

# 旱作水稻内源激素变化及其与水稻形态和生理特性的关系\*

范晓荣 沈其荣<sup>†</sup> 崔国贤 徐国华

(南京农业大学资环学院、农业部作物生长调控重点开放实验室, 南京 210095)

**摘 要** 以杂交稻籼优 63(Sy63), 常规稻武育粳(Wyj), 旱稻 85-15(85-15)为材料, 分别研究了旱作处理与水作处理的水稻体内脱落酸(ABA), 生长素(IAA), 赤霉素(GAs)和细胞分裂素(CTKs)在全生育期内的变化规律, 初步探究了激素变化与旱作水稻形态及生理适应性的关系。旱作条件下水稻根叶的 ABA 都显著增加且各品种均呈现一定的规律性; 旱作水稻的根叶中 GAs 规律与其 ABA 的变化规律相似。旱作水稻叶中 IAA 苗期增加而根先减少后增加, 后期 IAA 逐步减低; 苗期旱作水稻叶中 CTKs 增加而根减少, 后期差异不大。实验结果表明旱作条件下的气孔行为可能由 ABA 和 IAA 共同调控; 旱作的侧根发达可能是因为根系中 IAA 增加及 CTKs 降低导致的。

**关键词** 旱作水稻, 内源激素, 形态, 生理生化指标

**中图分类号** S511.6.01

作为我国主要粮食作物的水稻传统淹水栽培其耗水量, 每  $\text{hm}^2$  达  $13\,500\text{m}^3$  左右<sup>(1)</sup>, 淡水资源浪费十分严重。国内外最近研究表明, 水稻是生态适应性较强、水分生态幅度较宽的作物, 即水稻不仅可以适应湿地环境, 而且只要保证一定的水分供应, 水稻还可以进行旱作, 并表现出旱作生理特征。大面积水稻全生育期实行旱种旱管其产量能超过  $9\,000\text{kg}\ \text{hm}^{-2}$ <sup>(1)</sup>, 与水作水稻产量几乎相等。本文在旱作和水作条件下对杂交稻、粳稻和旱稻整个生育期内源激素的变化动态及其形态、生理变化作了研究, 试图揭示几种内源激素在水稻旱作条件下的变化规律及其与旱作形态及生理的关系。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

土培实验于 1999 年 4 月至 9 月在南京农业大学温室进行。供试品种为杂交稻籼优 63(Sy63), 常规稻武育粳(Wyj), 旱稻 85-15(85-15)。每盆装 20kg 高沙土, 盆内插入可分成两瓣的聚乙烯管 6 个, 管内

\* 国家自然科学基金资助项目(编号: 39970449 和 30070446)

† 通讯作者

(1) 崔国贤, 沈其荣. 覆盖旱作水稻的营养生理的变异特征及其适应机理的研究(南京农业大学博士后研究报告), 1999

收稿日期: 2000-11-14; 收到修改稿日期: 2001-09-11

装土供 6 个时期取样,每管播种 8 株水稻三次重复。种子用江苏省农科院遗传生理所生产的壮秧灵浸种 24 小时,催芽露白后直播。营养液成分比例为:  $W(N): W(P): W(K) = 1:1:1$ , 每个星期浇一次。4 月 28 日播种,9 月 3 日收获。每日定量浇水,以保证田间持水量在 75%~85%,另设水作为对照。

## 1.2 分析项目及方法

(1) 光合作用。BAU 光合测定仪(北京农业大学农学系研制)测定。选第二片完全展开叶,用密封叶室夹住其中段测定光合速率、气孔阻力,重复 5 次,取平均值。

(2) 叶绿素含量测定<sup>[1]</sup>。取新鲜第二片完全展开叶约 3cm 长的中段,称 0.2g 剪成 < 0.1mm 的细丝,放入丙酮-乙醇(2:1)混合液中,避光浸泡至发白(约 12h),取 2ml 稀释 5 倍,混匀,于 663nm 及 645nm 下比色。设重复 3 次。

