

植物に於ける蒸散・無機物質吸収・灰分蓄積の相互 関係：I. 日照度を異にした場合

瀨瀨, 理一郎
九州帝國大學農學部植物學教室

塩見, 隆行
九州帝國大學農學部植物學教室

有賀, 好文
九州帝國大學農學部植物學教室

<https://doi.org/10.15017/20959>

出版情報：九州帝國大學農學部學藝雜誌. 9 (3), pp.308-326, 1941-06. 九州帝國大學農學部
バージョン：
権利関係：

植物に於ける蒸散・無機物質吸収・灰分蓄積の 相互關係 I. 日照度を異にした場合¹⁾

額 額 理 一 郎
塩 見 隆 行
有 賀 好 文

(昭和十六年四月十五日受理)

I. 緒 言

植物に於ける蒸散・無機物質吸収・灰分蓄積の三現象は灰分代謝相を決定する三主要現象であつて、その相互關係に就ての知見は必ずしも僅少ではないが、今日なほ極めて不完全な状態に残されてゐる。そのうち蒸散と無機物質吸収とが互に切離す事の出来ない關係にあるものなる事は古來植物生理學上の常識となつてゐるが、無機物質の吸収量は蒸散量若しくは吸水量に支配されるものなりや否や、如何なる程度に於て之が支配されるものであるかの點に至つては、今日なほ不明の域に残されてゐるのであり、古くは兩者の間には正比例的關係が存するとさへ説かれたのに對し、近時之を否定して兩者の間には何等直接的關係あるを認めずと主張する業績相次で發表され(7)、1931年發行のKOSTYTSCHEW, WENT兩氏著植物生理學教科書(6)には、無機物質の吸収は蒸散に伴ふ吸水量から顯著に無關係に行はれるものなる事實の指摘は、灰分代謝生理學上に於ける近時の最重要收穫であるとさへ記してゐる。こは無機物質の吸収には原形質の滲透性の關與があつて、之は植物體內に於ける蒸騰水流によつて單に受動的に支配されるものではないといふ考の參加によつて、有力なる一方の學說圈を形成してゐる。而るに一方では無機物質吸収に對して蒸散作用の有力なる影響ある事を否定し得ずと説く學者が今日もなほ少くないのであり(1)、此問題は今後更に幾多の研究によつて討議さるべき運命にある。

植物に吸収される無機物質は種々雑多であり、その總てが同一の機作に従つて吸収されてゐるとは限らず、隨つて無機物質吸収問題を徹底的に究めるためには、各物質を構成する分子又はイオンに就て別々に其事情を明かにする必要を生ずる筈であり、事實此種の研究が學界の一方に於て活潑に行はれてゐるのであるが、植物體內に含有される灰分量と蒸散及び無機物質吸

1) 九州帝國大學植物學教室業績 No. 87. 本業績は帝國學士院研究補助金により遂行された業績の一部である。茲に之を記して感謝の意を表する。

收との關係を綜合的に知らんとする如き場合には、吸收される無機物質をその物の綜合全量として取扱ふ事にも亦少なからぬ意味がある筈で、此種の行方に於ける研究も亦現に學界の一方を賑はしてゐるのである。本研究ではこの種の取扱い方によつて、植物に於ける灰分代謝の綜合的或は基礎的知見を求めんと目論まれたものである。

無機物質吸收を究める業績に於てその吸収量を云々するのに、植物體の含灰量を以てする事は、在來の多くの研究業績に於て普通に見るのであるが(7)、之には研究方法として何等の不安が無いであらうか。之は言ふまでもなく、吸收された無機物質は全部植物體內に灰分として蓄積されるものであるとの前提の下に計畫された仕事であつて、若し此の前提が確立し得ないならば意味のないものとなる。事實上植物體からは色々の事情の下に灰分が體外に逃避しつつあるのであり、組織器官の離脱は素より、蒸散乃至溢液現象に伴ふ無機物質の排出は普通に見る事である。此種の普通なる灰分逃避の事實への關心なしに、植物體の含灰量を以て無機物質吸收量を云々せんとする在來の遣り方には、随つて少なからぬ不安が伴つてゐる譯である。

されば植物に於ける無機物質の吸収量を知る方法としては、含灰量による如き粗雑不安な方法に則る事を止めて、土壤若しくは培養液から實際吸收された物質の量を測定すべきである。之は従來普通に行はれてゐる培養液を分析する事によつて求める方法によればよい譯であるが、植物生理學乃至生態學上の研究場面では、必ずしも吸收された物質の質量を知る必要はなく、相對量だけ判れば足る場合が少くないのであり、斯かる場合には繁雜で時間を要する分析法によらずに他の便法によるのが賢明である。で、我々は此目的に利用すべく、培養液蒸發法並びに蒸發残渣製灰法を計畫し吟味した結果(5)、何れも利用可能の確信を得たので、本研究では専ら是等の方法に則る事とした。

なほ植物體內含灰量其他の質量乃至作用度を異にした材料間に比較を行はんとする場合に、比較對比值を何に採るかに就ては極めて慎重なる態度に出なければならぬのに、在來の多くの仕事は使ひ慣れた手近かな方法、即ち材料の一個體當り・對生量・對乾量等の方法を隨意的に採用してゐるのであつて、表示上の誤差への關心が殆んど拂はれてゐないのを見る。之は甚だ遺憾な事であつて、本研究では之に就ての十分なる注意を拂ひ、對生量表示法は本研究事項の範圍では無意味であると認めたから之は放棄することとし、對乾量法と對粉末容積法即ち組織粉末法(2,3)とを併用する事とした。

II. 材料及び方法

材料としては水稻(旭三號)と小麥(江島神力)とを用ゐた。何れも種子を先づ適宜に水に

浸し、幼芽の出初めたものの中から揃つたのを選び、大形シャーレに培養液（クノッブ液）を満し目を疎大にしたガーセを水面に張つた苗床の上に並べ、苗の草丈が 12 cm 内外になつた時に、通常に使用される圓筒形硝子製水耕器（内径 10 cm, 深さ 24 cm, 容積 1.8 立）に移し、露光區と遮光區とに分けて水耕を行つた。各材料につき用ゐた培養本數・培養液の濃度（クノッブ基本液の稀釋度を以て示す）・水耕器による培養時期及び期間・水耕場所等は次表の通りである。

