

# 水稻根系活力测定方法及超级稻 两优培九生育后期根系活力研究<sup>①</sup>

郭士伟<sup>1,2,3</sup>, 夏士健<sup>3</sup>, 朱虹霞<sup>4</sup>, 张云华<sup>4</sup>, 施卫明<sup>1\*</sup>

(1 中国科学院南京土壤研究所, 南京 210008; 2 中国科学院研究生院, 北京 100049; 3 江苏省农业科学院粮食作物研究所, 江苏省优质水稻工程技术研究中心, 南京 210014; 4 安徽农业大学生命科学学院, 合肥 230036)

**摘要:** 以孕穗期的两优培九为材料, 用伤流法测定根系活力, 调查了影响根系伤流收集量的因素。结论如下: 在两优培九孕穗期用脱脂棉收集伤流液, 以 2.0g 的脱脂棉填充量为宜; 两优培九主茎和分蘖的伤流量差异显著 ( $P < 0.05$ ); 白天和夜晚的伤流量差异极显著 ( $P < 0.01$ ); 稻桩高低对伤流量影响不显著 ( $P > 0.05$ ); 连续两次测定的差异不显著 ( $P > 0.05$ )。用上述最佳方法, 对两优培九及其对照品种汕优 63 抽穗后的根系活力(根系伤流强度)进行了调查, 结果如下: 两优培九抽穗前的根系活力比汕优 63 相对较高, 二者均在抽穗后 1 周左右出现峰值, 随后呈下降趋势, 但与汕优 63 相比, 两优培九伤流强度下降幅度相对较大, 且一直维持在较低水平。同时, 对两个品种抽穗后剑叶叶绿素含量的测定结果表明, 两优培九和汕优 63 的剑叶叶绿素含量抽穗后都迅速下降, 但是相对于汕优 63, 两优培九剑叶叶绿素含量下降速度要慢, 能维持相对较高的水平。因此, 根系活力的下降可能是两优培九生育后期易早衰的原因。

**关键词:** 两优培九; 根系伤流; 根系活力

**中图分类号:** S184

根系是作物吸收水分、养分及固定植株的器官, 它不仅具有吸收功能, 而且具有重要的合成和代谢功能<sup>[1]</sup>。越来越多的研究证明根系对叶片衰老具有重要的调节作用, 因此旺盛的根系活力对作物的生长、产量形成以及肥料利用率的提高等具有重要意义。

测定根系活力的方法主要有: TTC 还原法、萘胺法、活跃叶面积法和根系伤流法。前 3 种测定方法比较麻烦, 不方便使用, 而根系伤流法简单易行并能准确地反映根系活力的变化, 而且收集到的伤流液可用于进一步的成分分析<sup>[2]</sup>。本文以始穗期的两优培九为实验材料, 比较了不同因素对收集根系伤流量的影响, 以探讨伤流法测定水稻根系活力的具体影响因素。并用上述最佳方法, 对两优培九及对照品种汕优 63 抽穗后的根系伤流强度(根系活力)变化进行了调查。剑叶叶绿素含量可以很好地反映地上部生理状况, 因此还测定了两个品种的剑叶叶绿素含量, 试图从地下和地上两个方面探讨两优培九的早衰原因。

## 1 材料与方法

### 1.1 供试材料

实验于 2007 年 8—10 月在南京进行。用于伤流收集方法研究的两优培九水稻种植于江苏省农科院网室内钵钵中, 按常规水肥管理。插秧时挂牌以区分主茎和分蘖, 始穗期取样。用于抽穗后根系活力测定的两优培九和汕优 63 种植于大田, 常规方法管理, 抽穗期开始取样。

### 1.2 试验设计

试验以两优培九为测试品种, 以汕优 63 为对照品种。两品种随机种植于钵钵和大田中, 并挂牌标记。所有测定均重复 3 次, 采用随机法取样。伤流收集方法设计参数有: 脱脂棉花填充量、取样稻桩高低、采用水稻主茎或分蘖收集、白天或晚上收集、第一次剪割收集或第二次剪割收集等 5 个。

### 1.3 测定方法

伤流液的收集参照梁建生和曹显祖<sup>[2]</sup>的方法。下午 5:00 在距离地面 10~20 cm 处用剪刀剪去上部水稻茎秆, 然后用装有脱脂棉的自封袋将下部剩余茎秆套上, 并保持脱脂棉和茎秆接触, 次日早上 8:00 取回称重。脱脂棉吸收伤流液前后重量差即为伤流量。

