羽生寿郎*・小野清治**

(* 東北農業試験場栽培第二部 ** 青森県農業試験場)

Studies on the Evapo-transpiration from the Paddy Field in the Cooler Regions (1)

J. HANYU* and K. ONO**

(* Tohoku National Agricultural Experiment Station

** Aomori Prefectural Agricultural Experiment Station)

1. ま え が き

水田用水量は水稲からの葉面蒸発、水田面からの蒸発、土壌面での垂直および水平方向への浸透、ならびに水尻からの流出によつて消費される。これらのうち、土壌への浸透量は土壌の物理性や地下水位によつて異なり、水尻流出量は個々の農家の灌漑技術によつて左右される。これに対し蒸散量と水田株間蒸発量はかなり広い地域にわたつてはほぼ均一であると考えられる。

筆者は用水量把握の基礎となる蒸発散量の測定を昭和28年から31年の4か年にわたり、青森県黒石市の青森農試圃場で測定した。このうちすでに昭和28年、29年の結果を発表¹⁾²⁾したが、本報では全期間の結果を取まとめて報告する。

本研究にあたり終始観測に協力された同場農業気象科の山田幸兵衛、小田桐光雄、鈴木貞子の諸氏に、また昭和29年および30年の2か年間水稲の水分測定にあたられた農芸化学科の山下鏡一、高坂敏夫の両氏に感謝の意を表する。

2. 測定方法と設計

測定装置は前報¹⁾と同様の装置を用いた。ただし栽植様式は昭和28年だけ $22.7 \times 18.2 \text{ cm}^2$ で、以後

Table 1. Annual experiment designs

Code index	Year	Kind of nursery	Transplanting date	Variety
53 A	1953	HS	VI 1	Norin No. 17
54 A	1954	HS	V 29	"
B	"	W	VI 2	"
C	"	W	"	Fujisaka No. 5
55 A	1955	HS	V 29	Norin No. 17
B	"	W	VI 1	"
C	"	W	"	Fujisaka No. 5
56 A	1956	HS	V 26	Norin No. 17
B	"	W	VI 1	"
C	"	W	"	Fujisaka No. 5
D	"	TU	V 18	Norin No. 17
E	"	TS	"	"

Note: HS; Semi-irrigated nursery covered with oil paper, W; Ordinary type of nursery. It is always irrigated fully. TU; Upland nursery covered with vinyle film of tunnel type. TS; Semi-irrigated nursery covered with vinyle film of tunnel type.

1960年4月4日 昭和35年度大会において発表

$24.2 \times 18.2 \text{ cm}^2$ とした。

初年度は保温折衷育苗の農林17号(晩生種)についてのみ測定したが、品種間差異や育苗法の差異が蒸発散量に影響を及ぼすことが予想され、またトンネル式畑苗代の著しい普及もあつて、第1表に示す設計により測定を行なつた。藤坂5号は当地では中生種に属し、耐寒性がかかなり強いといわれる。

3. 測定結果と考察

(1) 年次別水稲栽培期間の天候と生育概況

昭和28年は8月下旬の早冷により、登熟障害型の冷害気象、昭和29年は6、7月の栄養生長期間の異常低温による遅延型の冷害気象を示した。昭和30年は夏季全般にきわめて高温に経過し、いわゆる豊作型気象、翌31年は苗代期に高温多照であつたが、本田灌漑期間はおおむね低温に経過し、登熟期にやつと回復した。しかし黒石地方は収量の年次間変動が比較的に少なく、豊凶参照試験の農林17号の収量指数はそれぞれ102, 81, 97, 106で、昭和29年を除きおおむね平年並の作柄であつた。

蒸発散計内部の水稲の生育は周囲のそれにほぼ等しかつたが、昭和30年のB, C区は7月中旬頃から退色して生育不良となり蒸散量も著しく少なかつた。この原因は肥料ぎれによるものと思われるが、はつきりしない。

