

香川県における水稻の節水栽培に関する研究 -水ストレスが収量構成要素に及ぼす影響-

崔中秋¹⁾・豊田正範²⁾・楠谷彰人³⁾

(¹⁾ 愛媛大学大学院連合農学研究科, (²⁾ 香川大学農学部, (³⁾ 天津農学院)

Studies on Water Saving Culture of Rice in Kagawa Prefecture-Effects of Water Stress on Yield Components

Zhongqiu CUI¹⁾, Masanori TOYOTA²⁾, Akihito KUSUTANI³⁾

(¹⁾ *Unit Grad Sch of Agr Sci Ehime Univ., Matsuyama 790-8566, Japan,*

²⁾ Fac. Of Agr., Kagawa Univ., ³⁾ Tianjin Agr. Univ.)

香川県の平年における年間降水量は約 1100 mm であり, 日本全体の平均降水量の 7 割にも満たない. このため, これまでにもしばしば水不足, 特に夏期の渇水に悩まされてきた. 例えば, 1994 年 (平成 6 年) の夏には, 後に「へいろく渇水」と呼ばれるようになる大渇水に見舞われ, 高松市では給水制限が約 140 日間, 夜間断水が約 70 日間, 1 日 5 時間だけの時限給水が約 30 日間続いて市民生活に大きな不安と混乱を引き起こした (田坂 2013).

2009 年に香川用水調整池「宝山湖」が完成したため, 現在の状況は 20 年前とは違ってきているが, 節水が香川県の大きな課題であることに変わりはない. こうしたことから香川県は, 2010 年 10 月の水資源対策懇談会において県内の水需給の長期見通しを発表し, 2025 年における県内の水需要総量は 2006 年より 1820 万トン増えて 5 億 5200 万トンになると予測した. さらに 10 年に一度規模の渇水が発生した場合, 約 2500 万トンの水が不足すると警告するとともに, 「安定した水資源の確保と節水」の重要性を強調した.

したがって, 農業生産においても一層の節水と効率的な水利用が求められるが, このことは栽培に大量の水を使用し (ポステル 2000, ソロモン 2011), また栽培時期が夏の渇水期と重なる水稻において特に重要である. すなわち, 香川県における平成 18 年度の水需要量 (取水量ベース) は約 5 億 3380 万トンで, この 64.6% の約 3 億 4500 万トンが農業用水である (香川県政策部水資源対策課 2011). さらに, 農業用水全体の 80.5% にあたる約 2 億 7800 万トンが水稻栽培のために使われている. このため, 水稻栽培用の水が 10% 削減されるとしたら, 県全体で 1 年間に約 2800 万トンの水が

節約できることになる。これは、その年の気象条件や土壌条件を無視した計算値なので、正確な数値については厳密な検証が必要であるが、いずれにしても水稻栽培には莫大な水が使用されており、その節水効果も大きい。したがって、香川県に適した水稻の節水栽培技術が確立されて、これに基づいた合理的な水管理システムが構築されれば、県全体の水消費量は大幅に削減され、水資源の安定確保に大きく役立つものと思われる。そのためには水稻の節水栽培に関する基礎研究とそれを応用した節水技術の開発が必要であるが、香川県における節水栽培の研究は少ない。

こうした背景の中で、本研究は水稻の節水栽培についての基礎的知見を得る目的で実施した。本報では、生育時期別の水ストレスが収量構成要素に及ぼす影響を調査し、どの生育段階の水がどの収量構成要素を通じて収量を規制するのかについて検討した。

材料と方法

1. 供試品種と気象状況

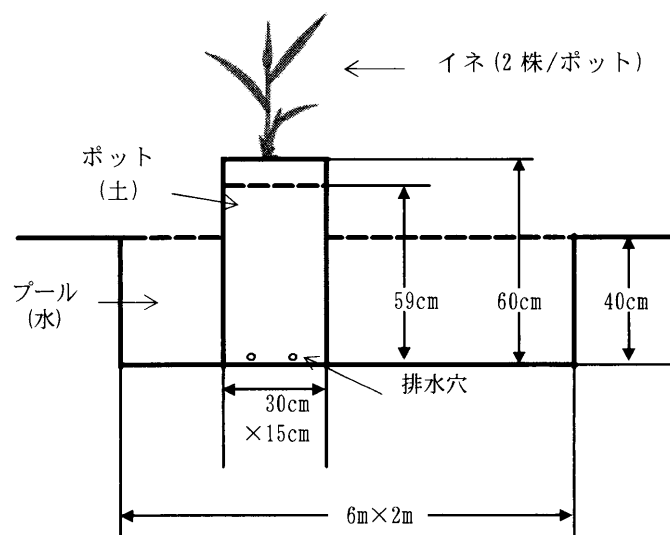
試験は2011年に香川大学農学部において、出穂期が8月5日前後の早生品種であるコシヒカリと津川1号を用いて行った（守屋ら2009）。コシヒカリは香川県の基幹品種である。また、津川1号は中国の天津市近郊で栽培されている品種であるが、中国品種としては食味が良く、また、出穂期がコシヒカリと近いことから比較・参考のために供試した。