取自封袋中取出脱脂棉, 挤出伤流液保存, 用于

<sup>①</sup>基金项目: 江苏省农业科学院基金项目(6110604)和江苏省农业生物学重点实验室开放课题(4910610)资助。

\* 通讯作者(wmshi@issas.ac.cn)

作者简介: 郭士伟(1971—), 男, 河南汝州人, 博士研究生, 主要研究方向为水稻生理与营养遗传。E-mail: Shiwei.guo@jaas.ac.cn

进一步的分析。用同样的方法从上午 9:00 到下午 5:00 收集白天的伤流。

剑叶叶绿素含量按照丙酮法测定。

### 1.4 数据分析

用 Excel 软件进行分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 脱脂棉合适的填充量

由图 1 可以看出，脱脂棉的使用量在 2.00 g 时收集到的伤流量达到最大值，继续增加脱脂棉使用量对收集到的伤流量没有影响。脱脂棉填充得太少，容易吸收饱和造成伤流的损失从而影响伤流量测定的准确性。脱脂棉填充得太多，虽然对伤流量的计算没有影响，但是由于脱脂棉的吸附作用会影响伤流的收集和后续伤流成分的分析。因此，脱脂棉适当的用量非常重要。

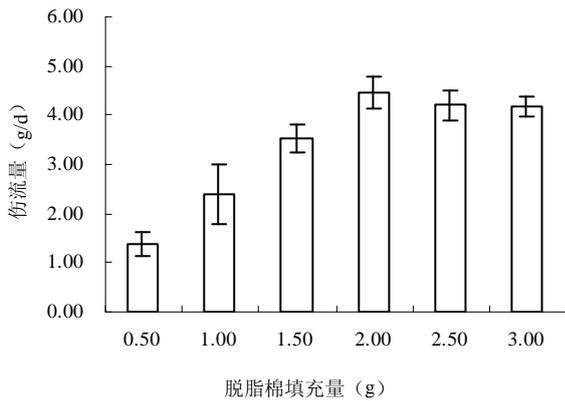


图 1 不同填充量的脱脂棉每次收集到的伤液重量

Fig. 1 The weights of bleeding collected using different amounts of absorbent cotton

### 2.2 不同取样方法对伤流量的影响

伤流液的分泌主要靠根压推动，表 1 数据说明，稻桩高低对伤流无影响 ( $P > 0.05$ )。主茎和分蘖的伤流量分别为 4.10 g 和 1.92 g，主茎伤流量远大于分蘖，且差异显著 ( $P < 0.05$ )。水稻伤流主要集中在夜晚，白天和夜晚的伤流量分别为 0.07 g 和 3.86 g，差异极显著 ( $P < 0.01$ )，与沈波<sup>[3]</sup>对亚种间杂交稻 II 优 2070、II 优 419 伤流量日变化的研究结果相同。对同一个主茎伤流连续两天测定了两次，第二次测定前重新修剪了稻桩，结果表明，两次的伤流量无太大变化 ( $P > 0.05$ )，因此第一次使用过的稻桩修剪后第二次仍可继续使用。

表 1 不同取样方法对伤流量的影响

Table 1 Changes of bleeding amounts under different methods

取样方法		伤流量平均值 (g)	显著性 (Sig.)
稻桩高低	高桩 (20 cm)	3.49 ± 0.31	0.427
	低桩 (10 cm)	3.86 ± 0.20	
主茎和分蘖	主茎	4.10 ± 0.18	0.019
	分蘖	1.92 ± 0.05	
收集时间	白天	0.07 ± 0.05	0.008
	晚上	3.86 ± 0.12	
测定次数	第一次	3.54 ± 0.08	0.739
	第二次	3.66 ± 0.21	

### 2.3 两优培九和汕优 63 抽穗后根系活力和剑叶叶片叶绿素含量变化

从图 2 可以看出，与汕优 63 相比，抽穗后前期两优培九根系活力相对较高，抽穗后一周左右二者根系活力出现峰值，然后均急剧下降，但是两优培九根系活力下降速率更快，且活力一直较低。叶绿素含量可以很好地反映地上部生理状况，叶绿素含量的下降是地上部功能衰退的一个标志，图 3 说明，在抽穗后，两优培九和汕优 63 的剑叶叶绿素含量都迅速下降，但是相对于汕优 63，两优培九剑叶的叶绿素含量下降速度要慢，维持了一个相对较高的水平。