材 料	一水耕器中の培養本數		各區に於ける培養器數		培養液濃度	水耕時期	水耕日數	水耕場所
	露光區	遮光區	露光區	遮光區				
水 稻	15	15	3	3	1/20	7月—8月 (1936)	28	建物南側硝子屋根の下
小麥甲	10	10	3	3	1/1	6月(1940)	20	硝子室内
小麥乙	10	10	3	3	1/8	7月(1940)	20	硝子室内

上表中培養器各 3 とあるは露光區と遮光區の比較試験を同時に 3 組行つた事を意味し、各材料各期に於ける成績は各 3 組の成績の平均値を以て示した。材料遮光のためには寒冷紗一枚張の木框を以て覆ふ事とし、露光材料は何等の覆物を施さず遮光材料と並置したが、上表の如く水稻は建物南側の硝子屋根ある培養棚に、小麥は硝子室内に置いたのであるから、露光區と雖も日照度は自然状態から見ると少なからず減殺されてゐた譯である。培養期間中稻では一週間毎に、小麥では 4 日又は 5 日毎に培養液の更新を行つた。而して各更新の際の培養殘液は之を大形硝子瓶中に集めて保存し、各區各組の培養器につき培養打切りまでに生じた全殘液を別々に取扱つて、各殘液中に殘留する無機物質の量の測定に資した。即ち培養殘液に於ける無機物質の測定も各材料各區につき 3 回づつ行つて平均値を求めた譯である。

而して材料培養中に植物體によつて吸収された無機物質の量は、試験材料の培養打切り後に於ける培養殘液中の含量と、植物培養前の各原液中の含量との差を以て示す事としたが、各培養原液中の含量は之を培養基本液調製の際に於ける使用藥品量から計算して求める方法によらず、培養殘液と同様に取扱つて含有無機物質量の實測を行つた（5 参照）。但し培養原液中の無機物質含有量の測定は各原液即ち稻では 1/20 濃度液、小麥では 1/1 及び 1/8 濃度液につき、それぞれ各一回の測定を行つてその値を求めた。

さて培養原液及び培養殘液中の無機物質含量の測定は既に緒言に於て記した如く、個々の物質の定量分析法による方法によらず、培養液蒸發法及び蒸發殘渣製灰法（5）によつた。培養液蒸發法とは蒸發殘渣が過少なからざる程度に於ける一定任意量の溶液を蒸發させて、その乾燥殘

渣量を以て其溶液中に含まれる無機物質の総合量と見做す方法であり、蒸發残渣製灰法とは斯くして得られた残渣に製灰操作を施して得た灰分量を以て、溶液中に含有された無機物質量を灰分の形に於て表示した値となすにある。併し水稻の場合では蒸發法のみを試み、小麥の場合には蒸發法と製灰法とは併用した。

なお既に緒言に記した如く、本研究では植物體に於ける含灰量乃至蒸散・吸收等の作用度を表示する際に於ける表示法に注意を拂ひ、對生量法は理論上のみならず實際利用して見た結果から見ても表示上の誤差が多くて採用上無意味な事が立證されたので之は放棄し、對乾量法と對粉末容積法とを併用した。而して植物體の含灰量測定までの操作は生量測定(F)・乾量測定(T)・製粉操作・粉末容積測定(V)・製灰操作・灰分量測定(A)の順序によつたのであり、隨つて此際に得られた灰分量(A_2)は材料製粉の際に於ける若干の損失を無視したものである。普通製粉の際に於ける此種の損失は甚だ少量であるから、 Δ を無視しても差支ないのであるが、之が無視に不安を感じる時にはその損失量に立脚した修正を行ひ、原材料に含有された灰分量(A_1)に換算する。同様にして上記の順序によつて測定された粉末容積(V_2)は、必要ならば製粉の際に於ける損失量に立脚した修正を行つて、損失量なき容積(V_1)に換算する。本研究に於ける水稻の場合には問題の損失を無視した常法に従つて、粉末容積は V_2 にて、灰分量は A_2 にて表示する事とし、小麥の場合には V_2 と V_1 並びに A_2 と A_1 を併せ利用した。併しこの兩種値の併用は豫期の如く結果に於て僅少の差を招來したのみであつて、殆んど問題とはならなかつた。

次に培養中に於ける無機物質吸収量(S)は培養液蒸發法によつた場合には、原液と培養液との蒸發残渣の差(S_e)を以てし、蒸發残渣製灰法によつた場合には、兩液に於ける蒸發残渣からの灰分量の差(S_a)を以て示した譯であるが、材料培養中の無機物質吸収量と培養中に植物體内に蓄積された灰分量との差を求め、之を以て培養期間中に於ける無機物質若しくは灰分の損失量或は逃避量(D)と見做す事とし、無機物質吸収量を培養液蒸發法によつて求めた場合には、之を $S_e - A_2 = D_2$ によつて算定表示し、蒸發残渣製灰法によつて求めた場合には、之を $S_a - A_1 = D_1$ によつて算定表示する事とした。

而して培養期間中に於ける植物體内に蓄積される灰分量を始め、培養期間中の生長度を意味する生量・乾量・粉末容積の増加度を知るためには、豫め實驗材料の培養に着手する際に材料を公平に二分し、其一部を培養材料として使用し、他の一部材料につき型の如く生量・乾量・粉末容積・灰分量の測定を行ひ、之を以て培養材料の培養出發時に於ける各種の値と見做す事

とした。勿論此の際には材料は何れも小さいものであるから多數の個體即ち 150 本づつを一箱に取扱ひ、水稻では 15 本當り、小麥では 10 本當りの値に換算し、培養材料の培養打切りの際に於ける水稻 15 本・小麥 10 本に就ての各種の値の差を採る事によつて、所要の數値を求めた。言ふまでもなく以下記するところの實驗成績を示す表に於ける材料の生量 (F)・乾量 (T)・粉末容積 (V)・灰分量 (A) 等は、何れも斯かる手續きによつて求められた數値である。

一方材料の培養期間中に於ける蒸散量 (Tr) の測定は、培養中に生じた培養液の減量を求める事によつて之に當てた。

さて以上の如き手續きによつて所要の種々の數値を求め、各の必要なる數値と數値との間の關係を見るべく比若しくは百分率を求め、その各が示す或は意味する内容につき考察する事によつて、本研究の目論みに答へる事とした。

