

水稻旱作对籽粒灌浆特性和物质积累的影响

汪 军¹, 黄义德², 黄文江^{2,3}, 丁友苗¹, 常 红³

(1. 怀宁县高河镇农业技术综合服务中心, 安徽 怀宁 246121; 2. 安徽农业大学, 安徽 合肥 230036;

3. 北京农业信息技术研究中心, 北京 100097)

摘 要: 选用汕优 63 水稻, 在旱作条件下, 研究水稻灌浆特性和干物质积累和分配。覆膜旱作(T1)和露地旱作(T2)生育期和有效分蘖终止期较常规水作(CK)延迟, 籽粒最大干重到达时间提前, T1、T2 以强势粒灌浆为主, 弱势粒很少灌浆, CK 灌浆强势粒和弱势粒并重。抽穗前对干物质积累、运转和分配影响不大, 生育后期有较大抑制作用, 不同处理各器官干物质分配比例大小不同。单株有效分蘖数虽较常规水作有所增加, 但分蘖成穗率、每穗粒数、结实率和千粒重均降低, 导致产量降低。旱作汕优 63 应该采取适当的栽培管理措施促进弱势粒的灌浆并提高其结实率。

关键词: 水稻; 旱作; 产量; 灌浆特性

中图分类号: S511 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2008)05-0032-04

当今全球水资源日益匮乏, 干旱是农业生产中重要灾害之一, 干旱土地总面积约占陆地面积的 1/3, 世界上因干旱造成的农业减产可超过其它因素所造成减产的总和。另一方面, 我国灌溉水利用效率也很低, 每立方米水生产粮食不足 1 kg, 而以色列已达 2.32 kg, 这种现状预示着对节水农业的需求是迫切的^[1]。水稻是高产粮食作物之一, 种植面积全世界约 1.4 亿 hm², 我国是世界上最大的稻谷生产国, 占粮食作物播种面积的 39.8% 左右, 总产约占粮食总产的 50%。以往水稻旱作的研究多集中在栽培措施、管理方法^[2,3]和旱作水稻生理特性^[4-7]等方面, 但是水稻旱作条件下经济产量普遍偏低, 灌浆过程是形成产量的重要生育过程, 探索水稻旱作条件下灌浆特性, 对于生产上采取相应的栽培管理措施提高经济产量有重要意义。

本文对汕优 63 旱作条件下灌浆特性和物质积累过程进行了探讨, 旨在明确水稻旱作大田条件下导致产量降低的主要因素, 为农业生产中采取适当的水分管理措施提供理论指导。

1 材料与方法

1.1 供试材料

粳型杂交常规水作中稻汕优 63(Shanyou 63), 品种耐旱性中等, 适应性较强, 产量较高, 在全国有较大面积的推广种植。考虑到大面积农业生产的实际, 所以选择此供试品种。

1.2 试验设计

试验于 1999 年在安徽农业大学试验农场标本园旱地进行。试验用土壤均为黄褐土, pH6.3, 有机质 2.1%, 全氮 0.15%。施肥量每公顷 N 210 kg、P₂O₅ 75 kg、K₂O 75 kg。85% 的氮肥及全部的 P、K 肥作基肥耕翻施入, 孕穗期趁雨或灌溉撒施并结合叶面喷施 15% 的氮肥。设常规水作(CK)、覆膜旱作(T1)和露地旱作(T2)3 种栽培方式, 5 次重复, 小区面积为 13 m², 栽植密度均为 0.3 m×0.2 m, 每穴栽 2~3 茎蘖苗 1 株(单本栽), 栽后浇定根水。常规水作小区为在同块旱地上修建的防渗水泥池, 自来水灌溉, 全生育期合计灌溉 8 次, 旱作全生育期灌水 3 次, 其他时间均不灌水。

1.3 研究项目和测定方法

1.3.1 植株各器官干物质积累和籽粒灌浆特性

于抽穗期标记同日始花的 T1、T2 和 CK 处理生长整齐一致的稻穗 200 个, 并确定每一穗上第 1、第 2 天开花的花位(强势粒)和倒数第 1、第 2 天开花的花位(弱势粒)各 20 个。自抽穗之日起, 各处理每 5 天取样穗 10 个, 分别摘下所有定位的强势粒和弱势粒, 剔除未受精的空粒后, 烘干称重, 并求出减去谷壳后的平均米粒重, 测定籽粒鲜重、干重, 计算籽粒灌浆速率。

1.3.2 室内考种 考查单株成穗数、单穗总颖花数、结实率和千粒重等项目, 以实收计产。

1.3.3 数据处理和统计方法 将各处理与对照测

收稿日期: 2007-11-20

基金项目: 安徽省“九五”科技攻关项目(9911004)

