

文章编号: 1674-7054(2017)03-0318-06

水作和旱作对山栏稻生长的影响

吴丹¹, 吴川德², 何美丹¹, 李栋¹, 何光亮¹, 谭传兴¹, 袁潜华¹

(海南大学热带农林学院, 海口 570228; 2. 海南省琼海市大路镇农业技术服务中心, 海南 琼海 571425)

摘要: 通过田间试验设计覆秸旱作、水作和传统旱作 3 种栽培方式, 分别测定山栏稻的抗旱生理指标、农艺性状和产量构成因素。结果表明: 水作减轻了山栏稻受干旱胁迫程度, 降低了剑叶的 POD, MDA 以及可溶性蛋白的含量, 提高叶绿素含量, 而覆秸旱作亦有类似效应但效果不如水作。与普通旱作相比, 水作和覆秸旱作山栏稻株高分别提高 30.62% 和 16.69%, 叶长分别增长 14.32% 和 6.62%, 有效分蘖数分别增加 64.7% 和 26.47%, 生育期分别缩短 12 d 和 5 d, 产量分别提高 267.44% 和 91.04%。山栏稻在水田环境下具有减少干旱胁迫、优化农艺性状和提高产量等诸多优点。本研究旨在为山栏稻从传统山区旱地种植引向普通旱作和水田种植(“山栏下山”)提供科学的依据。

关键词: 山栏稻; 水作; 覆秸旱作; 生理指标; 农艺性状; 产量

中图分类号: S 511.6 文献标志码: A DOI: 10.15886/j.cnki.rdsxb.2017.03.011

山栏稻是海南黎族、苗族人民在两千多年的实践中筛选的 1 种适宜干旱地区种植的水稻品种, 是水稻的一大类^[1]。山栏稻具有丰富的营养价值, 用山栏米酿成的山栏酒具有独特的醇香, 被誉为“黎族茅台”。山栏稻现有的栽培方法单一, 传统的刀耕火种的种植手段破坏环境, 近年来, 地方政府已禁止烧山毁林, 加之产量和效益问题使得山栏稻种植面积逐年减少^[2]。过去的山栏稻耕种都是在山地旱作条件下完成的, 种植地点有较大的局限性, 为了进一步发展山栏稻, 有必要探索山栏稻新的种植方式。水作是水稻常见的增产增收种植手段, 在前期的试验中, 笔者发现山栏稻水作是基本可行的^[3]。普通平地旱作种植山栏稻, 需要通过技术措施保持土壤水分, 达到维持植株生长和节水、抗旱的目的。近年来, 关于水稻覆盖旱作的研究日益增多^[4-6], 覆盖旱作具有省力、节水且产量高等优点。因此, 本实验设计普通平地旱作(普通旱作)、水田灌溉(水作)及覆秸旱作 3 种栽培模式, 观察生育期内不同栽培模式下山栏稻的分蘖动态、剑叶生理指标, 分析产量及农艺性状等, 试图通过不同栽培方式对山栏稻生理特性和产量性状的影响, 研究山栏稻新的水、旱栽培方式及其覆秸措施的可行性, 提出山栏稻从传统山地旱作到普通平地旱作和水田水作种植的相关技术特性, 探讨相应的高产栽培技术, 为山栏稻从传统山地旱作的栽培方式引向普通平地旱作和水田种植(让“山栏下山”)提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况 试验于 2015 年 12 月—2016 年 5 月在海南省乐东黎族自治县尖峰镇万钟农场海南大学农学院基地(18°39'N, 108°46'E)进行。该地区年平均气温为 23.9~25.2 °C, 太阳辐射年总量为 5 257.6~6 069.7 KJ·m⁻², 年降水量约为 1 000 mm, 但降水季节分配极不均匀, 干湿季极为明显, 1~4 月为旱季, 5~

收稿日期: 2017-05-18

修回日期: 2017-06-28

基金项目: 海南耕地改良关键技术研究示范专项项目(HNGDg12015); 公益性行业(农业)科研专项经费项目(201403075)

作者简介: 吴丹(1991-), 女, 海南大学热带农林学院 2014 级硕士研究生, E-mail: wudan15972185596@163.com

通信作者: 吴川德(1970-), 男, 高级农艺师, 研究方向: 作物栽培, E-mail: 736538258@qq.com;

