

旱作水稻生理特性及合理灌溉的研究初报

杨建刚 袁增玉 李淑华 陈 力

(黑龙江省农业科学院)

水稻旱作的可能性近几年来在生产实践中已得到证明。但是,由于自然降水在年度、月份和旬间分布不平衡,不进行人工灌溉就不能使旱作水稻达到稳产、高产。另外,由于以水分主因的生态环境的变化,旱作水稻在形态和生理上也必然发生变化。为此,本试验试图探讨水稻旱作时土壤含水量与其生理机能之间的关系及合理灌溉的生理基础——需水规律。以便为水稻旱作制定合理的栽培管理措施提供参考依据。

材料与 方法

试验于1986年在黑龙江省农科院原子能所自控温室进行。试验材料选用粳稻早熟品种“合江14”,于5月27日催芽处理,5月31日播种,试验设5个处理(见表1),每处理20盆,每盆6穴,每个盆钵装3.5公斤土壤,经调酸剂处理土壤pH值为5.8左右。试验在严格防雨条件下进行,试验过程采用称重法控制土壤水分^[1],每天称一次以补充盆中水分之不足,分蘖末期施追肥一次。施用硫酸铵、过磷酸钙及钾肥,每亩按施氮2.5公斤,磷1.5公斤,钾0.5公斤计算。

试验中处理I模拟水田,处理II模拟自然条件下,旱作水稻大田中土壤含水量(据

1980~1985年在大豆、玉米、谷子等作物大田里按旬测得的土壤含水量之平均值)为旱作处理之对照,处理III~V为不同生育期提高土壤含水量,即灌溉(下称提高土壤含水量)。根系活力测定采用吸附甲烯兰法^[2],光合作用强度测定采用改进干重法^[3],其中叶面积测定用Li~3000型手提式叶面积仪,称重用1702MP₈型电子分析天平。

表1 试 验 处 理

土壤含水量% 生育期 处 理	苗 期	分蘖始期	分蘖末期	孕 穗 期	抽 穗 期	乳 熟 期
I(模拟水田)	水层	水层	水层	水层	水层	水层
II(旱作对照)	20	21	22	25	26	21
III	20	25	28	25	26	21
IV	20	21	25	28	26	21
V	20	21	22	25	28	21

注:每处理设三个重复。

试验结果与分析

一、土壤水分对旱作水稻生长发育与产量形成的影响

1. 不同土壤含水量对生育期的影响

水稻在旱作情况下,生育期的变化较为

注:本文承蒙张矢研究员审阅,特此表示感谢。杨静芝、胡志炯同志参加部分工作。

明显。从表 2 中的处理 I、II 看出：旱作水稻较水田水稻的分蘖始期、抽穗期和乳熟期等一般都推迟了，其中，以分蘖始期延长时间最长。处理 IV（孕穗期提高土壤含水量）抽穗期及乳熟期较处理 II、III、V 提前 2 天，故水稻在旱作条件下，孕穗期提高土壤含水量对生

殖生长有一定的影响。
 2. 不同生育期提高土壤含水量对旱作水稻产量及产量性状的影响。
 从表 3 中的处理 I、II 可看出：水稻在旱作条件下，主要经济性状下降，产量降低。

表 2 不同土壤含水量对生育期的影响

日期 生育期 (1986 年) 处 理	播 种 期	出 苗 期	分 蘖 始 期	抽 穗 期	乳 熟 期	成 熟 期
I (模拟水田)	5 月 31 日	6 月 5 日	6 月 24 日	7 月 28 日	8 月 9 日	9 月 11 日
II (旱作对照)	5 月 31 日	6 月 5 日	7 月 1 日	7 月 30 日	8 月 11 日	9 月 11 日
III	5 月 31 日	6 月 5 日	7 月 1 日	7 月 30 日	8 月 11 日	9 月 11 日
IV	5 月 31 日	6 月 5 日	7 月 1 日	7 月 28 日	8 月 9 日	9 月 11 日
V	5 月 31 日	6 月 5 日	7 月 1 日	7 月 30 日	8 月 11 日	9 月 11 日