III. 實驗成績

實驗は既記の如く水稻を以て一通、小麥を以て二通り (小麥甲・小麥乙)、同義の實驗を都合三通り行つたのであり、茲では各時期を異にして行はれた實驗の成績を順を追つて繰返し記述する煩を避け、三通りの實驗に於ける成績を綜合的に整理記載して、彼我の比較に便する事とした。

1. 培養期間中に於ける材料の生長度及び作用度

遮光區は露光區に比して日照度減殺の結果同化作用が抑制され、材料植物の生長が減退する事は當然豫期される事であつて、實驗の結果を見ると水稻・小麥何れに於ても、生量・乾量・組織粉末容積 (V_2 及び V_1) 何れから見るも、遮光區材料に於て明かに生長度を減じてゐる。殊に小麥の場合は極めて顯著であつた (第一表)。

第一表：培養期間中に於ける生長度及び作用度の比較

		露光區 (數字は實數)			遮光區 (露光區の値を 100 とした場合の比數)		
		水稻(15本)	小麥甲(10本)	小麥乙(10本)	水稻	小麥甲	小麥乙
生	量 (F)g	8.15	17.35	9.731	85	32	28
乾	量 (T)g	1.84	2.059	1.307	62	21	19
粉	末 容 積 (V_2)cm ³	4.19	3.612	3.068	61	26	16
	" (V_1)cm ³	—	3.774	3.121	—	26	17
灰	分 量 (A_2)g	0.080	0.320	0.171	83	31	37
	" (A_1)g	—	0.335	0.174	—	31	39
蒸	散 量 (Tr)cc	1105	1209	1060	75	38	42

無機物質吸収量 (S_e)g	0.115	1.374	0.363	77	66	41
" (S_a)g	—	0.929	0.219	—	57	55
灰分損失量 (D_2)g	0.035	1.054	0.192	66	76	44
" (D_1)g	—	0.594	0.045	—	72	118

$V_2 \cdot V_1$ 其他の符號の意味は第Ⅱ章材料及び方法の記事を参照

次に灰分量 (A_2 及 A_1) から見るも明かに遮光區に於て小であり、蒸散量 (Tr) 無機物質吸収量 (S_e 及 S_a) 何れから見るも、矢張りまた遮光區に於て明かに小で、何れも當然な結果となつてゐる。而して灰分損失量では $S_e - A_2 = D_2$ によれば、水稻・小麥何れも遮光區に於て明かに小と出てゐるが、 $S_a - A_1 = D_1$ によれば、小麥甲では遮光區に小と出てゐるが、小麥乙では遮光區に於て却て大と出てゐる。小麥乙は生量・乾量・粉末容積何れより見るも、露光區に比して遮光區に顯著に生長度小なるに拘らず、灰分損失量に於て却て大なるを示すは、遮光材料に於ける灰分損失或は逃避が甚だ大なる事を示してゐる譯である。

遮光によつて植物體の生長度の減退する程度は生量によつたよりも乾物（重量及容積）によつた方が一層顯著に小と出て居り、之は同化作用抑制から來る當然な歸趨であらねばならぬ。乾物によつた場合之を乾量によつた場合の乾燥粉末容積によつたのとは、互に近似の成績を示してゐる。

2. 蒸散量或は要水量から見た關係

前記の如く蒸散實量は水稻・小麥何れに於ても遮光區材料に於て著しく小であるが、物質の一定量生産を結果するに要した蒸散量即ち所謂要水量の見地からすると、對乾量・對組織粉末容積 (V_2 及 V_1) 何れによるも、所要水量或は消費水量は明かに遮光區に於て大である(第二表)。此點は曩に瀬藤・永澤兩氏(4)が日照度を異にして鉢栽培を行つた水稻に於て見た成績と一致してゐる。之は乾物の生成が遮光區に於て割合に小なる事から來る必然の結果と認められるのであり、乾物の生成に役立つ水といふ立場から論ずると、遮光區に於て一般に水の無駄が多いと言ふ結論となる。

次に灰分蓄積量から見た要水量 (Tr/A_2 及び Tr/A_1) を見るに、小麥では明かに矢張り遮光區に於て大と出てゐるが、水稻では却て遮光區に小と出てゐる。即ち小麥では灰分蓄積から見たも遮光區に於て水の無駄が多い事を示して居り、水稻では灰分蓄積から見た水の無駄は却て露光區に於て大なる事を示してゐる。しかし瀬藤・永澤兩氏(4)が日照度を異にして鉢栽培を行つた水稻に於ける灰分量から見た要水量は、露光區對遮光區の比は 100 : 109 となつて居

第二表：培養期間中に於ける蒸散度若しくは要水量の比較

	露光區 (實數)			遮光區 (露光區を100とした場合の比數)		
	水稻	小麥甲	小麥乙	水稻	小麥甲	小麥乙
蒸散量 (Tr)cc	1105	1209	1060	75	38	42
對乾量 (Tr/T)cc/g	601	587	811	121	182	226
對粉末容積 (Tr/V ₂)cc/cm ³	264	335	346	123	148	263
" (Tr/V ₁) "	—	320	340	—	148	247
對灰分量 (Tr/A ₂)cc/g	13813	3778	6199	91	121	113
" (Tr/A ₁) "	—	3609	6092	—	120	110
對無機物質吸收量 (Tr/S _e)cc/g	9609	880	2920	97	57	103
" (Tr/S _a) "	—	1301	4840	—	66	77
對灰分損失量 (Tr/D ₁)cc/g	31571	1147	5521	114	49	95
" (Tr/D ₂) "	—	2035	23556	—	53	36

り、遮光區に水の無駄が多い結果となつてゐる。此不一致は何故であるか。培養法の相違によるのであるか。更に研究を要する事である。

一方無機物質吸収の見地からの要水量は小麥乙に於て Tr/S_e 表示によつた時に露光區對遮光區の割合が 100 : 103, 即ち遮光區に於てやゝ大なる結果となつてゐるが、その他の場合は一般に遮光區に於て小と出てゐる。尤も水稻に於ては露光區對遮光區の割合は 100 : 97 となり、遮光區に於て僅かに 3% 小となつてゐるに過ぎない。何れにしても大體から見て、無機物質吸収の見地からすると、水稻・小麥共に露光區に於て水の無駄が多い事が示されてゐる。即ち本實驗成績によると、水稻では無機物質吸収・灰分蓄積の何れから見ても、水の無駄は露光區に大であるのに、小麥では無機物質吸収から見ると水の無駄は露光區に大であるのに、灰分蓄積から見ると却て遮光區に大である。随つて小麥では遮光區に於て水と共に逃避する無機物質は著しく大であるといふ理窟になる。

