

晩霜によるソバの寒害

菅原 金治郎

On the Buckwheat Damages by the Coldness following
the Hoar-frost out of Season

KINJIRO SUGAWARA

はじめに

農業、とくに東北農業においては、その年の畑作生産物の収量を支配するものの一因子として、晩霜の被害をあげることができる。したがって早春に播きつけられるものはもちろん、その他の春の季節に播きつけられる一般耕種作物についても晩霜には周到なる注意が払われなければならない。

本県における農作物の中で晩霜の被害頻度の大きいものには馬鈴薯があげられ、その他桑葉の被害などもっとも目立つものの一つである。晩霜の時期や地域によってはその外の農作物に対する被害も大きい。

近年園芸作物においては、所謂ビニールハウスの普及に伴って幾分その被害が軽減されつつあるとは言っても、反面露地栽培のそ菜類に対しては、地温の上昇ならびに保持と雑草の抑圧とを兼ねたマルチングが次第に盛んになってきているので、その取扱い技術の適否によっては寒害を助長する役目をも果たさせることになる。この場合は温度を高めて作物の生育を促すための操作が却って温度を降下させて作物を寒害に追い込む結果になるから栽培家にとっては十分注意しなければならないことである。晩霜にはいろいろのタイプがあるので、それらの様子を明らかにし、作物の種類や品種により、はたまた自己の所有する農場の地形などによって晩霜について対策を心得ておかねばならない。

昭和29年(1954)6月10日には当盛岡地方をおそった晩霜により、筆者の管理する当学部校友会農場(約4ヘクタール)及び職業科実験農場(約0.7ヘクタール)に甚大なる被害がもたらされた。その当時の記録を整理して霜害の実態を分析し、今後における霜害防禦の参考資料になれば幸いと思われたのでこれを報告することにした。但しこの記録は降霜を予期して実験的に栽培管理したものではなく、たまたま発生した霜の害を見て、それが無風状態下における霜害として典型的と思われる様相を呈していたので貴重なる資料になり得るものと考えられる。

霜害の研究については筆者はその学界の展望は必ずしも十分ではない。従って、実際の農作物について生態的な観察記録に接する機会に恵まれていない。鈴木、荒井は屋外実験¹⁾におけるホーレン草、白菜、カブ、オオパコなどの寒害について試験したところ、鈴木外2名が実験室内において実験した場合と同じ結果を得た報告があり、農場において種子が播下され、自然条件下で管理されたものとは異っている。菅原は冬季における寒さのため野菜が凍結する温度がどの程度の低温であるかについて各種冬野菜について実験的測定をした結果は鈴木の実験の一部であり、実験の目的が異なるだけのものである。即ち前者は霜害の実験であり、後

者は冬野菜の貯蔵に関するものであって低温に対する植物の抵抗度の実験であることは共通である。

近年農業界においてもいわゆる微気象学的研究が発達して来ているがそれは多くの場合、生育に適する環境温度を対象としたものであり、栽培条件下にある作物の低温に対する抵抗度、換言すれば立毛のままの霜害を実験的に観察された記録は目にとまらないのでこれらの報告は極めて少ないのではないかと想像される。筆者がここに報告するものは、微気象学的ではあるが寒害が主たる着眼点であり霜害を計画的、実験的に試験したるものではないがこの観察の結果は将来の霜害を防止またはその程度の軽減をはかるための暗示を与えるものとして意義あるものであることを信じている。

降霜当時の作物霜害及び気象の概況

降霜当時の作物の霜害及び気象の概況を述べるにあたって特に本学校友会農場の霜害状況を織り込む理由は、実験農場に栽培されたソバ作物についてその詳細を記載するために、ソバ作物がおかれた環境気象条件が降霜当時は無風状態であったことを立証する意味においてなされたものであり、校友会農場の被害状況のあらましを述べ、それを参考にしながら当時における気象条件を把握しようとするものである。したがって校友会農場の霜害実態については別に発表の機会を得たい。降霜は無風晴天下に起る現象であるが、校友会農場は地形が緩傾斜地である関係から大気が流れる現象があり、実験農場は平担であるばかりでなく、草丈けの高低が種々あって気流も無く、静止した大気中において起った霜害であることを前置きして報告をすすめたい。