表 3 不同生育期提高土壤含水量对旱作水稻经济性状的影响

处 理	性 状	株 高 (cm)	穗 长 (cm)	穗/盆 (个)	粒数/穗 (个)	千粒重 (克)	结实率 (%)	产量/盆 (克)	增减产 (%)
I		88.05	16.51	16.6	57.18	28.89	95.14	26.09	+12.89
II		84.56	15.53	14.4	62.42	28.52	90.16	23.11	0
III		85.87	15.87	15.6	60.61	28.89	91.54	25.01	+8.22
IV		89.42	18.65	14.6	63.90	29.37	88.01	24.12	+4.37
V		86.27	15.77	15.0	60.83	28.78	94.86	24.91	+7.79

从处理 II~V 还可看出，随着不同时期土壤含水量的提高，产量、千粒重、结实率、穗数/盆、株高、穗长等均有所增加，且不同时期提高土壤含水量对产量及经济性状影响程度不同，其中以处理 III，即分蘖始期至分蘖末期提高土壤含水量增产幅度最大，增产 8.22%；其次为处理 V，即提高抽穗期土壤含水量，增产 7.79%；最后为分蘖末期至孕穗期提高土壤含水量，增产 4.37%。因此，在生产中，旱作水稻应保证分蘖末期及抽穗期灌溉，方可提高旱作水稻的产量。
 二、土壤水分对旱作水稻植株生长、叶片光合作用强度等的影响

1. 土壤水分对地上部生物产量等的影响
 从表 4 中的处理 I（模拟水田）及处理 II（旱作对照）可看出：水稻在旱作条件下，不论是在分蘖末期，或是在抽穗期还是在乳熟期，相对淹水栽培条件下的水稻来说，植株生物产量（鲜重或干重）下降，最大有效叶面积值降低，且出现时期推迟。同时，从分蘖末期处理 II~V，抽穗期处理 II、V 还可看出：在同一时期内，随着土壤含水量的提高，旱作水稻生物产量增加，有效叶面积值提高。从提高不同时期土壤含水量对乳熟期后植株生物产量的影响看，以分蘖末期处理影响最大，其次为抽穗期，最后为孕穗期。

表 4 土壤水分对地上部生物产量的影响

测定项目 处理	生育期 分 蘖 末 期			抽 穗 期			乳 熟 期		
	鲜 重 (g)	干 重 (g)	有效叶面 (cm ²)	鲜 重 (g)	干 重 (g)	有效叶面 (cm ²)	鲜 重 (g)	干 重 (g)	有效叶面 (cm ²)
I (模拟水田)	15.4	3.95	287.35	16.28	5.02	117.59	17.18	7.55	57.64
II (旱作对照)	6.15	1.20	157.30	14.30	4.15	181.91	12.63	5.30	121.43
III	9.15	2.35	198.14	14.20	4.57	169.67	15.45	6.47	112.53
IV	8.40	2.25	194.18	14.30	4.57	191.50	13.93	6.25	126.72
V	6.00	1.25	152.16	14.70	4.23	192.30	14.05	6.35	129.90

2. 土壤水分对地上部植株叶片光合作用强度的影响 (参见图)

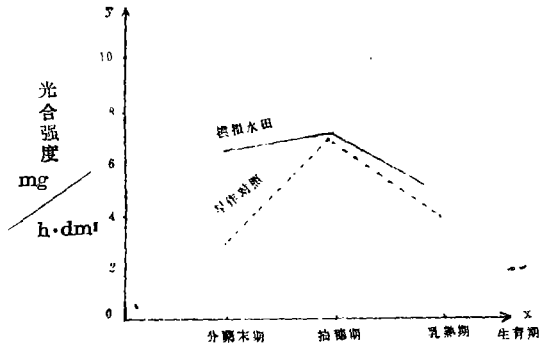


图 水稻在旱作条件下光合作用强度的变化

从图可看出：水稻旱作与水稻水作同样，光合作用强度在抽穗期达到最大值，以后又降低。同时，相对淹水栽培水稻来说，水稻在旱作条件下，在分蘖末期和乳熟期由于土壤含水量的降低，光合作用强度也下降。在抽穗期，旱作水稻(处理 II)的光合作用强度接近于水田水稻(处理 I)的光合作用强度。

