

水掛麦の土壤肥料学的研究 (I)

小柴尚博 (土壤肥料学研究室)

Naohiro KOSHIBA :

Studies on the Barley Cultivation by Irrigation dealing with Soil and Manure (I)

緒 論

島根県大田市三瓶山麓⁽¹⁾、鳥取県気高郡⁽²⁾、山梨県富士吉田市⁽³⁾、岩手県岩手郡等に於て冬季、麦の水掛栽培が行われている。その他これに類似するものに、岩手県岩手郡西山村⁽⁴⁾、長野県諏訪郡北山村⁽⁵⁾に於ける牧草栽培や、栃木県上都賀郡日光町⁽⁶⁾、山梨県富士吉田市に於ける蔬菜栽培等がある。而してこの水掛栽培の行われているのは主として寒冷多雪地帯であり、その主目的は水分の補給ではなく、地温を高め、雪霜をとかして作物の生長を促進せしめるにある⁽⁹⁾。

地方により水掛の様式が異なるが、三瓶山麓における様式は、緩傾斜の平畦圃場に11月中、下旬、麦を播種し、冬期12月下旬より3月下旬まで約100日間圃場全面に水掛を行い、施肥しないにも拘らず、その収量は普通栽培に比して劣らない。

勿論水掛栽培による作物収量の増収は、地温の上昇⁽¹⁷⁾効

オ 1 表 1 昼 夜 に 於 ける 変 化

時刻	ポット試験 (°C)								圃場試験 (°C)		
	気温 (°C)	水温	隠岐土壤		半原土壤		三瓶土壤		水温	本学土壤	
			水掛	普通	水掛	普通	水掛	普通		水掛	普通
2	5.9	6.4	6.1	6.0	6.1	5.7	6.1	5.8	6.3	6.7	6.0
4	5.1	7.0	6.1	5.0	6.9	5.0	6.2	5.0	6.0	6.2	5.3
6	4.5	7.0	6.0	4.2	6.5	4.1	6.2	4.2	6.0	5.6	5.0
8	4.6	7.1	6.0	4.1	6.4	4.0	6.2	4.2	6.7	5.7	5.0
10	10.8	7.3	7.5	8.0	7.6	8.2	7.5	8.0	8.0	7.5	7.4
12	12.3	7.6	7.9	9.2	8.0	9.4	8.0	9.5	9.9	8.5	9.8
14	12.6	7.6	8.8	10.7	8.6	11.2	8.6	10.8	10.0	9.6	10.3
16	10.5	7.7	9.0	10.6	8.4	10.8	8.8	10.8	9.8	9.7	10.1
18	8.0	7.2	7.8	8.6	7.3	8.0	7.5	8.3	7.8	8.1	8.1
20	7.5	7.0	7.3	8.4	7.1	7.2	7.1	7.4	7.2	7.0	7.0
22	6.4	7.0	7.0	6.7	7.0	6.2	7.0	6.7	7.0	7.1	7.0
24	6.0	6.3	7.0	6.3	6.9	6.0	7.0	6.1	6.7	6.8	6.3

果にもよるであろうが、土壤中に於ける養分の給源、可給化及び灌漑水の影響等も考えられるので、三瓶山麓に

て長年月水掛栽培を行つた跡地土壤、灌漑水の分析を行い、本学圃場にて栽培試験を行い、その実態を検討したので報告する。本研究に関し、元本学副手金築俊郎君の労を謝する。

試験並に考察

(1) 気温、地温、水温

水掛栽培の主目的が地温を高め、霜雪をとかす目的で始められたと考えられるので、本試験に於けるポット及び圃場につき、1昼夜の変化と時期別変化を記録した。この記録は昭和28年植付麦に関するもので、地温の測定は地下5cmで行い、1昼夜の変化測定は昭和29年2月18日に行い、時期別変化の測定時は午前10時である。その結果はオ1表及びオ2表の如くである。