灰分の一定量の損失に伴ふ蒸散量 (Tr/D_2 及 Tr/D_1) は、稻では遮光區に大であつて小麥では逆に露光區に大と出て居り、之は換言すると、稻では露光區に於て水の伴ふ灰分逃避が割合に多く、小麥では遮光區に多い事を示してゐる(第五表關係の D_2/Tr 及 D_1/Tr 考察の記事参照)。

3. 無機物質吸収から見た關係

無機物質の吸収實量は水稻・小麥共に遮光區に於て顯著に小であるが、植物體の大きさを示す乾量或は組織粉末容積に對する割合を以て表示された吸収量は、水稻・小麥何れの材料に於ても遮光區に於て顯著に大である(第三表)。即ち一定量の乾物の生成或は同化と言ふ立場か

ら見た無機物質の吸収は、何れの材料に於ても遮光區に於て割合に多い事が示されてゐる。勿論之は遮光區に於ては一定量の乾物生成のために割合に多くの無機物質を要する事を意味するのではなくて、無機物質吸収の割合に乾物の生成される事が少い事から來る表示上の結果に外ならぬと解せられる。

第三表：培養期間中に於ける無機物質吸収度の比較

	露光區 (實數)			遮光區 (露光區を100とした場合の比數)		
	水稻	小麥甲	小麥乙	水稻	小麥甲	小麥乙
無機物質吸収量 (S _c)g	0.115	1.374	0.363	77	66	41
" (S _a)"	—	0.929	0.219	—	57	55
對乾量 (S _c /T)%	6.25	66.7	27.8	125	319	220
" (S _a /T)"	—	45.1	16.8	—	276	293
對粉末容積 (S _c /V ₂)mg/cm ³	27.4	380	118	127	259	256
" (S _a /V ₁)"	—	246	72.2	—	224	321
對蒸散量 (S _c /Tr)mg/l	104	1136	342	103	175	97
" (S _a /Tr)"	—	768	207	—	152	129
對灰分量 (S _c /A ₂)mg/mg	1.438	4.294	2.123	94	211	110
" (S _a /A ₁)"	—	2.773	1.259	—	182	142
對灰分損失量 (S _c /D ₂)mg/mg	3.286	1.304	1.891	118	86	92
" (S _a /D ₁)"	—	1.564	4.867	—	80	47

次に對蒸散表示即ち一定の蒸散量に伴ふ無機物質吸収量或は無機物質吸収量から見た蒸散効果は、小麥乙に於て S_c/Tr 表示を試みた場合に露光區對遮光區の割合が 100 : 97 となり、遮光區に於てやゝ小となつてゐる外、他は皆遮光區に於て大と出てゐる。之は無機物質吸収から見た水の無駄は一般に露光區に多い事を示すに外ならぬ。

一定の灰分蓄積量から見た無機物質吸収は常に灰分蓄積量を超過し、水稻では露光區に於てより大、小麥では遮光區に於てより大である。即ち言はば無効の無機物質吸収或は無機物質の體外逃避は、稻では露光區に大であり、小麥では遮光區に大なる事を示してゐる。一方一定量の灰分損失に對應する無機物質の吸収量 (S_c/D₂ 及 S_a/D₁) 或は無機物質の體內保留量の大小は、水稻では遮光區に大で小麥では露光區に大と出て居り、前記と同じ事を裏面から物語つてゐる。

4. 灰分蓄積量から見た關係

灰分蓄積實量は水稻・小麥共に遮光區に於て顯著に小であるが、乾燥物質の一定重量或はそ

の粉末容積に對する割合を以て表示せられた蓄積量は、何れの材料に於ても遮光區に於て顯著に大である（第四表）。この成績は曩に瀨瀬・永澤兩氏（4）が鉢栽培の稻に於て見たのと一致するのであつて、こは主として日光照射度の減退によつて同化物質蓄積の減退を來す程度が、灰分蓄積の減退する程度に比して割合に大である事に由來するものと解せられる。之は遮光區にては無機物質の吸收乃至體內保留に對し、割合に少量の乾物が生成される事を意味するものと解せられる。

一定の蒸散量に對比して體內に保留される灰分量 (A_2/Tr 及 A_1/Tr) 即ち灰分蓄積から見た蒸散効果は、稻では遮光區に大なるに小麥では露光區に大である。之は間接に一定の蒸散量に

第四表：培養期間中に於ける灰分の蓄積量の比較

	露光區（實數）			遮光區（露光區を100とした場合の比數）		
	水稻	小麥甲	小麥乙	水稻	小麥甲	小麥乙
灰分蓄積量 (A_2)mg	80	320	171	83	31	37
" (A_1) "	—	335	174	—	31	39
對乾量 (A_2/T)%	4.35	15.5	13.1	133	152	199
" (A_1/T) "	—	16.3	13.3	—	151	207
對粉末容積 (A_2/V_2)mg/cm ³	19.1	88.6	55.7	135	122	233
" (A_1/V_1) "	—	88.8	55.8	—	123	217
對蒸散量 (A_2/Tr)mg/l	72.4	265	161	110	83	89
" (A_1/Tr) "	—	277	164	—	83	91
對無機物質吸收量 (A_2/S_c)%	69.6	23.2	47.1	107	47	91
" (A_1/S_a) "	—	36.1	79.5	—	55	70
對灰分損失量 (A_2/D_2)mg/mg	2.286	0.304	0.891	126	41	84
" (A_1/D_1) "	—	0.564	3.867	—	44	33