从表 5 可以看出，水稻在旱作条件下不论是分蘖末期还是抽穗期(处理 II、V)，随着土壤含水量的提高，光合作用强度增大，在分蘖末期，当土壤含水量由 22% (旱作对照) 提高到 28% (处理 III) 时，植株叶片光合作用

表 5 不同土壤含水量与植株叶片光合作用强度之间的关系

光合强度 (mg/h·dm ²) 生育期 处理	分蘖末期	抽穗期	乳熟期
I (模拟水田)	6.5405	7.0146	4.9393
II (旱作对照)	2.9538	7.0132	4.4783
III	6.1261	7.0674	5.3346
IV	3.5711		4.6904
V	2.4972	7.2149	4.9652

强度达到 6.1261，接近水田处理 I 值 6.5405。另外，在乳熟期前提高土壤含水量，对乳熟期植株叶片光合作用强度有增加作用，其中，以提高分蘖始期至分蘖末期土壤含水量影响最大，其次为处理 V，即抽穗期提高土壤含水量，最后为处理 IV，即分蘖末期至孕穗期。

三、水稻旱作时土壤水分对根系生长发育及吸收能力的影响

1. 土壤水分对旱作水稻地下部根系容重及生物产量的影响

从表 6 中处理 I、II 可以看出：水稻在旱作条件下，不论是分蘖末期，或是抽穗期还是在乳熟期，相对淹水栽培水稻(处理 I)来说，根系生物产量(鲜重和干重)下降，容重增加。同时，从分蘖末期处理 II~V 和抽穗期处理 II、V 可看出：水稻在旱作条件下，同一生育期内，随着土壤含水量的提高，根系生物产量及体积等增加，根系容重增加。

表 6

土壤含水量对根系生长的影响

测定项目 处理	生育期	分 蘖 末 期				抽 穗 期				乳 熟 期			
		鲜重 (g)	干重 (g)	体积 (ml)	容 重 (g/ml)	鲜重 (g)	干重 (g)	体积 (ml)	容 重 (g/ml)	鲜重 (g)	干重 (g)	体积 (ml)	容 重 (g/ml)
I (模拟水田)		6.58	0.65	9.81	0.062	11.62	1.03	10.00	0.103	8.41	0.95	10.48	0.091
II (旱作对照)		4.08	0.55	4.14	0.132	6.73	0.65	5.20	0.125	3.70	0.60	3.63	0.165
III		4.83	0.35	5.03	0.069	7.90	0.90	6.65	0.135	4.90	0.77	5.57	0.138
IV		4.30	0.45	4.77	0.094	8.48	0.75	7.05	0.106	4.60	0.67	5.12	0.131
V		4.07	0.52	4.24	0.127	7.63	0.71	6.42	0.111	4.75	0.70	5.42	0.129

2. 不同土壤水分对根系活力的影响

从表 7 中处理 I、II (水田与旱作比较) 结果可看出: 水稻在旱作条件下, 根系吸收总面积和活跃吸收面积降低, 即根系活力下降。在抽穗期旱作水稻 (处理 II) 的根系活

力接近水作水稻 (处理 I) 的根系活力。同时, 从分蘖末期处理 II~V 及抽穗期处理 I 和 V 结果可看出: 旱作水稻在同一生育期, 随着土壤含水量的提高, 根系总吸收面积和活跃吸收面积而增大。

表 7

不同土壤水分对根系活力的影响

面积 处理 (cm ²)	生育期	分 蘖 末 期		抽 穗 期		乳 熟 期	
		总 吸 收	活 跃 吸 收	总 吸 收	活 跃 吸 收	总 吸 收	活 跃 吸 收
I (模拟水田)		4.8824	2.4300	5.3900	1.5250	6.9167	1.2681
II (旱作对照)		2.7680	1.1200	3.2318	1.4870	2.6953	0.7388
III		3.4506	1.5408	3.7066	——	2.7573	0.7532
IV		3.3466	1.6406	4.8858	0.9306	2.7173	0.7040
V		2.9809	1.4160	3.4553	1.5673	2.8252	0.9803

讨 论

一、水稻在旱作条件下, 主要生理功能及形态学上的变化

水稻旱作后, 除植株叶片有效叶面积降低, 叶片寿命延长等一些变化外, 细胞质浓度增加, 单位体积植株干物重增加, 这是一种旱作适应方式。另外, 叶片光合作用强度、根系活力有所下降。