作者简介: 汪 军(1974—), 男, 安徽怀宁人, 农艺师, 主要从事作物栽培和农业技术推广工作。

通讯作者: 黄文江, 博士, 副研究员。E-mail: yellowstar0618@163.com。

定项目结果进行多元回归分析^[8]。

2 结果与分析

2.1 旱作对生育期的影响

由表 1 可知,旱作汕优 63 全生育期(播种至成熟的天数)比常规水作延长 8~10 天。旱作条件下

最高分蘖数和有效穗数均比水作的高,最高分蘖数到达时期和有效分蘖终止期则比水作的延迟,单株有效分蘖数的多少依次为覆膜(T1)>露地(T2)>水田(CK)。旱作有效分蘖终止期比水田迟,单株分蘖数以覆膜旱作最多。

表 1 旱作对生育期的影响
Table 1 Effect of dry cultivation on growth stage

生育期 Growth stage	有效分蘖终止期 Effective tillers ending stage (M-d)	最高分蘖期 Maximum tillers stage (M-d)	拔节始期 Early jointing stage (M-d)	始穗期 Initial heading stage (M-d)	齐穗期 Full ear stage (M-d)	成熟期 Maturity stage (M-d)	全生育期 Growth duration (d)
CK	07-04	07-11	07-10	08-08	08-15	09-14	145
T1	07-10	07-18	07-20	08-17	08-26	09-22	153
T2	07-14	07-23	07-22	08-20	08-30	09-24	155

2.2 旱作对籽粒干重和灌浆速率的影响

汕优 63 为源限制型品种,光合产物不能充分满足库容充实的需要,灌浆特性是强势粒颖花灌浆起始的时间相差大,结实率较低。灌浆特点是强势颖花灌浆起步早,灌浆速率高峰在花后第 8 天左右,弱势颖花灌浆起步迟,高峰期在花后第 32 天^[6]。T1、T2 和 CK 处理以开花后天数(开花日为 0)为自变量,拟合籽粒干重增加量的 Richards 方程^[9,10]为:

$$W = A(1 + Be^{-Kt})^{-1/N} \quad (1)$$

式中, W 为籽粒干重, t 为开花后天数, A 为籽粒最终重量, B 、 K 、 N 为常数。

对方程(1)求一阶导数,可得灌浆速率(V_s)方

程:

$$V_s = dw/dt = A \cdot K \cdot B \cdot E^{-Kt}/N(1 + Be^{-Kt})^{(N+1)/N} \quad (2)$$

对方程(1)求二阶导数,可得 V_s 随时间 t 而改变的速率变化方程:

$$Va = d^2W/dt^2 = A \cdot K^2 \cdot B \cdot E^{-Kt}/N^2(1 + Be^{-Kt})^{(2N+1)/N} \cdot [Be^{-Kt} - N] \quad (3)$$

求灌浆速率(V_s)为最大时的日期 T_{max} 与最大生长速率 V_{smax} ,只要令(3)式为 0,得到: $T_{max} = (\ln B - \ln N)/K$,然后将 T_{max} 代入(2)式可以得到 V_{smax} 。

表 2 籽粒增长曲线方程
Table 2 The grain weight expanding curve

项目 Items	方程 Equation	A(g)	V_{smax} [g/(1000 粒·d)]	T_{max} (d)	DC
CK	SPK $W_1 = 27.8(1 + 14.32e^{-0.35t})^{-2.03}$	27.8	3.14	9.1	0.9834**
	WPK $W_2 = 23.5(1 + 20709.13e^{-0.67t})^{-0.54}$	23.5	2.89	26.1	0.9523**
T1	SPK $W_1 = 27.4(1 + 8.59e^{-0.26t})^{-1.89}$	27.4	3.75	8.7	0.9317**
	WPK $W_2 = 8.9(1 + 26579.34e^{-0.32t})^{-0.89}$	8.9	0.87	20.3	0.9726**
T2	SPK $W_1 = 26.7(1 + 12.37e^{-0.31t})^{-2.11}$	26.7	2.98	8.4	0.9985**
	WPK $W_2 = 3.4(1 + 34859.72e^{-0.71t})^{-1.03}$	3.4	0.29	17.5	0.9213**

注:DC:决定系数,SPK:强势粒,WPK:弱势粒; $r_{0.01}=0.777$ 。Note:DC:Determine coefficient, SPK: Strong potential kernels,WPK: Weak potential kernels; $r_{0.01}=0.777$ 。