對する割合から見た灰分逃避量は水稻では露光區に大で、小麥では遮光區に大である事を示してゐる（第五表關係の D/Tr 参照）。前項に於ける S/Tr 關係によると、一定の蒸散量に對比された無機物質吸収量は全體に於て、水稻・小麥共に遮光區に於て大である事が示されてゐるのに、小麥に於ける一定の蒸散量に對比された灰分蓄積量が遮光區に於て明かに小であるのは、小麥に於ては遮光材料に於て甚だ多量の無機物質が體外に逃避する事を示す譯である。而して一方水稻では露光區と遮光區との割合は S/Tr では 100:103 であるのに、 A/Tr では 100:110 であつて、露光區に於て A/Tr の少き程度は S/Tr の少き程度以上である。随つて水稻では露光區に於て無機物質の蒸散關係から見た逃避が割合に大なる事が示されてゐる。

無機物質吸収に對比された灰分蓄積量 (A/S) は、水稻では遮光區に多く小麥では露光區に多い。即ち無機物質吸収の割合に逃避する灰分量は、水稻では露光區に多く小麥では遮光區に多い事が示されてゐる。一方一定量の無機物質損失或は逃避に對比された灰分蓄積量 (A/D) 或は植物體內残留量は、水稻では遮光區に大で小麥では露光區に大である。之は逃避に抗じて體内に保留される灰分量は、水稻では遮光區に小麥では露光區に大なるを意味し、前記 A/S 關係からの結論と一致する。

5. 灰分損失量或は逃避量から見た關係

灰分損失量の計算は無機物質吸収量 (S) と植物體內含灰量 (A) との差によつて求めたのであるから、素より相當無理な計算であり、殊に無機物質吸収量を培養液蒸發法によつて求めた値 (S_e) を以て示し、灰分損失量を $S_e - A_2$ の計算によつて求めた場合は、極めて便法的な計算であつて、損失實量を知る上に大なる無理がある譯である。併し一方無機物質吸収量を蒸發残渣製灰法によつて求めた値 (S_a) を以て示し、灰分損失量を $S_a - A_1$ 計算によつて求めた場合に

第五表：培養期間中に於ける灰分損失量の比較

	露光區 (實數)			遮光區 (露光區を100とした場合の比數)		
	水稻	小麥甲	小麥乙	水稻	小麥甲	小麥乙
灰分損失量 (D_2)mg	35	1054	192	66	76	44
" (D_1) "	—	594	45	—	72	118
對乾量 (D_2/T)%	1.90	51.2	14.7	106	370	237
" (D_1/T) "	—	28.8	3.44	—	347	631
對粉末容積 (D_2/V_2)mg/cm ³	8.35	292	62.6	108	300	277
" (D_1/V_1) "	—	157	14.4	—	282	690
對蒸散量 (D_2/Tr)mg/l	31.7	872	181	88	203	106
" (D_1/Tr) "	—	491	42.4	—	190	281
對無機物質吸收量 (D_1/S_e)%	30.4	76.7	52.9	85	116	108
" (D_1/S_a) "	—	63.9	20.5	—	126	216
對灰分量 (D_2/A_2)mg/mg	0.438	3.294	1.123	79	245	119
" (D_1/A_1) "	—	1.773	0.259	—	229	305

は、植物體に於ける無機物質出納を灰分の形に於て取扱ふといふ行き方である點に於て意義を持つのであるが(5)、之とても灰分損失實量を知る上には尙相當の無理がある。随つて本研究に於ける灰分損失量 (D) の實量若しくは之との關係量の實數として示されてゐる數値は、何れも實數としての意味を持つ事甚だ僅少であり、單に比數計算の基礎値としての意味のみを持つ

と認めるのを妥當とする。

さて露遮兩區材料に於ける所謂灰分損失實量は、 $D_2 = S_e - A_2$ による時は 水稻・小麥共に遮光區に於て著しく小と出てゐるが、 $D_1 = S_a - A_1$ による時は小麥甲では矢張り遮光區に顯著に小であるが、小麥乙では露光區と遮光區との割合は 100 : 118 であつて、遮光區に却て大と出てゐる（第五表及び第一表）。之は既に前にも言及した如く、此材料に於ても遮光區に於て植物體が著しく小なるに拘らず損失量が露光區より大なるは、灰分の逃避が著しく大なる事を意味すると見るべきである。

乾燥物質の一定重量及び一定粉末容積當りの灰分損失量は、何れの材料に於ても遮光區に於て大である。但し水稻では露光區と遮光區との比はそれぞれ 100 : 106, 100 : 108 であつて、遮光區に於て大なる程度は寧ろ僅少である。何れにしても灰分損失量が遮光區に於て大であるのは、遮光區に於ける乾燥物質の生成の減少する程度は、灰分損失量の減少する程度を越ゆる事を意味する。

一定蒸散量に對して考慮された灰分損失量 (D/Tr) 若しくは一定の蒸散水分に伴ふ逃避量は、水稻では露光區に大であり小麥では遮光區に大である。一定の無機物質吸収量から見た灰分損失量 (D/S) 一定の含灰量に對する割合から見た灰分損失量 (D/A) の何れに於ても、また水稻では露光區に於て大であり、小麥では遮光區に於て大である。

6. 蒸散効果から見た關係

蒸散効果は要水量の逆數の持つ意味であつて、一定量の水分蒸散の結果として生産される物質の量を意味してゐる。素々之は乾物の重量的生産に就て定義されたものであるが、乾燥物質の容積的生産量にも灰分の生産量にも有效的に利用表示される性質のものであり (4), なほ本研究の如き場合にありては、一定の蒸散量に伴ふ無機物質吸収量 (S/Tr) を蒸散効果或は吸水効果として取扱つて意味があり、延ては一定の蒸散量に伴ふ灰分損失量 (D/Tr) を蒸散損失即ち廣い意味に於ける蒸散効果の一つとして計算表示する事に意味を生じて来る。

先づ乾燥物質の重量 (T) 及び粉末容積 (V) から見た蒸散効果は、何れの材料に於ても遮光區に於て顯著に小であつて、水分吸収に伴ふ同化物質の生成が遮光によつて著しく低下する事が示されてゐる (第六表)。

灰分蓄積量から見た蒸散効果は水稻では遮光區に大、小麥では露光區に大であり (第六及第四表), 隨つて水稻では露光區に、小麥では遮光區に灰分の逃避大なる事若しくは灰分の吸収の小なる事が示されてゐる。ところで無機物質吸収から見た蒸散効果は何れの材料でも遮光區