旱作水稻在抽穗期叶片光合作用强度和根系活力接近水稻的原因在于: 一方面由于水稻长期处在淹水栽培条件下, 而地上部运至根系的氧气是有限的, 因而, 根系周围便形成缺氧环境, 还原物质积累, 特别是在代谢活动旺盛进行的抽穗期, 氧的缺乏影响

了根系代谢活动的进行, 使根系活力下降, 叶片光合作用强度降低。另一方面, 旱作水稻在抽穗期土壤含水量达到 26%, 基本上满足了此时期的生理需水, 且土壤中适宜的水气比有利于根系代谢活动的进行, 使其根系活力及叶片光合作用强度保持较高的值。因而, 在水稻生产上应在分蘖末期排水晒田及在抽穗期后实行间断灌水。而在旱作水稻生产上, 应保证分蘖末期及抽穗期的及时灌水, 才能满足根系对水分和氧气的需要, 达到养根保叶、稳产、高产的目的。

二、旱作水稻的需水规律

本试验结果表明, 不同时期提高土壤含水量 (灌溉) 对旱作水稻产量有着不同的影响。其中以分蘖始期至分蘖末期提高土壤含

水量增产幅度最大,其次为抽穗期,最后为分蘖末期至孕穗期。说明水稻在旱作条件下水分临界期发生了变化,第一水分临界期由淹水条件下的孕穗变为旱作条件下的分蘖末期;第二水分临界期由淹水条件下的灌浆乳熟期变为旱作条件下的抽穗期。从对经济产量的效应看第一水分临界期尤为重要,故在旱作水稻生产中,应保证分蘖末期及抽穗期的灌溉方能提高其产量。

三、土壤含水量与旱作水稻生理特性之间的关系

由于以水分为主要生态因子的生态环境的变化,水稻在旱作条件下,叶片光合作用

强度及根系活力与土壤含水量的关系更为密切。试验结果说明,在同一生育期随着土壤含水量的提高,旱作水稻叶片光合作用强度及根系活力加强,也就是说,土壤含水量与旱作水稻生理机能之间的关系呈正相关。

参 考 文 献

- 〔1〕 余淑文等:不同生长期土壤干旱对水稻的影响,作物学报,1962,1(4)
- 〔2〕 上海师大等编:水稻生理,上海科学技术出版社,1978,1,393—396
- 〔3〕 薛应龙等编:植物生理学实验手册,上海科技出版社,1985,6,98—100

水稻冷害研究的新观点

防御冷害技术,大致可分为两方面:一是通过提高水稻本身耐冷性来提高耐、抗低温能力,如选用耐冷性品种,培育壮秧和化学调节等。二是利用晒水池和防风网提高水温和深水灌溉保护幼穗等。从减轻冷害角度上看,前者可称为“主动性防御技术”,后者则为“被动性防御技术”。为了克服冷害,稳定北海道水稻产量,有必要同时采用两种技术,这就是常说的基本技术。

障碍型冷害是严重的冷害类型,它仅是在孕穗期几天内因异常天气而造成减产的。孕穗期深水灌溉,就是利用水田水温比气温高的特点,用水来保护幼穗的被动性水管理防御技术。这在过去的冷害年已取得了实效。最近笔者发现孕穗期耐冷性,因前期水温(幼穗形成期到孕穗冷害危险期)而有较大变化,为此,为了提高水稻本身耐冷性而提倡进行主动性水管理。据3年用人工气候室的试验结果,提高耐冷性素质的前期水管理指标是尽量把前期水温提高到25℃,水深不超过10厘米。这在实际生产上应用虽还存在着若干问题,但对把以往的被动性水管理改变为主动性水管理提出了依据。

据研究,前期水温导致耐冷性变化,与开花期花药里充实花数有密切关系。实际充实花粉数是分化的小孢子数与退化的小孢子数的差。过去的研究偏重于以毡绒层细胞异常为主的小孢子退化上,实际有必要从小孢子分化和退化两方面来重新认识障碍型耐冷性的机理。从小孢子分化能力上来探求耐冷性,这就是冷害研究的新观点。

杨树军 译自《北农》1986.8.