## 3 讨论

尽管伤流法测定根系活力已被大家广泛使用<sup>[2, 4]</sup>，但是通过对该方法的研究，仍发现了一些值得深入思考的现象和继续研究的问题。首先，在本研究所涉及

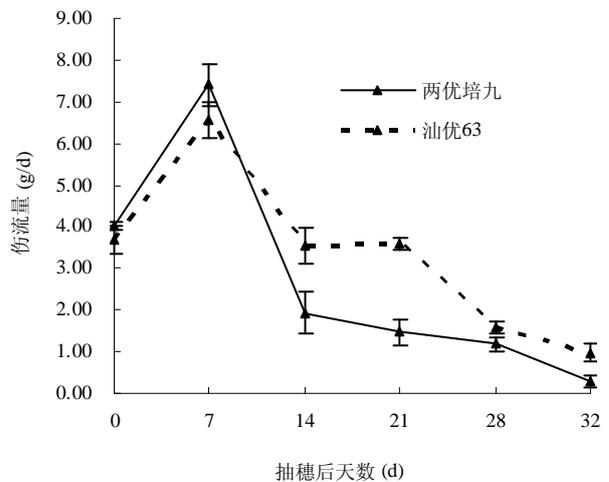


图 2 两优培九和汕优 63 抽穗后根系活力变化

Fig. 2 Changes of the Liangyoupei 9 and the Shanyou 63's roots bleeding intensity after their heading

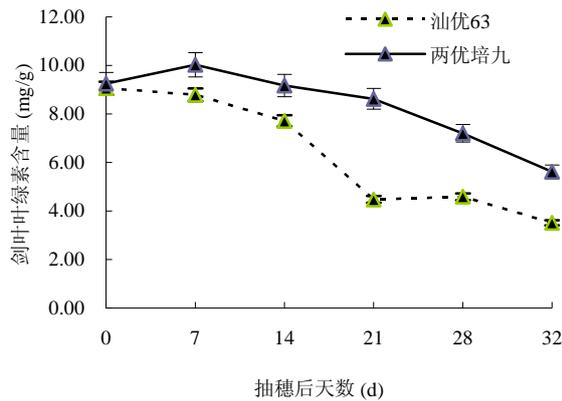


图 3 两优培九和汕优 63 抽穗后剑叶叶片叶绿素含量变化

Fig. 3 Changes of the Liangyoupeiju and the Shanyou 63's leaf chlorophyll content

的两个稻桩高度下, 水稻的伤流量无明显差异, 这说明伤流往地上部的运输主要是靠根系的推动力来进行的, 所涉及的两个稻桩高度对该推动力无明显影响。第二, 主茎伤流量明显比分蘖大。分蘖从抽穗到 3 叶期前, 没有自生根系, 生长所需营养主要靠母(主)径供应, 4 叶期分蘖开始具有独立营养生活能力。此后, 分蘖和主茎间物质的相互转运越来越少, 分蘖成为独立的个体<sup>[5]</sup>。抽穗期主茎和分蘖间伤流量的明显差异从不同方面验证了这一结论, 即该时期水稻的主茎和分蘖间已经相互独立, 通过各自的根系为其地上部提供营养。同时, 由于主茎的发育处于相对优势地位, 主茎比分蘖具有较多的次生根数, 使得主茎的伤流量较分蘖大, 与亓新华和董树亭<sup>[6]</sup>对小麦根系的伤流研究结果相同。第三, 让人不解的是, 白天的伤流量显著小于夜晚的。沈波<sup>[3]</sup>的研究也表明水稻伤流量从晚上九点到第二天下午五点持续降低。水稻植株的蒸腾作用和光合作用等需要大量水分的代谢活动主要是在白天进行的, 而水分和矿质营养主要来自伤流液, 按此推理白天的伤流应该比夜晚大, 但是为何测得的白天伤流量远小于夜晚, 是否水稻在夜晚运输伤流到地上部并存储用于白天所需, 尚需进一步研究。第四, 亓新华和董树亭<sup>[6]</sup>对小麦根系的伤流研究表明, 在切除小麦地上部的 3h 后, 其伤流量急剧下降, 切除后的第二个 3h, 收集到的伤流量仅为第一个 3h 的 55.6%, 小麦伤流量的大小随着切除地上部的时间变长而减少。虽然本研究没有严格地按照时间段对切除地上部后不同时间的伤流量进行调查, 但是连续两天先后两次剪去水稻地上部所收集到的伤流量差异不大, 说明水稻伤流量的大小并不随着切除地上部时间的推迟而

