [7] [8]。其光照强度可增加 10%~40% [9]。探究叶背面受光照强度对菠菜可食用部分产量及类胡萝卜素积累的影响。

2. 材料与方法

2.1. 材料

菠菜种子: 杂交一代全能型, 中国农业科学院蔬菜花卉所; 反光地膜: 高真空镀铝膜正品一级 PET,

信源农业科技发展有限公司; 丙酮: 分析纯; 正己烷: 分析纯; 碳酸钙: 分析纯; 乙腈: 色谱纯; 乙酸乙酯: 色谱纯; 叶黄素(No. 0133; HPLC 96%; Isolated; Cryst, 1 mg/pack); β -胡萝卜素(No. 0003; HPLC 96%; Synth; Cryst, 1 mg/pack); 石英砂。

2.2. 仪器和设备

TP-114 电子分析天平: Denver; ZKXF B-1 电热真空干燥箱: 上海树立仪器仪表有限公司; JB-500A 多功能搅拌机: 北美电器(珠海)有限公司; PU-2080 高效液相色谱: Jasco; UV-2075: Jasco; N2000 色谱工作站: 浙大智达信息工程有限公司; DiamonsilC18(2)色谱柱(4.6 mm \times 250 mm, 5 μ m): 迪马科技。

2.3. 试验方法

2.3.1. 菠菜种植分组与采收

宽垄浅沟, 垄宽 70 cm, 长 7.5 m, 等行距种植 2 行菠菜; 沟宽 50 cm, 深 20 cm。灌溉采用沟内灌水。种子播种前需经催芽。种子浸泡后, 放在 4 $^{\circ}$ C 左右低温的冰箱中处理 24 小时, 然后在 20~25 $^{\circ}$ C 的条件下催芽, 经 3~5 天出芽后播种。出苗后, 其中一行菠菜苗在苗两侧沿地垄铺设银色反光地膜作为实验组; 另外一行菠菜苗铺设透明地膜作为对照组。菠菜 90 天后进入采收期后, 实验组与对照组按照上述条件各种 6 组地块, 分别进行采收。采收时, 先揭去地膜, 再将菠菜连根拔起。植株去泥后称重, 同时清点植株棵数。

2.3.2. 样品前处理与固形物含量测定

菠菜每组各位置植株保留可食用部分, 切成 2~3 厘米的见方小段, 按四分法取样取出 400 \pm 50 g, 记录样品质量。将菠菜、水、碳酸钙按 20:10:1 (W/W/W) 用多功能搅拌机按比例混合捣碎成糊状物。

类胡萝卜素萃取: 称取 2 g 糊状物至研钵, 加入 10 ml 丙酮和 0.1 g 石英砂进行研磨, 收集上清液。重复萃取研磨 6 次, 直至菠菜叶片残渣为无色后, 合并上清液, 使用丙酮定容体积 25 mL, 3000 转/分钟离心 5 分钟后, 溶液过 0.45 μ m 滤膜, 用于 HPLC 待测。

固形物含量测定: 称取糊状物 5 g 于平皿中, 置于 60 $^{\circ}$ C 烘箱内烘干至恒重, 使用减重法, 计算固形物含量。

色谱条件: 色谱柱: DiamonsilC18(2) (4.6 mm \times 250 mm, 5 μ m); 流动相: A: 乙腈: 水 = 9:1 (V/V); B: 乙酸乙酯; 线性梯度洗脱: B 在 25 min 内由 0% 增至 100%, 15~25 分钟内保持 100%; 流速 1.0 ml/min; 检测波长 450 nm; 进样量 20 μ l。

2.3.3. 数据处理

使用二氯甲烷、无水乙醇分别配制 β -胡萝卜素和叶黄素标准品溶液, 定标后配成 0.5, 1.0, 2.0, 2.5, 5.0 μ g/mL 的质量体积分数溶液, HPLC 测定峰面积做标准曲线, 要求回归方程的 R^2 大于 99.9%。

由标准品溶液确定菠菜样品中 β -胡萝卜素、叶黄素的保留时间, 并对其中的 β -胡萝卜素、叶黄素用外标法计算样品中的含量。

3. 结果与分析

3.1. 植株采收重量分析

根据表 1 计算, 菠菜实验组地块植株平均收获 14.83 千克(平均株数: 350 棵), 对照组植株平均收获 12.41 千克(平均株数: 349 棵); 相比于对照组, 实验组增产 19.16%。