袁潜华(1963-), 男, 研究员, 研究方向: 作物遗传育种与栽培, E-mail: qhyuan@163.com

10月为雨季^[7]。

1.2 试验设计 供试的山栏稻品种为白沙山栏(偏粳型糯稻、黄壳内白),共设计水田水作、覆秸常规旱作以及普通旱作(CK)3种栽培方式。水田水作(paddy cultivation,P):生长期内进行正常灌水保持土层表面有一层浅水;覆秸旱作(rice-straw mulching,RS):措施和旱作一样,在移栽后5~7d铺上秸秆,秸秆材料取自农民新割的干燥水稻秸秆;普通旱作(upland cultivation,U):作为对照组,从移栽期开始断水并且不进行人工灌水,稻田自然晒干。试验点土壤为燥红土,pH5.93。试验采取随机区组设计,3次重复,各试验小区面积为3m×5m,小区之间间隔40cm。移栽前2d对稻田充分灌水,充分耕耘使其平坦且质地松软,并保持土壤持水量在70%左右。2015-12-22播种,2016-01-21移栽,移栽时保证所有小区幼苗长势基本一致,株行间距为20cm×20cm,每穴3株,于1月28日在覆盖秸秆小区幼苗周围均匀铺上约2cm厚的秸秆,尽量不让幼苗受到损伤。试验小区旁边种植5行山栏稻作为保护行且品种为白沙麻糯。

1.3 测定项目与方法 插秧后到有效分蘖终止期每隔10d调查1次分蘖动态,移栽前1d(1月20日)、分蘖期(2月20日)、孕穗期(3月26日)、抽穗期(4月3日)和成熟期(5月4日)分别调查植株叶绿素含量(SPAD)、过氧化物酶(Peroxidase,POD)活性^[8-9]、丙二醛(Malondialdehyde,MDA)和可溶性蛋白含量等生理指标^[8],以及株高、剑叶长、生育期和成熟时植株农艺性状。每个小区割取5个代表性植株作为样本,风干后测定农艺性状,计算理论产量。

1.4 数据处理 所有数据均采用Microsoft Excel进行制表制图,用SPSS 21.0进行单因素方差分析(One Way ANOVA)和Duncan法进行多重检验,均值差的显著性水平设为0.05。

2 结果与分析

2.1 水、旱栽培方式对山栏稻剑叶生理指标的影响

2.1.1 水、旱栽培方式对山栏稻剑叶SPAD值的影响 SPAD值能反映植株叶片叶绿素的含量,当植株受到干旱、冷冻或者病虫害等极端环境的影响时,叶绿素含量会相对减少。从图1-a可知,移栽期幼苗剑叶SPAD值处理间差异不显著($P=0.868>0.05$);分蘖期叶片SPAD值上升速度加快,各处理SPAD值呈显著性差异,且水作>覆秸干旱>裸露干旱;孕穗期各处理叶片SPAD值达到最高,且SPAD值水作>覆秸干旱>裸露干旱;从孕穗期开始SPAD均有下降,一直持续到成熟期,成熟期剑叶SPAD值水作处理显著高于普通旱作和覆秸旱作,但两者之间差异不显著($P=0.32>0.05$)。水作明显抑制了叶绿素降解,提高了剑叶内叶绿素含量,营养状况良好,而覆秸旱作虽提高了叶绿素含量,但效果不如水作明显。

2.1.2 水、旱栽培方式对山栏稻剑叶POD的影响 当植株受到干旱胁迫时,细胞会释放大量的氧自由基,而过氧化物酶(POD)具有清除植物体内活性氧的功效,过氧化物酶活性越强,说明植株受干旱胁迫程度越深。从图1-b可以看出,在山栏稻整个生长期,叶片体内POD酶活性呈现“先上升后下降”的趋势:移栽期POD含量少,各处理之间没有呈现显著差异($P>0.05$);从移栽期到孕穗期,POD活性持续增强,在孕穗期POD酶活性最强,且普通旱作>覆秸旱作>水作;从孕穗期到成熟期POD酶活性降低,且普通旱作>覆秸旱作>水作。水作和覆秸旱作皆能降低干旱对山栏稻的胁迫伤害,减弱剑叶内POD酶活性,水作的效果最为明显。