由表 2 可知旱作条件下籽粒最大干重到达时间提前,覆膜旱作强势粒为第 8.7 天左右,弱势粒为第 20.3 天左右;露地旱作强势粒为第 8.4 天左右,弱势粒为第 17.5 天左右;常规水作强势粒为第 9.1 天左右,弱势粒为第 26.1 天左右。最大生长速率旱作条件下弱势粒明显低于常规水作,强势粒差异较小。

说明旱作条件下不利于弱势粒的灌浆结实,强势粒灌浆后期由于得不到足够的养分使得一部分强势粒和弱势粒均形成空瘪粒,使旱作汕优 63 结实率降低。常规水作条件下灌浆速率弱势粒与强势粒差异较小,在强势粒得到足够的营养基础上,使大部分弱势粒也能正常灌浆结实,进而提高了常规水作条件

下的结实率。所以要提高旱作汕优 63 结实率,减少空瘪粒,必须采取相应的栽培措施,提高旱作汕优 63 弱势粒的灌浆结实率来提高结实率。

2.3 旱作对干物质积累、运转和分配的影响

由表 3 可知汕优 63 在不同条件下,拔节长穗末期 CK 与 T1 之间叶片、茎鞘和根系各器官干物质积累和干物质在地上部各器官中的分配比例基本相同,CK 与 T2,T1 与 T2 之间差异较显著,各器官分

配比例大小均为茎鞘>叶片>根系;成熟期 CK 与 T1 之间叶片、茎鞘和根系各器官干物质积累和干物质在地上部各器官中的分配比例有所差异,CK 与 T2,T1 与 T2 之间差异较显著。各器官分配比例大小 CK 为穗>茎鞘>叶片>根系,T1 和 T2 均为茎鞘>穗>叶片>根系。说明旱作汕优 63 抽穗以前对干物质的积累、运转和分配影响不大,生育后期对干物质积累、运转和分配起较大的抑制作用。

表 3 旱作对干物质在各器官中积累和分配的影响

Table 3 Effect of dry cultivation on dry matter accumulation and distribution of different organs (g/plant)

生育时期 Growth stage	处理 Treatment	叶片 Leaf		茎 鞘 Stem and sheath		穗 Ear		根 系 Root		总干重 Dry weight	经济系数 Economical coefficient
		DW	P (%)	DW	P (%)	DW	P (%)	DW	P (%)		
拔节长穗末期 Jointing stage	CK	35.1	32.3	67.1	61.8	—	—	6.4	5.9	108.6	—
	T1	26.5	26.6	66.5	67.0	—	—	6.3	6.3	99.3	—
	T2	13.3	26.8	31.8	63.8	—	—	4.7	9.4	49.8	—
成熟期 Maturity stage	CK	9.5	8.6	45.3	41.1	53.6	48.6	1.9	1.7	110.4	0.49
	T1	8.6	7.4	54.3	46.8	50.8	43.8	2.2	1.9	116.0	0.44
	T2	8.2	11.3	39.4	54.4	23.2	32.1	1.5	2.2	72.3	0.32

注:DW:干重,P:占总量比例。 Note:DW;Dry weight, P: Percentage.

2.4 旱作条件对经济产量及产量性状的影响

由表 4 可知,旱作汕优 63 单株分蘖成穗率、每穗粒数、结实率和千粒重均低于水作,而单株有效分蘖数、单位面积的穗数等则高于水作。旱作 T1 和 T2 的结实率均低于 75%,前人研究表明,当结实率

小于 75%时,结实率是产量的主要制约因素,所以提高旱作汕优 63 产量主要是采取相应的栽培措施来提高结实率。本试验结果表明,T1 与 CK 之间的产量差异不显著,T1 与 T2、CK 与 T2 间差异显著,以 T2 的产量最低。

表 4 汕优 63 旱作条件下的产量结构

Table 4 The yield components under different cultivations of Shanyou 63

处理 Treatment	单株有效分蘖数 Effective tillers	分蘖成穗率 Rate of kernals (%)	有效穗 Effective panicles (万/hm ²)	每穗总颖花数 Total panicles	结实率 Seed set rate (%)	千粒重 Weight per 1000 (g)	产量 Yield (kg/hm ²)	新复极差测验 LSR test	
								0.05	0.01
CK	11	66.8	183.4	172.3	82.0	26.7	6918.5	a	A
T1	17	52.1	283.5	129.6	70.3	25.1	6483.2	a	A
T2	14	41.8	233.5	113.8	61.1	24.3	3945.3	b	B

3 结论与讨论

研究结果表明,汕优 63 旱作条件下,单株有效分蘖数较常规水作有所增加,群体增大,旱作籽粒以强势粒灌浆为主,弱势粒很少灌浆,常规水作灌浆强势粒和弱势粒并重,说明旱作条件下不利于弱势粒的灌浆结实,使得一部分强势粒和弱势粒均形成空瘪粒,造成旱作汕优 63 结实率降低。所以旱作汕优 63 应该在生育中后期采取适当的补水、补肥(如叶面喷肥等)栽培管理措施减少空瘪粒,提高旱作汕优