(3) 硝酸还原酶的测定<sup>[2]</sup>。每次取出聚乙烯管各 3 个,剥去管壁,用水慢慢地冲洗以获得完整的根系。将新鲜的样品根前段、第二片完全展开叶约 3cm 长的中段剪为 1cm 左右的小段,按照磺胺及  $\alpha$ -萘胺比色法测定其硝酸还原酶的活力,设重复 3 次。

(4) 丙二醛的测定。取约 1g 新鲜样品根前段、第二片完全展开叶约 3cm 长的中段,加入预冷过的 50mmol L<sup>-1</sup> 磷酸缓冲液(PBS)(pH7.8)。冰浴中研磨成匀浆,4℃ 12000g 离心 10min,上清液于 -20℃ 下保存备用。备用液中的丙二醛含量测定按张宪政法<sup>[3]</sup>进行。

(5) 内源激素 IAA、ABA、GAs、CTKs 含量的测定。分别于 3~4 叶期、4~5 叶期、分蘖期、孕穗期和抽穗乳熟期。取有根尖的根前段(约 1cm 左右)和第二片完全展开叶中段,剪碎,快速装入事先称重预冷装有 3ml 80% 甲醇的青霉素小瓶中,再次称重记录,取样量约 0.5g,石蜡封口, -20℃ 保存备用。激素含量用 ELISA 酶联免疫法测定(试剂盒及测定方法由南京农业大学激素室提供)。

(6) 形态学指标。4 叶期到 5 叶期间的根冠、株高、主根数。

## 2 结果与分析

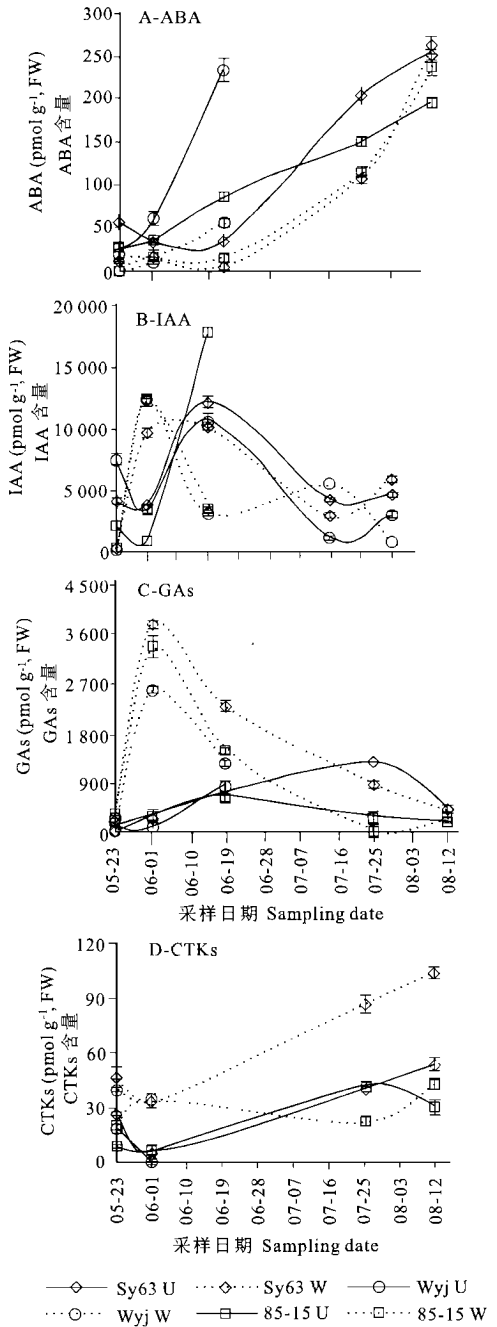
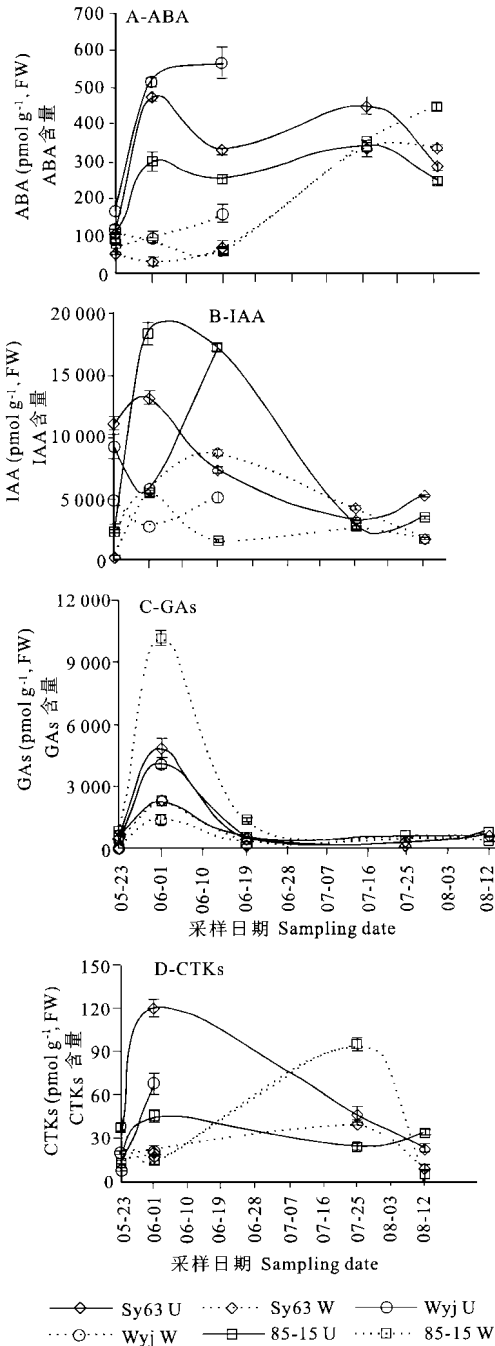
### 2.1 ABA 的变化规律