Table 1. Spinach harvest information**表 1.** 菠菜采收情况

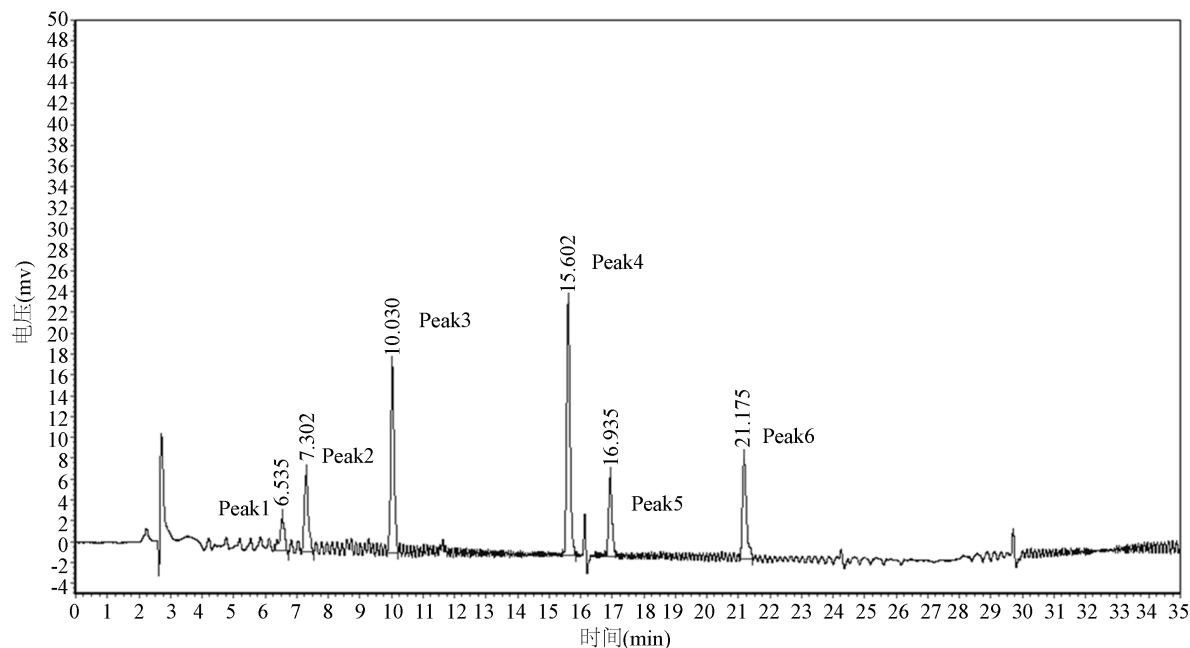
地块编号	实验组		对照组	
	质量(千克)	株数(棵)	质量(千克)	株数(棵)
1	15.20	357	12.57	354
2	14.81	348	12.50	352
3	15.05	359	12.37	347
4	14.67	341	12.61	356
5	14.70	350	12.04	338
6	14.54	344	12.36	346
平均值 ± 标准差	14.83 ± 0.25	350 ± 7	12.41 ± 0.21	349 ± 7

3.2. 菠菜可食用部分的类胡萝卜素测定与固形物含量测定

3.2.1. 菠菜可食用部分的类胡萝卜素测定

叶黄素标准曲线为 $y = 39834x$, R^2 为 0.999; β -胡萝卜素标准曲线为 $y = 61299x$, R^2 为 0.999。

根据图谱数据可确定, 图 3 中 peak3 为叶黄素, peak6 为 β -胡萝卜素。菠菜可食用部分的叶黄素和 β -胡萝卜素含量见表 3、表 4。

**Figure 3.** HPLC of spinach extract**图 3.** 菠菜丙酮萃取液的 HPLC 图谱

3.2.2. 菠菜可食用部分的固形物含量百分比测定

由表 2 可见, 相比于对照组, 菠菜实验组的菠菜可食用部分的固形物含量平均增加了 1.98%。

将菠菜可食用部分折合为干重后, 再计算菠菜可食用部分的类胡萝卜素含量, 结果见表 3、表 4。

Table 2. The content of the edible portion of spinach**表 2.** 菠菜可食用部分的固形物含量

地块编号	实验组 %	对照组 %
1	9.79	9.60
2	9.73	9.61
3	9.80	9.58
4	9.78	9.58
5	9.82	9.61
6	9.79	9.59
平均值 ± 标准差	9.79 ± 0.03	9.60 ± 0.01

