

长江地区旱种方式对水稻产量品质及其生长发育的影响

徐国伟^{1,2}, 王贺正¹, 王志琴², 刘立军², 杨建昌²

(1. 河南科技大学农学院, 河南 洛阳 471003; 2. 扬州大学江苏省作物遗传生理重点实验室, 江苏 扬州 225009)

摘 要: 以籼型三系杂交稻组合汕优 63 以及常规籼稻扬稻 6 号为材料, 通过稻草覆盖旱种、地膜覆盖旱种、裸地旱种和常规水种(对照)比较试验, 研究了旱种水稻产量与品质的表现及其生长发育的特性。结果表明, 覆草旱种产量与水种稻产量无显著差异, 但显著高于覆膜旱种与裸地旱种。覆草旱种稻米的碾磨品质、外观品质、蒸煮品质和营养品质与水种稻无显著差异, 而覆膜旱种与裸地旱种稻米的垩白度及蛋白质含量明显高于水种稻, 胶稠度则显著低于水种稻。水稻旱种后, 淀粉谱的最高粘度和崩解值降低, 消减值提高, 覆膜旱种尤为明显。与水种相比较, 覆盖旱种后籽粒到达最大灌浆速率的时间提前, 活跃灌浆期缩短。水稻覆草旱种后有效分蘖期前生长缓慢, 明显低于水种及覆膜旱种, 但最终成穗数及成穗率较高, 抽穗至成熟地上部干物质积累量较水种减少, 但抽穗至成熟干物质积累显著高于另外两种旱种方式, 物质运转率和收获指数较水种显著提高。文章最后对水稻不同种植方式间在产量和品质形成上的差异进行了讨论。

关键词: 水稻; 覆草旱种; 覆膜旱种; 产量; 米质; 生长发育

中图分类号: S511 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2009)02-0084-08

水稻旱种是利用地膜或秸秆覆盖, 进行旱种早管, 以雨养为主, 辅以必要人工灌溉的一种节水栽培技术。这一技术在缺水稻区或灌溉条件较差的旱地、丘陵山区及高砂土区具有广泛的应用前景^[1]。自 20 世纪 80 年代起, 水稻旱种技术被农业部列为重点推广项目。在京、津、豫、吉、辽等省市大面积推广应用^[2,3]。近年来, 在湖南、安徽、江苏和江西等省逐步示范与推广^[4~6], 这对稳定和发展上述省市的水稻生产发挥了积极作用。已有的研究表明^[7~9], 旱种水稻在产量结构、群体特征及生理机制等方面与常规水稻存在差异。但不同旱种方式对水稻产量和稻米品质影响的研究报告不仅数量少, 而且结论也不尽一致^[10,11]。本试验通过稻草覆盖旱种与地膜覆盖旱种的比较实验, 研究覆草旱种对水稻产量与品质的影响及其生长发育特性, 为旱种水稻的高产优质栽培提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料与试验地点

试验于 2004~2006 年在扬州大学农学院试验农场进行。供试材料为抗旱性较强的籼型三系杂交

稻组合汕优 63 以及常规籼稻扬稻 6 号(下文简称品种)。试验地前茬为小麦, 土壤质地为砂壤土, 耕作层含有机质 2.02%、有效氮 103.2 mg/kg、速效磷 24.5 mg/kg、速效钾 85.6 mg/kg。

1.2 试验设计

单因素试验, 设水种、覆草旱种、覆膜旱种及裸地旱种 4 种处理。水种按常规的水稻高产灌溉方式, 移栽至返青期田间保持水层, 以后间歇湿润灌溉, 收获前 1 周断水, 总灌水量为 $5\ 100\ \text{m}^3/\text{hm}^2$ 。旱种: 于移栽前干耕炒耙作畦(畦宽 1.5 m), 浇透底墒, 然后进行 3 种旱种方式处理: ① 裸地旱种, 在畦上直接栽插秧苗; ② 覆膜旱种, 覆盖地膜后栽插秧苗; ③ 覆草旱种, 覆盖麦秸后移栽秧苗, 秸秆覆盖量为 $4.5\ \text{t}/\text{hm}^2$ 。所有的旱种水稻在移栽后的 5~7 d 内浇水至活棵, 安装土壤水分张力计(中国科学院南京土壤研究所生产)监测土壤水势。生育期大部分时间不灌水, 只有当分蘖盛期、孕穗期、开花期和灌浆盛期的土壤水势达到 $-25\ \text{kPa}$ 时, 才进行浇水, 每次浇水 $150\sim 200\ \text{m}^3/\text{hm}^2$ 。总浇水量为 $954\ \text{m}^3/\text{hm}^2$ 。小区面积为 $1.5\ \text{m}\times 4\ \text{m}$, 重复 4 次。第一、二区组用于测定取样, 第三、四区组用于计产。作埂

收稿日期: 2008-10-27

基金项目: 国家自然科学基金项目(30671225, 30771274); 国家科技攻关项目(2006BAD02A13-3-2); 引进国际先进农业科学技术计划(948 计划)项目(2006-C60)