四叶期旱作水稻叶片的 ABA 含量比水作水稻高出十几倍,而抽穗乳熟期时旱作水稻 ABA 的含量却低于水作水稻(见图 1-A)。整个生育期内旱作水稻品种叶片 ABA 的变化趋势为:杂交稻四叶期出现一个高峰,随着旱作时间的延长 ABA 的含量逐渐降低,孕穗期 ABA 的含量逐渐升高又形成一个峰,抽穗乳熟期 ABA 的含量逐渐降低,旱稻与杂交稻变化趋势相似,且其 ABA 的含量始终低于杂交稻;常规稻叶片中的 ABA 含量从三叶期起则快速增加且一直高于杂交稻和旱稻。

苗期旱作水稻根部 ABA 含量高于水作水稻数倍至几十倍,抽穗期旱作水稻与水作水稻根部的 ABA 含量没有明显差异(见图 2-A)。整个生育期内各水稻品种根部 ABA 的变化趋势为:杂交稻从三叶期到五叶期略有降低的趋势而在分蘖期以后开始快速上升;常规稻呈抛物线上升;旱稻则是呈线形缓慢上升。

### 2.2 IAA 的变化规律

苗期旱作水稻叶片 IAA 含量显著高于水作水稻,孕穗期后旱作水稻与水作水稻叶片 IAA 含量没有显著差异(见图 1-B)。整个生育期内旱作杂交稻与旱稻叶片 IAA 变化趋势大致相似,三叶期杂交稻叶片的 IAA 含量高于旱稻,四叶期左右二者叶片中的 IAA 含量最高,四叶期后二者叶片的 IAA 含量降低。常规稻旱作苗期叶片中的 IAA 含量低于杂交稻与旱稻,其变化趋势也与杂交稻、旱稻不同,其在四叶期含量最少,而在五叶期时其叶片的



U- 旱作, W- 水作, 30 d- 三叶期, 45 d- 四叶期  
 60 d- 分蘖期, 100 d- 孕穗期, 120 d- 抽穗乳熟期  
 U-upland W-waterlogged 30d: three leaves stage, 45d: four leaves stage, 60d: tillering stage, 100d: booting stage, 120d: earing stage

U- 旱作, W- 水作, 30 d- 三叶期, 45 d- 四叶期  
 60 d- 分蘖期, 100 d- 孕穗期, 120 d- 抽穗乳熟期  
 U-upland W-waterlogged 30d: three leaves stage, 45d: four leaves stage, 60d: tillering stage, 100d: booting stage, 120d: earing stage