2.1.3 水、旱栽培方式对水稻剑叶可溶性蛋白质含量的影响 因外界刺激植物膜系统受到破坏造成细胞内外的物质随意通过细胞膜通道,而可溶性蛋白可调节细胞膜内外的渗透压,因此可溶性蛋白常作为抗性指标之一,且与细胞受到的干旱胁迫程度成正比^[9]。从图1-c可以看出,幼苗刚移栽时,可溶性蛋白含量很低且各处理间差异不显著($P=0.673>0.05$);随着山栏稻的生长,可溶性蛋白含量持续上升且上升速度普通旱作>覆秸旱作>水作;孕穗期可溶性蛋白含量上升到最大,且普通旱作>覆秸旱作>水作;从孕穗期开始普通旱作和覆秸旱作可溶性蛋白含量持续下降,且下降速度表现为普通旱作>覆秸旱作>水作;成熟期普通旱作显著高于水作($P=0.015<0.05$),而普通旱作和覆秸旱作之间差异不显著($P=0.374>0.05$)。水作和覆秸旱作可以降低干旱胁迫程度,减少细胞内可溶性蛋白含量,且水作效果更优。

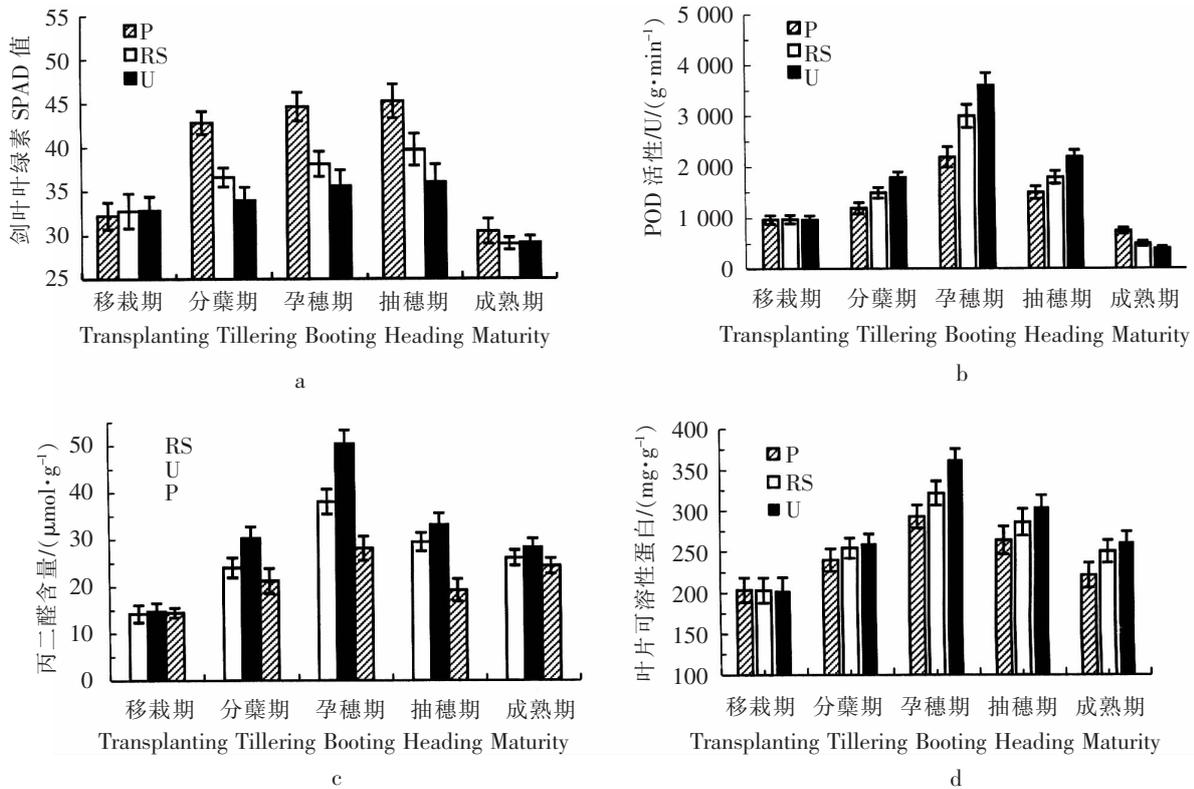


图 1 水、旱栽培模式下山栏稻剑叶在不同生育期生理指标的变化

图 1-a,图 1-b,图 1-c,图 1-d 分别表示不同栽培模式下剑叶 SPAD,POD,MDA 以及可溶性蛋白含量 RS:覆秸旱作;P:水作;U:普通旱作。下同

