

# 重金属镉胁迫下秸秆还田对水稻光合特性的影响

辜小琴<sup>1</sup>, 石军<sup>2</sup>, 吴尚明<sup>1</sup>, 程琳<sup>1</sup>, 李艳<sup>1\*</sup>

(1. 绵阳师范学院生态安全与保护四川省重点实验室;

2. 绵阳市农业科学研究院, 四川 绵阳 621000)

**摘要:**通过模拟重金属污染并在土壤中施用油菜、小麦秸秆, 研究不同秸秆处理对水稻在重金属胁迫下的生长及光合特性影响。结果表明:油菜和小麦秸秆处理均显著提高了水稻的净光合速率、气孔导度和蒸腾速率;小麦秸秆处理显著提高了水稻的生物量;油菜秸秆处理对地上部和地下部的淀粉及可溶性总糖含量均无显著影响,但小麦秸秆处理显著提高了地上部的淀粉和可溶性总糖含量,降低了地下部的可溶性总糖含量。因此,秸秆施用有利于提高水稻对重金属的抗性,不同秸秆的效果不同。

**关键词:**作物秸秆;水稻;镉;光合特性

**中图分类号:**G613.7      **文献标志码:**A      **文章编号:**1673-1891(2017)02-0004-03

## Effects of Applying Crop Straw in Soil on Photosynthetic Characteristics of Rice under Heavy Metal Stress

GU Xiao-qin<sup>1</sup>, SHI Jun<sup>2</sup>, WU Shang-ming<sup>1</sup>, CHEGN Lin<sup>1</sup>, LI Yan<sup>1\*</sup>

(1. Ecological Security and Protection Key Laboratory of Sichuan Province, Mianyang Normal University;

2. Mianyang Academy of Agricultural Sciences, Mianyang, Sichuan 621000, China)

**Abstract:** By applying the crop straws in cadmium contaminated soil, the effects of different kinds of crop straws on photosynthetic characteristics of rice are studied in this paper. The results showed that the straw of rape and straw of wheat significantly increases the net photosynthetic rate, stomatal conductance and transpiration rate under cadmium stress. The total biomass of rice is significantly increased by applying straw of wheat in cadmium treated soil compared with control. There are no obvious effects on the content of starch and total sugar after both straws of rape and wheat. However, applying straw of wheat in cadmium treated soil significantly increases the content of starch and total sugar in over ground part, but decreases the content of total sugar in underground part compared with control. Therefore, applying the straw of rape and wheat in Cd contaminated soil can improve the resistance of heavy metal of rice, and different kind of straw had different treatment effects.

**Keywords:** crop straw; rice; cadmium; photosynthetic characteristics

近年来,由于开采和金属工业引起的土壤重金属污染已经成为了世界上重要的环境问题。重金属对植物生长、代谢以及酶活性的影响包括:抑制植物生长,降低光合作用,扰乱糖代谢等。环境重金属污染中,镉(Cd)元素由于其高水溶性和高毒性,是主要的污染元素之一。在中国的高污染土壤中,镉的质量分数达到了5~7 mg/kg<sup>[1]</sup>。我国农业土壤受重金属污染的状况也日趋受到关注,据调查,污灌区土壤的污染中Cd含量很高。如何减少重金属对农作物的影响是需要迫切解决的问题。水稻作

为重要的粮食作物,由于其需水性,除了土壤重金属污染外还易受到水源重金属污染的影响。2014年湖南镉大米事件使民众对粮食安全的关注度越来越高。本研究旨在探讨重金属污染下油菜和小麦秸秆还田对水稻生长和光合特性的影响,为实际生产中减轻污染影响提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

实验选用宜香优2115种子,先将种子在育秧盘

育秧,待秧苗长到4叶1心期,用秧苗进行盆栽实验;秸秆材料为未受污染的小麦和油菜秸秆;土壤选用实验地未受重金属污染土壤。

## 1.2 试验方法

### 1.2.1 土壤重金属处理

供试土壤取自绵阳市农科院试验田未被污染土壤。先将土壤风干过筛,然后进行重金属处理。将 $\text{CdCl}_2 \cdot 2.5\text{H}_2\text{O}$ 溶液混入土壤中并搅拌均匀后分装到10 L桶中,每桶8 kg土壤,保持淹水状态平衡放置1个月,镉处理水平为10 mg/kg干土。

### 1.2.2 秸秆处理

油菜和小麦于2015年采自绵阳市农科院未被污染农田,地上部分于110 °C杀青15 min,75 °C烘干至恒重,粉碎,过5 mm筛,备用。2016年5月将处理好的秸秆分别添加入制备好的镉污染土壤中,添加量为2 g/kg土,混匀,平衡1周后进行秧苗移栽。

