

垄厢栽培对水稻结实期剑叶生理性状和产量的影响

扈婷, 陆准, 姚林, 贺慧, 刘建霞, 郑华斌, 陈杨, 黄璜*

(湖南农业大学农学院, 湖南 长沙 410128)

摘 要: 选用 3 个水稻品种 Y 两优一号、黄华占和汕优 63, 比较了 3 种栽培方式(梯式窄垄、梯式宽垄、厢式宽垄)对水稻结实期剑叶生理特性和产量的影响。结果表明: 梯式窄垄和梯式宽垄栽培, 水稻剑叶的叶绿素含量高, 叶片衰老慢, 具有较高的净光合速率, 且有利于保护性酶 CAT、POD 活性的提高; 常规栽培(水种)和厢式宽垄栽培(相当于旱种), 水稻剑叶叶绿素含量低, 衰老快, 保护性酶活性变化较大, 酶活性下降幅度分别为 24%~44%、28%~46%; 梯式窄垄栽培产量最高, 梯式宽垄产量次之, 分别比常规栽培高 27.17%和 12.12%, 厢式宽垄栽培产量稍高于常规栽培, 但差异无统计学意义。

关 键 词: 水稻; 垄厢栽培; 生理性状; 产量; 结实期

中图分类号: S511.048

文献标志码: A

文章编号: 1007-1032(2013)01-0001-06

Effects of ridge-bed cultivation on physiological characteristics of flag leaf and grain yield during grain filling

HU Ting, LU Zhun, YAO Lin, HE Hui, LIU Jian-xia, ZHENG Hua-bin, CHEN Yang, HUANG Huang*

(College of Agronomy, Hunan Agricultural University, Changsha 410128, China)

Abstract: In this study, physiological characteristics of flag leaf and grain yield during grain filling were investigated under conventional cultivation (T0) and different ridge cultivations including narrow ridge with terrace (T1), wide ridge with terrace (T2) and wide ridge with bed (T3) for rice varieties Y Liangyou 1, Huanghuazhan and Shanyou 63. The results showed under T1 and T2 cultivation, flag leaf chlorophyll content of rice was high with slowed leaf aging and higher net photosynthetic rate, which was conducive to the improvement of the protective enzyme activity to maintain normal cell metabolic. Under T0 and T3 cultivation, rice flag leaf chlorophyll content was low with fast aging, and the enzyme activity decreased by 24%~44%, 28%~46%, respectively. It was showed that grain yield in T1 cultivation was the highest, followed by T2 and T3 cultivation, grain yield of T3 cultivation was slightly higher than that of the T0 cultivation, but the difference did not reach statistical significance.

Key words: rice; ridge-bed cultivation; physiological characteristics; grain yield; grain filling

水稻栽培需水量极大。有研究表明, 按常规方法栽培水稻, 用水量占农业用水量的 65%, 占总用水量的 45%以上。中国的人均年占有水量、耕地年均占有水量分别为世界平均值的 1/4 和 1/2, 位列第 109 名, 属于 13 个贫水国之一^[1]。水稻旱种是目前

节水栽培的研究热点, 它主要利用地膜覆盖来达到省水的目的, 在缺水稻区或灌溉条件较差的旱地、丘陵山区有一定的应用前景, 但在南方多雨地区并不合适, 而且会带来一定的环境污染问题, 增加农民的经济负担, 而垄厢栽培可以较好地弥补旱种的

收稿日期: 2012-08-25

基金项目: 国家水稻丰产科技工程项目(2013BAD07B11)

作者简介: 扈婷(1988—), 女, 湖南邵阳人, 硕士研究生, 主要从事作物生理生态研究, hutingtuo@126.com; *通信作者, hh863@126.com