蒸発散計内の水稲の生育期日を一括して第2表に、また各年A区の草丈、茎数を第3表に示す。出穂期の最も早い年は昭和30年、次いで31、28年の順となり、29

Table 2. Date of each rice growth period in the evapo-transpirator

Exp. code	Trans-planting	Young ear fromation	Heading	End of irrigation	Harvest
53 A	VI 1	VII 25	VIII 18	IX 15	X 16
54 A	V 29	VII 29	VIII 22	IX 20	X 5
B	VI 2	VII 31	VIII 24	IX 20	X 18
C	VI 2	VII 31	VIII 24	IX 20	X 18
55 A	V 29	VII 17	VIII 10	IX 4	X 3
B	VI 1	VII 14	VIII 7	IX 4	X 3
C	VI 1	VII 7	VIII 1	IX 4	IX 19
56 A	V 26	VII 22	VIII 15	IX 10	IX 29
B	VI 1	VII 22	VIII 15	IX 10	X 13
C	VI 1	VII 14	VIII 7	IX 10	IX 29
D	V 18	VII 11	VIII 4	IX 10	IX 29
E	V 18	VII 12	VIII 5	IX 10	IX 29

Table 3. Length of rice plant and number of stems or ears per hill in the evapo-transpirator
 l : Length of plant n : Number of stems or ears

1953 A			1954 A			1955 A			1956 A		
Date	l	n	Date	l	n	Date	l	n	Date	l	n
	cm			cm			cm			cm	
VI 20	24.5	6.1	V 29	16.5	3.0	VII 1	39.0	17.4	V 26	15.7	5.3
30	30.2	17.2	VII 5	21.0	4.0	11	53.1	27.7	VI 29	35.8	20.8
VII 10	41.1	31.7	14	21.9	4.4	15	60.3	27.2	VII 5	39.4	33.9
20	57.7	32.1	VII 1	33.8	12.7	20	64.1	26.4	11	45.7	39.0
30	79.9	31.1	15	42.8	26.3	30	72.2	23.2	15	52.1	39.0
VIII 10	91.6	29.5	30	50.1	32.0	VIII 10	91.1	20.6	20	57.2	38.3
20	108.1	27.4	VIII 16	69.6	27.4	15	100.2	19.3	30	67.1	32.8
31	114.6	24.2	27	94.5	24.7	20	102.6	19.9	VIII 10	83.4	23.2
			IX 17	98.5	24.6	30	103.1	20.0			
			X 1	99.4	21.8	IX 15	106.3	20.0

Fig. 1. Seasonal course of transpiration amount
 A. Yearly variation of transpiration amount t
 B. Yearly variation of transpiration rate t/E
 C. Comparison of t/E from rice plants grown at four different kinds of nursery
 D. Comparison of t/E between two varieties
 : Young ear formation, ! : Heading

年は最も遅く、保温折衷苗の農林 17 号で比較すると、30 年より 14 日遅れている。

(2) 葉面蒸散量

蒸散量の測定結果およびそれと露場蒸発量との比の半月平均値のうち各年 A 区に分だけを第 4~5 表に示す。

i 蒸散量の年次別季節変化
 保温折衷苗の農林 17 号 (A 区) が最も測定期間が長いので、年次別の経過を比較すると第 1 図 A にみられるように、田植後 25 日前後の間は蒸散量が 1mm/day 以下ではほとんど増加しないが、その後生育が進むにつれて次第に増加し、7 月 5 日前後 (田植後約 35 日) には 2mm/day に達する。しかし昭和 29 年のように異常な低温が続くと蒸散量の増加は遅れ、1mm/day に達した日は 7 月 8 日、2mm/day に達した日は 7 月 16 日で最も生育の早い昭和 30 年に比較してそれぞれ 14 日、11 日遅延している。がいして 1mm/day に達する期日より 2mm/day に達する期日のほうが年次間変動が大きいようである。

蒸散量が最大になる時期はおおむね幼穂形成期から登熟初期に至る間で、登熟が進むにつ

Table 4. Five-day mean amounts of transpiration (t) and evaporation (e) from the paddy field
Unit: mm/day