作者简介: 徐国伟(1978-), 男, 博士, 讲师, 从事作物栽培与生理研究。

通讯作者: 杨建昌(1956-), 男, 博士, 教授, 从事作物栽培与生理研究。

(宽 1 m)并包塑料薄膜将小区隔开。5 月 12 日~15 日播种,早育秧。6 月 12~15 日单本移栽,株行距 20 cm×20 cm。尿素、磷酸二铵和氯化钾的施用量分别为 450、375 kg/hm² 和 300 kg/hm²,在移栽前作基肥 1 次施用。

1.3 取样与测定

1.3.1 茎蘖生长动态及干物质的测定 各小区定点 20 穴,自移栽至抽穗每隔 7 d 观察分蘖动态。干物质的测定:分别于分蘖中期、穗分化期、抽穗期和成熟期按小区平均有效茎蘖数(不包括边行)取 5 穴(取样时每穴茎蘖数为当时各小区每穴的平均茎蘖数),剪去根后,分叶片、茎鞘和穗 3 个部分烘干称重。抽穗期和成熟期的地上部分植株样本还用以测定茎鞘中的非结构性碳水化合物(可溶性糖+淀粉),淀粉和可溶性糖含量用蒽酮比色法测定^[12]。

1.3.2 籽粒灌浆测定 于抽穗期选择穗型大小基本一致的穗子 150~200 个,挂上纸牌,部分穗标记各颖花开花日期。自开花至花后 21 d 每隔 4 d,花后 21 d 至收获每隔 6 d,各材料取挂牌单穗 8~10 个,摘下穗中部的籽粒并剔除病粒、空粒,籽粒置 70℃烘箱中烘干至恒重,人工剥去颖壳后称重,参照朱庆森等方法用 Richards 方程进行拟合^[13]:

$$W = A / (1 + Be^{-kt})^{1/N}$$
 (1)

式中:W 为米粒重量(mg);A 为最终米粒重;t 为开花后的时间(d);B、k 和 N 为方程参数。对方程(1)求导,得灌浆速率 G(mg/粒·d):

$$G = AKBe^{-kt} / [N(1 + Be^{-kt})^{(N+1)/N}]$$
 (2)

算得达最大灌浆速率的时间 T_{max}(d)和最大灌浆速率 G_{max}[mg/(粒·d)]。从籽粒重量(A)的 5%(t₁)到 95%(t₂)定义为活跃灌浆期 D(d),这段时间内米粒增加的重量除以灌浆时间为平均灌浆速率 P[mg/(粒·d)]。

1.3.3 考种与计产 成熟期各小区取两个 5 穴用于考查每穗粒数、结实率和千粒重。各小区实收计产。

1.3.4 米质测定 测定前各处理统一用 NP4350 型风选机等风量风选。糙米率、精米率、整精米率、垩白粒率、垩白大小、垩白度、直链淀粉含量、胶稠率、透明度和(精米)粗蛋白含量参照中华人民共和国国家标准《GB/T 17891—1999 优质稻谷》用凯氏定氮法测定精米中的含氮量,乘以换算系数 5.95。精米率和透明度的测定参照农业部部颁标准《NY122—86 优质食用稻米》。碱解值的测定按农

业部部颁标准《NY/T 83—1988 优质食用稻米》的规定方法,即将米粒放在浓度为 1.7%的 KOH 溶液内,在 30℃下浸泡 23 h 后,观察其被消化的程度。依据米粒糊化分散的程度分成 7 级。

1.3.5 稻米淀粉粘滞性测定 采用澳大利亚 Newport Scientific 仪器公司的 Super 3 型 RVA (Rapid Viscosity Analyzer)快速测定淀粉谱粘滞特性,用 TWC (thermal cycle for windows) 配套软件分析。按照 AACC (美国谷物化学家协会) 规程 (1995—61—02) 和 RACI 标准方法,当米粉含水量为 12.0%时,样品量为 3.0 g,蒸馏水为 25.0 g。在搅拌中,罐内温度于 50℃下保持 1 min 后,以 11.84℃/min 的速度上升到 95℃(3.8 min)并保持 2.5 min,再以 11.84℃/min 的速度下降到 50℃并保持 1.4 min。搅拌器的转动速度在起始 10 s 内为 960 r/min,之后保持在 160 r/min。稻米 RVA 谱特性用最高粘度(peak viscosity)、热浆粘度(hot viscosity)、最终粘度(final viscosity)、崩解值(breakdown,最高粘度与热浆粘度之差)、消减值(最终粘度与最高粘度之差)等特征值表示,单位为 cP(centipoise)。

1.4 数据分析

本试验数据用 SAS 软件进行统计分析, SigmaPlot 进行图表绘制。

由于 3 年的测定结果趋势一致,下文主要报告 2006 年的结果。

2 结果与分析

2.1 种植方式对产量及产量构成因素的影响

由表 1 可知,水稻旱种后产量较水种稻(对照)有不同程度的降低,两品种表现一致,但在旱种方式间存在明显的差异。覆膜旱种与裸地旱种的产量较水种稻显著降低,而覆草旱种的产量则与水种稻无显著差异。从产量构成因素分析,覆盖旱种稻单位面积穗数较水种显著增加,裸地旱种与对照水种之间则差异不显著;旱种稻每穗粒数、结实率和千粒重明显低于水种稻。不同旱种方式间比较,覆盖旱种单位面积上穗数、每穗粒数、结实率均明显高于裸地旱种,千粒重在旱种方式间没有明显差异。表明覆草旱种较其它两种旱种方式产量提高的原因主要是前者单位面积上穗数的增加。品种之间比较,扬稻 6 号产量明显高于汕优 63,产量的高低与每穗粒数的多少有关。说明选择适宜的品种及早种方式,水稻旱种是可以取得高产的。