不足^[2-4]。章秀福等^[5]初步估计, 垄畦栽培较常规栽培省水 30%, 垄畦栽培在节水的基础上可以使水稻获得高产, 且能促进稻米品质的大幅度提高。

黄璜等^[6]在总结前人垄畦栽培技术的基础上, 提出了水稻梯式栽培方法, 申请并获得国家发明专利。与传统的垄畦栽培技术相比, 水稻梯式栽培方法获得高产、节水的潜力和前景更大。水稻结实期叶片衰老与产量关系密切^[7], 提高水稻后期叶片生理活性, 对形成水稻高产极为必要。笔者通过梯式垄栽和厢式垄栽试验, 在水稻结实期, 测定剑叶叶绿素(SPAD 值)、可溶性蛋白、过氧化物酶(POD)活性、过氧化氢酶(CAT)活性, 丙二醛(MDA)含量, 探讨水稻梯式栽培对水稻结实期间叶片衰老和产量的影响, 以期为水稻梯式栽培技术的推广和应用提供理论依据和技术支撑。

1 材料与方法

试验于 2011 年 5—10 月在湖南浏阳市北盛镇乌龙社区进行。该地区属于亚热带季风湿润气候, 年平均气温 16~18 °C, ≥ 10 °C 的活动积温 5 000~5 500 °C, 无霜期 260~320 d, 年降水量 1 200~1 500 mm。前茬作物为水稻。土壤类型为第四纪红色黏土发育的红黄泥水稻土, 土壤有机质含量 33.51 g/kg, 全氮含量 1.52 g/kg, 全磷含量 0.94 g/kg, 全钾含量 12.68 g/kg, 速效氮含量 130.12 mg/kg, 速效磷含量 30.78 mg/kg, 速效钾含量 134.71 mg/kg。

1.1 材料

供试水稻材料汕优 63(普通杂交稻)、黄华占(常规稻)、Y 两优一号(超级杂交稻)。

1.2 试验设计

采用随机区组设计, 设 4 种栽培方式, 3 次重复, 共 36 个小区, 小区面积为 25 m²。T0, 常规栽培, 移栽密度 23.0 cm×20.0 cm; T1, 梯式窄垄栽培, 包沟起垄, 沟宽 5 cm, 垄底宽 60 cm, 垄高 40 cm, 垄的形状为近梯形(图 1), 水稻栽于垄坡斜面上, 坡面插 2 行, 每垄插 4 行, 移栽密度 16.25 cm×20.0 cm。

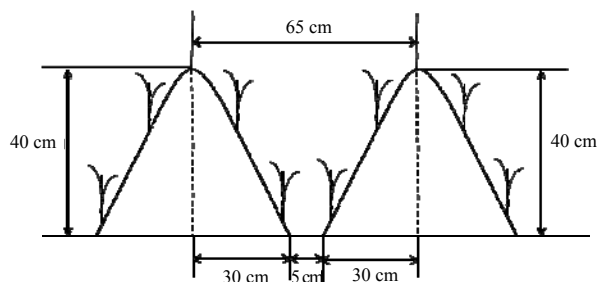


图 1 梯式窄垄栽培示意图

Fig.1 The schematic diagram of narrow ridge with terrace

T2, 梯式宽垄, 包沟起垄, 沟宽 10 cm, 垄底宽 120 cm, 垄高 30 cm, 垄型近梯形(图 2), 水稻栽于垄坡斜面上, 坡面插 3 行, 每垄插 6 行, 移栽密度 20.83 cm×20.0 cm。

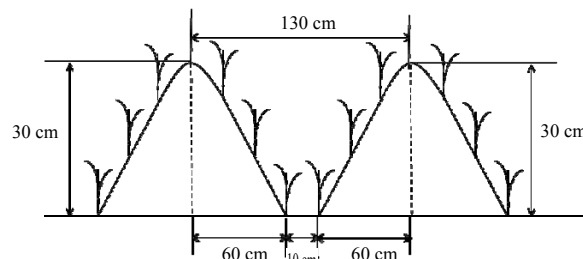


图 2 梯式宽垄栽培示意图

Fig.2 The schematic diagram of wide ridge with terrace

T3, 厢式宽垄, 厢宽 230 cm, 沟宽 35 cm, 厢面上插 12 行, 移栽密度 20.64 cm×20.0 cm。

常规栽培保持水层灌溉, 收获前 1 周断水; 垄畦栽培在插秧前起垄作厢, 移栽后在返青期和孕穗抽穗期保持垄厢面有水, 其他时期保持控水状态, 沟中的水不浸过垄厢面。