图1 旱作与水作水稻叶片的激素变化曲线

图2 旱作与水作水稻根系的激素变化曲线

Fig. 1 Dynamic change in endogenous hormones in leaves of the rice grown in upland and paddy soils

Fig. 2 Dynamic change in endogenous hormones in roots of the rice grown in upland and paddy soils

IAA 含量快速增加并显著高于杂交稻与旱稻, 而同一时期其旱作处理根部 IAA 的含量却低于水作, 且为整个生育期内的最低时期。

三叶期旱稻旱作根部的 IAA 含量显著高于水作(见图 2-B), 四叶期旱作水稻三种品种根部的 IAA 含量均低于水作。五叶期旱作水稻根部 IAA 快速增加, 超过了水作, 出现一个较叶片延迟的峰。从图 1 中可以看出旱作水稻根部的 IAA 变化行为一直比水作水稻慢一个节拍, 水作水稻根部从三叶期开始的 IAA 变化曲线与旱作水稻从四叶期开始的变化曲线基本相同。

### 2.3 GAs 的变化规律

旱作杂交稻和常规稻苗期叶片中 GAs 含量都是高于水作处理, 而水作的旱稻叶片中的 GAs 含量在四叶期却远远高于其他所有品种及所有处理(见图 1-C)。

三种水稻品种根部的 GAs 变化趋势基本一致。苗期旱作水稻根部 GAs 含量显著低于水作水稻, 后期旱作水稻与水作水稻根部 GAs 含量差异不大(见图 2-C)。

### 2.4 CTKs 的变化规律

旱作水稻苗期叶片中的 CTKs 含量与水作比显著升高, 四叶期出现一个高峰, 而后逐渐降低。品种间相比可看出, 四叶期时旱作杂交稻叶片的 CTKs 含量明显高于旱作常规稻和旱作旱稻, 生长后期旱作杂交稻叶片中的 CTKs 仍高于水作处理, 而水作旱稻在孕穗期叶片中的 CTKs 含量急增且显著高于旱作旱稻(见图 1-D)。但在乳熟期时水作旱稻叶片的 CTKs 又急骤下降且低于旱作旱稻。

旱作水稻苗期根部的 CTKs 含量低于水作水稻, 后期杂交稻 CTKs 含量低于水作处理。旱稻 CTKs 含量孕穗期高于对照, 但抽穗乳熟期低于水作(见图 2-D)。

### 2.5 硝酸还原酶的活力(NRA)

不论是根还是叶, 旱作的三种水稻的 NRA 都大于水作处理, 且叶片的 NRA 高于根部的 NRA(见表 1)。

表 1 不同品种水稻旱作与水作处理后 4~5 叶期 NRA(硝酸还原酶活力)

Table 1 NRA (Nitrate reductase activity) in rice of different cultivars with 4~5 leaves grown in upland and paddy soils

品种 Cultivars	硝酸还原酶活力 NRA ( $\text{NO}_2^-$ , $\mu\text{mol h}^{-1} \text{g}^{-1}$ , FW)			
	叶片 Leaves		根 Roots	
	旱作 Grown in upland soil	水作 CK	旱作 Grown in upland soil	水作 CK
杂交稻 Sy63	8.77 ( $\pm 0.021$ )	2.64 ( $\pm 0.139$ )	2.39 ( $\pm 0.122$ )	2.25 ( $\pm 0.131$ )
武育粳 WYj	8.83 ( $\pm 0.080$ )	3.93 ( $\pm 0.068$ )	1.02 ( $\pm 0.016$ )	0.91 ( $\pm 0.041$ )
旱稻 85-15	6.17 ( $\pm 0.388$ )	4.01 ( $\pm 0.097$ )	1.45 ( $\pm 0.029$ )	0.93 ( $\pm 0.036$ )

### 2.6 光合作用与叶绿素

旱作水稻光合速率与水作比略有降低。苗期旱作杂交稻(Sy63)与水作处理相比光合速率( $P_n$ ) 差异并不很大, 气孔阻力(SR) 几乎一致。旱稻(85-15)的 SR 在两种栽培条件下没有差异但其  $P_n$  旱作明显低于水作。常规稻(WYj)旱作后的  $P_n$  明显低于水作而 SR 显著大于水作(见表 2)。旱作水稻的叶绿素含量却高于水作。