减少。但是本研究的处理方法与亓新华和董树亭<sup>[6]</sup>的有所不同, 本研究第二次收集伤流前重新剪割了稻桩, 由于作物伤流液中含有大量的氨基酸、糖、硝态氮、铵态氮、磷、钾、激素等多种无机及有机成分<sup>[4,6-10]</sup>, 因此亓新华和董树亭<sup>[6]</sup>的研究中, 小麦伤流量降低的原因是由于伤流量随时间变化的结果, 还是由于伤流液中的糖分等堵塞维管束造成伤流不畅, 尚需实验证实。

两优培九是江苏省农业科学院粮食作物所通过两系法途径育成的亚种间偏籼型超级杂交稻, 1999 年通过江苏省农作物品种审定, 2001 年通过国家审定和湖南等 5 省审定, 是中国第一个通过国家审定的两系法杂交稻<sup>[11]</sup>。与汕优 63 相比, 其竞争优势主要表现在生长前期和中期, 在生育后期特别是灌浆后易出现早衰现象<sup>[11]</sup>。根据对两优培九灌浆结实期剑叶叶片叶绿素含量、超氧化物歧化酶(SOD)、过氧化物酶(POD)、脂质过氧化产物丙二醛(MDA)以及 PS II 原初光能转化效率等光合特性进行的分析研究表明, 两优培九叶片并不存在早衰现象<sup>[11-13]</sup>。本研究也表明, 和对照品种汕优 63 相比, 两优培九抽穗后的剑叶叶绿素含量相对较高, 说明两优培九相对不易早衰。根系是作物生长的基础, 健壮的根系为植株生长提供充足的养分和水分<sup>[14]</sup>, 根系伤流是反映根系吸收、合成和运输营养及根系同化能力的重要指标, 是根系生长和代谢的综合表现<sup>[15]</sup>。本研究发现, 与对照品种汕优 63 相比, 两优培九抽穗前根系活力一直高于汕优 63, 在抽穗后 7 天左右出现峰值后便开始迅速下降并一直比汕优 63 低。因此, 两优培九较对照品种汕优 63 根系活力衰退较早, 根系活力下降可能是导致两优培九易早衰的原因。水肥供应对作物根系活力具有明显的调节作用。施用磷肥能促进小麦根系的发育, 增加其伤流量, 氮磷肥配合施用, 效果更好, 因为施用氮肥促进根系对磷肥的吸收<sup>[6]</sup>。合适的水分供应能促进玉米根系生长, 提高伤流量及伤流液中养分含量, 增加植株吸收 N、P、K 量<sup>[7]</sup>。在杂交稻高产栽培中改善生育后期的氮素营养条件, 采用干干湿湿的水管理技术, 可以使根系维持较高的活力, 对防治叶片早衰, 降低瘪谷率十分重要<sup>[17]</sup>。因此, 合理的水肥运筹, 可能是改善两优培九生育后期根系活力, 避免早衰发生的有效途径。

#### 参考文献:

- [1] 王彦荣, 华泽田, 陈温福, 代金贵, 郝宪彬, 王岩, 张忠旭, 隋国民. 粳稻根系与叶片早衰的关系及其对籽粒灌浆的影响. 作物学报, 2003, 29(6): 892-898