5 月 21 日播种, 软盘育秧, 6 月 19 日移栽, 移栽时叶龄为 5 叶 1 心。移栽行距规格为 23 cm, 每穴单株。6 月 14 日施用基肥, 施肥量为复合肥 375 kg/hm², 分蘖期和幼穗分化期共追施尿素 165 kg/hm², 氯化钾 120 kg/hm²。其他田间管理按大面积生产田进行。

1.3 测定项目与方法

当 30% 左右稻穗抽出时, 挂牌标记生长比较一致的稻株(每处理 5 株), 每 7 d 取样 1 次, 直至收获前 10 d。每次取长势基本一致的水稻剑叶, 用液氮冷冻后超低温冰箱内保存, 测定各生理指标, 3 次重复。

叶绿素含量的测定采用日本产 SPAD-501 型叶绿素仪, 分别于抽穗后 7、14、21、28、35 d 测定剑叶中部的 SPAD 值, 每小区选取标记株的 5 片叶, 每片叶重复 3 次, 取平均值。可溶性蛋白质含量按文献[8]方法测定; 丙二醛(MDA)含量按文献[12]方法测定。

抗氧化酶(POD)活性的测定。称取 0.2 g 鲜样剪碎, 加 0.05 mol/L 磷酸缓冲液(pH7.5, 内含 1% PVP) 6 mL 及少量石英砂, 于冰浴中研磨提取, 转速 9 500 r/min 离心 10 min, 取上清液, 采用愈创木酚法测定。过氧化氢酶(CAT)活性采用紫外分光光度法^[10]测定。

1.4 测 产

成熟期分小区进行收割测产。收割前调查单位面积有效穗, 每小区选取 10 蔸长势均匀具代表性的水稻植株进行室内考种, 计算每穗粒数、结实率、千粒重。

1.5 数据处理

试验数据均为 3 次重复的平均值, 采用 Excel 2003 进行数据处理和 DPS6.55 进行差异显著性分析。

2 结果与分析

2.1 不同垄厢栽培方式下剑叶叶绿素含量变化

由图 3 可见, 水稻抽穗后各处理剑叶叶绿素含量的变化趋势基本一致, 抽穗后的 14 d 达到最大值, 然后开始逐渐下降。T1、T2 处理叶绿素含量高于 T0、T3, 且 T3 处理在后期低于其他处理。T0、T1、T2、T3 处理的叶绿素含量从抽穗后 14 d 到 35 d 分别下降了 30.1%、26.4%、26.9%、32.0%, 3 个品种中, 超级杂交稻 Y 两优一号剑叶叶绿素含量在灌浆期略高于常规品种黄华占, 黄华占又高于杂交稻汕优 63, 说明厢式窄垄栽培可以适当提高植株后期叶绿素含量, 而较高的叶绿素含量为水稻后期生理活性奠定了良好基础。