第六表：培養期間中に於ける蒸散効果の比較

	露光區 (實數)			遮光區 (露光區を100とした場合の比數)		
	水稻	小麥甲	小麥乙	水稻	小麥甲	小麥乙
乾量效果 (T/Tr)g/l	1.67	1.70	1.23	83	55	45
粉末容積效果 (V_2/Tr)cm ³ /l	3.79	2.99	2.89	82	68	38
" (V_1/Tr) "	—	3.12	2.94	—	68	40
灰分蓄積效果 (A_2/Tr)mg/l	72.4	265	161	110	83	89
" (A_1/Tr) "	—	277	164	—	83	91
無機物質吸收效果 (S_e/Tr)mg/l	104	1136	342	103	178	97
" (S_a/Tr) "	—	768	207	—	152	129
灰分損失效果 (D_2/Tr)mg/l	31.7	872	181	88	203	106
" (D_1/Tr) "	—	491	42.5	—	190	279

に大で (第六及び第三表), 遮光區に於て割合に濃厚な状態に於て無機物質が吸収される事が示されてゐる。また灰分損失から見た蒸散効果或は蒸散損失は, 水稻では露光區に多く小麥では遮光區に多い事が明かとなつてゐる (第六及第五表)。

さて茲に特に注目すべきは蒸散量と無機物質吸収量との間の關係で (第六及第三表), 培養液蒸發法によつて吸収量を推定した場合には, 一定の蒸散量に伴ふ無機物質吸収量 (S_e/Tr) の値の露光區と遮光區との比は, 稻では 100 : 103 小麥乙では 100 : 97 であつて, 日照條件の相違による値の變異は僅少であり, 此の二つの實驗成績だけから見ると, 本研究の場合の如く濃度が等しい時には, 日照度如何即ち蒸散の強弱如何に拘らず, 蒸散量と無機物質吸収量との間には正比例的な關係があるやうであるが, 同じく培養液蒸發法によつた場合の小麥甲では露光區と遮光區との間の S_e/Tr の比は 100 : 178 であり, 蒸發殘漬製灰法によつた場合には, 小麥甲・小麥乙に於ける當該比 (S_a/Tr) はそれぞれ 100 : 152, 100 : 129 であつて, 蒸散量と無機物質吸収量との間の正比例的な關係は, 之を認める事が出来ない。

IV. 綜合考察

以上本研究の成績に於ける蒸散量と無機物質吸収と灰分蓄積との相互關係を種々な立場から考察して來たところを通覽綜合して見ると, 本研究は培養液の濃度を等しくし, 蒸散を促す氣象條件 (日照度) を異にする事によつて, 問題の三種の量の間如何なる關係が成立するかを見るところに根本の狙ひを持つのであり, 蒸散量と無機物質吸収量との關係に就ては, 前章第6節・第3節及び第2節に於ける S/Tr 及び Tr/S の關係に就ての記事にある如く, 場合に

よつては両者が正比例的な関係にある如き成績を示す事あるも、また場合によつては之を否定する成績となつてゐる。随つて培養液の濃度が等しい時と雖も、問題の正比例的關係の存在は疑問であると言はねばならぬ。

若しまた兩者の關係を從來屢々行はれた便法に従つて、蒸散量と灰分蓄積量との相互關係即ち A/Tr 及び Tr/A の關係から見るとしても、露光區と遮光區の間に於ける値は常に 10-20% 内外 (第六・第四・第二表参照) の相違を示し、兩者の間の正比例的な關係の存在は、之を認める譯には行かない。

即ち蒸散量と無機物質吸収量との間の正比例的關係は含灰量による便法、無機物質吸収量測定の便法としての培養液蒸發法乃至蒸發残渣製灰法の何れによるも、之を肯定する成績は得られない。

然らば蒸散と無機物質吸収との間に如何なる關係が存するか。之は各の關係量を可及的に正確に測定する事によつて初めて知り得る事で、假令止むを得ない事情の下には便法を利用する事が認められるとしても、極端な不正確を結果する虞ある如き便法は之を敬遠するを要する。斯かる場合に於て從來屢々利用され來つた植物體内に於ける含灰量を以て無機物質吸収量と見做す便法は、本研究成績の示すところによれば極めて重大な過誤を藏してゐる。何故なれば培養期間中に於ける植物體からの無機物質損失量或は逃避量は想像以上に大なる事が示されてゐるからである。

前章第 5 節に於ける記事にある如く、問題の損失はその質量から見ても、乾量・粉末容積・蒸散量・無機物質吸収量・灰分量等に對比して考慮された損失量から見ると、何れも意外に大なる値を示すのみならず、露光區と遮光區によるその値の變異がまた甚だ大であつて、之を無視して蒸散量と灰分量との關係から、蒸散量と無機物質吸収との關係を云々する事の如何に不合理であるかが、之によつて明示されてゐる譯である。

随つて蒸散量と無機物質吸収量との關係を知るためには、可及的直接的に無機物質の吸収量を測定する必要があり、そのためには實際植物體によつて吸収されて體内に存する物質を共儘含有すると認められる體汁、例へば根基より採取された溢泌液を分析する方法、或は培養液及び培養殘液を分析する方法等によるか、然らずんば之に代る合法的な代用法を講ずる必要がある。本研究に於て培養液蒸發法乃至蒸發残渣製灰法を利用した事の意義は茲にある譯である。

斯くて植物體に於ける灰分代謝の研究場面に於ては、植物體内の含灰量と無機物質吸収量とは別々のものとして取扱ふを要する事が判つたのであるが、之は水と共に吸収された無機物質は

水分蒸散に際して、その全部若しくは少くともその壓倒的な大部分が恰も蒸發残渣の如く植物體內に取残されて、灰分量として測定される事となるとの考へを放棄せねばならぬ事を警告するものであつて、問題の無機物質損失或は逃避が如何なる機構によつて起るかが次の問題となつて来る。

之は既に緒言に於て言及した如く、種々の原因によつて起る可能性があるが、蒸散乃至溢液現象に伴つて水と共に體外に漏出する無機物質の量だけでも僅少でない事は、培養中の材料の葉の先端や縁に結晶物の析出してゐるのを見る事普通である事實に徴しても明かである。斯かる場合に水と共に體外に逃避する無機物質の量、或は一定の蒸散量に伴ふ逃避量其他乾量・組織粉末容積・含灰量等に對比表示された逃避量が、環境の事情によつて異なる事、並びに植物の種類によつて異なる事は、前章に於ける要水量・蒸散效果に関する記事から見て明かである。