試験期間中（6月～9月）の積算日平均気温は3207℃で、平年より83℃多かった。旬別日平均気温は、6月下旬に4.1℃、8月上～中旬に約1℃、9月中旬に2.5℃、平年よりも高かったものの、他の時期はほぼ平年並みであった。雨量は956mmで、平年より433mm多く、特に6月中旬は平年の3.3倍、7月上旬～中旬は平年の1.5倍～2倍、9月上旬～中旬は平年の4倍～5倍もの降雨があった。しかし、試験はガラス屋根つきの網室内で行ったため、雨の影響は受けなかった。

2. 栽培法

6月1日に、水を満たした縦2m、横6m、深さ40cmの大型プール内に縦1.8m、横1.8m、深さ60cmの小型プールを設置するとともに、小型プール内に育苗用人工培土25kgを充填した縦30cm、横15cm、深さ60cmで底に排水穴のある角型ポット30個を立てて上端まで水を入れた、その後、30個のポットを1品種あたり15ポットずつに分け、育苗日数22日、葉齢4.5葉の苗を各ポットに1株1本で3本移植した（第1図）。ポット内に施肥は行わなかった。移植後10日目の6月11日に生育の揃った苗2本を残し、他の1本を間引いた。この間は毎日、ポットの上端部まで灌水した。

6月11日に、1品種あたり15ポットを3ポットずつの5群に分け、それぞれを6月11日から7月11日まで（Ⅰ区）、7月11日から8月10日まで（Ⅱ区）、7月31日



第1図 ポットの設置状態.

から8月30日まで(Ⅲ区), 8月30日から9月29日(Ⅳ区)までプールから引き上げて断水する処理区と常時プールの中で栽培する対照区(C区)とした. 各処理区で断水を開始あるいは終了した月日, すなわち, 6月11日は移植10日後の活着期, 7月11日は出穂25日前頃の幼穂形成始期, 7月31日は出穂5日前頃の花粉完成期, 8月10日は出穂5日後頃の穂揃期, 8月30日は出穂25日後頃の糊熟期を想定して決定した(松島1957, 星川1975). 各処理区とも処理期間以外はプールの中で栽培した. なお, 処理期間中, 当該ポットは3日目頃から葉巻などの水ストレスによる兆候が現れ始めたので, 植物体が萎凋枯死しないように4~5日おきに排水穴から滲み出すまで水を掛け流した.

3. 調査法

目視により各品種, 各処理区の出穂期を判定した. 10月4日に各品種, 各区とも3ポット計6株につき, 株あたり長稈3茎の稈長と穂長および各株の穂数を調査した. また生育中庸の穂をポットあたり15穂採取し, 1次枝梗と2次枝梗に分けてそれぞれの枝梗数, 枝梗別の着生粒数と水選による登熟歩合および1000粒重を調査した. 枝梗別着生粒についての調査値を基に株全体の1穂粒数, 登熟歩合, 1000粒重を算出し, 各株の穂数との積によって株あたり精粒重を求めて収量とした. その後, ポットから根を掘り出して水道水で洗い, 最長根長を測定した. さらに, 根部を80℃で48時間通風乾燥させた後, 根数と乾物重(根重)を測定した. また, 根重を根数で除して求めた根重/根数比によって1根重を推定した(以下, 1根重とする).

結 果

1. 出穂期, 地上部形質および地下部形質

第1表に各区の出穂期および成熟期に調査した地上部形質(稈長, 穂長, 枝梗数)

と地下部形質（最長根長，根重，根数，1 根重）を示した。出穂期は津川 1 号の方がコシヒカリよりも 3～4 日早かったが，両品種とも断水処理によって出穂期は遅れた。特に出穂 25 日前頃から断水を始めたⅡ区における出穂期の遅れが大きかった。すなわち，出穂後に断水したⅣ区の出穂期はⅢ区とほぼ同じであり，出穂 4～7 日前から断水したⅢ区の出穂期は 1～2 日の遅れにとどまったが，Ⅰ区では 3～4 日，Ⅱ区では約 1 週間，出穂期が遅延した。