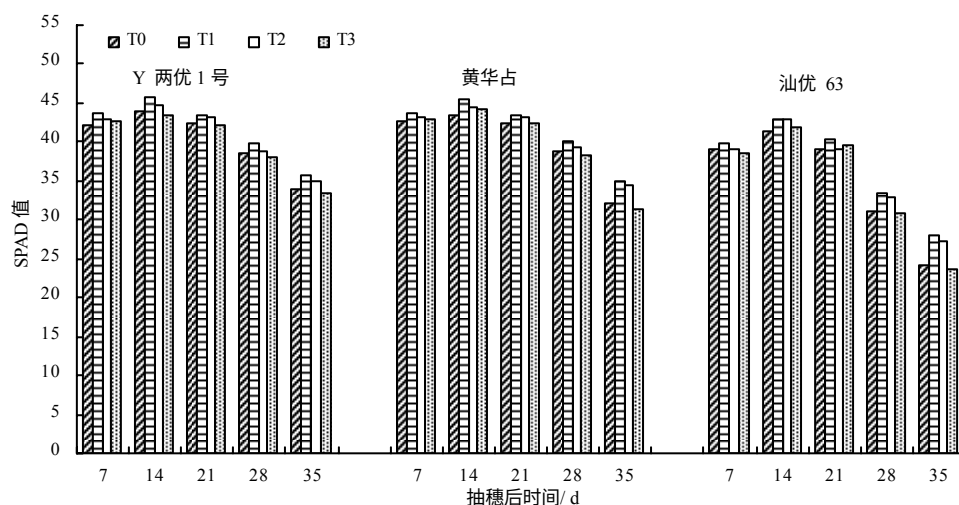


图 3 不同栽培方式下水稻剑叶的叶绿素含量

Fig.3 Changes of chlorophyll content in the flag leaf under different cultivation conditions

2.2 剑叶 POD 和 CAT 活性的变化

CAT、POD 是植物体内重要的抗氧化酶, 能有效地分解和清除植物体内代谢产生的 H_2O_2 , 防止膜脂过氧化^[11]。灌浆各时期 3 个品种的 CAT、POD 活性表现趋势基本一致, 随生育进程的推进, 过氧化物酶(POD)、过氧化氢酶(CAT)活性均呈单峰曲线变化(图 4), 抽穗 14 d 达峰值。T1、T2 处理明显高于 T0、T3 处理; 抽穗 14 d 后, 2 种酶活性均开始

下降, T3 处理酶活性稍低于 T0 处理, 可能是因为厢式宽垄厢面过宽, 导致水稻长期处于半干旱条件, 受到一定的水分胁迫, 导致活性氧积累超过保护酶系统清除能力, 进而对抗氧化酶系统造成伤害, 使其活性下降。T1 处理酶活性仍是最高, 其次是 T2、T0 处理。汕优 63 的酶活性较其他 2 个品种低, 这也与其最早成熟是一致的, Y 两优一号酶活性水平略高于黄华占。