Fig.1 Changes of physiological indexes of sword leaves of Shanlan upland rice under paddy and upland cultivation in different growing periods

Fig.1-a, Fig.1-b, Fig.1-c and Fig.1-d indicate the content of SPAD, POD, MDA, respectively and the soluble protein of flag leaf in different cultivation patterns. RS: rice straw mulching; P: paddy cultivation; U: upland cultivation. Similarly hereinafter

2.1.4 水、旱栽培方式对水稻剑叶丙二醛(MDA)含量的影响 植物在干旱环境中细胞生物膜受到破坏,最明显的标志是膜脂过氧化产物丙二醛(MDA)含量的增加。由图 1-d 可知 在幼苗刚移栽时,MDA 含量很低且各处理间差异不显著($P=0.875 > 0.05$)。随着山栏稻的生长,MDA 含量持续上升,且上升速度表现为普通旱作 > 覆秸旱作 > 水作;孕穗期 MDA 含量上升到最大,且普通旱作 > 覆秸旱作 > 水作;从孕穗期开始普通旱作和覆秸旱作处理 MDA 含量持续下降,而水作抽穗期到成熟期 MDA 含量上升,在成熟期普通旱作处理剑叶 MDA 含量显著高于水作处理($P=0.0318 < 0.05$)以及覆秸旱作处理($P=0.0485 < 0.05$),而覆秸旱作和水作之间差异不显著($P=0.45 > 0.05$)。

2.2 水、旱栽培方式对山栏稻农艺性状的影响

2.2.1 水、旱栽培方式对山栏稻株高和剑叶长的影响 植物为了适应缺水的生长环境,保证正常生长发育,其根、茎、叶等发育器官都会随着环境发生明显变化,其中茎、叶对于干旱环境的反应比根系更为敏感,反应速度更快。不同的栽培模式下山栏稻株高差异极显著(如图 2-a)。分蘖期的株高在水作情况下显著高于普通旱作,分蘖期到孕穗期是山栏稻整个生长期中株高增长速度最快的时期,且水作 > 覆秸旱作 > 普通旱作;相对于普通旱作,成熟期水作和覆秸旱作株高各增长了 16.69% 和 30.62%。成熟期剑叶长水作与覆秸旱作差异极显著(如图 2-b),但覆秸旱作与普通旱作差异不显著,水作和覆秸旱作处理下山栏稻的剑叶长分别为 47.91 cm 和 44.68 cm 相较于普通旱作分别增长了 16.62% 和 14.32%。

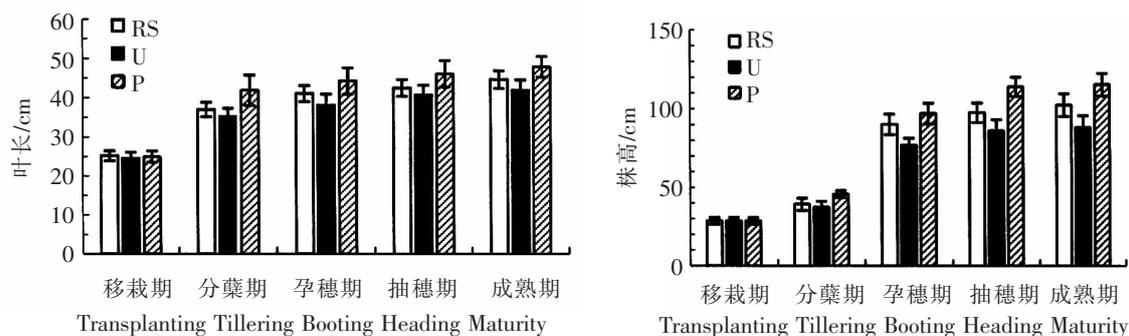


图 2 水、旱栽培模式下山栏稻株高和剑叶长变化

Fig.2 Changes of the height of Shanlan upland rice and length of flag leaves under paddy and upland cultivation