地上部形質にはいずれにも処理による有意差が認められた。すなわち，コシヒカリの稈長では，Ⅰ区を除くと各処理区ともⅢ区より有意に短く，特にⅡ区とⅢ区の値が低かった。穂長は，Ⅰ区が他の区より有意に長かった。Ⅱ区およびⅢ区の穂長は他の処理区に比べて有意に短かった。枝梗数もⅡ区およびⅢ区が少なく，特にⅠ区，Ⅳ区，Ⅲ区とⅡ区との差は有意であった。津川 1 号にもほぼ同様の傾向がみられ，稈長，穂長，枝梗数ともにⅡ区とⅢ区の値が低かった。稈長以外に有意な品種間差は認められなかったが，稈長と穂長では品種と処理の交互作用も有意であった。すなわち，処理に対する反応程度は品種によって異なり，稈長では津川 1 号，穂長ではコシヒカリの方が処理による変動が大きい傾向がみられた。

地下部形質では，最長根長と根数に有意な処理間差が認められた。最長根長は，地上部の稈長とは逆に，コシヒカリ，津川 1 号ともⅡ区，Ⅲ区，Ⅳ区で長くなる傾向

第 1 表 出穂期，地上部形質および地下部形質。

品種	処理	出穂期 (月・日)	稈長 (cm)	穂長 (cm)	枝梗数 (本/穂)	最長根長 (cm)	根重 (g/株)	根数 (本/株)	1 根重 (mg)
コシヒカリ	Ⅰ	8・10	95.3ab	21.8a	29a	50.8c	8.2a	327bc	25.0a
	Ⅱ	8・15	83.2c	11.9c	11b	76.7ab	9.1a	276c	32.9a
	Ⅲ	8・9	76.5c	11.0c	18ab	90.6a	10.8a	445a	24.3a
	Ⅳ	8・8	93.7b	18.2b	28a	70.0b	11.1a	380b	29.3a
	C	8・7	96.8a	19.6b	31a	62.8bc	12.4a	214d	57.7a
津川 1 号	Ⅰ	8・8	94.0a	18.5a	30a	67.5ab	7.7a	220d	35.0a
	Ⅱ	8・11	76.5b	12.1b	14b	75.2a	10.3a	271c	38.0a
	Ⅲ	8・5	69.6c	11.0b	24a	76.7a	9.7a	477a	20.4a
	Ⅳ	8・4	93.7a	18.2a	27a	74.2a	9.9a	398b	25.0a
	C	8・4	97.3a	19.6a	30a	59.8b	12.8a	267c	48.0a
分散分析	品種	—	**	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	処理	—	***	***	***	**	ns	***	*
	交互作用	—	*	*	ns	*	ns	***	ns

出穂期：目視による判定。1 根重：根重/根数。

異なるアルファベット：同じ品種内の処理間に 5%水準で有意差ありを示す。

分散分析：ns，*，**，***はそれぞれ有意差なし，5%，1%，0.1%水準で有意差ありを示す。

処理Ⅰ：6 月 11 日から 7 月 11 日まで断水，処理Ⅱ：7 月 11 日から 8 月 10 日まで断水，

処理Ⅲ：7 月 31 日から 8 月 30 日まで断水，処理Ⅳ：8 月 30 日から 9 月 29 日まで断水，

処理 C：常時灌水（対照区）。

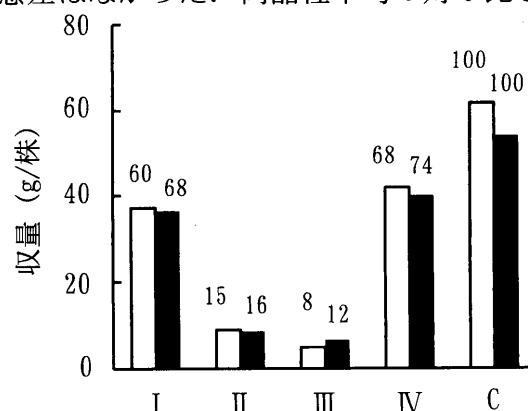
がみられた。特にコシヒカリではⅢ区とⅠ区、Ⅳ区、Ⅰ区との間に有意差が認められた。津川 1 号でもⅡ区、Ⅲ区、Ⅳ区的最長根長はⅠ区を有意に上回っていた。根重は、コシヒカリ、津川 1 号ともⅠ区が最低で、他の処理区もⅠ区より低かったが、処理間に有意差はなかった。根数は、津川 1 号のⅠ区以外の処理区ではⅠ区よりも増加したが、両品種ともⅢ区とⅣ区での増加が大きく、コシヒカリのⅠ区を除いた他の区を有意に上回っていた。最長根長と根数では品種と処理の交互作用が有意であり、最長根長ではコシヒカリ、根数では津川 1 号の変動が大きかった。根重を根数で除して求めた 1 根重は、全体の分散分析では処理間に有意差が認められたが、品種別にみるとⅠ区で大きくⅠ～Ⅳ区で小さい傾向がみられたものの処理区間差は有意ではなかった。