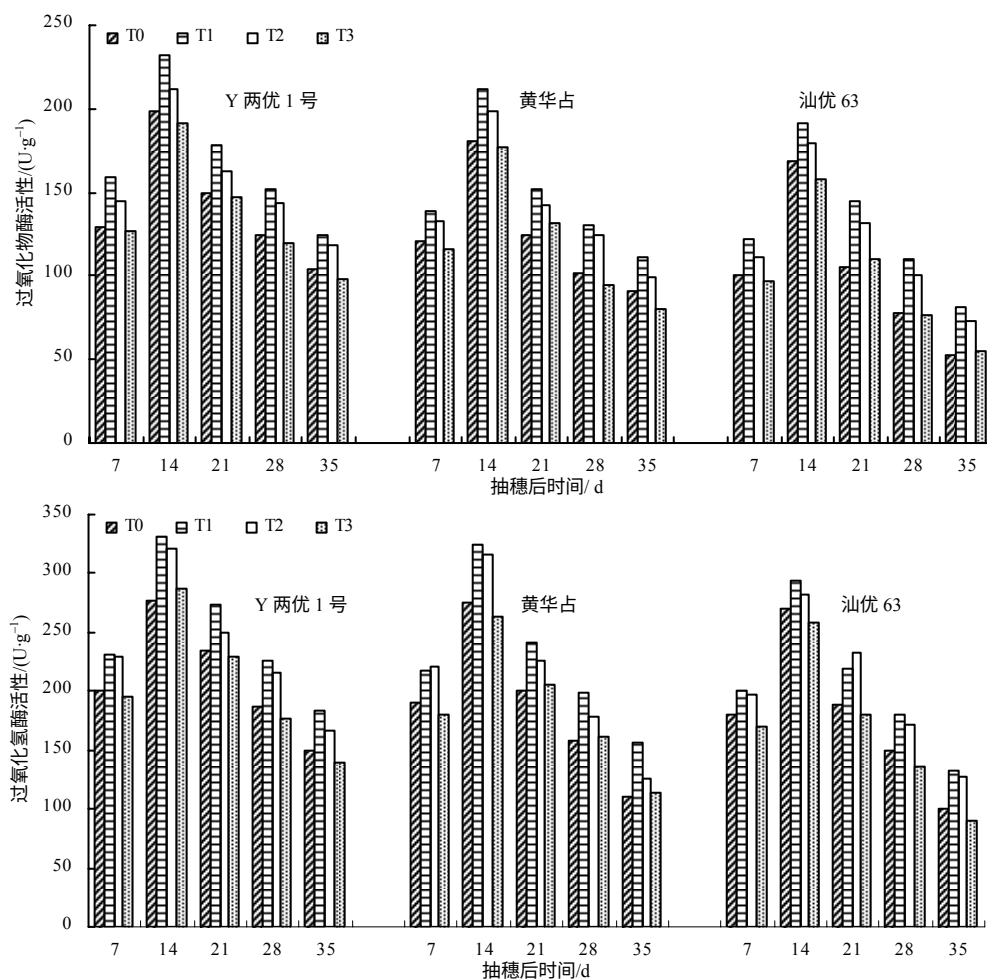


图 4 不同栽培方式下剑叶的过氧化物酶和过氧化氢酶活性

Fig.4 Changes of POD and CAT activities in flag leaf under different cultivation conditions

2.3 剑叶可溶性蛋白含量的变化

水稻叶中叶绿素和蛋白质含量的下降是衡量水稻叶片衰老的可靠指标, 一般认为, 叶片衰老都会首先

伴随可溶性蛋白质的降解, 然后才是叶绿素的降解^[12]。

由图 5 中看出, 从抽穗开始, 叶片的可溶性蛋白均已开始下降, T1、T2 处理下较 T0、T3 处理下降趋势缓

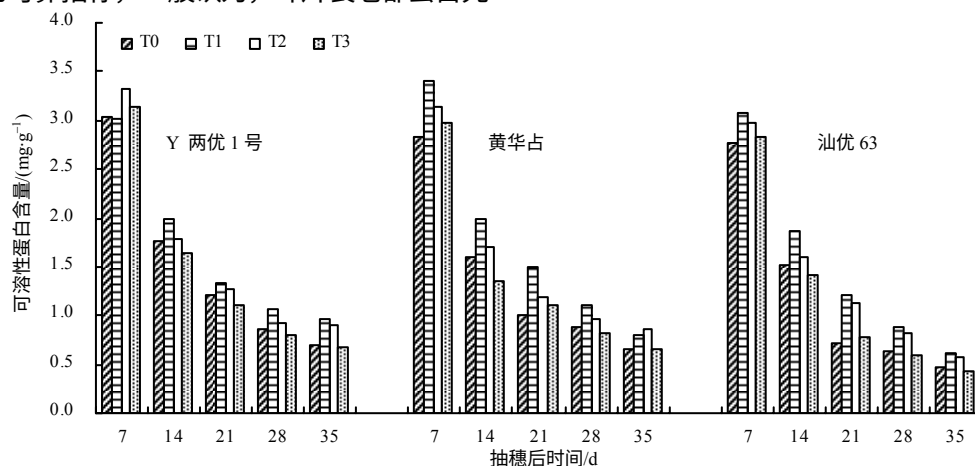


图 5 不同栽培方式下剑叶的可溶性蛋白含量

Fig.5 Changes of soluble protein content in flag leaf under different cultivation conditions

和, 其中 T1 处理的可溶性蛋白质含量最高, 其次为 T2 处理; 在水稻成熟后期, T3 的可溶性蛋白质含量的下降幅度和 T0 处理相当, 降幅达 81% 左右, 抽穗后 35 d 仍然以 T1 处理的可溶性蛋白质含量最高, T2 处理次之, 说明起垄栽培能有效缓和水稻叶片的衰老, 提高叶片光和能力, 进而提高产量。Y 两优一号可溶性蛋白含量最高, 汕优 63 最低。

2.4 剑叶丙二醛含量的变化

不同垄厢栽培方式, 抽穗后剑叶丙二醛(MDA)