表2 水稻在旱作与水作处理后叶绿素, 光合速率和气孔阻抗动态变化

Table 2 Dynamic changes in chlorophyll (Chl), photosynthesis rate (Pn) and stomatal resistance (SR) of rice cultivated in upland and paddy soils

处理 Treatment	叶绿素 Chl(mg g <sup>-1</sup> , Fw)			光合速率 Pn(CO <sub>2</sub> mg dn <sup>-2</sup> h <sup>-1</sup> )			气孔阻力 SR(s cm <sup>-1</sup> )		
	3~4 叶期 3~4 Leaves	4~5 叶期 4~5 Leaves	孕穗期 Booting stage	3~4 叶期 3~4 Leaves	4~5 叶期 4~5 Leaves	孕穗期 Booting stage	3~4 叶期 3~4 Leaves	4~5 叶期 4~5 Leaves	孕穗期 Booting stage
	旱作(Sy63)	2.69*	3.13*	2.03*	25.6	29.8	21.6	0.1	0.2
水作(Sy63)	2.23	2.47	1.42	28.5	31.5	22.1	0.1	0.2	1.6
旱作(Wyj)	2.37*	2.98*	—	13.2	22.4	—	0.6*	0.8*	—
水作(Wyj)	1.89	2.38	—	24.9*	31.2*	—	0.1	0.1	—
旱作(85-15)	2.88*	3.07	2.25*	23.2	27.6	20.8	0.1	0.1	2.8*
水作(85-15)	2.05	2.55	1.42	34.2*	32.9*	22.9	0.1	0.1	1.7

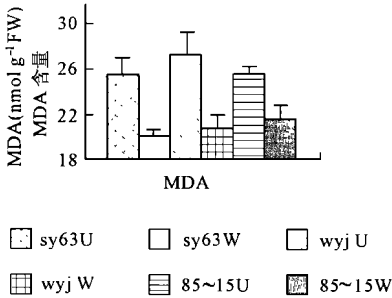
\* 显著 Remarkable

## 2.7 丙二醛(MDA)

旱作水稻的 MDA(细胞膜过氧化产物)含量略高于水作水稻。旱作水稻品种中杂交稻 Sy63 叶片产生的 MDA 量最少, 常规稻 Wjy 叶片的 MDA 含量最高(见图 3)。

## 2.8 株高, 主根及根/冠

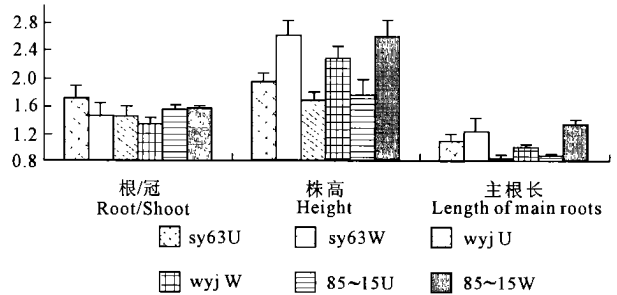
苗期旱作水稻株高明显矮于水作水稻, 但成熟期时二者差异基本消失。旱作水稻根系形态表现为主根短, 侧根发达, 且经干旱适应期后发根势强, 根冠比除旱稻外略有增加(见图 4)。



U- 旱作, W- 水作  
U-upland, W-waterlogged

图3 不同水稻品种旱作与水作处理后 4~5 叶期时叶片的 MDA 含量

Fig. 3 MDA in the leaves of rice with 4~5 leaves grown in the upland plants and paddy



U- 旱作, W- 水作  
U-upland, W-waterlogged

图4 不同水稻品种旱作与水作处理后 4~5 叶期时根/冠, 株高及主根长的对比

Fig. 4 Root/ shoot, height and root length of rice with 4~5 leaves grown in upland and paddy of different cultivars