Year, plot	1953 A			1954 A			1955 A			1956 A		
	$e+t$	e	t	$e+t$	e	t	$e+t$	e	t	$e+t$	e	t
June 1~5	4.80	4.70	0.10	3.87	3.33	0.53	6.08	5.80	0.28	4.43	4.18	0.25
6~10	2.57	2.17	0.40	4.00	3.65	0.35	5.24	4.84	0.40	3.28	2.80	0.48
11~15	5.20	5.10	0.10	2.58	2.33	0.25	5.66	5.00	0.66	4.24	3.84	0.40
16~20	6.13	5.83	0.30	5.57	4.87	0.70	4.90	4.25	0.65	5.10	4.53	0.58
21~25	4.36	3.58	0.78	4.88	4.04	0.84	3.45	2.68	0.78	3.38	2.73	0.65
26~30	4.62	3.24	1.38	4.27	3.73	0.53	4.08	2.75	1.33	4.44	3.14	1.30
July 1~5	4.58	2.73	1.85	3.32	2.78	0.54	5.33	3.73	1.60	4.12	2.66	1.46
6~10	3.52	1.02	2.50	3.63	2.60	1.03	4.18	1.82	2.36	4.02	2.18	1.84
11~15	6.10	1.90	4.20	5.30	4.27	1.03	6.62	1.76	4.86	4.06	1.48	2.58
16~20	3.25	0.85	2.40	5.63	2.80	2.83	7.50	1.84	5.66	3.68	1.36	2.32
21~25	4.33	0.53	3.80	5.08	2.74	2.34	7.08	1.55	5.53	4.24	1.06	3.18
26~31	8.28	0.44	7.84	3.78	1.46	2.32	5.73	0.67	5.07	5.20	0.77	4.43
Aug. 1~5	6.58	0.65	5.93	4.94	0.94	4.00	5.78	1.10	4.68	4.10	0.88	3.22
6~10	6.05	0.80	5.25	3.80	1.00	2.80	5.24	0.76	4.48	3.58	0.40	3.18
11~15	5.90	1.13	4.77	3.82	0.34	3.48	5.92	1.10	4.82	4.16	0.62	3.54
16~20	6.48	1.08	5.40	3.90	0.33	3.58	6.00	0.78	5.23	4.46	1.02	3.44
21~25	5.64	0.48	5.16	3.80	0.68	3.13	4.58	1.24	3.34	3.66	0.76	2.90
26~31	5.78	0.68	5.10	3.43	0.13	3.30	4.70	0.58	4.13	3.75	0.55	3.20
Sep. 1~5	4.90	0.98	3.92	2.70	0.85	1.85	5.40	2.33	3.08	3.10	0.42	2.68
6~10	5.00	1.23	3.77	2.58	0.23	2.35				4.05	1.03	3.03
11~15	3.74	1.22	2.52	2.96	0.32	2.64						
16~20				3.98	0.84	3.14						

Table 5. Five-day mean values of transpiration rate and evaporation rate to the evaporation from the observation field E :Evaporation from the observation field