本学校友会農場は矩形をなし、北側は農家の畑に接続して極めてゆるい傾斜の丘となっており、南側は本農場より約2メートルの高さに台地を形成し所々に喬木の林があるが大体は草地になっていた。東西を結ぶ線はこの農場の対角線と一致しているが、この線は農場の起伏の最低線であり、あたかも河底に相当した形状を呈しており、南北に対してはそれぞれ極めてゆるい傾斜をもっている。

霜害を受けた地域はこの東西に走る河床部分であり、被害作物の主なるものは馬鈴薯であった。この河床部分に位してその上流と見られるやや高い部分にはライ麦が作られ、南北の高い部分には小麦などが作られていたがこれらは外観上被害は受けていない。吉野はこれと同じ状態下における現象について所見を述べているが、それと共通するものが認められ、また田中外⁶⁾2名及び岡山・宇佐美¹⁰⁾もほぼ同じことを発表している。馬鈴薯はそのすべてが被害を受けたものではなく、同一畑でも河床に相当する下流の部分が被害を受け、やや高い部分に位置するものは霜害を受けていない。ただしここで言う霜害とは馬鈴薯の地上茎葉が凍結しあたかも煮られた状態であり完全に組織が破壊されてやがて枯死してしまったものをさしているから、軽度の被害を受けたものは被害を受けたものの取扱いをしていない。霜害を受けた地域をもっと具体的に説明するならば水が低きに集って水たまりが出来、その水に没したと仮定される部分であり、したがって馬鈴薯の畑は40アールの広域にわたるものであるがその中の15アールに及ぶ区域が霜害を受けたものである。

被害を受けた馬鈴薯は第2回目の土寄せを行った後であって、草丈は概ね20~30センチであり、1株あたり3~5本の地上茎が抽出されていた。これらの馬鈴薯は地ぎわ部より3~5センチの高さの上の方がすべて煮られた状態になった。この被害を受けた畑より高い部分に位置するように栽培された馬鈴薯は茎葉の下部が冒⁷⁾されたがその先端の茎葉は被害を受けないか、受けても前者よりは度合の低いものも⁷⁾見られた。しかしこれらの植物はやがてその先端も枯

死したことは勿論である。

実験農場は校友会農場とは近接地にあるが環境条件は異り、概ね平担であって四方は木立ちと建物によって囲まれているから強い風の日でも風害を受ける度合はあまり強いところではない。

この実験農場にはいろいろの作物が作られていたのであるが、なかでもマメ類、ウリ類、ナス、ダイヤ及びソバなどが被害の最も大きいものである。平担なる農場であるが故に校友会農場のような河床に相当する部分の被害と言ったものではなく、不規則に各所に霜害を受け易い作物をねらったように被害が散発的に起ったのである。したがって作物の種類により、またその作物の草丈や茎葉の充実の度合によって、あるいは管理の相違などにより霜害の様相もそれぞれ異っているように見られた。村田⁸⁾は茶葉の浸透圧の変化と気象環境との関連において、生育の段階による霜害の様相を報告しているが貴重なる論文であった。氏の論文によれば本農場における各種作物の被害状況の相違は体液浸透圧の測定によって、更に詳細なる分析を試みることが可能であったと考えられる。

校友会農場は低温になった大気塊が高温で比重の小さい大気塊の下にクサビのように流れ込み霜の池が形成されその池に没入したものが霜害を起したものであって、実験農場の場合は低温になった大気が移動することなくその場所に沈滞して結霜を見たものであると考えられる。つまり実験農場は単なる輻射冷却が理想的に行なわれたための結霜と見ることが出来る。この二つの農場は位置、地形、環境などはそれぞれ異なるものであるが結霜の状況から見ればいずれも全く無風のままであったことが想像される。⁹⁾