使用土壤の機械的組成はオ3表の如くである。

一昼夜に於ける変化で、水温についてはポット試験では余り高低がないが、圃場試験では時刻により可成りの高低がある。従つて地温も同様の結果を示している。これを山梨県富士吉田市に於て昭和21年1月9日⁽¹⁰⁾に観測されたものと比較すると、水温は殆ど同様であるが、地温の上昇は少いようである。即ち吉田市に於ける観測結果では水温は5°C~10.5°Cであり、灌漑区と普通区の地温の差は6.1°C~10.2°Cである。このことは本試験に於て水掛による温度上昇効果が一昼夜の間に於て少なかつたと考えられる。

土壤の機械的組成によつて地温が可成りの影響を受ける。即ち

半原土壤の如く透水性の良好なものは、隠岐土壤の如く透水不良のものに比して水温の影響を受け易い。

各種土壤を通じて、気温の低い22時頃から翌朝6時頃

表2 時期的変化

日/月 気温 (°C)	ポット試験 (°C)							圃場試験 (°C)		
	水温	隠岐土壌		半原土壌		三瓶土壌		水温	本学土壌	
		水掛	普通	水掛	普通	水掛	普通		水掛	普通
23/12 8.8	10.0	9.7	6.9	10.2	6.9	10.0	6.5	9.0	8.2	6.8
5/ 1 10.8	9.5	9.5	8.0	9.6	8.4	9.5	8.0	9.5	8.5	8.0
12/ 1 8.3	8.8	8.0	3.0	9.0	4.0	8.2	3.4	7.5	7.0	4.3
19/ 1 11.2	9.8	9.5	8.0	9.8	8.0	9.5	8.0	9.1	9.0	8.1
26/ 1 2.0	7.5	6.1	0.6	6.4	0.6	6.2	0.8	3.6	3.6	1.0
2/ 2 3.0	6.0	4.5	0.1	5.5	0.2	4.8	0.2	3.0	2.2	0.3
9/ 2 7.5	6.5	5.4	0.2	6.8	2.1	6.7	1.3	3.2	5.7	0.4
17/ 2 10.8	7.3	7.5	8.0	7.6	8.1	7.5	8.0	8.0	6.8	7.3
23/ 2 8.0	8.0	7.2	2.4	7.8	2.0	8.0	1.9	10.0	7.0	4.0
2/ 3 9.7	9.2	9.0	9.0	9.1	9.0	9.1	9.0	10.2	10.0	9.5
9/ 3 8.5	9.3	9.2	6.6	9.3	8.1	9.2	8.1	10.1	8.6	8.9

三瓶山麓に於て百数十年水掛栽培を行つた土壌を分析し、併せて附近の草地及び水田土壌と比較した。分析結果は表4表の如くである。

表土は最表層を、心土は20~25cm下層の植物、耕作による影響の少いと思われるものを指す。pH はキンヒドロソル電極法により、腐植は Turin 法によつた。吸収塩基は A. O. A. C. 法により、吸収係数は磷酸アンモニウム溶液を用いて測定した。

この結果より、pH は表土、心土共に跡地土壌が高く、酸度

表3 機械的組成 (細土百分中)

土 壤	粗砂	細砂	微砂	粘土
隠岐土壌	11.2	23.8	12.5	52.5
半原土壌	87.5	2.5	3.0	7.0
三瓶土壌	50.6	23.6	9.0	16.7
本学土壌	35.0	17.5	11.5	36.0

迄の時刻に於て水掛土壌の地温が普通栽培のそれに比して高い。又水掛、普通両栽培共に18時頃より地温が下り翌朝8時頃に最低温度に達する。

時期的変化は気温の高かつた2月17日を除いて、水掛区の地温が何れも普通区のそれより高かつた。極寒期に於ける水掛区と普通区の地温の差はポットで5.8°Cあり、圃場で5.3°Cあつた。この差は岩手県、長野県等に於けるものより、気温の関係で少い。即ち岩手県の場合は7.3°Cであり、長野県の場合は10°C内外である。このことは本試験に於ける水掛による地温上昇効果が時期的にも少なかつたことを示す。

(2) 跡地土壌

は低くなつて居り、長年月水掛栽培を行うことにより、土壤酸度が弱まると考えられる。腐植は心土に於ては余り変化はないが、跡地土壌の表土には非常に少量となつている。全窒素も腐植と同様に跡地表土に少い。