Year, plot	1953 A			1954 A			1955 A			1956 A		
	$\frac{e+t}{E}$	$\frac{e}{E}$	$\frac{t}{E}$	$\frac{e+t}{E}$	$\frac{e}{E}$	$\frac{t}{E}$	$\frac{e+t}{E}$	$\frac{e}{E}$	$\frac{t}{E}$	$\frac{e+t}{E}$	$\frac{e}{E}$	$\frac{t}{E}$
June 1~5	1.02	1.00	0.02	1.08	0.93	0.15	1.29	1.23	0.06	0.97	0.91	0.05
6~10	1.18	1.00	0.17	1.16	1.06	0.10	1.12	1.04	0.09	1.29	1.10	0.19
11~15	1.07	1.05	0.02	1.17	1.06	0.10	1.12	0.99	0.13	0.99	0.90	0.09
16~20	1.24	1.18	0.06	1.41	1.24	0.18	0.94	0.82	0.13	1.12	0.99	0.13
21~25	1.25	1.02	0.22	1.47	1.22	0.25	1.24	0.96	0.28	1.09	0.88	0.21
26~30	1.09	0.76	0.33	1.36	1.19	0.17	1.02	0.69	0.33	1.03	0.73	0.30
July 1~5	1.34	0.80	0.54	1.44	1.21	0.23	1.19	0.83	0.36	1.03	0.67	0.37
6~10	1.35	0.39	0.96	1.04	0.74	0.29	1.08	0.47	0.61	1.26	0.69	0.58
11~15	1.22	0.38	0.84	1.11	0.90	0.22	1.30	0.35	0.96	1.00	0.36	0.64
16~20	1.20	0.31	0.89	1.06	0.53	0.53	1.27	0.31	0.96	1.38	0.51	0.87
21~25	1.65	0.20	1.45	1.12	0.60	0.52	1.30	0.28	1.01	1.17	0.29	0.88
26~31	1.84	0.10	1.74	1.26	0.49	0.77	1.16	0.14	1.03	1.16	0.17	0.99
Aug. 1~5	1.57	0.16	1.42	1.34	0.26	1.09	1.18	0.22	0.95	1.21	0.26	0.95
6~10	1.49	0.20	1.30	1.15	0.30	0.85	1.04	0.15	0.89	1.08	0.12	0.96
11~15	1.25	0.24	1.01	0.96	0.09	0.88	1.11	0.21	0.91	0.86	0.13	0.73
16~20	1.70	0.28	1.42	1.04	0.09	0.95	1.33	0.17	1.16	1.37	0.31	1.06
21~25	1.68	0.14	1.54	1.10	0.20	0.91	1.09	0.29	0.79	1.16	0.24	0.92
26~31	1.39	0.16	1.23	1.29	0.05	1.24	1.17	0.14	1.02	1.06	0.16	0.90
Sep. 1~5	1.67	0.33	1.33	0.72	0.23	0.49	1.70	0.73	0.97	0.89	0.12	0.77
6~10	1.72	0.42	1.30	0.67	0.06	0.61				0.92	0.23	0.68
11~15	1.72	0.56	1.16	0.85	0.09	0.76						
16~20				1.58	0.33	1.25						

れて漸減している。佐藤³⁾は蒸散量の極大が幼穂伸長期間と登熟前半期に起ることを指摘し、筆者¹⁾²⁾は幼穂形成期頃極大が現われることを報告した。しかし蒸散量は天候の影響を大きく受けるので、その増減から生育時期の変化を判定することは適当でなく、蒸散量/露場蒸発量($=t/E$)で比較すべきである。これらの値を第1図Bに

示す。昭和28, 29年は幼穂形成期直後と出穂期直後に極大がはつきりみられるが、後の2か年は前期の極大ははつきりしない。石川、西尾⁴⁾は佐藤と同様の結果を得、出穂期頃茎部含水率が極小になることを見出し、これと吸水量の極小が時期的に一致することから、吸水量の一時的低下により蒸散、吸水のアンバランスが起り、含水

率が低下することを指摘している。筆者も昭和29, 30年の2か年, 10~15日の間隔で葉基部、穂部の含水率を測定し、その一部を報告したが、葉基部を分けずに測定したこと、測定間隔がやや長すぎたため、出穂期における含水率の変化をはつきり見いだすことができなかった。なお蒸散量の極大についてはivにおいてさらに検討する。

t/E は幼穂形成期頃からおおむね1前後の値、すなわち露場蒸発量とほぼ等しい値になるが、昭和28年は継続して1以上の値を示し、半旬平均値で最大1.74に達した。

ii. 育苗様式による蒸散量の差違：保温折衷苗は水苗に比較して数日早く植え付けるのが普通で、本試験においても4~7日早く植え付けたが、蒸散量が1および2mm/dayに達する期日はほぼ等しく、一定蒸散量に達する日数は前者のほうがよけいにかつている。