表 1 种植方式对水稻产量及构成的影响

Table 1 Effect of cultivation patterns on the grain yield and its components of rice						
品种 Cultivar	种植方式 Cultivation pattern	产量 Grain yield (t/hm ²)	穗数 NO. of panicles (10 ⁴ /hm ²)	每穗粒数 NO. of spikelets per panicle	结实率 Seed setting percentage (%)	千粒重 1000-grain wt. (g)
汕优 63 Shanyou 63	DCMS	8.73 _a	257 _a	166.9 _b	82.9 _b	24.5 _b
	DCMF	8.15 _b	245 _a	165.5 _b	82.0 _b	24.5 _b
	BC	5.09 _c	190 _b	138.7 _c	80.8 _{bc}	23.9 _b
	MC	8.96 _a	208 _b	180.0 _a	88.5 _a	27.1 _a
	Average	7.73	225	162.8	83.6	25.0
扬稻 6 号 Yangdao 6	DCMS	10.30 _a	243 _a	205.5 _b	82.1 _b	25.1 _b
	DCMF	9.47 _b	232 _a	203.1 _b	81.0 _b	24.8 _b
	BC	5.95 _c	185 _b	167.9 _c	77.4 _c	24.7 _b
	MC	10.79 _a	202 _b	216.2 _a	87.6 _a	28.2 _a
	Average	9.13 [*]	216	198.2 [*]	82.0	25.7

注: DCMS:覆草旱种; DCMF:覆膜旱种; BC:裸地旱种; MC:水种。同一品种内纵向不同字母差异达 0.05 显著水平, * 和 * * 分别表示 2 个品种相比较差异达 0.05 和 0.01 显著水平。下同。

Note: DCMS;dry-cultivation mulched with straw; DCMF;dry-cultivation mulched with film; BC;bare cultivation; MC;Moist-cultivation. Different letters mean significant difference with the control at 0.05 with the same cultivar. * and * * mean significant difference with the control at 0.05 and 0.01 levels, respectively, between two cultivars. The same are as follows.

2.2 种植方式对稻米品质的影响

2.2.1 稻米的碾磨品质和外观品质 种植方式对稻米的加工品质没有显著影响,两品质表现一致(表 2)。覆膜和裸地旱种的垩白度显著高于水种,但覆草旱种则与水种无显著差异,表明覆膜和裸地旱种会降低稻米的外观品质,而覆草旱种对稻米的外观品质无明显的影响。品种之间比较,扬稻 6 号的整精米率高于汕优 63,垩白度则较低,说明扬稻 6 号的部分加工品质及外观品质较优。

2.2.2 稻米的蒸煮及营养品质 覆草旱种水稻的直链淀粉含量、胶稠度和蛋白质含量与水种无显著差异,覆膜和裸地旱种的胶稠度则显著低于水种和覆草旱种,籽粒中蛋白质含量则高,表明覆草旱种对稻米的蒸煮及营养品质无不利影响,而覆膜及裸地旱种这两种旱种方式使得稻米的蒸煮品质变劣,营养品质有所提高。与汕优 63 相比,扬稻 6 号的直链淀粉含量较低,而米胶较长,说明扬稻 6 号的蒸煮品质较优(表 3)。

表 2 种植方式对水稻碾磨品质及外观品质的影响

Table 2 Effect of cultivation patterns on milling quality and appearance quality of rice					
品种 Cultivar	种植方式 Cultivation pattern	出糙率 Brown rice (%)	精米率 Milled rice (%)	整精米率 Head milled rice (%)	垩白度 Chalkiness degree (%)
汕优 63 Shanyou 63	DCMS	77.1 _a	64.0 _a	44.0 _a	15.4 _b
	DCMF	77.6 _a	62.1 _a	42.9 _a	17.0 _a
	BC	78.2 _a	61.8 _a	40.2 _a	17.4 _a
	MC	76.6 _a	60.0 _a	41.4 _a	14.4 _b
	Average	77.4	62.0	41.1	16.0
扬稻 6 号 Yangdao 6	DCMS	76.2 _a	68.1 _a	50.9 _a	5.1 _b
	DCMF	76.3 _a	69.5 _a	52.7 _a	6.6 _a
	BC	77.7 _a	67.4 _a	49.5 _a	6.0 _a
	MC	76.6 _a	67.5 _a	53.8 _a	4.8 _b
	Average	76.7	68.1	51.7 [*]	5.6 [*]