2. 収量と収量構成要素

収量構成要素の積によって算出した精籾重（収量）を第 2 図に示した。Ⅰ区の収量を 100 とした各処理区の収量割合（対Ⅰ比：処理区/Ⅰ区×100）は、Ⅰ区ではコシヒカリ 60 [減収率（100-対Ⅰ比）：40%]、津川 1 号 68（同：32%）、Ⅱ区ではコシヒカリ 15（同：85%）、津川 1 号 16（同：84%）、Ⅲ区ではコシヒカリ 8（同：92%）、津川 1 号 12（同：88%）、Ⅳ区ではコシヒカリ 68（同：32%）、津川 1 号 74（同：26%）であった。

第 2 表には収量構成要素とそれぞれの対Ⅰ比を示した。穂数以外の構成要素には処理による有意差が認められた。すなわち、穂数はコシヒカリ、津川 1 号ともⅠ区で最も少なかったが、他の区に一定の傾向はみられず、処理区間の差は有意ではなかった。他の収量構成要素について処理区間差をみると、津川 1 号のⅠ区の 1 穂籾数以外は全てⅠ区を下回り、特にⅡ区とⅢ区では、津川 1 号Ⅲ区の 1 穂籾数を除くとⅠ区との間に有意差が認められた。また、Ⅱ区とⅢ区を比べると、両品種とも 1 穂籾数と 1000 籾重はⅡ区、登熟歩合はⅢ区の値が小さかった。ただし、コシヒカリの 1 穂籾数と津川 1 号の登熟歩合にはⅡ区とⅢ区の間には有意差はなかった。両品種平均の対Ⅰ比をみると、1 穂籾数はⅡ区 44.5、Ⅲ区 68.5、登熟歩合はⅡ区 45.5、Ⅲ区 18.5、1000 籾重はⅡ区 76.0、Ⅲ区 85.5 であり、登熟歩合のⅢ区での低下が著しかった。一方、1000 籾重は、Ⅰ区との差は有意ではあったが、Ⅱ区、Ⅲ区における低下程度はそれ程大きくなかった。

品種間では、穂数、1 穂籾数、登熟歩合に有意差はみられなかったが、1000 籾重には有意差が認められた。また、登熟歩



第 2 図 各処理区における収量。

収量：収量構成要素の積から求めた計算値。Ⅰ，Ⅱ，Ⅲ，Ⅳ，Ⅰ：第 1 表と同じ。

□：コシヒカリ，■：津川 1 号。図上の数字はⅠ区に対する割合。

第2表 収量構成要素.

品種	処理	穂数 (本/株)	1 穂粒数 (粒/穂)	登熟歩合 (%)	1000 粒重 (g)
コシヒカリ	I	15 (71) a	115.4 (90) a	82.7 (96) a	26.0 (98) a
	II	19 (90) a	49.0 (38) c	50.1 (58) b	19.3 (73) c
	III	22 (105) a	70.3 (55) bc	15.0 (17) c	20.7 (78) b
	IV	19 (90) a	103.2 (80) ab	82.1 (96) a	26.0 (98) a
	C	21 (100) a	128.6 (100) a	85.9 (100) a	26.6 (100) a
津川 1 号	I	14 (70) a	113.8 (101) a	90.1 (97) a	25.4 (98) a
	II	24 (120) a	57.9 (51) b	30.6 (33) b	20.3 (79) c
	III	16 (80) a	92.6 (82) a	18.6 (20) b	24.1 (93) b
	IV	18 (90) a	97.6 (87) a	90.0 (97) a	25.3 (98) a
	C	20 (100) a	112.6 (100) a	93.0 (100) a	25.8 (100) a
分散分析	品種	ns	ns	ns	*
	処理	ns	***	***	***
	交互作用	ns	ns	*	***