## 1.3 指标测定

### 1.3.1 生物量测定

收获所有的植株,将地上部分和地下部分分开,110 °C杀青1 h,在70 °C烘干至恒重,称重。

### 1.3.2 光合作用测定

处理期间,在每个重复中随机选择3株植株,每株选择倒3叶用于测定叶片气体交换。采用LI-6400便携式光合作用测定系统(LI-COR Inc. Lincoln, Nebr.)。测定时间选择晴朗的上午8:00—11:30期间进行。为了保证测量在近似于理想光合作用状态下进行,测定时将叶面温度控制为25 °C,光照强度控制为1 400  $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ ,相对湿度控制为50%左右、 $\text{CO}_2$ 量浓度控制为 $(400 \pm 5) \mu\text{mol}/\text{mol}$ 。测定指标包括A(净光合速率)、gs(气孔导度)、胞间二氧化碳浓度( $\text{C}_i$ )、蒸腾速率( $\text{Tr}$ )等。

### 1.3.3 叶绿素分析

将光合测定所用叶片用于测定光合色素。采用Lichtenthaler (1987)的方法由打孔器( $\phi$ 为0.8 cm)从每张叶片的中部取得的10个小圆片放入80%丙酮中避光浸提至叶片变白<sup>[2]</sup>。在分光光度计(Unican UV-330, USA)中读取上清液在663、646 nm下的吸收值。所有测定重复3次,计算叶绿素浓度。

### 1.3.4 淀粉及可溶性总糖含量分析

选取每个处理的每个重复中地上部和地下部样品进行非结构性碳水化合物的测定。可溶性总糖(total soluble sugars)和淀粉(Starch)分析参照Hansen, Moller (1975)<sup>[3]</sup>和Haissig, Dickson (1979)<sup>[4]</sup>的方法进行。

## 2 试验结果

### 2.1 秸秆还田对重金属污染下水稻总生物量的影响

从表1可知,与对照相比,油菜秸秆处理和小麦秸秆处理使水稻总生物量均有增加,但油菜处理效果未达到显著水平,小麦秸秆处理生物量增加显著,增幅达75.8%。

表1 不同秸秆处理对重金属胁迫下水稻生长和光合特性影响

	对照	油菜	小麦
总生物量	(60.93±1.59)a	(74.26±1.52)a	(107.11±9.76)b
净光合速率	(15.36±0.48)a	(20.95±0.36)b	(21.20±0.38)b
气孔导度	(1.76±0.16)a	(3.67±0.28)b	(2.84±0.32)b
胞间二氧化碳浓度	(407.52±0.18)b	(407.90±1.72)b	(402.07±0.61)a
蒸腾速率	(7.83±0.07)a	(10.37±0.37)b	(9.59±0.55)b
总叶绿素	(10.02±0.17)a	(10.13±0.08)a	(8.82±1.02)a

### 2.2 秸秆还田对重金属污染下水稻光合特性的影响

与对照相比,油菜秸秆处理和小麦秸秆处理后,水稻净光合速率及气孔导度均显著升高,且油菜和小麦秸秆处理间无显著差异;胞间二氧化碳浓度油菜秸秆处理后与对照相比无显著差异,但小麦秸秆处理后 $\text{C}_i$ 显著降低;蒸腾速率在油菜秸秆处理下与对照相比无显著变化,小麦秸秆处理导致蒸腾速率显著降低(表1)。