トンネル式畑苗代および同折衷苗代で育成された苗の植付は保温折衷苗よりさらに数日(本試験では8日)早いので、かなり低温下で活着することになるが、第1図Cにみられるように畑苗が1mm/dayに達した日は同折衷苗より2日、保温折衷苗、水苗より3日早く、2mm/dayに達した日はそれぞれ9日、11日早かった。トンネル式折衷苗(以下単に折衷苗と呼ぶ)の早まりが少ないのは活着が悪く、初期生育が早植の割に進まなかつたためである。7月中旬以降、保温折衷苗と水苗との間に一定の差異は認められないが、畑苗および折衷苗は引き続き高い蒸散量を持続している。

iii 品種による蒸散量の差違：農林17号と藤坂5号について、昭和29年から3か年測定したが、昭和30年の生育不良により2か年のデータしか得られなかつたので、はつきりしたことはわからないが、第1図Dによるとと極端に低温であつた昭和29年には藤坂5号は農林17号より7月下旬以後著しく蒸散量が增大し、幼穂形成期以後 t/E の値は1.0~1.7を示した。一方昭和31年には両者の差は全期間を通じてほとんどなく、6月末から7月前半にかけてやや藤坂5号がまさつていた。これは両品種のうち、晩生の差異(生育相のずれ)によるものであろう。

この両年の結果から藤坂5号は農林17号よりも耐冷性が強く、低温年でもかなり蒸散量を多く(すなわち生育を良好に)保つことが知られる。

iv 蒸散量と生育量との関係：稲体からの水分の蒸散は葉の気孔とクチクラを通じて行なわれるが、前者によるものがその大部分を占める。葉の単位表面積当り蒸散量は下葉から上葉へ向うに従い大きくなると云われる

が⁵⁾、大まかにみると蒸散量は葉の全表面積に比例すると考えられるので、本資料から生育時期により単位面積当り蒸散量に変化するかどうかを検討してみよう。

今草丈を l 、単位面積当り茎数を n とすると、単位面積当り全葉面積 S_l は

$$S_l = cln \quad (1)$$

となる。ここに c は常数である。植付から出穂期までの ln と、生育調査日を含む半旬平均の t/E の関係を示すと第2図の○印のようになり、両者の相関はきわめて高く、葉面積の増大とともに t/E が増大している。すなわち農林17号については相関係数 $r = +0.891^{***}$ ($\nu = 65$)、藤坂5号は $r = +0.887^{***}$ ($\nu = 20$)であり、回帰直線は農林17号については

$$\frac{t}{E} \times 10^2 = 0.201 ln + 4.2 \quad (2)$$

藤坂5号については

$$\frac{t}{E} \times 10^2 = 0.186 ln + 16.4 \quad (3)$$

である。ただし l の単位はm、 n は m^{-2} である。第2図のうち○印の大きいのは幼穂形成期頃の値であり、特定の傾向は認められない。

Fig. 2. Relation between ln and t/E or e/E

l : Length of rice plant (m)

n : Number of stems per m^2

○: t/E , ·: e/E

○: t/E at young ear formation period

次に単位葉面積当りの蒸散量が生育時期により変化するかどうかをみるために、蒸散量の指標として縦軸に

$$\tau = \frac{t/E}{ln} \times 10^4 \quad (4)$$

をとり、横軸に生育時期をとると第3図のようになる。

Fig. 3. Seasonal course of τ ($t/E \cdot 1/\ln \times 10^4$) (Variety: Norin No. 17)
 Upper part: From transplanting (0) to heading (100)
 Lower part: After heading
 □ — □ : Young ear formation period
 × : 1953, ● : 1954, + 1955, ○ : 1956.

上図は生育時期として植付を0, 出穂期を100とするスケール, 下図は出穂期後の日数で示している。植付から出穂期までの日数の初期 1/3 は τ がきわめて大きく, 40 以後になると大体一定の値 ($\tau=15\sim30$) となり, かつ分散が小さくなる。また幼穂形成期を破線で囲んで示したが, この図からは幼穂形成期に τ が大きくなる傾向は全く認められない。生育初期に τ の値が非常に大きいのは葉幅が十分成長したものに比較して著しく狭いことによるもので, 実際に単位葉面積当りの蒸散量が多いことではない。出穂期以後の τ の変化も第3図下に表示するように, ほぼ一定の値を保っている。ただし藤坂5号は農林17号より τ の値が大きく, かつ分散が大きいように見うけられる。

以上の結果単位葉面積当り蒸散量は生育各時期を通じてほぼ一定の値をとるものと考えられ, 第2図の結果と合せ考えると幼穂形成期頃および出穂期頃に t/E の極大が現われるのは葉面積がその頃極大となりやすいことによるものと考えられる。