2.2.3 淀粉 RVA 谱特性 淀粉 RVA 谱特性是反映稻米食味性的重要指标,它与直链淀粉与支链淀粉比例有关。一般而言,淀粉的最高粘度和淀粉粒

崩解值大、消减值小,稻米的食味性好。由表 4 可知,旱种水稻的最高粘度与崩解值低于水种稻,而消减值则高于水种稻;旱种方式间比较,覆草旱种的最

高粘度与崩解值高于覆膜及裸地旱种,而消减值则式,品种间表现一致。
相反。说明覆草旱种的食味性好于另外两种旱种方

表 3 种植方式对水稻蒸煮及营养品质的影响

Table 3 Effect of cultivation patterns on cooking and nutrition quality of rice

品种 Cultivar	种植方式 Cultivation pattern	直链淀粉含量 Amylose content (%)	胶稠度 Gel consistency (mm)	蛋白质含量 Protein content (%)
汕优 63 Shanyou 63	DCMS	20.2 _a	41.0 _a	7.9 _b
	DCMF	20.6 _a	36.5 _b	9.4 _a
	BC	20.9 _a	35.0 _b	9.2 _a
	MC	20.8 _a	43.0 _a	7.7 _b
	Average	20.6	38.9	8.6
扬稻 6 号 Yangdao 6	DCMS	14.0 _a	68.8 _a	8.7 _b
	DCMF	14.1 _a	62.8 _b	9.4 _a
	BC	14.3 _a	62.1 _b	9.1 _a
	MC	14.3 _a	72.2 _a	8.6 _b
	Average	14.2 [*]	66.5 [*]	9.0

表 4 种植方式对水稻 RVA 谱特征参数的影响

Table 4 Effect of cultivation patterns on the RVA characters of rice

品种 Cultivar	种植方式 cultivation pattern	峰值粘度 Peak (cP)	热浆粘度 Trough (cP)	崩解值 Breakdown (cP)	最终粘度 Final Visc (cP)	消解值 Setback (cP)	糊化温度 Pasting Temp (℃)
汕优 63 Shanyou 63	DCMS	2779	1980	828	3100	371	81.5
	DCMF	2658	2027	632	3103	445	81.9
	BC	2709	1994	843	3098	361	81.9
	MC	2881	1950	941	3146	265	82.2
	Average	2757	1988	811	3112	360	81.8
扬稻 6 号 Yangdao 6	DCMS	2843	1860	819	2932	89	73.3
	DCMF	2748	2057	791	2988	140	74.0
	BC	2601	1914	688	2945	294	72.9
	MC	2945	1795	753	2943	248	74.8
	Average	2784	1906	763	2952	193	73.8

2.3 不同旱种方式条件下水稻生长发育动态

2.3.1 水稻茎蘖消长 由图 1 可知,从移栽到栽后 40 d,旱种水稻的分蘖发生明显少于水种稻,两品种表现一致。栽后 40~70 d 的茎蘖苗,覆盖旱种则明

显多于水种稻,而裸地旱种稻依然低于水种稻。与水种稻相比,覆盖旱种稻分蘖高峰推迟,高峰苗增多,高峰苗数为覆膜旱种>覆草旱种>水种>裸地旱种,分蘖成穗率则旱种稻低于水种稻。

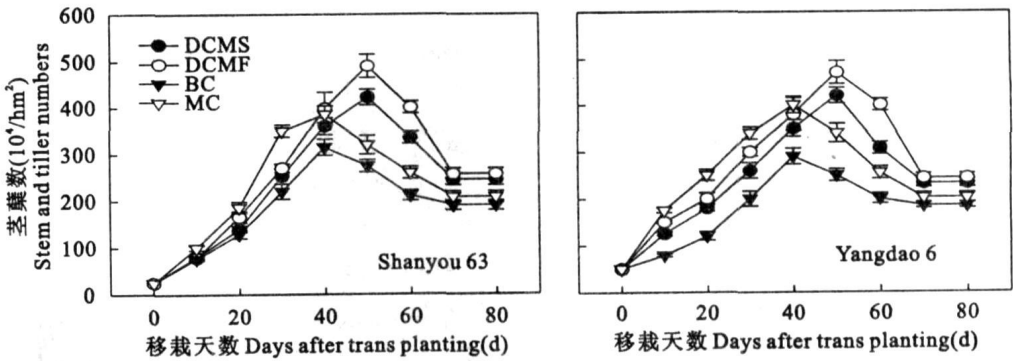


图 1 茎蘖消长动态

Fig. 1 Dynamics of stems and tillers of rice

2.3.2 干物质生产与物质运转 拔节期地上部干重,覆盖旱种高于水种,而裸地旱种则相反,两品种表现一致(表 5),在抽穗及成熟期旱种水稻干物积累量低于水种稻,在旱种间比较,覆草旱种最高,而裸地旱种则明显的低于其它两种旱种方式。品种间比较,扬稻 6 号成熟期干重较汕优 63 高,抽穗至成

熟干物质累积量尤为明显。
结实期覆盖旱种水稻茎鞘物质的运转率、茎鞘存储物质对籽粒的贡献率和收获指数均明显高于水种稻(表 6),裸地旱种物质运转则与水种稻无明显差异,表明覆盖旱种可以促进物质向籽粒的运转。两品种间比较,汕优 63 物质运转率明显高于扬稻 6 号。