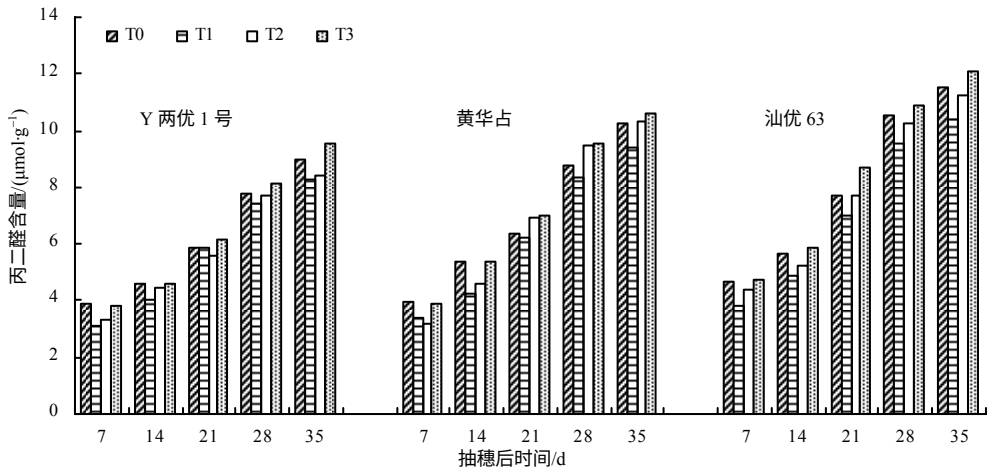


图 6 不同栽培方式下剑叶的丙二醛含量

Fig.6 Changes of MDA content in flag leaf under different cultivation conditions

2.5 不同垄厢栽培方式下的产量及产量构成

表 1 表明, 各处理间的产量差异较大, T1 处理最高, T2、T3、T0 处理依次降低, T1 处理产量比 T2、T3、T0 处理分别高 11.76%、25.96%、27.17%, 差异明显; T1 处理有效穗最高, T2 和 T0 处理次之, T3 处理最低, T1 处理分别比 T2、T0、T3 处理提高 14.43%、17.45% 和 18.75%。T0 处理结实率最高, 达 70.76%, T3 处理最低为 65.26%。每穗粒数以 T3 处理最高, T0、T1 和 T2 处理之间差异不明显。各处理间千粒重的差异均不大。综合来看, T1、T2 处理有利于增加有效穗, 均衡各项产量因子, 获得高产, 但窄垄处理增产效应比宽垄处理好; 宽厢处理增产效果不显著。常规栽培在种植密度和后期生理活性都不如垄厢栽培, 各产量构成因素均低于垄厢栽培。

含量均增加(图 6), 特别是抽穗后 28 d 开始, 各处理的 MDA 含量均开始急剧上升, 平均上升了 145.64%, 说明水稻自身氧化清除能力已明显下降, 植株衰老程度加剧; 各处理间 MDA 含量增幅有差异, T1、T2 处理的含量均显著低于其他处理, T0 处理的含量则稍低于 T3 处理; 黄华占和 Y 两优一号 MDA 含量以及灌浆后期上升幅度均小于汕优 63。

表 1 不同栽培方式下水稻的产量及产量构成

Table 1 Grain yield and its components under different cultivation conditions

栽培方式	产量/(kg·hm ⁻²)	有效穗/(×10 ⁵)	结实率/%	每穗粒数/粒	千粒重/g
T0	7.25d	232.9b	70.756a	163.79	29.91
T1	9.22a	282.14a	68.437ab	168.22	29.81
T2	8.25bc	241.43b	68.536ab	168.45	30.16
T3	7.32cd	229.76b	65.256b	178.74	29.95

从表 2 中可以看出, Y 两优一号产量最高, 汕优 63 产量最低, Y 两优一号和汕优 63 的产量差异较大, 主要体现在结实率上。汕优 63 后期结实率较低, 且收获指数仅为 Y 两优一号的 88% 左右, 但其千粒重较高, 其他产量因子差异不大。