### 2.3 秸秆还田对重金属污染下水稻叶绿素含量的影响

水稻总叶绿素含量在经过油菜秸秆和小麦秸秆处理后与对照相比并无显著变化(表1)。

### 2.4 秸秆还田对重金属污染下水稻淀粉含量的影响

从图1可知,油菜秸秆处理后,与对照相比地上部分淀粉量无显著变化,而小麦秸秆处理后,地上部分淀粉含量显著增加;地下部分的淀粉含量在2种秸秆处理后均无显著变化。

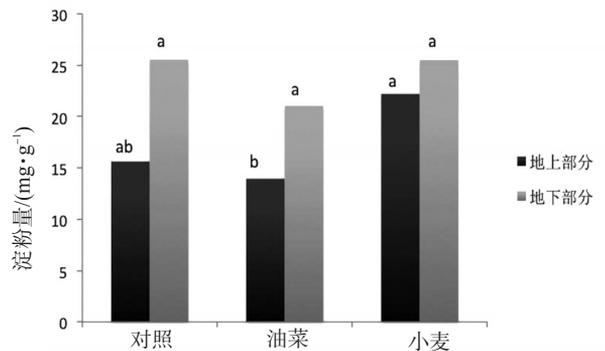


图1 重金属胁迫下不同秸秆处理对水稻淀粉含量的影响

### 2.5 秸秆还田对重金属污染下水稻总糖含量的影响

与对照相比,油菜秸秆处理后,地上部和地下部的总糖含量都无显著变化;小麦秸秆处理会显著

升高地上部的总糖含量而显著降低地下部的总糖含量(见图2)。

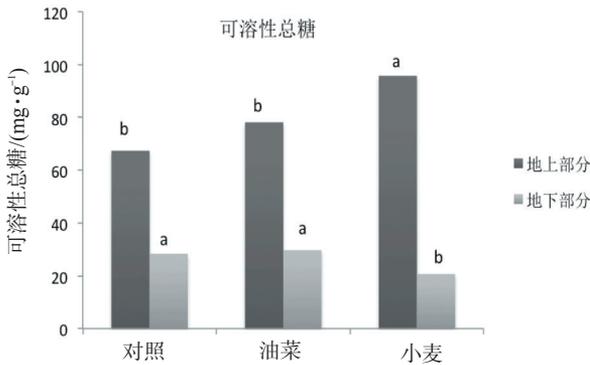


图2 不同秸秆处理对可溶性总糖含量的影响

### 3 讨论

重金属污染对植物的影响主要表现在抑制植物生长,阻碍水分代谢,降低光合作用,导致碳氮代谢紊乱等。秸秆还田作为一种十分重要的秸秆资源化利用方式已引起各国重视,如美国、英国、丹麦、法国、日本等<sup>[5-7]</sup>。秸秆还田具有良好的改土培肥效果,对农作物的株高、根生长、穗数、千粒重、分蘖数、产量等均有促进作用。同时秸秆还田还具有改善土壤理化性质的作用。

本研究结果表明,作物秸秆还田对重金属毒害有一定缓解作用,能够增加水稻的净光合速率、气孔导度及蒸腾速率,从而增加水稻生物量积

累。但不同秸秆对水稻抗重金属毒害能力的影响不同,小麦秸秆对水稻生物量积累和光合的促进作用比油菜秸秆处理更大,这可能是由于小麦秸秆质地比油菜秸秆更疏松<sup>[8]</sup>,因此镉污染土壤上小麦秸秆和油菜秸秆的分解存在差异引起的。以往研究发现,秸秆还田能够通过延缓叶片衰老从而改善植物的光合特性<sup>[9-10]</sup>。本研究中叶绿素含量在秸秆处理后与对照相比并无显著变化,这可能是因为在对照处理中重金属对水稻叶绿体的损伤或对叶绿素形成造成的抑制作用无法通过油菜和小麦秸秆的作用得到恢复,这可能与不同秸秆的特征有关。

环境胁迫会对植物碳水化合物的代谢造成影响。从本研究结果看,在重金属胁迫下,油菜秸秆对糖和淀粉的积累无显著影响,而小麦秸秆处理能够显著增加地上部淀粉和总糖含量,因此小麦秸秆处理能够通过调节碳水化合物含量来改善重金属对水稻的伤害作用。地下部分的淀粉含量在秸秆处理后无显著变化,但小麦秸秆处理后地下部即根系中总糖含量与对照相比显著降低。从光合和生物量积累来看,小麦秸秆处理后水稻植株整体的生长是受到促进的,因此根系中糖积累的减少可能是经过小麦秸秆处理后根系中的糖分转运到地上部以促进地上部生长。因此,利用秸秆还田能够在一定程度上提高水稻对重金属的抵抗能力,但不同类型秸秆的作用存在差异。

#### 参考文献:

- [1] 吴燕玉,陈涛,张学询. 沈阳张士灌区镉污染生态的研究[J].生态学报,1989,9(1):21-26.
- [2] LICHTENTHALER HK. Chlorophyll and Carotenoids: Pigments of Photosynthetic Biomembranes[J]. Methods Enzymol. 1987 (148): 350-382.
- [3] HANSEN J, Moller IB. Percolation of Starch and Soluble Carbohydrates from Plant tissue for Quantitative Determination With Anthrone[J]. Anal. Biochem, 1975(68): 87-94.
- [4] HAISSIG BE, DICKSON RE. Starch Measurement in Plant Tissue Using Enzymatic Hydrolysis red oak, jack pine, white spruce, Pinus banksiana, Picea glauca, Populus grandidentata, Quercus rubra[J]. Physiol. Plant, 1979(47): 151-157.
- [5] 李万良,刘武仁.玉米秸秆还田技术研究现状及发展趋势[J].吉林农业科学,2007,32(3): 32-34.
- [6] 刘冀浩,高旺盛.集约持续农业工程技术[M].北京:中国农业出版社,2000.
- [7] 刘智强.秸秆不同还田方法对烟田土壤性状和烤烟生长的影响[D].昆明:云南农业大学,2009.
- [8] 张晶,苏德纯.不同镉污染农田土壤上秸秆和碳化秸秆分解动态及其对土壤镉的吸附特征[J].环境工程学报,2013,7(10): 4097-4102.
- [9] 王宁,刘义国,张洪生,等.氮肥与精量秸秆还田对冬小麦花后光合特性及产量的影响[J].华北农学报,2012,27(6): 185-190.
- [10] 高青海,陆晓民,贾双双.不同作物秸秆还田对设施黄瓜生长及光合特性的影响[J].西北植物学报,2013, 33(10): 2065-2070.