表 5 种植方式对水稻地上部干重的影响
Table 5 Effect of cultivation patterns on shoot dry weight of rice

品种 Cultivar	种植方式 Cultivation pattern	拔节期(t/hm ²) Jointing stage	抽穗期(t/hm ²) Heading stage	成熟期(t/hm ²) Maturity stage
汕优 63 Shanyou 63	DCMS	6.67 _a	10.90 _b	16.8 _b
	DCMF	6.32 _{ab}	10.19 _c	15.4 _c
	BC	4.46 _c	8.60 _d	10.6 _d
	MC	6.12 _b	11.22 _a	17.6 _a
	Average	5.57	10.23	15.10
扬稻 6 号 Yangdao 6	DCMS	6.18 _a	11.10 _b	20.2 _b
	DCMF	6.05 _{ab}	10.92 _b	18.2 _c
	BC	4.18 _c	8.20 _c	12.9 _d
	MC	5.82 _b	12.10 _a	21.6 _a
	Average	5.35	10.60	18.2 ^{**}

表 6 不同种植方式下茎与鞘中非结构性碳水化合物(NSC)的运转

Table 6 Remobilization of non-structural carbohydrate (NSC) in the culms and sheaths under different cultivation patterns

品种 Cultivar	种植方式 Cultivation pattern	储存 C 的运转 Remobilized C Reserves(%) ¹⁾	对籽粒的贡献 Contribution to grains(%) ²⁾	收获指数 Harvest index
汕优 63 Shanyou 63	DCMS	66.3 _b	19.8 _b	0.52 _a
	DCMF	80.7 _a	26.5 _a	0.53 _a
	BC	58.1 _c	16.2 _c	0.50 _c
	MC	55.9 _c	15.7 _c	0.50 _b
	Average	64.0 [*]	19.1 [*]	0.51
扬稻 6 号 Yangdao 6	DCMS	59.5 _b	14.6 _b	0.51 _a
	DCMF	72.4 _a	19.6 _a	0.52 _a
	BC	40.4 _c	11.8 _c	0.49 _c
	MC	38.3 _c	10.8 _c	0.49 _b
	Average	51.6	13.7	0.50

注:1) (抽穗期茎鞘中 NSC－成熟期茎鞘中 NSC)/抽穗期茎鞘中 NSC×100; 2) (抽穗期茎鞘中 NSC－成熟期茎鞘中 NSC)/籽粒重×100。

Note:1) (NSC in stems and sheaths at heading－NSC at maturity)/NSC at heading×100; 2) (NSC in stems and sheaths at heading－NSC at maturity)/grain weight×100。

2.4 不同旱种方式条件下水稻籽粒灌浆特性

图 2 为籽粒(米粒)灌浆速率曲线,由 Richards 方程拟合的部分籽粒灌浆特征参数列于表 7。与水种相比,水稻旱种后其弱势粒到达最大灌浆速率的时间(T_{max})提前,活跃灌浆期(D)缩短,其中覆盖旱种稻最大灌浆速率(G_{max})和平均灌浆速率(P)增大,而裸地旱种稻则相反。强势粒灌浆速率在种植

方式间差异较小。米粒的最大重量(A),强势粒旱种与水种之间无显著差异;而弱势粒 A 值,尤其是裸地旱种显著低于水种。不同旱种方式间比较,裸地旱种水稻 A 值,尤其弱势粒 A 值明显低于其它两种覆盖旱种。两品种间比较,扬稻 6 号灌浆速率较汕优 63 有所降低,但灌浆时间较长,最终粒重较重。

表 7 不同种植方式下水稻籽粒灌浆参数

Table 7 Grain filling parameters of rice under different cultivation patterns

品种 Cultivar	种植方式 Cultivation pattern	粒位 Position	A (mg/grain)	T _{max} (d)	G _{max} [mg/(grain·d)]	D (d)	P [mg/(grain·d)]
汕优 63 Shanyou 63	DCMS	S	21.58 _a	7.9 _d	2.1 _a	13.4 _e	1.44 _{ab}
		I	17.59 _c	15.1 _c	1.31 _b	19.3 _c	0.79 _c
	DCMF	S	21.47 _a	7.8 _d	2.12 _a	12.8 _f	1.51 _a
		I	17.17 _c	14.5 _c	1.41 _b	18.6 _c	0.81 _c
	BC	S	21.12 _a	8.0 _d	2.08 _a	13.3 _e	1.38 _b
		I	15.22 _d	16.8 _b	1.11 _c	20.1 _b	0.66 _d
	MC	S	22.08 _a	8.2 _d	2.04 _a	14.9 _d	1.36 _b
		I	18.75 _b	18.2 _a	1.02 _c	26.5 _a	0.62 _d
扬稻 6 号 Yangdao 6	DCMS	S	21.93 _a	8.18 _e	1.84 _a	14.1 _e	1.41 _a
		I	18.10 _c	18.97 _c	1.23 _c	23.9 _b	0.64 _{cd}
	DCMF	S	21.70 _a	7.27 _f	2.06 _a	13.2 _f	1.49 _a
		I	18.07 _c	15.6 _d	1.31 _c	21.2 _c	0.72 _c
	BC	S	21.29 _a	8.3 _e	1.72 _b	14.5 _e	1.12 _b
		I	16.12 _d	19.8 _b	1.12 _d	23.2 _b	0.58 _d
	MC	S	22.38 _a	8.8 _e	1.81 _b	16.2 _d	1.29 _b
		I	19.35 _b	21.1 _a	1.06 _d	31.8 _a	0.52 _{de}