表 2 不同品种水稻的产量及产量构成

Table 2 Grain yield and its components for different rice cultivars

品种	产量/(kg·hm ⁻²)	有效穗/(×10 ⁵)	结实率/%	每穗粒数/粒	千粒重/g
Y 两优一号	8.46a	246.10	70.26a	172.73a	28.76b
黄华占	8.06ab	245.16	67.41ab	171.49a	28.88b
汕优 63	7.49b	249.47	65.04b	162.82a	32.29a

3 结论与讨论

本研究在前人的基础上,增加了不同规格的垄厢栽培模式,分析不同种植模式对水稻成熟期叶片衰老与其产量的影响。结果表明,与常规栽培相比,垄厢栽培后的水稻叶片生理指标和产量构成具以下特点:①垄厢栽培在水稻结实期明显提高了剑叶的叶绿素和可溶性蛋白含量,光合作用增强;此外,POD、CAT酶活性下降较慢,活性较常规栽培高,而且随着生育期的推进,垄厢栽培方式的水稻植株体内MDA含量低于常规栽培,后期衰老更缓慢。②在产量形成上,表现为有效穗多,每穗粒数较多,其中,以T1处理的增产效果最显著,T2、T3处理次之,说明起0.6m的梯式窄垄较常规栽培能有效地优化植株形态,改善植株生理环境,提高土壤的通气状况,有利于植株根系生长,后期剑叶的叶绿素和可溶性蛋白的含量均较高,酶活性较高,有效地延缓了水稻衰老;此外,此栽培方式单位面积的种植密度大大提高,有效穗数增多。1.2m的梯式宽垄效果一般,2.3m的厢式宽垄形成的小环境对植株生长不甚理想,观察发现,水稻在T3处理的宽厢面,受到一定的水分制约,单位面积的密度也没有窄垄高,所以产量也稍低一些。③起垄栽培对产量的影响在各品种间差异不大,汕优63的产量稍低,可能是该品种在后期成熟衰老快,结实率低引起的,Y两优一号和黄华占之间的差异无统计学意义。

参考文献:

[1] 程旺大,赵国平,王岳钧,等.浙江省发展水稻节水

高效栽培技术的探讨[J].农业现代化研究,2000,21(3):197-200.

- [2] 杨建昌,王国忠,王志琴,等.旱种水稻灌浆特性与灌浆期籽粒中激素含量的变化[J].作物学报,2002,28(1):11-17.
- [3] 黄义德,张自立,魏凤珍,等.水稻覆膜旱作的生态生理效应[J].应用生态学报,1999,10(3):305-308.
- [4] 吴良欢,祝增荣,梁永超,等.水稻覆膜旱作节水节肥高产栽培技术[J].浙江农业大学学报,1999,25(1):41-42.
- [5] 章秀福,王丹英,邵国胜,等.垄畦栽培水稻的产量、品质效应及其生理生态基础[J].中国水稻科学,2003,17(4):247-248.
- [6] 黄璜,郑华斌,陈灿,等.水稻梯式栽培技术:中国,ZL 2010 1 0233986.9[P].2011-06-29
- [7] 陆定志,潘裕才,马跃芳,等.杂交水稻抽穗结实期间叶片衰老的生理生化研究[J].中国农业科学,1988,21(3):21-26.
- [8] 张志良.植物生理学实验指导[M].北京:高等教育出版社,1990.
- [9] 张宪政,陈凤玉,王荣富.植物生理学实验技术[M].沈阳:辽宁科学技术出版社,1994.
- [10] Gao J F. Plant Physiology Experiment Guidance[M]. Xi'an: The World Press, 2000.
- [11] 王启明,郑爱珍,吴诗光.干旱胁迫对花荚期大豆叶片保护酶活性和膜脂过氧化作用的影响[J].安徽农业科学,2006,34(8):1529-1530.
- [12] 张露欣.四种菜叶衰老期间呼吸、乙烯产生、IAA和过氧化物酶的变化及其相互关系[J].植物生理学报,1988,14(1):81-87.

责任编辑:罗慧敏

英文编辑:罗维