植物體に於ける水の出納と無機物質吸収との關係に就て見るに、一定の無機物質吸収量を結果する水量即ち要水量 (Tr/S , 第二表) 或は一定の水分吸収若しくは蒸散に伴ふ無機物質吸収量即ち蒸散效果 (S/Tr , 第六表) は、水稻・小麥共に大體同様の傾向を示し、要水量は共に露光區に大であり、蒸散效果は共に遮光區に大である。之は要するに水の代謝と無機物質の吸収との交渉場面に於ては、水の無駄は露光區に大であつて、無機物質の效果的吸収は却て遮光區に大である事を意味してゐる。

而して一方植物體に於ける水の出納と乾燥物質の生成量との關係を見るに、一定の乾燥物質生成量を結果する水量即ち要水量 (Tr/T 及び Tr/V , 第二表) 或は一定の水分吸収又は蒸散量に伴ふ乾燥物質の生成量即ち蒸散效果 (T/Tr 及び V/Tr , 第六表) は、水稻・小麥共に同様の傾向を示し、要水量は共に遮光區に於て大で、蒸散效果は共に露光區に於て大である。之は要するに水の代謝と同化物質の生成との交渉場面に於ては、水の無駄は遮光區に於て大であり、同化物質生成效果は露光區に大なる事を意味し、之は同化作用は露光區に於て促進されるてふ普通の事實から、當然な事として理解される。

ところで植物體に於ける水の出納と灰分蓄積との關係では、一定量の灰分蓄積を結果するに要する水量即ち要水量 (Tr/A , 第二表) 或は一定量の水分吸収又は蒸散に伴ふ灰分蓄積量即ち蒸散效果 (A/Tr , 第六表) は、水稻と小麥との間に趣きを異にし、要水量は水稻では露光區に大、小麥では遮光區に大であつて、蒸散效果は各々その逆な關係にある。之は要するに水の代謝と灰分蓄積との交渉場面に於て、水の無駄は水稻では露光區に大であり、小麥では遮光區に大である事を示し、灰分の效果的蓄積は水稻では遮光區に大で、小麥では露光區に大なる事を

意味してゐるのであり、之は水稻では露光區に於て水の無駄が多くて灰分蓄積能が割合に小であるのに、小麥では反對に遮光區に於て水の無駄が多くて灰分蓄積能が小であると言ふ事になり、此關係はまた一定量の無機物質損失を結果する蒸散量即ち廣義の要水量 (Tr/D , 第二表) 及び一定の蒸散量に伴ふ無機物質損失量即ち廣義の蒸散效果 (D/Tr , 第六表) の何れからも結論する事が出来る。即ち水に伴ふ無機物質の損失は、水稻では露光區に多く小麥では遮光區に多い。何故に稻と小麥との間に斯様な事情の相違が起るかに就ての問題が茲に生ずる事となる。

この問題は相當に難解であつて、徹底した解決は將來に譲らねばならぬが、若し想像が許されるならば、一定量の灰分蓄積を結果するに要する水の量が水稻では露光區に大なるは、露光區に於て蒸散作用の亢進のために割合に多くの水が吸収浪費される事に由來し、小麥に於て之が却て遮光區に大なるは、同化作用の低下に伴ふ無機物質保留能の低下が割合に大である事に由來するのではあるまいか。即ち灰分蓄積或は保留の低下は、水稻では蒸散又は吸水の亢進が比較的大なる事に由來し (第二表 Tr/A 及び 第三表 S/A 参照), 小麥では同化作用の低下に伴ふ無機物質保留の相對的低下が比較的大なる事に由來する (第四表 A/Tr 及び A/S 参照) と解する事によつて一應理解される。併し既に前章第 2 節に記した如く、曩に瀨瀨・永澤兩氏 (4) が鉢培養の水稻に於て、灰分量から見た要水量は遮光區に於て幾分大なるを見たのは茲に注目すべき事であり、水稻に於ける事情が本研究の成績と一致してゐないのは、材料培養法の相違或は培養中に於ける蒸散度の相違などから來る結果の不一致によるのであるか、更に研究を要する事である。

斯く考察し來ると、灰分保留能なるものの由來に關する新たなる問題が生ずる譯で、植物體內に蓄積若しくは保留せられたる無機物質は、體內に於ける物質代謝生理に關與するものと解せられ、之が保留される量の大小は單に吸収される量の大小に支配されるのみならず、物質代謝に關與する程度の大小にも支配される筈である (7)。ところで此の關與程度の大小を知る事は容易ならざる難事であるが、一定量の乾燥物質量 (T 及び V) に對比された灰分量の大小 (A/T 及び A/V) を以て之を推定する事とすると、水稻・小麥何れに於ても之は遮光區に於て顯著に大となつてゐる (第四表)。即ち此點だけから見ると、乾燥物質との交渉に於ては灰分は露光區よりも遮光區に大なる關係を持つと言ふ事になる。併し之は恐らく斯かる生理的事情が存する事を示すものではなくて、遮光區に於ける同化物質の生成が比較的小なる事に由來する表示上の成績に過ぎないと認められる。此問題の解決は今後の研究に俟たねばならぬ。而して茲に看過してならない事は、或種の表示とそれの持つ意義に就ては慎重に之を取扱はねば

ならぬといふ一事である。

何れにしても灰分の蓄積又は保留と蒸散及び無機物質吸収との關係に於て、材料植物の相違及び培養事情の相違によつて事情の相違を來す事は注目すべき事で、灰分代謝は水の吸収乃至蒸散に伴ふ單なる受身的な作用ではなくて、植物體内外の事情の相違によつて複雑に變異するものなる事が覗はれる。

V. 摘 要

1. 水稻と小麥とを材料とし、之を露光區と遮光區とに分け、何れも同一濃度の培養液を以て水耕し、培養期間中に於ける蒸散・無機物質吸収・灰分蓄積の相互關係を研究した。

2. 蒸散量は吸水量を以て示し、無機物質吸収量は培養液及び培養殘渣に含まれる無機物質量を所謂培養液蒸發法及び蒸發殘渣製灰法によつて推定する事とし、灰分蓄積量は普通の含灰量測定法によつて之を求めた。