注(Note): T_{max}: 到达最大灌浆速率的时间 The time reaching a maximum grain-filling rate; G_{max}: 最大灌浆速率 The maximum grain-filling rate; D: 活跃灌浆期 Active grain-filling period; P: 平均灌浆速率 Mean grain-filling rate; S: 强势粒 Superior grains; I: 弱势粒 Inferior grains.

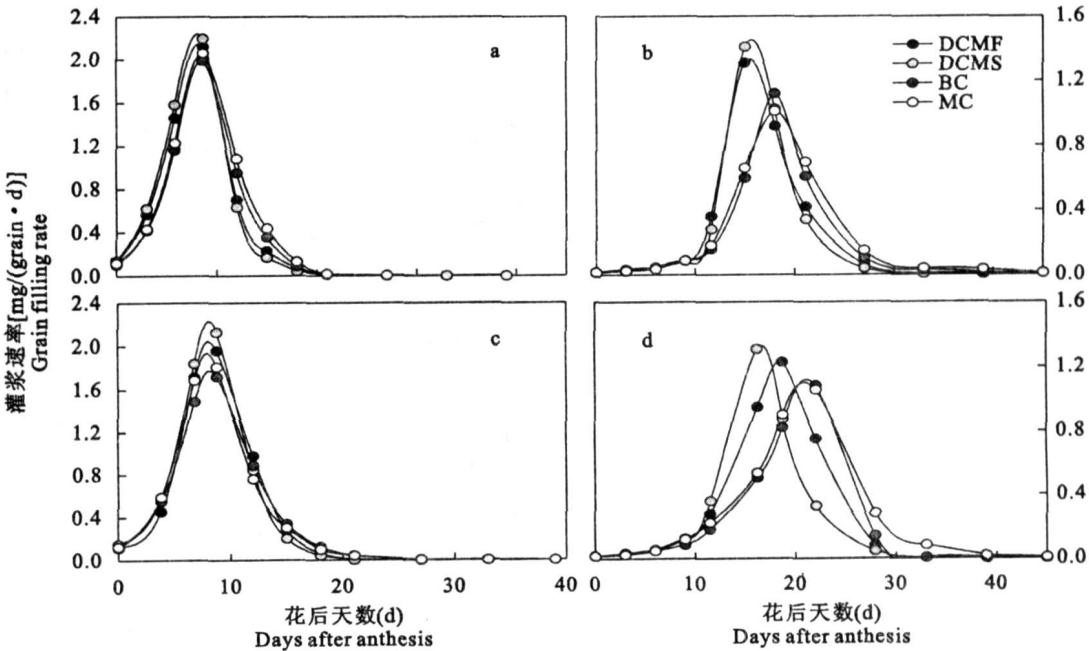


图 2 水稻籽粒灌浆速率

Fig. 2 Curves of grain filling rate

a, c: 强势粒 Superior grains; b, d: 弱势粒 Inferior grains

3 讨论

3.1 不同旱种方式对水稻产量与品质的影响

旱种对于产量的影响结果前人的研究并不一致,这可能与不同的品种、生态条件、栽培措施等因

素有关^[14~16]。本研究表明,水稻旱种后在产量构成上,表现为穗多,穗小、结实率低、粒重轻。分蘖发生多,分蘖发生晚可能是旱种水稻穗多穗小的主要原因^[9],而旱种水稻结实率低和粒重轻则可能与后期根系早衰有关,分析早衰的原因,可能与旱种追肥

困难,肥料基本上一次性基施,前期追肥施用量大,土壤通透性好,土温较高,土壤氮释放率较高,使无效分蘖增加,消耗大量养分,造成后期缺肥,根叶早衰,使得灌浆后期脱肥,影响后期灌浆结实。强势粒的灌浆速度较快,弱势粒很少灌浆,根系在灌浆后期呼吸增强,单茎根系伤流量降低,早衰严重,造成结实率偏低。在不同的旱种方式间,产量存在着明显的差异,覆草旱种的产量显著高于覆膜旱种与裸地旱种,与水种稻产量无显著差异,主要是由于覆草旱种稻单位面积穗数的增加之得能够弥补穗小、结实率低和粒重轻之失,覆膜旱种则单位面积穗数的增加之得不能补偿其它产量因素下降之失,而裸地旱种产量构成因子均较劣。水稻旱种后在产量形成上表现出的特征,启示人们在栽培思路上要有别于水种稻的栽培策略。