N/5 HCl可溶成分に就ては石灰は跡地土壌の心土に多く、磷酸は跡地土壌に少く、加里は僅に多い。吸収塩基は跡地土壌に多くなつて居り、土壤酸度が低いことと考へ合せて当然と思われる。吸収係数は窒素、磷酸共に表土が心土に比較して小さくなつている。

以上の結果は熊本県に於ける灌漑試験のそれと大体似

表5 跡地土壌の機械的組成

	原土に対する%	細土に対する %			
		粗砂	細砂	微砂	粘土
跡地 表土	21.0	67.1	17.8	5.3	9.7
跡地 心土	33.3	53.0	15.7	10.0	21.3
草地 表土	24.8	50.6	23.6	9.0	16.7
草地 心土	24.5	40.0	11.0	4.8	44.2
水田 表土	25.0	46.7	20.0	8.3	25.0
水田 心土	38.8	37.0	12.3	6.0	44.6

表4 跡地土壌分析結果

	pH	大工原酸度 (y ₁)	腐植 (%)	全窒素 (%)	N/5 HCl可溶 (%)			吸収塩基 (m.e.)	吸収係数	
					CaO	P ₂ O ₅	K ₂ O		N	P ₂ O ₅
跡地 表土	7.01	0	1.26	0.09	0.250	0.043	0.017	19.40	146.5	248.0
跡地 心土	7.23	0.75	1.57	0.12	0.430	0.039	0.010	26.55	242.8	452.5
草地 表土	6.82	4.20	2.08	0.18	0.229	0.052	0.011	15.50	131.3	316.2
草地 心土	7.02	5.55	1.73	0.12	0.233	0.044	0.014	17.70	200.0	250.0
水田 表土	5.87	3.60	3.52	0.23	0.283	0.069	0.014	16.70	145.0	224.8
水田 心土	6.03	7.36	1.42	0.12	0.251	0.082	0.008	18.85	157.3	306.3

ているが土壤中養分の中で窒素、腐植が減少していることは更に究明する必要があると考えられる。

尚これら土壌の機械的組成は表5表の如くである。

跡地土壌中には礫が相当含まれて居り、粘土分が少く微砂、細砂も少く、粗砂が多くなつている。このことは水掛により、

土壤中の細い部分が流亡したと考えられる。又草地、水田の土性と跡地土壤のそれを考え合せると秋葉氏の「砂質、又は礫質の土壤が畑地灌溉に適して居る」と言うことと一致している。勿論土壤中に礫や粗砂の多いことが土壤中の水の移動、湿害等を考慮すれば、水掛麦の適地たる一つの条件かと考えられる。

然し後述の栽培試験の結果によれば、土性が水掛麦の

（4）栽培試験

栽培試験はポットと圃場により行つた。ポット試験に於ては主として、土壤の種類により水掛の効果に差異があるか否かを検し、圃場試験に於ては水掛により収量が如何程あるかを検討した。何れも三瓶山麓に於ける慣行水掛麦栽培に準じて行つた。

(A) ポット試験

オ 6 表 水 の 分 析 結 果 (mg/l)

	NH ₃ -N	NO ₃ -N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	Fe ₂ O ₃	KMnO ₄ 消費量	蒸発残渣	pH	備 考
早水川	0.05	0.16	0.06	1.96	17.87	2.85	0.40	3.54	124.1	7.2	昭和28年2月16日採集
乃白川	0.06	0.18	0.02	1.34	6.88	—	—	—	—	6.8	昭和28年2月1日採集
水道水	0.03	0.16	0.01	1.23	7.00	—	—	—	—	6.7	昭和28年1月15日採集
信濃川	0.07	0.27	0.04	2.19	11.3	4.0	0.30	—	88.4	6.9	小林純氏による ⁽¹⁵⁾

生育に対する影響はあるが、必須条件とは考えられない。

(3) 灌 溉 水

水掛栽培に於てその灌溉水の質が影響することは当然考えられる故、三瓶山麓灌溉用の早水川、本学圃場灌溉用の乃白川、松江市水道等の水の一時期における分析を行つた。その結果はオ 6 表の如くである。