3. 無機物質吸収量と灰分蓄積量との差を以て灰分損失量若しくは逃避量と見做して考察に資した。

4. 蒸散量及び其種々の意味に於ける比量或は要水量、無機物質吸収量及び其の種々の意味の比量、灰分量及び其の種々の意味の比量、灰分損失量及び其の種々の意味の比量、種々の意味の蒸散効果或は蒸散損失等を算定し、彼我の關係を考察した。

5. 一部の學者によつて唱道されてゐる蒸散量と無機物質吸収量との正比例的な關係は之を肯定し得なかつた。

6. 培養中に於ける灰分損失量或は逃避量は意外に大であつて、植物體の含灰量を以て無機物質吸収量の代用値となす事は出來ない。隨つて無機物質の吸収量は之を直接的に測定するを要する。本研究に用ひた培養液蒸發法及び蒸發殘渣製灰法は素より一種の便法であるが、本研究の如き場合には有意義な方法である。

7. 植物體からの無機物質の損失又は逃避乃至一般灰分代謝相は、氣象條件（日照度）の相違によりても、また植物の種類によつても異なる。

8. 水の出納と無機物質吸収との關係に於ては、水稻・小麥何れに於ても露光區に於て水の無駄が多く、遮光區に於て割合に多量の無機物質が吸収される。

9. 水の出納と乾燥物質或は同化物質の生成との關係に於ては、水稻・小麥何れに於ても遮光區に於て水の無駄が多い。即ち露光區に於て割合に多量の乾燥物質が生成される。

10. 水の出納と灰分蓄積との關係に於ては、水稻と小麥とは趣きを異にし、水稻では露光區

に水の無駄が多くて灰分蓄積が割合に少く、小麦ではその反対の関係にある。

11. 水の出納から見た灰分蓄積に於て、水稻と小麦との間に事情を異にした理由は明かではないが、想像が許されるならば、水稻に於て露光區に灰分蓄積が少なかつたのは、蒸散の亢進が割合に大であつて、水と共に逃避する灰分量を多からしめた事に由来し、小麦に於て遮光區に灰分蓄積が少なかつたのは、同化作用の低下に伴ふ無機物質の保留利用の低下が割合に多かつた事に由来すると考へられる。勿論此點は更に深き研究を要する事である。

VI. 引 用 文 獻

1. BOTTICHER, R. und BEHLING, L., Licht, Transpiration, Salzaufnahme und Blattstruktur. Ein Beitrag zum Problem der Sonnen- und Schattenblätter. *Flora*, N. F. 34: 1, 1939.
2. 額綱理一郎, 植物水分生理. 東京, 昭和七年 (1932).
3. 額綱理一郎, 植物水分生理實驗法. 生物學實驗法講座第九卷, 東京, 昭和十三年 (1938).
4. 額綱理一郎・永澤勝雄, 要水量研究場面に於ける組織粉末法の利用. 九大農・學藝雜誌, 7: 211, 1936.
5. 額綱理一郎・鹽見隆行・有賀好交, 植物に於ける灰分代謝研究場面に於ける培養液蒸發法並びに蒸發残渣製灰法. 同上, 9: 205, 1940.
6. KOSTYTSCHEW, S., WENT, F. A. F. C., *Lehrbuch der Pflanzenphysiologie* Bd. II. Berlin 1931.
7. MUENSCHER, W. C., The effect of transpiration on the absorption of salts by plants. *Amer. Jour. Bot.* 9: 311, 1922.

BEZIEHUNGEN ZWISCHEN DER TRANSPIRATION, MINERALSTOFF-
AUFNAHME UND ASCHENANHÄUFUNG DER PFLANZE.
I. VERHÄLTNISSE BEI UNGLEICHER BELEUCHTUNG

(Zusammenfassung)

Riichiro KÔKETSU

Takayuki SIOMI

Yoshifumi ARIGA

Die in dem Titel genannten Beziehungen wurden an Reis und Weizen studiert, und zwar unter den Bedingungen ungleicher Beleuchtung und gleicher Konzentration der Nährlösung. Die Menge der während der Kultur aufgenommenen Mineralstoffe wurde hierbei mittels des sog. Nährlösungsverdampfungs- und des sog. Rückstandsveraschungsverfahrens beurteilt.

Parallelverlaufende Beziehungen zwischen der Transpirationsgrösse und der Menge der aufgenommenen Mineralstoffe wurden hier nicht konstatiert. Der Verlust oder die Abgabe der Mineralstoffe aus der Pflanzen war sehr bemerkenswert. Wir dürfen also die bisher häufig benutzte Methode, die Menge der aufgenommenen Mineralstoffe durch den Aschengehalt der Pflanze zu beurteilen, nicht immer bedingungslos benutzen.

Der Mineralstoffwechsel der Pflanze war nicht nur von der Verschiedenheit des Beleuchtungsgrades als auch von der Verschiedenheit der Pflanzenart merkwürdig abhängig. Die Aufnahme der Mineralstoffe pro Einheit der transpirierten Wassermenge war grösser an den schwächer belichteten Reis und Weizen, als an den stärker belichteten Pflanzen, was aller Wahrscheinlichkeit nach bedeutet, dass der diesbezügliche Wasseraustausch der Pflanze erfolgloser an den stärker belichteten ist.

Andererseits war das Verhältnis der Mineralstoff-Anhäufung oder -Zurückhaltung beim Reis anders als dasselbe beim Weizen, nämlich die Anhäufung der Mineralstoffe pro Einheit der transpirierten Wassermenge beim Reis war grösser an den schwächer belichteten Pflanzen, während das Verhältnis beim Weizen umgekehrt war.

Warum diese Verhältnisse an beiden Pflanzenarten verschieden voneinander sind, muss hier noch unerklärt dahin gestellt bleiben. Aber vermutlich

beruht die Ursache der schwachen Mineralstoffanhäufung an den stärker belichteten Reispflanzen auf der stärker geförderten Transpiration, welche die Mineralstoffe mit dem Wasser aus dem Gewebe abgeben lässt. Die gleichsinnige Erscheinung an dem schwächer belichteten Weizen ist seinerseits vielleicht von der starken Erniedrigung der Assimilation bedingt, welche die Benutzung der Mineralstoffe für den Stoffwechsel hervorrufen soll.