水稻覆膜旱种后,米质会明显下降,这与已有的研究报告一致^[17~18,9],但有关旱种对稻米品质影响的生理机制,尚不清楚。米质明显下降可能与籽粒灌浆特性有关^[19~22],前人研究表明,灌浆前期籽粒增重快,灌浆期短,品种的垩白较高^[19~21],并且稻米垩白度与籽粒灌浆特征参数为开口向上的抛物线的关系^[22],本研究表明,水稻旱种后籽粒灌浆加快,活跃灌浆期变短,灌浆前期籽粒增重过快,这些因素都会造成稻米垩白度的增大。但本研究结果又表明,覆草旱种水稻的米质与水种稻米质相比没有明显变化。不同处理间品质上存在着较大的差异,其原因可能与旱种方式对土壤理化性质的影响效应不同所致。我们在试验中观察到,在 7 月至 8 月上中旬炎热的夏天(晴天、正午时的温度),覆膜旱种膜内表土 5 cm 土壤的温度可近 50℃,而覆草旱种、裸地旱种与水种稻 5 cm 土壤中的温度分别为 31℃、35℃和 29℃。覆膜旱种膜内土壤温度过高会对水稻的根系以及土壤微生物的活动产生不利影响^[23],这也可能是覆膜旱种的干物质生产以及根系活力不如覆草旱种的重要原因。我们还观察到,结实期覆膜旱种植株冠层温度比水种稻冠层温度平均高出 4.3℃,而覆草旱种植株冠层温度仅较水种稻冠层温度高出 1.2℃。有研究表明,结实期温度与稻米的垩白形成有密切关系^[24,25]。笔者推测,覆膜旱种稻较高的垩白度、食味性差,可能与其结实期冠层较高的温度有关。

3.2 不同旱种方式对水稻生长发育的影响

石英等研究认为^[26],覆盖旱种水稻在拔节后生长加快,生物量以齐穗期到灌浆期增长最快,不同旱种处理之间差异不明显。本研究表明,旱种水稻在

有效分蘖临界期前叶面积指数小,干物质积累少,在拔节期后,尤其是覆膜旱种茎蘖大量发生,但茎蘖成穗率较低;灌浆中后期的光合速率、成熟期干物质累积及活跃灌浆期均小于水种,表现为“前慢、中猛、后早衰”的特点。分析其原因,旱种稻移栽后活棵缓慢,分蘖发生迟、发生少,造成早期的生长量不足;分蘖中后期,水稻地上、地下部分已形成一定的生长量,对旱环境的适应性增强,这时分蘖的发生又不能象水种稻那样通过烤田易以控制,分蘖特别是无效分蘖发生多,生长量大;灌浆期可能因肥水供应不足,造成根系活力下降而使植株早衰。稻草覆盖与覆膜及裸地旱种相比,生育前期个体生长受到一定的抑制,但是分蘖成穗较多,后期光合功能增强,有利于积累较多的光合产物供籽粒发育和灌浆充实,这可能与稻草后期腐解释放养分较多有关,也可能与土壤的通透性好有关系。

Wardlaw 报道^[27],干旱胁迫对源与库的影响是改变物质运转的主要原因,而余淑文等人的研究认为干旱抑制茎鞘物质向籽粒的运转^[28]。本研究表明,水稻旱种后,尤其是覆膜旱种物质运转率显著提高,可能的原因是在水分胁迫下,库对源的需求量增加促进了茎鞘物质的输出,水稻旱种后增强了茎中 α -淀粉酶和 β -淀粉酶活性,促进了稻茎中淀粉的水解,进而促进了同化物在源端(茎、鞘)的装载或向外输出,同时籽粒中蔗糖合成酶活性提高,加速了同化物(蔗糖)在库端(籽粒)的卸载,从而促进了同化物向籽粒的运转。说明旱种水稻在一定的土壤水势下能够达成一定某种源库平衡,这种‘补偿性’作用减轻逆境对水稻产量的影响。旱种水稻茎鞘储存物质的运转率高,其积极的一面是提高了物质生产的经济利用效率,但茎鞘物质过多的利用可能是旱种水稻易倒伏的原因之一,如何扬长其短,避其短?值得探讨。

参考文献:

- [1] 巫伯舜. 水稻的旱种技术[M]. 北京: 农业出版社, 1985: 12-20.
- [2] 张 矢, 吴宪章, 蒋本福. 水稻陆稻地膜覆盖栽培的技术效应[J]. 黑龙江农业科学, 1983, (5): 29-31.
- [3] 张让康, 刘本坤. 水、旱种稻若干形态和生理性状比较研究[J]. 湖南农业科学, 1988, (1): 13-16.
- [4] 张让康, 刘本坤. 旱种水稻不同品种类型产量及其性状的相关分析[J]. 湖南农学院学报, 1989, 15(2): 7-11.
- [5] 吴文革, 陈周前, 沈绪波. 水稻旱作栽培技术及其节本效益探讨[J]. 安徽农业科学, 1998, (1): 8-9.
- [6] 董全才, 易杰忠. 水稻地膜旱管栽培生育特性及高产调控技术研究[J]. 中国农学通报, 1999, (4): 17-20.

[7] 梁永超,胡 锋,杨茂才,等.水稻覆膜旱作高产节水机理研究[J].中国农业科学,1999,32(1);26—32.