異なるアルファベット：同じ品種内の処理間に 5%水準で有意差ありを示す。

分散分析：ns, *, ***はそれぞれ有意差なし, 5%, 0.1%水準で有意差ありを示す。

I, II, III, IV, C: 第1表と同じ。(): C区に対する割合。

合と 1000 粒重では品種と処理との交互作用も有意であり、登熟歩合、1000 粒重ともコシヒカリの方が処理による変動が大きかった。

3. 枝梗別収量構成要素

処理による収量構成要素の変動を枝梗別に検討するために、第3表に枝梗別の収量構成要素、すなわち着生粒数、枝梗数、1 枝梗粒数（着生粒数/枝梗数）、登熟歩合、1000 粒重を示した。また、第3図には各枝梗別収量構成要素の C 区に対する増減率を示した。

1 次枝梗数と 1 次枝梗および 2 次枝梗の 1 枝梗粒数以外には有意な処理間差が認められた。処理区間で比較すると、津川 1 号の I 区における 2 次枝梗の着生粒数と 1 枝梗粒数および 1000 粒重、津川 1 号の III 区における 2 次枝梗の 1 枝梗粒数、津川 1 号の IV 区における 1 次枝梗の 1 枝梗粒数と 2 次枝梗の登熟歩合以外は、どの構成要素も C 区より減少していた。しかし、C 区との間に有意差がみられたのは II 区と III 区に集中していた。ただし、II 区と III 区における 1 枝梗粒数と III 区における枝梗数は品種および枝梗別に関わらず C 区との間に有意差はなかった。また、他でもコシヒカリの II 区における 1 次枝梗数と 2 次枝梗の登熟歩合、III 区における 1 次枝梗着生粒数、津川 1 号の II 区における 1 次枝梗数、III 区における 1 次枝梗および 2 次枝梗の着生粒数、2 次枝梗の 1000 粒重には C 区との間に有意差は認められなかった。

第3図に示したように、1 次枝梗と 2 次枝梗での減少程度は収量構成要素によって違っていた。穂全体の各収量構成要素の低下が大きかった II 区と III 区についてみると、

Ⅱ区における着生籾数の減少率は、1次枝梗では30%前後であったが、2次枝梗では80~90%も減少していた。Ⅲ区における着生籾数の減少率も2次枝梗の方が高かった。枝梗あたりの着生籾数は枝梗数と1枝梗籾数の積であるが、このうちⅡ区における枝梗数の減少率は、1次枝梗では20%程度であったのに対し2次枝梗では72~89%であった。Ⅲ区における減少率は1次枝梗では10%前後であったが、2次枝梗では、津川1号の減少率は24%であったもののコシヒカリでは62%であった。すなわち、枝梗数の減少率も着生籾数と同様、2次枝梗の方で高い傾向がみられた。一方、1枝梗籾数の減少率は1次枝梗と2次枝梗との間に枝梗数ほど大きな差はなかった。登熟歩合と1000籾重の減少率は、1次枝梗と2次枝梗でほとんど変わらないか、むしろ1次枝梗での減少率の方が高い場合もみられた。

なお、品種間に有意差が認められたのは1次枝梗の着生籾数と1000籾重のみであった。2次枝梗の着生籾数、1次枝梗の登熟歩合、1次および2次枝梗の1000籾重では品種と処理の交互作用が有意であり、これらの処理による変動はコシヒカリの方が津川1号よりも大きかった。

考 察

断水処理によって出穂期が遅延するとともに地上部形質の稈長、穂長、枝梗数は減少した(第1表)。これらはⅡ区とⅢ区、特に稈長ではⅢ区において、出穂期および枝梗数ではⅡ区において顕著であった。また、地下部形質のうち根重と1根重は処理区