Table 3. The content in edible portion of Lutein (dry weight)**表 3.** 菠菜可食用部分的叶黄素含量(干重计)

地块编号	实验组(μg/g 干菠菜)	对照组(μg/g 干菠菜)
1	472.52	489.7
2	465.78	484.02
3	482.96	476.71
4	469.14	470.69
5	487.23	481.23
6	470.33	482.56
平均值 ± 标准差	474.66 ± 8.48	480.82 ± 6.51

Table 4. The content of in edible portion of β -carotene (dry weight)**表 4.** 菠菜可食用部分的 β -胡萝卜素含量(干重计)

地块编号	实验组(μg/g 干菠菜)	对照组(μg/g 干菠菜)
1	207.86	200.69
2	195.64	210.30
3	209.81	196.28
4	198.22	190.83
5	210.56	216.43
6	208.57	208.47
平均值 ± 标准差	205.11 ± 6.46	203.83 ± 9.57

4. 讨论

本试验结果表明, 经过电子秤测量并计算, 菠菜实验组地块植株平均收获 14.83 千克(平均株数: 350 棵), 对照组植株平均收获 12.41 千克(平均株数: 349 棵); 相比于对照组, 实验组增产 19.16%。以菠菜可食用部分干重计, 相比于对照组, 各地块菠菜实验组叶黄素含量平均减少了 1.30%, β -胡萝卜素含量平均增加了 0.63%。

综上所述, 反光地膜对菠菜产量有明显提高, 说明地覆反光膜叶背补光可以有效增加植物合成碳水

化合物过程, 提高光能利用, 从而提高产量, 具有十分重要的意义。

根据类胡萝卜素测定, 叶黄素含量比对照组减少, β -胡萝卜素含量基本保持不变, 主要因为叶黄素和 β -胡萝卜素在光合作用中主要起到对植物光损伤防御机制, 防止过量光能引起光合机构破坏, 保障光合作用正常生长发育。铺设地覆反光膜增加了光照的同时也会导致植物接受过量光能, 叶黄素和 β -胡萝卜素含量没有明显增加, 从而证明了叶黄素和 β -胡萝卜素对于植物光损失有明显抑制作用。

参考文献

- [1] 饶立华. 植物的光合作用[J]. 湖南林业科技, 1979(1): 52.
- [2] 许亦农. 生物生存的物质基础——光合作用[J]. 百科知识, 2000(8): 15-16.
- [3] 于金龙. 提高光能利用率促进作物增产[J]. 农村科技, 1999(10): 5-6.
- [4] 刘兴洋, 毛雪飞. 逆境条件对植物光合生理影响的研究[J]. 河北农业科学, 2008, 12(7): 12-14.
- [5] 裴莹, 刘伟, 张志博. 植物黄体素-叶黄素作用研究[J]. 实用中医内科杂志, 2011, 25(4): 22-23.
- [6] 耀忠. 改善地面反光可使作物增产[J]. 农业科技与信息, 1997(5): 9.
- [7] 时向东, 蔡恒, 焦枫, 时映, 孙家利. 光质对作物生长发育影响研究进展[J]. 中国农学通报, 2008, 24(6): 226-230.
- [8] 户艾义次. 作物的光合作用与物质生产[M]. 北京: 科学出版社, 1979.
- [9] 喻方圆, 徐锡增. 植物逆境生理研究进展[J]. 世界林业研究, 2003, 16(5): 6-11.

知网检索的两种方式:

1. 打开知网首页: <http://cnki.net/>, 点击页面中“外文资源总库 CNKI SCHOLAR”, 跳转至: <http://scholar.cnki.net/new>, 搜索框内直接输入文章标题, 即可查询;
或点击“高级检索”, 下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2164-5507, 即可查询。
2. 通过知网首页 <http://cnki.net/> 顶部“旧版入口”进入知网旧版: <http://www.cnki.net/old/>, 左侧选择“国际文献总库”进入, 搜索框直接输入文章标题, 即可查询。

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: hjas@hanspub.org