この結果より、早水川の水は日本の代表河川の一つである信濃川の水や乃白川の水に比較してNは少く、P₂O₅、CaOは多い。K₂Oは乃白川のそれより多いが、信濃川より少い。又MgOや蒸発残渣は多いがFe₂O₃は信濃川より多い。pHはアルカリ側にある。

乃白川水及び水道水中の養分は一般に少い。早水川の水も決して多量の養分を含む特異なものではない。従つて小林嵩氏が試験した熊本県に於ける灌溉の如く、灌溉水による養分の補給が非常に大きいとは考えられない。

五万分の一ワグナーポットを用い、1区3ポットとした。土壤は隠岐、半原、三瓶の三種を用い、夫々水掛区と普通栽培区の二種を造り、水掛区には松江市水道水を昼夜掛流した。使用土壤の土性はオ 6 表の如くである。使用麦の品種は会津2号で、昭和28年12月11日本葉3枚のものを1ポット2本ずつ植付け、6月7日に収穫した。試験区は水掛区、普通栽培区夫々に無肥料区、施肥区を造り、施肥区にはN、P₂O₅、K₂Oを夫々硫酸、過石、硫酸で0.5grずつ12月1日に施用した。水掛開始は12月14日、落水は3月15日であり、使用水の成分はオ 6 表の如き水道水で、調査結果はオ 7 表の如くである。

この結果よりみて隠岐、三瓶両土壤に於ては水掛の結果、子実重量及び葉重が普通施肥栽培より劣り、普通無肥栽培より勝る。半原土壤に於ては水掛の方が普通栽培より勝る。又何れの場合に於ても生育初期に草

オ 7 表 ポット試験調査結果 (ポット当り)

調査月日	調査項目	隠岐土壤				半原土壤				三瓶土壤		
		水 掛		普 通		水 掛		普 通		水 掛	普 通	普 通
		施肥	無肥	施肥	無肥	施肥	無肥	施肥	無肥	無肥	施肥	無肥
1/2	草丈(cm)	9.5	9.9	7.9	6.7	9.6	9.5	7.1	6.2	9.2	7.3	7.1
	茎数(本)	5.3	6.0	11.3	4.7	9.0	8.0	8.0	3.0	4.0	8.0	6.0
3/3	草丈(cm)	11.6	11.3	10.9	6.5	12.3	11.0	8.9	6.9	10.1	8.2	7.2
	茎数(本)	8.7	8.0	23.0	5.3	17.3	12.3	15.3	3.0	5.1	11.0	6.0
15/4	草丈(cm)	36.1	42.1	46.0	19.1	46.9	42.3	34.6	14.6	36.6	32.1	26.9
	茎数(本)	9.0	8.7	27.3	5.7	19.7	16.7	14.3	3.3	5.1	11.0	6.0
7/6	稈長(cm)	76.3	74.2	75.5	54.3	84.3	81.5	65.3	37.5	59.5	68.0	56.5
	穂長(cm)	4.8	4.7	4.7	2.7	4.4	4.5	3.3	2.0	3.2	3.4	3.0
	茎数(本)	2.3	2.0	7.7	2.0	4.0	3.7	3.0	2.0	2.0	2.0	2.0
	子実重量(g)	3.7	3.5	10.6	1.4	6.4	4.6	3.2	0.8	1.7	2.4	1.4
	葉重(g)	4.4	4.2	11.6	1.4	7.7	6.2	3.9	1.0	1.8	2.2	1.8

丈は大であるが茎数は水掛の場合に少いようである。

オ 2 表の如く地温は土壤の種類により大した変化がなかつたにも係らず、生育、収量は土壤により非常な差を生ずることは、土壤中に於ける成分の変化或は灌溉水による養分の補給等が麦の生育に大きな因子となつていて考えられる。

(B) 圃場試験

才9表 pH 及び Eh

本学圃場に於てポット試験と同様の区を造り試験した。1区2坪、2連制で、11月10日、会津2号を播種した。12月14日水掛開始、3月15日落水した。施肥区の施肥量はN、P₂O₅、K₂Oを夫々硫酸、過石、