## 3 讨论

旱作水稻栽培技术的可行性很大程度上取决于水稻的抗旱能力。内源激素作为信号物质在水稻对土壤干旱的感知, 对旱作条件的适应及保证高产等方面起着关键的作用。苗期(四叶期左右)是旱作水稻对干旱的适应阶段, 在这期间旱作水稻经历着巨大的生理调整, 体内激素水平与水作水稻存在着显著差异, 此时旱作水稻体内的 ABA、IAA、CTKs 及 GAs 都与水作处理存在着显著差异。

### 3.1 内源激素

本试验结果表明苗期旱作水稻 ABA 含量高于水作,且幅度很大,但随着旱作时间的延长,ABA 含量逐渐降低,暗示着水稻对于旱作需要一个适应过程。Liang 等<sup>[4]</sup>实验结果表明干旱 30 天的新老叶片其 ABA 的含量变化也是初期增加,随着干旱时间的延长,叶片 ABA 含量又逐渐降低,这与我们的实验结果相一致。抽穗乳熟期旱作水稻 ABA 的含量比水作低,这可能是其青棵迟熟原因之一。旱作水稻苗期叶片 IAA 高于水作水稻,而根部四叶期时 IAA 含量低于水作,五叶期就远远高于水作,原因可能为 a) 旱作初期叶片 IAA 的合成能力增加; b) 由于水分亏缺,IAA 氧化酶活性增加而导致 IAA 向下运输减少<sup>[5]</sup>,但在适应了干旱环境后,IAA 向下运输能力又恢复正常,由于前期叶片里的 IAA 积累所以五叶期根系的 IAA 含量高于水作水稻。有报导认为内源 GAs 活性可能因水分亏缺而下降<sup>[6]</sup>,但我们的试验结果表明在苗期水稻叶片与根部 GAs 变化规律是相反的,叶片的 GAs 含量增加而根部的 GAs 含量降低,且随着旱作时间的延长旱作水稻与水作水稻的 GAs 变化规律基本一致。

旱作条件下不同水稻品种的内源激素含量的差异反映着不同水稻品种抗旱能力的差异。杂交稻旱作后其内源 ABA 含量低于常规稻,与旱稻体内的 ABA 含量相近;其 IAA 的变化趋势也与旱稻相似。而常规稻内源 ABA 和 IAA 的变化趋势与杂交稻及早稻不同,激素含量的变化幅度更大,表现出较杂交稻和旱稻对水分亏缺更敏感的生理特性。

### 3.2 NRA

旱作水稻苗期其体内的硝酸还原酶活力(NRA)就很高,且水作水稻也能测得到较高 NRA,这与传统的观点有所不同,其 NRA 比小麦体内的 NRA 还要高(小麦叶片的 NRA 约为  $\text{NO}_2^- 1.5 \sim 5.0 \mu\text{mol h}^{-1} \text{g}^{-1}$ , FW)<sup>[7]</sup>; 远高于棉花(苗期棉花根部的 NRA  $\text{NO}_2^- 0.06 \sim 0.09 \mu\text{mol h}^{-1} \text{g}^{-1}$ , FW, 叶片内的 NRA 为  $\text{NO}_2^- 0.4 \sim 0.6 \mu\text{mol h}^{-1} \text{g}^{-1}$ , FW)<sup>[8]</sup>。旱作水稻叶片的 NRA 显著高于根部的 NRA,这一表现与其他旱地作物相似<sup>[7,8]</sup>,说明旱作水稻的叶片是硝态氮还原的主要场所。