なお 53A の t/E がきわめて大きいのは $\ln$ が大きかつたためである。畑苗, 折衷苗は保温折衷苗や水苗に比べ生育後期に特に $\ln$ が大きくないのに t/E が大きい, その原因はよくわからない。また例年そのような傾向を持つかどうかについても1か年の成績しかないので判断としない。

v 蒸散量と気温との関係: 蒸散量は気温だけでなく風, 湿度, 日射などによつて影響をうけ, さらに気温は稲の生育に大きな影響を及ぼすので, これらの影響を全く除くことはむずかしい。数日以上平均状態でみると気象の他要素はかなり相殺されるが, 生育の影響を大きくうける。ここでは生育への影響も気温効果と考え, ある期間の平均状態について両者の関係を検討してみた。

(i) 本田初期蒸散量と気温 田植から約1か月間, 蒸散量が 1mm/day 程度になるまでは測定精度が悪く, 気温との関係を求めることがむずかしい。したがつて本田初期における両者の関係として, 蒸散量が植付から1および 2mm/day に達するまでの日数と, その期間の平均気温との間の相関を求めてみた。この際蒸散量の日々の値は気象の変化による変動が大きいので, 隣合う半月平均値が1または 2mm/day を挟む場合, 各平均値を半月の中日にとり, その間を蒸散量が直線的に変化するものとみなし期日を決定した。その結果第4図から明らかなように, 気温が低いほど蒸散量の増加が遅くなることを示し, 両品種間の差異はほとんど認められない。また苗代の種類による差は昭和31年の成績だけなのではつきりしないが, 折衷苗は気温の割に一定蒸散量に達す

Fig. 4. Average air temperature (θ_1 or θ_2) and number of days (D_1 or D_2) from transplanting to the date reached to 1mm/day or 2mm/day of transpiration amount

る日数が多くかかるように見うけられる。

Fig. 5. Average amount of transpiration and average air temperature from transplanting to heading

られ、このことは藤坂5号の耐冷性が強いことを示すものであろう。

(3) 株間水面蒸発量

i 株間水面蒸発量の季節変化：水田の表面は植付当時には苗が小さいので裸水面とほぼ等しい状態にある、水稻の生育が進むにつれて水面は次第におおわれ、通風や日射の透過が悪くなる。したがって水田面からの蒸発量は本田初期には旺盛であるが、次第に減少してゆく。蒸散量および露場蒸発量との比 e/E の半月平均値はすでに第4～5表にかかげたが、保温折衷苗の農林17号について季節変化の年次性を比較すると第6図のようになる。

植付当時には e/E は0.8～1.3の範囲を占め、その多くは1.0～1.2の間にある。植付後20日頃からその値は減少し、幼穂形成期以後はほぼ一定の値(0.1～0.3)

をとり、落水期直前再び増加している。

蒸発量の減衰線と蒸散量の増加線が交わるのはおおむね露場蒸発比で0.5～0.7のところであるが、その時期は年によって異なり、温暖で生育の早い年は早く、低温で生育の遅れる年は遅く、5日位の差がある。また昭和31年のようにトンネル式育苗で早植したものは生育が早く、期日も早い。

ii 株間水面蒸発量と生育量との関係：前述のように水面蒸発量は生育量の増加とともに減少する。今前節と同様 $\ln$ を生育量とみなし、 e/E との関係の求めると第2図の●印のようになり、負の高い相関($r=-0.839^{***}$)があり、両者の間に次式の関係がえられる。

$$\frac{e}{E} \times 10^2 = -0.153 \ln + 104.6 \quad (5)$$

(2)式と(5)式が交わる点は e/E または $t/E=0.62$, $\ln=280 \text{ m}^2$ であり、平均してこの点を境にして水面蒸発量は蒸散量より減少してゆき、一方蒸散量は増加してゆく。

(4) 蒸発散量

i 蒸発散量の季節変化：水稻からの蒸散量と株間水面蒸発量とを加えた蒸発散量が水田面から上方へ失われる。測定の結果はすでに第4～5表にかかげたが、変化を見やすくするため図示すると第7図のようになる。