記録された気象状況は霜害を受ける前10日間についてソバ作物が栽培された実験農場の百葉箱内において測定されたものであり、これを示すと第1表の通りである。

第1表 霜害前10日間の気象

月 日 (1954年)	最高気温	最低気温	気 温	湿 度
6. 1	21.0°C	5.0°C	19.0°C	41%
2	25.0	5.0	16.0	64
3	25.0	5.0	16.0	83
4	25.0	14.0	17.0	95
5	18.0	13.0	13.0	65
6	17.0	11.0	14.0	70
7	14.0	10.0	12.0	87
8	15.0	8.0	14.0	60
9	17.0	1.5	15.0	45
10	18.0	0.5	17.0	43

註 岩手大学学芸学部実験農場百葉箱による。

即ち6月1日から4日までは日中の最高気温は21~25°Cで高温を示し、5日以降は気温が下がっている。ことに8日からは温度が下り、最高、最低の気温較差が大きくなって、湿度も60%以下となり9日の早朝は当地方においては山間部に降霜あり被害も出ている。¹⁰⁾6月9日は午前中は曇天で時々薄日がさす程度であり、午後に至ってだんだん晴天が多くなったが直射日光は見られず夜になってからは全く晴れ上がっている。風に対する記録はないが降霜の様子から

全く無風状態であったと相像されることは前述の通りである。

10日早朝に至って当地方としては極めて例の少い平地における晩霜に見舞われたのである。即ち盛岡地方は5月9日が晩霜から解放される限界である¹¹⁾。6月10日早朝の最低気温は百葉箱で0.5℃を記録したのであるが、この寒暖計の位置よりも低い圃場の地表においてはこれよりはるかに低温であったことは想像に難くない。

畑地の湿度は7日の降雨の影響によって、9日には地表が十分に乾燥するに至らず、その日の午後にソバの間引きをなす場合には適湿を保っていたものである。また間引きによって攪乱された地表の土塊も白乾するに至らずそのまま日没を迎えたのである。伊東、日下部は土壌水分の異なる場合の地温の日変化について述べ土壌水分含量が大きい程地温の変化も少なくそれだけ作物もまた寒害から免れる可能性を示しているが、今回の畑の湿度はむしろ各区共均一と見なされ、また適湿であると認められるので、土壌湿度の問題は度外視しても差支えないものと考えられる。

ソバの栽培管理の概況

筆者はソバを他の実験目的をもって栽培中であつた。このソバが管理が異なることによって霜害の受け方に顕著な相違があり、将来に起り得る可能性のある霜害を防止する観点からも管理の方法を吟味することが意義あることである。

実験圃場の地形についての概況は前述したが、土質は、砂質壤土であり赤味をおびている。排水状態は高台になっている関係と心土の構造から極めて良好である。

ソバの実験圃場は5月24日に耕起整地して巾91センチ、長さ364センチのあげ床を作り、30センチの畦巾にして長辺に沿うて条播にされたのである。

品種は岩手由来種の早生種(夏ソバ)と中生種(秋ソバ)の2種類を用い、整地施肥を同時に行い、その後直ちに種子が播下されたものである。

観察の対象は8区各3畦合計24畦で、発芽は早生種が5月30日、中生種は5月29日であつた。各区3畦の中1畦は6月1日に、他の1畦は6月9日に各個体間の距離が約6センチになるように間引きを行い、1畦は対照として間引きを行わず可成り密植の様相を呈していた。

6月9日におけるソバ作物の観察では子葉の展開発育は十分ではあるが、本葉はまだ針状に抽出したのみで、全く展開されたものは見ることが出来なかつた。

各区の施肥量が異なるのでその草状には多少の相違があるが本葉が展開しない点では同じであり、その草丈については第2表に示した通りである。

畦上にあるソバ作物の個体数は間引きをしたものとしらないもので異り、その疎密によって草丈を測定した株数は必ずしも同じではないが、間引きをすませた畦上のものはその全個体数を放任区のものとは畦中のある部分を連続的に測定して、各区の草丈平均値については誤差がないようにつとめた。