63 弱势粒的灌浆结实率来提高结实率,进而提高旱作水稻产量。

由于旱作水稻分蘖期耐旱能力强,可不用灌水或少灌水,拔节长穗期和抽穗扬花期灌溉 2~3 次,每次用水 35 mm 左右即可,总用水量为 70~100 mm,与常规水作栽培灌溉用水 450 mm 左右相比,节水率达 78%~85%;干旱年份灌水 4~5 次,总用水量 140~175 mm,节水效率也达 60%~70%^[5]。所以,开展常规水稻旱作,在保证较高产量的前提下,节约农业用水,并可确保高垆田、望天田避灾保

收,进而对节约农业用水,提高水分利用效率和扩大水稻种植面积都具有重要意义。

参 考 文 献:

- [1] 汤章诚. 植物干旱生理生态研究[J]. 生态学报, 1983, (3): 196—204.
- [2] 黄义德, 魏凤珍, 李金才. 浅谈水稻覆膜旱作技术和间作技术[J]. 耕作与栽培, 1998, 3: 16—18.
- [3] 黄义德, 方 利, 朱崇庄, 等. 皖西大别山茶稻间作技术及效益分析[J]. 安徽农业大学学报, 1998, 25(3): 291—295.
- [4] 王富荣, 何绍恒, 于万利. 旱作水稻生理特性与栽培技术研究[J]. 吉林农业大学学报, 1982, (2): 1—10.
- [5] 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.
- [6] 黄文江, 王纪华, 赵春江, 等. 旱作水稻幼穗发育期若干生理特性及节水机理的研究[J]. 作物学报, 2002, 28(3): 411—416.
- [7] 黄文江, 王纪华, 赵春江, 等. 水稻旱作条件下渗透调节物质和激素含量的研究[J]. 干旱地区农业研究, 2002, 20(1): 61—64.
- [8] 邓聚龙. 灰色系统基本方法[M]. 武汉: 华中理工大学出版社, 1996. 291—295.
- [9] Eck H V. Effects of water deficits on yield, yield components, and water use efficiency of irrigated corn[J]. Agronomy Journal, 1986, 78: 1035—1040.
- [10] 李金才. 冬小麦湿害的临界期、生理机制及预防措施的研究[D]. 山东: 山东农业大学, 1997.

Effect of dry cultivation of Shanyou 63 on the grain filling characteristics and dry matter accumulation

WANG Jun¹, HUANG Yi-de², HUANG Wen-jiang^{2,3}, DING You-miao¹, CHANG Hong³

(1. Agricultural Technology Service Center of Gaohe Town, Huaining County, Huaining, Anhui 246121, China;

2. Anhui Agricultural University, Hefei, Anhui 230036, China;

3. Beijing Agricultural Information Technology Research Center, Beijing, 100097, China)

Abstract: The grain filling characteristics and dry matter accumulation of dry cultivation rice were studied. The time of maximum grain fresh weight of dry cultivation rice (T1 and T2) were ahead of paddy field cultivation rice (CK), the dry cultivation rice led to a shortened filling duration. The grain filling characteristics indicated that the strong tendency grain played an important role in grain filling of T1 and T2, and both the strong tendency and the weak tendency grains played important roles in grain filling of CK. The weak tendency grain of T1 and T2 almost did not contribute to the grain filling and grain weight. It indicated that the lower grain yield of dry cultivation rice was caused by the lacking grain filling of the weak tendency grain. Some cultivation and irrigation method should be carried out to enhance the weak tendency grain filling and the filling spike rate.

Keywords: rice (*Oryza sativa* L); dry cultivation; grain yield; grain filling characteristics

(上接第31页)

Leaf senescence of different buckwheat genotypes at later growing stage

GONG Qiao-ling, FENG Bai-li, GAO Jin-feng, GAO Xiao-li, WANG Peng-ke, CHAI Yan

(Research Center for Minor Cereals and Beans, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: Two different buckwheat genotypes were used to study characteristics of the leaf senescence at flower-set caulis nodes from flowering to maturing under field conditions. A significant difference of senescence progresses between two genotypes was showed as: compared to Xinong9920 (Common buckwheat), Xinong9976 (Tartary buckwheat) has a slower reduction in the content of chlorophyll and soluble protein, and also in the activities of SOD and CAT, while a slower increasing MDA's content; These variations in leaf result in prolonging the function durations, delaying senescence, and contribute to accumulation of photosynthetic products.

Keywords: buckwheat; leaf senescence; protective enzyme activity