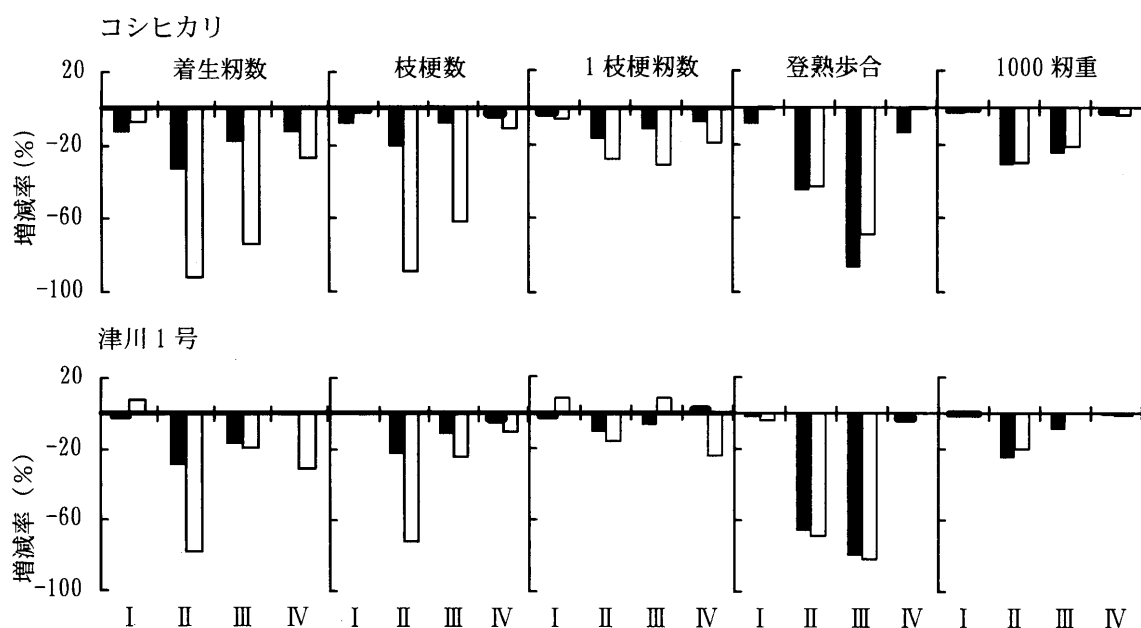
第3表 枝梗別収量構成要素。

品種	処理	着生籾数 (粒)		枝梗数 (本/穂)		1枝梗籾数 (粒)		登熟歩合 (%)		1000籾重 (g)	
		1次	2次	1次	2次	1次	2次	1次	2次	1次	2次
コシヒカリ	I	57.1ab	58.3a	10.1a	19.2a	5.7a	3.0a	82.8a	82.5a	27.6a	24.5a
	II	44.1b	4.9b	8.8a	2.1b	5.0a	2.3a	50.0b	47.8ab	19.5c	17.4b
	III	53.9ab	16.4b	10.1a	7.5ab	5.3a	2.2a	11.9c	26.0b	21.3b	19.7b
	IV	57.7ab	45.6a	10.5a	17.4a	5.5a	2.6a	78.5a	82.4a	27.4a	24.0a
	C	66.0a	62.6a	11.0a	19.5a	6.0a	3.2a	90.8a	83.5a	28.4a	25.0a
津川1号	I	65.0a	48.8a	11.9a	17.8a	5.5a	2.7a	92.3a	87.1a	26.9a	23.3a
	II	47.8b	10.1c	9.3a	4.9b	5.1a	2.1a	32.1b	27.7b	20.7c	18.4b
	III	55.9ab	36.7ab	10.6a	13.6a	5.3a	2.7a	19.1b	16.1b	25.0b	22.9a
	IV	66.4a	31.2b	11.3a	16.1a	5.9a	1.9a	89.4a	90.9a	27.1a	22.7a
	C	67.3a	45.3ab	11.9a	17.8a	5.7a	2.5a	94.5a	90.7a	27.5a	23.0a
分散分析	品種	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	**	ns
	処理	***	***	ns	***	ns	ns	***	***	***	***
	交互作用	ns	**	ns	ns	ns	ns	*	ns	***	**

1次:1次枝梗, 2次:2次枝梗, 1枝梗籾数:着生籾数/枝梗数。

異なるアルファベット:同じ品種内の処理間に5%水準で有意差ありを示す。

分散分析:ns, *, **, ***はそれぞれ有意差なし, 5%, 1%, 0.1%水準で有意差ありを示す。I, II, III, IV, C:第1表と同じ。



第3図 枝梗別収量構成要素のC区に対する増減率。

■：1次枝梗，□：2次枝梗．I，II，III，IV，C：第1表と同じ．

において減少し、根数と最長根長はほとんどの場合処理区で増加したが、根重に有意な処理間差はみられなかった。これらの傾向は特にⅢ区において強く認められた（第1表）。すなわち、水分ストレスによって地上部、地下部とも生育は抑制されたが、吸水に関わる根の数と長さは増加した。これは、水ストレスによって生育量が抑制されると、多くの細い根を深くまで伸ばすことで限られた水分を出来るだけ多く吸収しようとする植物体の土壌乾燥回避戦略であると推測される（加藤 2007）。また、これらの傾向がⅡ区とⅢ区において強く現れたことは、この時期の土壌乾燥が稲体の生育にとって特に苛酷であることを示唆している。