施肥区分中に無肥料区があるが、これは土壌中に完全に肥料分が含まれないというのではなく、実験のためにとくに肥料を施さないということである。この圃場の各部の肥料成分含量を均一にするため前年度は肥料を施すことなく、前作としてエンバクを、後作としてソバを全圃にバラ播きにしたものであり、前年度のソバ作においてはその生育には差を見ることはできなかった。

施肥の影響については播種後まだ日が浅いので外観上顕著なる相違を認めることができない

が草丈の測定結果からすれば3要素倍量区が第1位にして堆肥施用地区はそれにつづいていずれ

第2表 霜害前日の草丈(岩手在来種・cm)

処理区分	品種	施肥区分		無肥料区	無窒素区	無磷酸区	無加里区	三要素区	三要素倍量区	堆肥単用区	堆肥倍量区	平均
		中	生									
間引 (6月1日)		中	生	5.6	6.8	6.3	7.6	6.3	7.8	7.0	7.2	6.8
		早	生	6.7	6.4	6.5	6.3	7.2	7.3	7.6	7.5	7.0
間引 (6月9日)		中	生	6.2	6.5	6.5	7.8	6.7	7.7	7.4	7.5	7.0
		早	生	6.8	6.8	6.9	6.5	6.8	7.5	7.9	7.7	7.1
放任区		中	生	6.2	6.5	6.5	7.8	6.7	7.7	7.4	7.5	7.0
		早	生	6.8	6.8	6.9	6.5	6.8	7.5	7.9	7.7	7.1
合計				38.3	39.8	39.6	42.5	40.5	45.5	45.2	45.1	—
草丈の高さの順位				8	6	7	4	5	1	2	3	—

も草丈が高くなっている。第1位の3要素区は肥料要素が作物体の吸収によってその栄養体の成長は良好であることは明らかであるが、堆肥のみを施用したる区においては有効肥料成分量は3要素区に比較して少ないはずであるのに、生育は3要素区よりも良好で第2, 第3位を占めている。この事実は有効肥料成分の含量よりも土中水分含量即ちソバ作物に供給されたる水分量が多かったための現象ではないかと思われる。この際には吸水量に比例して堆肥中の有効無機成分の吸収絶対量が3要素区よりも多かったかも知れない。これらの有効成分がそれぞれ異って植物体内に吸収され、しかも体構成物質として利用されたとすれば、体組織の機械的構成及び体液の浸透圧等にも自ら相違が生じてくるはずであって、それが寒害に対する抵抗度の差違として現われてくる可能性がある。

無肥料区及び3要素の1つを欠く施肥区においてはいずれもその生育が劣っているが、本葉抽出前といっても既に土中より無機養分が可成り多く吸収され、しかも体構成のために完全にその役割を果していることを物語るものであると思われる。鈴木は施肥特に加里肥料の施用は熱伝導度を大きくすると言っているので、土壌が吸収する熱量及び土壌からの放熱も多いことになるから霜害には強いはずであり、堆肥等は地中熱の伝導を妨げるから、霜害を助長すると言っているがこれについては筆者は今回の観察結果からすれば疑義を有するので後日検討を加えることにしたい。

ソバの被害の状況

霜害の状況については第3表に施肥区分により各区共総個体数と被害株数及びその割合を示してあるがこれを個体について観察した結果は強度の被害を受けたものでは茎の上半分から子葉及び針状に抽出した本葉を含めてそのすべてが完全に煮られた状態にあり、この様相を呈したものが被害を受けた総株数の98%を占めている。

局部的におかされたものとしては、その数は被害株数の2%にすぎない。これらのものはまたいろいろの様相を示し子葉のみがおかされて葉柄や茎には異状のないもの、子葉がおかされたものでもその全体ではなく、雨滴に打たれたように部分的に円形におかされたもの、あるいは