2.2.2 水、旱栽培方式对山栏稻分蘖的影响 由图 3 可知,不同栽培模式下最高单株茎蘖数差异极显著 ($P=0.000 < 0.05$)。水作山栏稻最高茎蘖数达到 15.4 个,覆秸旱作最高茎蘖数 10.4 个,普通旱作最少只有 8.4 个;随后山栏稻进入分蘖末期,茎蘖数下降且最终稳定称为有效穗,水作单株有效穗数达到 11.2 个,覆秸旱作有 8.6 个,普通旱作只有 6.8 个。与传统普通旱作相比,水作和覆秸旱作有效穗数分别增长了 64.7% 和 26.47%。水作处理下山栏稻返青后茎蘖数开始增长且速度较快,率先进入分蘖盛期(3 月 6 日),而普通旱作和覆秸旱作山栏稻移栽后恢复力较弱,推迟了 10 d 才进入分蘖盛期(3 月 16 日)。

2.2.3 水、旱栽培方式对山栏稻生育期的影响

不同栽培模式对山栏稻的生育期有显著的影响(表 1),以常规旱作为对照,水作生育期提前了 12 d,而覆秸旱作提前了 5 d。水作的分蘖盛期在 3 月 6 日,覆秸旱作和普通旱作的分蘖盛期同在 3 月 16 日,水作栽培下山栏稻恢复能力强,更早地进入分蘖盛期,相对于普通旱作提前了 10 d。各栽培方式下,山栏稻始穗期差异不显著,水作和覆秸旱作条件下齐穗期差异不显著,但分别和普通旱作差异显著,普通旱作下齐穗期延后了 3 d。普通旱作以及覆秸旱作小区

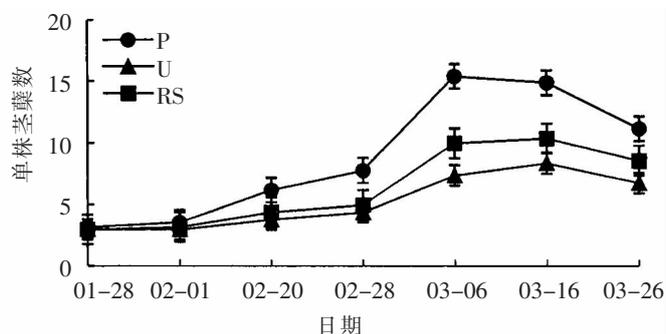


图 3 水、旱栽培模式下的山栏稻单株茎蘖数

Fig. 3 The number of tillers per plant of Shanlan upland rice under paddy and upland cultivation

不进行人工灌水,土壤含水量随着生育期推进越来越低,抑制了山栏稻的生长。孕穗期到成熟期是山栏稻对水分最为敏感的时期,低含水量引起山栏稻不抽穗或影响稻谷灌浆进程,导致群体内个体生育期差异较大,群体生育期延长。

表 1 水、旱栽培方式下山栏稻的生长进程

Tab. 1 Growing process of Shanlan upland rice under paddy and upland cultivation

处理 Treatment	生育期(月-日) Growth stages					全生育期 Total days
	播种期 Sowing	分蘖盛期 Peak tillering	始穗期 Initial heading	齐穗期 Full heading	成熟期 Maturity	
水作 Paddy	12-20	03-06	04-01	04-06	05-03	134
覆秸旱作 Rice straw mulching	12-20	03-16	04-02	04-07	05-10	141
普通旱作 Upland	12-20	03-16	04-03	04-10	05-15	146

2.3 水、旱栽培方式对山栏稻产量及产量性状的影响 穗数、每穗粒数、结实率和干粒重是稻谷产量的构成因素,不同栽培模式对山栏稻产量及产量构成的影响差异极显著(表 2),各处理在每穴有效穗数、实粒数、结实率和理论产量上差异显著,且和普通旱作相比,水作和覆秸旱作每穴有效穗数分别提高了 141.03% 和

52.33% 实粒数分别提高了 44.9% 和 18.96% ,结实率分别提高了 41.85% 和 16.61% ,产量分别提高了 267.44% 和 91.04% 。水作的千粒重分别与普通旱作和覆秸旱作差异极显著 ,而后两者差异不显著。在不同栽培模式下穗长及每穗总粒数差异不显著;水作具有相对较高的产量水平 ,主要体现在提高了单株有效穗数、每穗实粒数、千粒重和结实率 ,但对总粒数没有明显影响。

表 2 水、旱栽培方式下山栏稻的产量及产量性状

Tab.2 Yields and agronomic traits of Shanlan upland rice under paddy and upland cultivation