- [2] 梁建生, 曹显祖. 杂交水稻叶片的若干生理指标与根系伤流强度关系. 扬州大学学报(农业与生命科学版), 1993, 14(4): 25-30
- [3] 沈波. 亚种间杂交稻根系伤流强度变化动态及影响因素. 杭州师范学院学报(自然科学版), 2002, 1(1): 48-52
- [4] 徐新娟, 卢颖林, 李庆余, 任庆菊, 董彩霞, 沈其荣. 增铵营养对番茄植株伤流液组分及含量的影响. 土壤, 2009, 41(5): 806-811
- [5] 刁操铨. 作物栽培学各论. 北京: 中国农业出版社, 1994: 23-24
- [6] 亓新华, 董树亨. 小麦伤流液及其与地上部关系. 中国农业科学, 1981(3): 33-38
- [7] 宋海星, 李生秀. 水、氮供应对玉米伤流及其养分含量的影响. 植物营养与肥料学报, 2004, 10(6): 574-578
- [8] 朱建华, 耿明建, 曹享云, 刘武定. 硼对棉花不同品种根系吸收活力、根系分泌物和伤流液组分的影响. 棉花学报, 2001, 13(3): 142-145
- [9] 葛体达, 唐东梅, 芦波, 夏含嫣, 宋世威, 黄丹枫. 番茄根系分泌物、木质部和韧皮部汁液组分对矿质氮和有机氮营养的响应. 园艺学报, 2008, 35(1): 39-46
- [10] Mahajan S, Tuteja N. Cold, salinity and drought stresses: An overview. Archives of Biochemistry and Biophysics, 2005, 444(2): 139-158
- [11] 吕川根, 宗寿余, 郑克武, 赵凌, 王才林, 邹江石. 超级杂交稻“两优培九”的群体生长分析. 江苏农业学报, 2003, 19(4): 198-204
- [12] 刘辉, 徐孟亮, 陈良碧. 高产杂交稻品系“两优培九”生育后期的衰老生理特性. 植物生理学通讯, 2004, 40(3): 326-28
- [13] 王荣富, 张云华. 超级杂交稻两优培九及其亲本生育后期的光抑制和早衰特性. 作物学报, 2004, 30(4): 393-397
- [14] 雷华, 陈国祥, 高志萍, 魏晓东, 徐艳丽, 储慧君, 施大伟, 吕川根. 两优培九剑叶叶绿体衰退进程中的细胞生物学特性初探. 中国水稻科学, 2008, 22(3): 279-284
- [15] 黄沅, 陈光辉. 水稻根系育种的研究现状及展望. 湖南农业大学学报(自然科学版), 2009, 35(1): 35-39
- [16] 程建峰, 戴廷波, 荆奇, 姜东, 潘晓云, 曹卫星. 不同水稻基因型的根系形态生理特性与高效氮素吸收. 土壤学报, 2007, 44(2): 266-272
- [17] 陆定志. 杂交水稻根系生理优势及其与地上部性状的关联研究. 中国水稻科学, 1987, 1(2): 81-94

## Factors Influencing Collecting Amount of Rice Roots Bleeding and Investigation on Roots Vigor After Heading

GUO Shi-wei<sup>1,2,3</sup>, XIA Shi-jian<sup>3</sup>, ZHU Hong-xia<sup>4</sup>, ZHANG Yun-hua<sup>4</sup>, SHI Wei-ming<sup>1</sup>

(1 Institute of Soil Science, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008, China; 2 Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China; 3 Institute of Food Crops, Jiangsu Academy of Agricultural Sciences, Jiangsu High Quality Rice R&D Center, Nanjing 210014, China; 4 School of Life Sciences, Anhui Agricultural University, Hefei 230036, China)

**Abstract:** In the present paper, we first discussed the factors that influenced the rice root bleeding collecting by using absorbent cotton absorbing methods. It can be concluded that: it was best to use 2.0g absorbent cotton to collect the bleeding during the heading stage of Liangyoupeijiu (LYPJ); there was significantly difference between LYPJ's stem and the tiller ( $P < 0.05$ ); the bleeding intensities were different significantly during the day and night time ( $P < 0.01$ ), the bleeding intensity was higher at day than at night; the rice stake height did not influence the bleeding intensity ( $P > 0.05$ ); there was no difference between the first time and the second time of mowing rice stake ( $P > 0.05$ ). Under the direction of above methods, we studied the LYPJ's roots bleeding change after its heading by using Shanyou63 as CK. It was concluded that: about one week after their heading, the root vigor (roots bleeding intensity) of LYPJ and its referring variety Shanyou63 all reached the highest peak, then declined. Compared with the Shanyou63, the vigor of LYPJ declined more seriously and kept at lower level.

**Key words:** Liangyoupeijiu, Rice roots bleeding, Roots vigor