は子葉の下垂した先端部分のみがおかされたものでこれらは葉上に凝結した細かい水滴が葉先に流下したものであり、また葉柄の部分がおかされたものでは茎及び子葉は外見上正常な状態で残され、子葉柄の分岐点がおかされたものでは本葉の葉脈も同じようにおかされている。本葉であろうと子葉であろうと葉柄がおかされたものは日照を受けてすべての葉片が枯死したことは勿論である。

十分に間引きが行われ、各個体が豊かな空間と地表面積とを保有するものは被害は極めて少く、間引きを行わず放任された密植の状態下にあるものは植物体の地上部全体にわたる被害株が極端に多いが局部的な被害を受けたものは極めて少い。またいずれの区であっても共通的な現象として見られるもののなかに草丈の高いものほどそのおかされ方がつよく、草丈がある一定の高さの水平線上に位するものはほとんどすべてがおかされていることをあげなければならない。

また特徴的な現象としてあげられるものの中に密植されているものが子葉の展開により葉端相接して屋根を構成しその材料である子葉及びその茎の上部のすべてが霜害を受けたことである。ただし屋根の周辺部に位置し茎が斜立して子葉が地面に接するごとく傾いているもの、及び発芽が遅れて茎の伸びが悪く、前記植物の屋根に完全におまわられているものの中でもとくに発育がおくれて草丈が低いものほど被害を受けることが少い。

植物体に局部的に被害を受けたものは間引きされた区においては草丈が余り高くなく、むしろ中程度のものが目立ち、放任区においては草叢の周辺部に多く見られた現象である。これらのことは肥料の成分の如何にかかわらずいずれの区にも散見されたのであるが、その出現割合は極めて少く、被害株総数の2%にすぎないことは前にも述べたところである。

前に草丈の項において述べた如く、3要素倍量区が最も生育が良好でそれに次ぐに堆肥施用区も生育が良好であった。これらは植物生理上からすれば、寒害に強いことが予想されるが第3表に見られる如く、それが必ずしも生育の可良状況に沿った結果は出ていない。堆肥施用区は地熱伝導を妨げて地表温を低下せしめたためにその被害が最も大きかったとも考えられるがそれが真なりとすれば堆肥単用地が第2位の被害を受けなければならないはずである。しかるに栄養的に欠点がある無肥料区及びその1要素を欠くものなどは概して寒害の程度が高く、熱伝導度から最も不都合と見られる区において割合に寒害の程度が少くなっている。これは必ずしも鈴木¹⁾の説とは一致していない。3要素区は最も寒害に強く、それが倍量区になると抵抗度は激減している。即ち今度の霜害は施肥の種類や量には直接的な関係が存在するものと認めることができないのではなかろうか。

以上は植物個体の被害状況についての一般の所見であるが、被害を受けるにあたってそれぞれ個体でその様相は異なるものである。これはその個体をとりまく環境条件によるものであろう。その1つは大気の冷却に伴って冷気塊が地表をほう如くにおよってくること。その2には地表における熱交換のために地中からの輻射熱による温かい空気が地表をおよっていること。3には植物の密生している部分に起きた現象であって子葉がたがいに相接して一種の屋根を構成した部分が被害が著しかったこと。4にはかなり強い冷気に包まれた植物体のある部分は完全に凍結されてしまったと思われること。これは或る程度草丈が高くなった植物体に見られたものである。5番目には植物体上の露滴がついに凍結され、植物体組織をも凍結に導いたと思われるもので植物体上に局部的に散発した被害である。