处理 Treatment	每穴穗数 Number of panicles per hill	总粒数 Total grain number	实粒数 Grain number	结实率/% Seed setting rate	穗长/cm Panicle length	千粒重/g 1 000-grain weight	理论产量/ (kg · hm ⁻²) Yield
水作 Paddy	9.81c	68.64a	60.9c	88.8c	21.20a	27.90b	4 023.30c
覆秸旱作 Rice straw mulc- hing	6.20a	69.22a	50.00a	73.00a	22.21a	24.66a	2 002.05b
普通旱作 Upland	4.07b	67.57a	42.03b	62.6b	21.20a	24.22a	1 070.70a

注:不同字母代表在邓肯检验中当在 $P=0.05$ 水平时呈显著性差异

Note: Different letters indicate a significant difference at 5% level according to Duncan's multiple range test

3 讨论

国内外很多学者发现无论旱稻还是水稻在淹灌条件下生育性状均强于旱种条件,旱种时会发生一系列生理和形态上的变化,如生育期延迟,株型变矮^[10-11]。山栏稻作为 1 种旱稻,对于干旱环境具有很强的适应性,旱作条件下,山栏稻可以利用的水分较少,因此通过植株变矮,叶片变短来减少水分蒸发以保存体内的水分,增强体内抗旱酶活性来清除体内 MDA 等过氧化产物,使山栏稻能正常生长。和普通旱作对比,水作和覆秸旱作栽培模式降低了植物体内的抗逆酶的活性(POD 等)和抗逆反应有关的物质含量(MDA、可溶性蛋白等),叶绿素含量升高,株高和剑叶长都有增长。究其原因,土壤水分是影响水稻生长发育的关键因素,水作稻田土壤水分处于饱和状态,非常适合水稻的生长,减轻干旱胁迫程度,提高山栏稻的株高、叶长等农艺性状,生长优势显著。干旱对山栏稻影响程度依次为:孕穗期、出穗开花期、灌浆乳熟期以及分蘖盛期,且水稻生长前期比生长后期耐旱,营养生长阶段比生殖生长阶段抗旱性强,水作条件下山栏稻具有足够的水分进行生殖生长,不影响山栏稻产量的形成;旱作栽培导致山栏稻在生长后期缺水,严重影响山栏稻籽粒的发育,容易造成瘪粒增加、千粒重下降等现象^[12]。本实验也出现了这种现象,导致普通旱作情况下产量偏低。旱作山栏稻的晚熟现象可能是由于山栏稻抽穗期正值 4 月,该试验地区气温高且已过雨季,灌溉不及时导致群体内个体生育期差异较大,旱作山栏稻齐穗期到成熟期间隔加长,因此,在生产上应注意满足旱作山栏稻生殖生长时期的水分需求,以发挥其最大产量潜力。覆秸旱作虽然可以在一定程度上起到保持土壤水分、减轻干旱影响,提高山栏稻产量,但其在山栏稻的生产上具有一定的局限性,覆秸旱作需要大量的秸秆,花费大量人力物力,对山栏稻的覆秸旱作栽培模式的推广形成了阻碍,而且有报道说在田中铺大量的秸秆容易造成稻瘟病的大规模传播,对水稻产量和品质构成严重威胁^[13]。目前在水稻生产中,水作是主要的栽培方式,具有统一机械化管理、节省人力物力、产量高以及经济效益高的优点。综合来看,山栏稻水作有明显的优势,山栏稻从传统山地旱作到水田水作种植具有可行性,适合大面积推广。山栏稻水作使得“山栏下山”,既保护了山区生态环境、防止水土流失,又保持了海南特有旱稻的生产和资源利用。

本研究结果表明,水作可最大程度地减轻山栏稻受干旱胁迫程度,降低了剑叶 POD、MDA 以及可溶性蛋白含量,提高叶绿素含量,覆秸旱作效果其次;跟普通旱作相比,水作和覆秸旱作山栏稻株高分别提高 30.62% 和 16.69%,叶长分别增长 14.32% 和 6.62%,有效分蘖数分别增加 64.7% 和 26.47%,生育期分别缩短 12 d 和 5 d,水作山栏稻农艺性状最优;与普通旱作相比,水作和覆秸旱作条件下山栏稻产量分别

提高 267.44% 和 91.04% ,水作增产效果显著。山栏稻的水作模式和覆秸旱作都具有可行性,其中水作增产效果最显著,具有应用前景。

参考文献:

- [1] 叶凡, 杨小波, 党金玲, 等. 中国山栏稻的研究进展[J]. 作物杂志, 2008(2): 12-15.
- [2] 刘华招, 季春德. 海南山栏稻种质资源的保护与利用[J]. 热带作物学报, 2016, 36(12): 49-51.
- [3] 袁潜华, 裴新梧, 何美丹. 转基因水稻向普通野生稻的基因漂流研究[A/OL]. 国家科技报告服务系统. (2013-11-13). <http://www.nstrs.cn/xiangxiBG.aspx?id=35209>.
- [4] 樊红柱, 曾祥忠, 张冀, 等. 覆盖旱作水稻的生长及水分利用效率研究[J]. 西南农业学报, 2010, 23(2): 349-353.
- [5] 杨安中. 水稻秸秆与地膜二元覆盖旱作栽培效应研究[J]. 水土保持学报, 2000, 14(2): 66-69.
- [6] Qin J T, Hu F, Zhang B, et al. Role of straw mulching in non-continuously flooded rice cultivation [J]. Agricultural Water Management, 2006, 83(3): 252-260.
- [7] 谭伟瑞. 海南岛乐东县的气候和农业[J]. 热带地理, 1981(1): 33-38.
- [8] 黄新宇, 徐阳春, 沈其荣, 等. 水作与地表覆盖旱作水稻的生长和水分利用效率[J]. 南京农业大学学报, 2004, 27(1): 32-35.
- [9] 李忠光, 龚明. 愈创木酚法测定植物过氧化物酶活性的改进[J]. 植物生理学通讯, 2008, 44(2): 323-324.
- [10] 景艳艳. 杨桃过氧化物酶及其活性变化的研究[D]. 南宁: 广西大学, 2012.
- [11] 张梦如, 杨玉梅, 成蕴秀, 等. 植物活性氧的产生及其作用和危害[J]. 西北植物学报, 2014, 34(9): 1916-1926.
- [12] 徐芬芬, 叶利民, 曾晓春, 等. 水稻对水分胁迫的生理响应及适应性研究进展[J]. 安徽农学通报, 2005, 11(7): 48-49, 60.
- [13] 余叔文, 陈景治, 龚燦霞. 不同生长期土壤干旱对水稻的影响[J]. 作物学报, 1962, 1(4): 399-409.
- [14] 崔国贤, 沈其荣, 范晓荣. 全生育期模拟覆盖旱作水稻的生理反应[J]. 湖南农业大学学报(自然科学版), 2003, 29(1): 1-6, 44.
- [15] 赵步洪, 张洪熙, 陈新红, 等. 不同旱种方式水稻的生长发育与产量形成特性[J]. 江苏农业学报, 2003, 19(4): 211-217.
- [16] 马德学, 刘凤艳. 井灌稻作区秸秆还田对稻瘟病发生影响的研究[J]. 现代化农业, 2013(5): 4-6.

The Effects of Paddy and Upland Cultivation on Physiological Parameters, Agronomic Traits and Yield of Shanlan Upland Rice

WU Dan¹, WU Chuande², HE Meidan¹, LI Dong¹, HE Guangliang¹, TAN Chuanxing¹, YUAN Qianhua¹

(1. College of Tropical Agriculture and Forestry, Hainan University, Haikou, Hainan 570228, China;

2. Agricultural Technology Service Center of Dalu Town, Qionghai, Hainan 571425, China)

Abstract: Shanlan upland rice was cultivated under three patterns: paddy, rice-straw mulching and upland to determine their drought-tolerant physiological parameters, agronomic traits and yield components in the field trial. The results showed that the paddy cultivation alleviated drought stress on Shanlan upland rice, reduced the contents of POD, MDA and soluble protein and increased the chlorophyll content of the flag leaves. Rice straw mulching had similar, although less, effect to the paddy cultivation. Compared with the conventional upland cultivation, the paddy and rice straw mulching cultivation increased the plant height of Shanlan upland rice by 30.62% and 16.69%, the flag leaf length by 14.32% and 6.62%, the available tillers by 64.7% and 26.47% and the yield by 267.44% and 91.04%, and shortened the growth stage by 12 and 5 days, respectively. Under paddy field conditions Shanlan upland rice has many advantages such as lower drought stress, optimal agronomic traits and higher yield. This study may provide a scientific basis for further research on cultivation pattern of Shanlan upland rice shifting from traditional upland to paddy field.

Keywords: Shanlan upland rice; paddy cultivation; rice-straw mulching; physiological parameter; agronomic traits; yield