### 3.3 气孔运动与叶绿素

本试验结果表明旱作水稻苗期气孔没有表现出气孔阻力显著增加,其原因可能为:(1)虽然在苗期旱作水稻不论叶片或根系 ABA 都显著增加了,但在此时叶片中的 IAA 含量也在增加,实验表明在 4~5 叶期旱作条件下的水稻体内 IAA、ABA 的含量均高于水作水稻且都处于恰好高峰期。张蜀秋等<sup>[9]</sup>的实验证明外施 IAA 对外施 ABA 诱导的气孔关闭表现出一定程度的拮抗作用,另有证据表明在叶片下表皮除存在着 ABA 结合蛋白外<sup>[10]</sup>同样保卫细胞还存在着 IAA 的受体位调控作用。我们的试验结果表明孕穗期旱作水稻叶片及根部中 ABA 均高于水作水稻,IAA 水平低于水作水稻,这时的旱作水稻气孔阻力就明显大于水作水稻了(见表 2),这一结果反证了内源 ABA 与 IAA 对气孔行为的拮抗性调控作用。但董永华等<sup>[11]</sup>实验结果却表明外施 IAA 虽能提高小麦叶绿素的含量但对气孔阻力却影响不大,所以多种激素对气孔调控的分子机制还有待于进一步的研究。(2)ABA 诱导的旱作水稻气孔关闭有可能是不均匀关闭。我们对气孔阻力的测定是利用便携式光合作用测定系统进行的,如果旱作水稻发生的是不均匀气孔关闭那么我们采用的叶片气体交换参数的计算公式就具有着严重的缺陷,便携式光合作用测定系统测出的结果就存

在着偏差。

旱作水稻的叶绿素含量显著高于水作水稻,其可能的原因:(1)旱作后的细胞体积变小<sup>[12]</sup>,细胞中叶绿素被浓缩;(2)旱作水稻氮素利用率高于水作水稻,水作水稻由于反硝化及 $\text{NH}_3$ 挥发导致氮素损失很多,而旱作条件下同样的氮肥施用量,氮素损失少,因为在旱作条件下,反硝化很小,淋失更少, $\text{NH}_3$ 挥发也比水作少。旱作条件下有利于提高氮肥利用率,其机理还有待进一步研究。

旱作水稻叶片叶绿素浓度增加,气孔导度没有显著下降,所以旱作水稻的光合速率与水作水稻的差异不显著。这是水稻可以旱作,且保证高产的主要原因之一。

### 3.4 膜脂过氧化

在旱作水稻品种中杂交稻 Sy63 产生的 MDA 量最少,常规稻 Wyj MDA 含量最高,说明杂交稻对水分亏缺的忍耐力要强于常规稻 Wyj,较之更适合旱作。

### 3.5 植株形态变化

宋平等<sup>[13]</sup>的研究结果表明 GAs 与 ABA 对水稻叶鞘、叶片的伸长生长有拮抗作用。旱作杂交稻和常规稻叶片中 GAs 含量高于水作处理,但因其体内的 ABA 含量也显著增加,所以旱作水稻叶鞘、叶片伸长生长在旱作初期不如水作处理,常规稻表现尤为明显,杂交稻次之,在旱作后期这一差异基本消失。旱作深刻地改变了水稻主根的根尖与侧根的关系。江玲等<sup>[14]</sup>研究结果表明生长素促进侧根发生,细胞分裂素抑制侧根发生。旱作适应期后水稻根系的内源生长素含量增加,细胞分裂素含量降低诱导侧根大量产生,提高了水分吸收面积。Erwin. H. Back<sup>[15]</sup>通过测定根系每天的 CTKs 含量发现,根系的 CTKs 含量与根/冠比呈负相关的,本实验结果也表明苗期旱作水稻根/冠比增加,而此时根部的 CTKs 含量降低。

## 4 结 论

旱作水稻通过改变自身的形态生理生化等来适应干旱胁迫,而体内激素的变化则进一步深入反映了水稻在水分胁迫时所做的自身调节,可以部分地解释水稻旱作后形态生理生化变化。水分胁迫下的各种生理生化及基因水平的变化都涉及到信号的传递。前人一般认为 ABA 是对干旱胁迫最敏感的激素,是根源逆境感应信号<sup>[5, 16, 17]</sup>而本实验结果表明在水分亏缺条件下除了 ABA 外 IAA, CTKs 等多种激素也主导和参与调控多种旱作后植株的生理生化适应性反应,特别是对气孔运动,根系侧根发生、植株生育期的推迟等问题本文作了较详细的探究,旱作水稻除 ABA 以外的内源激素及它们的相互作用对旱作水稻的形态和生理生化改变也有着不可替代的效应。