水分ストレスの収量に対する影響をみると、断水期間が6月11日の活着期から7月11日の幼穂形成始期までのⅠ区における減収率は30～40%，8月30日の糊熟期から9月29日の成熟期までのⅣ区における減収率は30%前後にとどまるが、7月11日の幼穂形成始期から8月10日の穂揃期にかけてのⅡ区では85%前後、7月31日の花粉形成期から8月30日の糊熟期にかけてのⅢ区では90%前後も減収すると推測された（第2図）。このため、節水栽培を行う場合、幼穂形成期までと糊熟期以降は走り水程度の灌水をすれば大幅に減収することはないと推測されるが、幼穂形成期から乳熟期までは常時湛水にするかごく軽度の灌水削減にとどめることが重要と考えられる。

水ストレスによる減収の原因を収量構成要素に分けて検討したところ、Ⅰ区では穂数、Ⅱ区では1穂粒数と登熟歩合、Ⅲ区では登熟歩合の減少が主原因であると判断された（第2表）。すなわち、Ⅱ区とⅢ区では登熟歩合の低下が激しく、このことが減収に大きく影響していたが、登熟歩合（本試験の場合、比重1.00以上の精粒数/全粒数）は稈実歩合（稈実粒数/全粒数）と稈実粒登熟歩合（精粒数/稈実粒数）との積で表さ

れる(楠谷 1985)。すなわち、登熟歩合は、籾の何%パーセントが受精・稔実したかを表す稔実歩合と稔実した籾の何%が精籾にまで成長したかを表す稔実籾登熟歩合とに分割される。本試験におけるⅡ区では、先にも述べたように、幼穂形成始期から穂揃期まで断水したが、この期間内には障害型不稔発生の最大危険期である小孢子初期(佐竹 2007)と開花期不稔が発生する出穂・開花期(西山 1985)が含まれている。一方、稔実籾登熟歩合に影響する出穂期後の乾物生産期間(楠谷 1988)は、Ⅱ区にはほとんど含まれていない。したがって、Ⅱ区における登熟歩合の低下はもっぱら稔実歩合の低下が原因と考えられる。これに対し、Ⅲ区は出穂 5 日前頃の花粉完成期から糊熟期まで断水したため、小孢子初期は処理期間からはずれている。したがって、Ⅲ区における登熟歩合に対する小孢子初期の不稔歩合の影響は小さいと思われるので、この時期の断水処理による登熟歩合の低下は開花期不稔による稔実歩合の低下と稔実籾登熟歩合の低下の両者によってもたらされたと推察される。

このように、本試験における断水処理区の減収は、Ⅰ区では穂数の減少、Ⅱ区では 1 穂籾数の減少と稔実歩合の低下、Ⅲ区では開花期不稔と稔実籾登熟歩合の低下、すなわちストレスを受けた時期に決定される構成要素(松島 1957)の低下が主な原因であると考えられた。また、Ⅳ区では各構成要素の低下が相乗されて減収したと考えられた。ただし、本試験では稔実歩合の調査は行っていない。このため今後は稔実歩合を調査し、断水による不稔、すなわち乾燥不稔の発生が登熟歩合を介して収量にどう関わっていくのかについて検討しなければならない。

水ストレスによる収量構成要素の低下を 1 次枝梗と 2 次枝梗に分けて検討したところ、どちらの影響が強いかは収量構成要素によって違っていた(第 3 表, 第 3 図)。すなわち、1 穂籾数が大きく減少したⅡ区における枝梗別着生籾数には 2 次枝梗着生籾数の減少が強く影響し、1 次枝梗着生籾数の影響は小さかった。また、2 次枝梗着生籾数の減少は枝梗数の減少に強く支配されていた。一方、登熟歩合と 1000 籾重の減少に対する影響は、1 次枝梗と 2 次枝梗で変わらなかった。

以上のように、本試験の結果、水ストレスによる水稻の減収には幼穂形成期から乳熟期頃までの土壌の水分条件が特に強く影響し、節水栽培を行う場合はこの時期における強度の灌水制限を避けることが重要と考えられた。逆に、活着期から幼穂形成期までと糊熟期以後は断水の影響が比較的小さく、節水栽培を行うならこれらの時期を中心に検討するのが良いと思われる。しかし、出穂後の早期落水は品質・食味に悪影響を及ぼすので(松江 2012)、糊熟期後の節水栽培については慎重に検討してみなければならない。また、本試験は人工培土を用いたポットで行ったものである。このため、ポット内の水は処理開始後短時間で排水され、処理後 3 日ほどで葉巻などの水分ストレスによる兆候が現れた。しかしながら、実際の水田には硬盤層が存在するためポットほど急に水分ストレスによる影響は現れないと推測される。したがって今後、