植付初期には蒸発散量はほとんど水田蒸発量で占められるので、その変化は後者のそれとほぼ等しく、おおむね1.0～1.4の範囲を占めている。その後蒸散量の増加と反対に水面蒸発量が減少し、7月上旬に両者はほぼ等しい値を示す。その後は蒸散量の増加が著しいため、水面蒸発量の減少にもかかわらず蒸発散量は増加し、落水期の10～15日前頃まで大体1.2～1.7の値をとる。全

Fig. 6. Seasonal course of evaporation from the paddy field

測定期間の半月平均の最大値は農林17号では昭和28年7月第6半月の1.84、藤坂5号では昭和29年8月第5半月の1.86である。ただし昭和30年のB、C区は蒸発散計内の水稻の生育不良により1.0を下廻ることか多かったが、これは異常な場合である。

蒸発散量の最大の時期は幼穂形成期から出穂期後10日くらいの

Fig. 7. Seasonal course of evapo-transpiration from the paddy field

間であることが多い。今灌漑期間を植付から幼穂形成期まで、幼穂形成期から出穂期 10 日後まで、およびそれから落水までの 3 期間に分け、各平均の $(e+t)/E$ を求めると第 6 表のようになる。各期間の平均値はそれぞれ 1.18, 1.29, 1.20 で、幼穂形成期から出穂期 10 日後までの間が概して大きい値を示している。

Table 6. Average value of $(e+t)/E$ during each growth period

Exp. code	Trans-planting	Young ear formation	10th day after heading	End of irrigation
53 A	1.21	1.62	1.64	
54 A	1.23	1.13	0.94	
B	1.25	1.22	1.22	
C	1.26	1.55	1.51	
55 A	1.16	1.19	1.27	
56 A	1.12	1.13	0.96	
B	1.21	1.20	0.96	
C	1.20	1.20	1.10	
D	1.12	1.33	1.22	
E	1.07	1.29	1.19	
Average	1.18	1.29	1.20	

ii 蒸発散量と生育量との関係：前に得られた (2), (3) 式および (5) 式から蒸発散量と $\ln$ の関係を求めると、農林 17 号については

$$\frac{e+t}{E} \times 10^2 = 0.048 \ln + 108.8 \quad (6)$$

藤坂 5 号については

$$\frac{e+t}{E} \times 10^2 = 0.033 \ln + 121.0 \quad (7)$$

が得られる。

iii 本田灌漑期間の総蒸発散量：植付から落水までの

総蒸発散量は第 7 表にみられるように、平均すると 493 mm, 生育の良い年には 550 mm に達し、生育不良の場合は 450 mm 以下となる。株間水面蒸発量は 203 ~ 239 mm の間にあり、年次や品種、育苗法による差が少ない。一方蒸散量は 225 ~ 350 mm とかなり大きな変異を示している。水面蒸発量が蒸発散量で占める割合は 40 ~ 50% で、平均すると 44.5% (55 B, C を除く) であり、その残余を蒸散量が占める。

Table 7. Total evapo-transpiration amount and its ratio to E throughout the irrigation period

Experiment code	$e+t$ mm	e mm	t mm	E mm	$\frac{e}{e+t}$	$\frac{e+t}{E}$
53 A	553	203	350	396	0.37	1.40
54 A	458	233	225	404	0.51	1.13
B	474	222	252	389	0.47	1.22
C	533	216	317	389	0.41	1.37
55 A	541	239	302	456	0.44	1.19
B	476	221	255	442	0.46	1.08
C	429	226	203	442	0.53	0.97
56 A	440	206	234	397	0.47	1.11
B	446	210	236	378	0.47	1.18
C	449	210	239	378	0.47	1.19
D	527	226	301	429	0.43	1.23
E	507	226	281	429	0.45	1.18
Average*	493	219	274	405	0.45	1.22

*) 55 B and C were eliminated from this calculation.