測定 月日	pH Eh	隠岐土壤				半原土壤				本学土壤			
		水掛		普通		水掛		普通		水掛		普通	
		施肥	無肥										
27/11	pH Eh	5.36 479	5.42 461	5.28 459	5.25 455	5.11 479	5.13 461	5.02 484	5.18 471	4.96 498	4.85 490	5.12 554	5.20 548
25/12	pH Eh	6.13 451	6.06 436	5.37 509	5.37 487	6.53 478	5.98 445	5.01 501	5.25 501	5.27 481	5.63 483	4.96 557	5.27 559
15/2	pH Eh	6.48 490	6.31 540	5.38 487	5.38 487	6.01 538	6.41 489	5.49 503	5.01 503	5.51 438	5.86 414	5.31 438	5.49 410

硫加で反当2.5貫、2.0貫、2.5貫施用。土性は才3表の如くであり、灌漑水の成分は才6表乃白川のものである。この調査結果は才8表の如くである。

才8表 圃場試験調査結果

調査 月日	調査項目	水掛		普通	
		施肥	無肥	施肥	無肥
1/2	草丈 (cm)	10.0	8.5	12.5	7.0
	茎数 (本)	259.5	189.5	318.0	150.5
3/3	草丈 (cm)	12.7	11.6	13.7	7.9
	茎数 (本)	247.5	198.5	349.5	182.5
15/4	草丈 (cm)	66.9	57.3	56.2	38.4
	茎数 (本)	199.0	187.0	209.0	159.0
7/6	稈長 (cm)	92.9	88.7	93.2	79.5
	穂長 (cm)	5.2	5.2	4.5	4.3
	茎数 (本)	114.0	93.0	96.0	63.0
	子実重量 (g)	1005.3	931.1	946.5	720.8
	(指数)	(100)	(93)	(94)	(72)
	葉重 (g)	950.5	904.7	992.5	604.0
	(指数)	(100)	(95)	(104)	(64)

但し才8表の草丈調査は20本の平均であり、茎数は50粒より分蘖せるものである。

この結果より、水掛区の子実重量及び葉重は普通栽培区の無肥料のそれより遙に多く、施肥区と大差がない。

生育については水掛区のは普通施肥栽培に比して草丈は短いか、或は同じ位であり、茎数は終始少い。この結果はポット試験の場合と多少趣を異にしている。然し普通無肥栽培にくらべると草丈、茎数共に大である。

水掛無肥栽培の収量結果より考へて、三瓶山麓に於て昔から行われている水掛栽培に於て反当2石位の収量があると称されているのは事実に近いと推測される。

以上のポット試験及び圃場試験により土壤の種類が異つても水掛の効果があることが判り、収量も普通栽培程度得ることが出来、必ずしも寒冷多雪地帯でなければ水掛の効果が挙げられないという事は無いようである。

(5) pH及びEh

跡地土壤のpHが高いこと及び水掛により湿害を生じないこと等に関連して、前記載培試験土壤のpH及びEhの変化を検討した。その結果は才9表の如くである。

但しpHの測定はキンヒドロ電極法により、EhはBrown法に準じて行つた。11月27日測定のは原土であり、水掛開始は12月14日であつた。

この結果では水掛区は何れもpHが高くなつている。Ehは水掛区のものが高くなる場合と低くなる場合があるが、2カ月位水掛をすれば普通栽培と同様か、それ以上になるようである。このことは水掛栽培中の麦に湿害が出ず、むしろ普通栽培区に出ることゝ一致している。⁽¹⁹⁾但し、Ehに関連して更に土壤溶液中の酸素をも検討する必要があると考へる。

(6) 土壤中窒素の消長

早水川の水を分析した結果、三要素の内、窒素が普通河川の水に比して少いにも係らず、この水を使用した水掛麦の収量が普通作以上の収量を挙げると称されていること、及び跡地土壤に窒素の少いことから、水掛により土壤中のNH₃-N、NO₃-Nが如何に変化するかを検討した。

実施の時期は昭和28年6月20日より9月1日迄であり、時期的に實際の水掛栽培期間と異なるが窒素の消長を知ることが出来る。

実験方法は五万分の一ワグナーポットに3kgの三瓶山麓水掛栽培地附近の草地土壤を入れ、水掛区と普通栽培区の二区を造り、水掛には水道水を使用した。分析法は一定時期に表層より土壤を取り、篩ひにかゝる程度に風乾し、細土中の窒素を定量した。その結果は才10表の如くである。