[8] 石 英,沈其荣,茆泽圣,等.旱作条件下水稻的生物效应及表层覆盖对它的影响[J].植物营养与肥料学报,2001,7(3):271—277.

[9] 陈新红,徐国伟,王志琴,等.结实期水分与氮素对水稻氮素利用与养分吸收的影响[J].干旱地区农业研究,2004,22(2):35—40.

[10] 杨建昌,王志琴,陈义芳,等.旱种水稻产量与米质的初步研究[J].2000,21(3);1—5.

[11] 盛海君,沈其荣,周春霖.旱作水稻产量和品质的研究[J].南京农业大学学报,2003,26(4);13—16.

[12] 蔡武城,袁厚积.生物物质常用化学分析法[M].北京:北京科学出版社,1982;15—16.

[13] 朱庆森,曹显祖,骆亦奇.水稻籽粒灌浆的生长分析[J].作物学报,1988,14(3);182—189.

[14] 蔡永萍,杨其光,黄义德.水稻水作与旱作对抽穗后剑叶光合特性、衰老及根系活性的影响[J].中国水稻科学,2000,14(4);219—224.

[15] 盛海君,沈其荣,封 克.覆盖旱作水稻群体发育特征分析[J].应用生态学报,2004,15(1);59—62.

[16] 周毓珩.水稻品种在旱作时主要经济性状变化规律研究[J].辽宁农业科学,1986,(1);10—13.

[17] 董全才,易杰忠.水稻地膜旱管栽培生育特性及高产调控技术研究[J].中国农学通报,1999,15(4);17—20.

[18] 徐国伟,王 朋,唐 成,等.旱种方式对水稻产量与品质的影响[J].作物学报,2006,32(1);112—117.

[19] Raju G N, Srinivas T. Effect of physical, physiological, and chemical factors on the expression of chalkiness in rice[J]. Cereal Chemistry, 1991,68(2);210—211.

[20] 蔺万煌,肖浪涛,吴 顺.早籼稻籽粒灌浆动态与稻米垩白形成关系的研究[J].中国农学通报,2002,18(1);13—16,23.

[21] 邵冬生,唐建军.水稻籽粒灌浆特性与米质的关系[J].贵州农业科学,1987,(2);12—14.

[22] 钟旭华.稻米垩白形成与籽粒灌浆动态的关系[J].江西农业学报,1995,7(1);56—60.

[23] 彭少兵,杨建昌.水稻高产高效优质栽培研究的现状[J].中国水稻科学,2003,17(3);275—280.

[24] 程方民,蒋得安,吴 平,等.早籼稻籽粒灌浆过程中淀粉合成酶的变化及温度效应特征[J].作物学报,2001,27(2):201—206.

[25] 程方民,钟钟进,孙宗修.灌浆结实期温度对早籼水稻籽粒淀粉合成代谢的影响[J].中国农业科学,2003,36(5);492—501.

[26] 石 英,松 进,沈其荣,等.覆盖旱作水稻的生物效应及吸氮特征[J].农村生态环境,2001,17(2);22—25,44.

[27] Wardlaw I F. The effect of water stress on translocation in relation photosynthesis and growth[J]. Aust Journal Biology Science, 1969,22;1—66.

[28] 余叔文.水、陆稻的比较研究,水稻老来青和陆稻南通早的水分关系及抗旱性的比较[J].植物学报,1958,7(4);187—199.

Effect of non-flooded cultivation pattern on yield and quality of rice and its growth characteristics in Yangtze basin

XU Guo-wei^{1,2}, WANG He-Zheng¹, WANG Zhi-qin², LIU Li-jun², YANG Jian-chang²

(1. Agricultural College, Henan University of Science and Technology, Luoyang, He'nan 471003, China; 2. Key Laboratory of Crop Genetics and Physiology of Jiangsu Province, Yangzhou University, Yangzhou, Jiangsu 225009, China)

Abstract: Two rice cultivars, Shanyou 6³ (An *indica* hybrid rice combination) and Yangdao 6 (Indica), were used to investigate the grain yield and quality of rice cultivated with different methods and the relations with grain filling. The results showed that there was no significant difference in the grain yield between DCMS and moist-cultivation (MC), but the grain yield of DCMS was significantly higher than that of dry-cultivation mulched with film (DCMF) or that of bare cultivation (BC). The differences in the milling quality, appearance quality, and cooking and nutrient quality of rice were not significant between DCMS and MC. Grains from DCMF and BC had higher chalkiness, smaller gel consistency, when compared with those from MC. Peak viscosity and breakdown values were reduced and setback values of the starch profile of rice endosperm were increased under dry-cultivation, specially under DCMF. DCMS rice showed slower tillering before the critical stage of productive tillers and higher percentage of productive tillers than MC and DCMF rice. Dry matter accumulation of shoot from heading to maturity under DCMF was lower, when compared with that under MC, but significantly higher than that under DCMF or under BC. Remobilization of assimilates from vegetative tissues to grains and harvest index were higher under DCMF than those under MC. Reasons for the differences in the formation of grain yield and quality among DCMS, DCMF and MC were also discussed.

Key words: rice; dry-cultivation mulched with straw; dry-cultivation mulched with film; moist-cultivation; grain yield; rice quality; growth character