節水栽培を実用化していくためには実際の水田において時期別の灌水制限が収量構成要素を通じて収量にどう関わっていくのかを検討しなければならない。また、本試験では品質・食味についての調査は行っていない。しかし、近年の水稻生産においては、収量よりもむしろ品質や食味に及ぼす気象条件や水分条件の影響が重要視されている。このため、水田で節水栽培試験を行う場合は、品質や食味についての調査を欠かすことは出来ない。こうしたことから、本試験で得られた知見を基に、2012年から高松市の農家水田において時期別の灌水制限処理が水稻の生育、地上部および地下部の形態や生理生態的特性、収量、品質と食味などに及ぼす影響を解析するための試験を継続している。

摘 要

香川県における節水栽培に関する基礎的知見を得るために、コシヒカリと津川1号を供試してポット試験による時期別断水処理が収量構成要素に及ぼす影響を検討した。断水処理は、Ⅰ区では6月11日（活着期）から7月11日（幼穂形成始期）までの間、Ⅱ区では7月11日（幼穂形成始期）から8月10日（穂揃期）までの間、Ⅲ区では7月31日（花粉完成期）から8月30日（糊熟期）までの間、Ⅳ区では8月30日（糊熟期）から9月29日（成熟期）までの間に行った。得られた結果の概要は以下のとおりである。

1. 断水処理により、出穂期は遅延し、稈長と穂長は短縮し、枝梗数は減少した。また、有意ではないが根重は減少し、根数と最長根長は増加した。根重の減少はⅠ区、出穂期の遅延と枝梗数の減少はⅡ区、稈長と穂長の短縮および根数と最長根長の増加はⅢ区で特に大きい傾向がみられた。
2. 断水処理で収量は減少したが、減収率は断水時期により異なった。Ⅰ区とⅣ区における減収率は40%以内であったが、Ⅱ区とⅢ区では80～90%であった。このため、節水栽培を行う場合は活着期から幼穂形成期までか糊熟期以後、特に幼穂形成以前の実施が望ましいと考えられた。
3. 減収の原因は、断水処理を受ける時期に決定される収量構成要素の低下によっていた。すなわち、Ⅰ区では穂数の減少、Ⅱ区では1穂粒数の減少および稈実歩合の低下による登熟歩合の低下、Ⅲ区では開花期不稈および稈実粒登熟歩合の低下による登熟歩合の低下が減収の主原因と考えられた。Ⅳ区での減収には個々の構成要素の減少が相乗的に影響していた。
4. 水ストレスによる1穂粒数の減少には、2次枝梗の着生粒数、特に2次枝梗における枝梗数の減少が大きく影響していた。一方、登熟歩合と1000粒重の減少に関しては、1次枝梗と2次枝梗との間に差はないと考えられた。

引用文献

- 星川清親 1975. イネの成長. 農文協, 東京. 1-317.
- 香川県政策部水資源対策課 2011. 香川の水資源. 1-138.
- 加藤洋一郎 2007. 畑条件下のイネ栽培における耐乾性とその遺伝的変異に関する研究. 東京大学大学院農学生命科学研究科博士論文: 1-102.
- 楠谷彰人 1985. 北限地帯における水稻の生産生態に関する研究. 第2報 冷害年における収量および収穫指数の品種間差異. 日作紀 54: 120-126.
- 楠谷彰人 1988. 水稻の冷温登熟性に関する研究. 第3報 登熟に及ぼす出穂後乾物生産の影響. 日作紀 57: 298-304.
- 松江勇次 2012. 米の食味学. 養賢堂, 東京. 1-141.
- 松島省三 1957. 水稻収量の成立と予察に関する作物学的研究. 農技研報 A5: 1-271.
- 守屋明洋・辺嘉賓・中井新吾・小川智司・谷岡宏規・諸隈正裕・豊田正範・楠谷彰人 2009. 香川大学が保存している稲遺伝資源の特性. 日作四国支報 46: 30-31.
- 西山岩男 1985. 稲の冷害生理学. 北海道大学図書刊行会, 札幌. 1-313.
- ポステル, S. 2000. 水不足が世界を脅かす (福岡克也監訳). 家の光協会, 東京. 1-297.
- 佐竹徹夫 2007. イネの冷害研究の思い出-研究の着想, 発見, 失敗, 進歩の跡- (1). 農業技術 69: 393-426.
- ソロモン, S. 2011. 水が世界を支配する (矢野真千子訳). 集英社, 東京. 1-455.
- 田坂幸平 2013. 人事を尽くして天命を待つ香川の水事情. 近中四農研ニュース 51: 3.