植付から落水までの蒸発散量が露場蒸発量に対する比は 55 B, C を除くと 1.1 ~ 1.4 で、平均すると 1.22 となり、露場蒸発量の値から灌漑期間の蒸発散量を推定することができよう。

4. あとがき

本田初期および降雨のある場合に蒸散量を正確に求めることがむずかしく、水稻の活着状態を蒸散量から判定しようとする試みは成功しなかつた。蒸散量が最大になる時期は幼穂形成期頃と登熟初期であるが、単位葉面積当り蒸散量がこの頃増大する傾向は認められず、また生育量と蒸散量との相関図でもこの時期に特別の傾向が認

められないことから、この時期に生育量が最大になりやすいことによるのではないかと考えられる。

灌漑期間の蒸発散量は露場蒸発量から推定可能であり、また生育量 ln と $(e+t)/E$ の関係からも推定可能であるが稿を改めて検討したい。

引用文献

- 1) 羽生寿郎・津川清治 (1954). 株間水面蒸発量と
- 5) 戸刈・松尾編 (1956). 稲作講座 2. 138: 朝倉書店.

Summary

This paper deals with the results of measurement of evapotranspiration from the paddy field at Kuroishi City situated in the cooler region of Japan, from 1953 to 1956.

The amounts of transpiration were below 1 mm/day in the early growth stage of rice plants and increased gradually with their growth (Fig. 1). But, the amount of evaporation decreased with their growth (Fig. 6).

The evapo-transpiration rates to the evaporation E obtained from the meteorological observation field lay within about 1.0~1.3 in the early growth stage and increased after the young ear formation stage. But the rates decreased again from about the tenth day after heading (Fig. 7).

Two peaks of the transpiration rates to E were found after the young ear formation stage and the heading stage. From the index of growth amount ln (l and n mean respectively the plant length and the number of stems per unit area), the transpiration rate t/E (t means the amounts of transpiration) and the seasonal changes of τ (τ means $\frac{t/E}{ln} \times 10^4$), it was presumed that two peaks for t/E during irrigation period would probably be found for the case of ln .

Total evapo-transpiration amounts throughout the irrigation period varied annually from 440 mm to 553 mm and were 493 mm on the average, showing 1.22 times as much as E . The average transpiration amount was found to be 0.45 times as much as the evapo-transpiration. The annual changes for the average transpiration amount were larger than the cases of the evaporation amounts obtained from the paddy field.

支部だより

北海道支部第9回総会・第14回例会報告

昭和35年12月3日、北海道大学農学部教室で開催され、参加者は45名であつた。

研究発表

1. 道南地方における河川水温の実態報告
——大安在川について——
(北大農) 横田廉一, 前田 隆, 秋田谷英次
2. 農場内における気象条件の差異について
第2報 農耕期間中の土壌水分
(北大農) 前田 隆, 石橋 惇, 西尾英治
3. 生育直後の冷水灌漑と稲の生育
(北農試) 島崎佳郎, 佐竹徹夫
4. 気温の平年値についての試み
(札幌気象) 日下部正雄
5. W. M. O. CAgM の地温共同観測報告 第2報
(岩手大農) 八畝利助
(札幌気象) 石井幸夫, 菅原 和
6. 作物体温の研究
第1報 ビートの体温について
(北農試) 大根田 襄

7. ビート貯蔵に関する研究

第1報 北海道におけるパイルの実態

(北大農) 横田廉一(日甜) 本間瑛吉(北大農) 石橋 惇

8. 北海道の気象生産性について

(北農試) 藤原 忠, 阿部博史

9. O. E. D 膜の基本的性質について

(北農試) 千葉 豪, 笹井一男

10. 水田の熱収支におよぼす蒸発抑制剤の効果

(北農試) 千葉 豪, 楠瀬昌彦, 笹井一男

11. 雑草の再生力に関する一考察

(北大農) 横田廉一

12. 道南山地における降水の一実測例

(北大農) 村井延雄, 東 三郎, 藤原晃一郎, 前田 隆

13. 昭和35年農耕期の上川地方における気象概況

(農業気象業務第1年度報告 その1)

旭川地方気象台

特別講演

米国における農業工学と米国内の視察

(北大農) 堂腰 純