## 参 考 文 献

1. 彭云生,刘恩. 关于叶绿素提取方法的比较研究,北京农业大学学报,1992,18(3):247~250
2. 张志良. 植物生理学实验指导. 北京:高等教育出版社,1997
3. 张宪政. 作物生理研究法. 北京:农业出版社,1992
4. Liang J, Zhang J, Wong M H. Stomatal conductance in relation to xylem sap abscisic acid concentrations in two tropical trees,

- Azadirachta indica* and *Litsea glutinosa*. Plant, Cell and Environment, 1996, 19: 93~ 100
5. 许旭旦. ABA 等内源激素与植物的抗旱性. 植物生理学通讯, 1988, (1): 1~ 8
  6. Abemethy G A, Mmanus M T. Biochemical responses to an imposed water deficit in mature leaves tissue of *Festuca arundinacea*. Environmental and Experimental Botany, 1998, 40(1): 17~ 28
  7. 李春喜等. 超高产小麦 NRA 变化动态及其与氮肥施用关系的研究. 河南职技师院学报, 1998, 26(2): 5~ 8
  8. 李伶俐等. S<sub>3307</sub> 浸种对棉苗生长及某些酶活性的影响. 河南农业大学学报, 1999, 33(1): 17~ 19
  9. 张蜀秋. 蚕豆叶片气孔对生长素和脱落酸的反应. 中国农业大学学报, 1999, 4(3): 43~ 47
  10. 吴忠仪等. 蚕豆叶片下表皮的 ABA 结合蛋白的分离纯化. 植物学报, 1999, 41(8): 842~ 845
  11. 董永华等. 喷施生长素和赤霉素对土壤干旱条件下小麦幼苗生理特性的影响. 华北农学报, 1998, 13(3): 18~ 22
  12. Dingkuhn M. Responses of seven diverse rice cultivars to water deficits. Field Crop Research, 1991, 27: 103~ 117
  13. 宋平等. 籼稻半矮秆品种种的敏感性及其与过氧化物酶的关系. 江苏农学院学报, 1998, 19(1): 17~ 21
  14. 江玲, 周燮. 外源生长素和细胞分裂素对莠苣幼苗侧根原基发生和内源激素含量的影响. 南京农业大学学报, 2000, 23(1): 19~ 22
  15. Erwin H Beck. Regulation of shoot/root ratio by cytokinins from roots in *Urtica dioica*: Opinion. Plant and Soil, 1996, 185: 3~ 12
  16. Davis WJ, Zhang J. Root signals and the regulation of growth and development of plants in drying soil. Ann. Rev. plant physiology. Plant Mol. Biol., 1991, 42~ 55
  17. Jeffery D *et al.* Stomatal closure of maize hybrids in response to drying soil. crop Sci., 1997, 37: 803~ 807

## EFFECT OF SOIL WATER REGIME ON DYNAMIC LEVELS OF ENDOGENOUS HORMONES AND RELATIONSHIP BETWEEN HORMONES AND PHYSIO- BIOCHEMISTRY AND MORPHOLOGY OF RICE OF DIFFERENT CULTIVARS CULTIVATED IN UPLAND SOIL

Fan Xiaorong Shen Qirong Cui Guoxian Xu Guohua

( College of Resoures and Environmental Sciences and MOA Key Lab of Plant Growth Regulation, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China)

### Summary

Investigations were made of dynamic change in phytohormones, including abscisic acid (ABA), indole-3-acetic acid (IAA), gibberellins (GAs) and cytokinins (CTKs) and their effects on the physio-biochemistry and morphology of rice of three different cultivars, *i. e.*, "Shanyou63" (Sy63), "Wuyujing" (Wuj) and upland rice "85-15" (85-15) grown in upland soil. The content of ABA increased as compared with that in the CK (waterlogged) and the dynamic change in ABA in rice of different cultivars followed some rules. And the dynamic change in GAs was similar to that in ABA. IAA decreased in roots and increased in leaves at the beginning of the stress period. The change in CTKs content was similar to that in IAA. The results suggested that on the upland soil the action of stoma of rice was controlled by IAA as well as ABA and the development of lateral roots was related to the increase in endogenous IAA and the decrease in endogenous CTKs in root.

**Key words** Rice grown in upland soil, Endogenous hormones, Morphology, Physio-biochemistry