この結果より、水掛によりNO₃-Nが非常に少なくなり、NH₃-Nは普通栽培のそれと余り変らないことが判る。即ち水掛により灌漑水中成分として相当量の窒素が補給せられるわけであるが土壤中のNO₃-Nが流亡することも考慮する必要がある。このことに関しては植物の

養分吸収を合せ考えて更に究明する必要があると思われる。

才10表 土壤中窒素の消長(mg/100g)

	調査月日	NH ₃ -N	NO ₃ -N
水掛	6月20日	2.58	1.57
	7月10日	0.60	0.23
	8月1日	0.52	0.14
	9月1日	0.47	0.07
普通	6月20日	2.58	1.57
	7月10日	0.43	3.02
	8月1日	0.46	3.88
	9月1日	0.47	4.33

総 括

以上の結果を総合すると次の如くである。

- (1) 水掛により、極寒期の地温は一昼夜の間に於ては、22時～6時の間に普通栽培の場合より上昇し、水掛区と普通栽培区との地温の差は5°C位である。
- (2) 跡地土壤分析結果は、附近の草地、水田に比較して酸度低く、腐植含量及び窒素含量は共に少く、吸収塩基量が多くなっている。
- (3) 早水川の水はP₂O₅、CaO、Fe₂O₃がやゝ多く、pHはアルカリ側にある。然し乃白川の水や、水道水に依る栽培試験の結果より考えて、早水川の水の含有成分より少い成分を有する灌漑水を用いても、水掛の効果があつた。
- (4) 栽培試験の結果、土壤によつては水掛の効果顯著であり、本学圃場の如く余り積雪寒冷でない場所でも普通施肥栽培に近い収量を得ることが出来るようである。
- (5) 水掛により土壤 pHは高くなり、2ヵ月位の水掛を行えば土壤Ehは普通栽培と同等か、それ以上となると

推定される。

- (6) 水掛により土壤中NH₃-Nは余り変化しないがNO₃-Nは非常に少くなる。

文 献

- ① 高野圭三：島根農科大学研究報告才3号 P20
- ② 農林省農業改良局：日本に於ける畑地灌漑の特質（昭和28年3月） P111
- ③ 同上 P108
- ④ 同上 P108
- ⑤ 同上 P113
- ⑥ 同上 P114
- ⑦ 同上 P112
- ⑧ 同上 P112
- ⑨ 同上 P87
- ⑩ 同上 P92
- ⑪ 同上 P95
- ⑫ 同上 P33
- ⑬ 農林省農業改良局：畑地灌漑に関する研究集録(1)（昭和28年2月） P2
- ⑭ 小林嵩：日・土・肥 22巻1号 P71
- ⑮ 小林純：農学研究 39巻3号
- ⑯ 小林嵩：日・土・肥 22巻1号 P71
- ⑰ Dickson, J. G. : J. Agr. Res. 23, 837(1923)
- ⑱ E. W. Russell : Soil Conditions and Plant growth 431 (1951)
- ⑲ D. D. Evans and A. D. Scott : Soil Sci. Soc. Am. proc. 19, 12-16 (1955)

SUMMARY

At the foot of Mt. Sanbe, Shimane-ken, barley is cultivated by irrigation without any fertilizers. This study was carried out to make it clear why barley can grow only by irrigation. The results of the experiments are summarized as follows:

- (1) By irrigation the underground temperature rose higher during the hours of 22~6 o'clock and the difference of temperature between irrigated and unirrigated plots was 5°C in the coldest season.
- (2) The irrigated soil showed lower acidity and contained a smaller amount of humus and nitrogen compared with the unirrigated, but a larger

amount of absorbed bases.

- (3) The irrigative water was alkaline and contained a larger amount of P₂O₅, CaO, Fe₂O₃, as compared with other water.
- (4) By pot and field experiments, it was confirmed that on any soil, barley can grow better by irrigation than by non-irrigation.
- (5) pH and Eh of the irrigated soil were greater than that of the unirrigated soil.
- (6) By irrigation NH₃-N contained in the soil remained changeless, but NO₃-N became less.