これらの現象を総合すると植物がその草丈が低く、しかも株間がある程度以上はなれて疎植

の状態におかれた場合には、植物体そのものが太陽光線をさえぎる部分が少く太陽熱が地面に到達して吸収され易いので気温分布からすればほとんど裸地に等しいものになり、最高温度が地表に近接している。したがって夜間における地面からの放熱も多くなって植物それ自体は日中は高い温度に包まれ、また夜間においても大気¹²⁾の冷却が極端でないかぎり日中に吸収蓄積された地熱の輻射によって保護されて寒害からまぬかれることができる。もしも気温降下¹³⁾が著しく、しかも長時間に及ぶ場合においては冷気塊の沈降¹⁴⁾によって地表植物は甚しい冷気⁶⁾に遭遇することになるから寒害は更に倍加されるものと考えられる。このことは田中外2名の樹林帯の防霜機能に関する研究でふれている。また丸山¹⁴⁾は土壤熱伝導度について論じているところから明らかなものである。

第3表 ソバが霜害により枯死した割合(%・被害株数/総株数)

処理区分	品種	施肥区分								
		無肥料区	無窒素区	無磷酸区	無加里区	三要素区	三倍要素区	堆肥単用区	堆肥倍量区	平均
間引 (6月1日)	中生	19. $\frac{10}{53}$	15. $\frac{8}{54}$	13. $\frac{6}{48}$	17. $\frac{7}{42}$	2. $\frac{1}{55}$	13. $\frac{7}{56}$	9. $\frac{5}{54}$	10. $\frac{5}{48}$	12
	早生	26. $\frac{12}{47}$	23. $\frac{11}{48}$	8. $\frac{3}{39}$	9. $\frac{5}{57}$	7. $\frac{4}{55}$	20. $\frac{9}{45}$	30. $\frac{15}{50}$	23. $\frac{12}{52}$	17
間引 (6月9日)	中生	15. $\frac{8}{52}$	13. $\frac{6}{47}$	15. $\frac{7}{47}$	11. $\frac{5}{44}$	13. $\frac{6}{46}$	10. $\frac{5}{51}$	14. $\frac{6}{42}$	13. $\frac{5}{39}$	13
	早生	16. $\frac{8}{51}$	17. $\frac{9}{54}$	12. $\frac{6}{49}$	15. $\frac{6}{39}$	10. $\frac{5}{52}$	15. $\frac{7}{47}$	21. $\frac{10}{48}$	19. $\frac{9}{48}$	15
放任区	中生	86. $\frac{221}{257}$	74. $\frac{86}{166}$	86. $\frac{112}{130}$	77. $\frac{219}{283}$	12. $\frac{10}{84}$	72. $\frac{176}{248}$	66. $\frac{147}{222}$	74. $\frac{214}{292}$	68
	早生	82. $\frac{374}{457}$	82. $\frac{328}{402}$	77. $\frac{196}{254}$	48. $\frac{66}{137}$	74. $\frac{262}{356}$	76. $\frac{210}{275}$	77. $\frac{176}{230}$	88. $\frac{272}{309}$	76
%の合計		244	254	211	177	118	206	217	257	—
被害%の高い順序		3	2	5	7	8	6	4	1	—

間引きが行われないまゝ密植されている状態下にあるときは植物体は前述のような局部的被害を受けるものが少く、ほぼ斉一の状態¹⁰⁾で寒害を受けるのであるが、この場合は太陽熱を吸収する面が2つ存在することになり、1つは草面であり、他の1つは地表面である。前者は子葉で構成された屋根であり、昼間においては太陽熱を吸収するが夜間においてはこの草面の冷却は地表面よりも甚しくなると、その冷気塊はその位置に沈降して草間を満すようになる。しかも草間における空気の交換は裸地よりも緩慢¹⁵⁾であって冷気はそのまゝ草間に停滞する可能性が大きい。したがって草面温度の降下¹⁶⁾が甚しい場合にはむしろ裸地よりも草間温度が低下¹⁷⁾することが考えられる。これが密植されている植物の集団が寒害を受ける割合を激甚にする原因と思われる。

さらに第2の面である地表面は植物で被われている場合においては太陽からの熱の吸収は裸

地よりも少いから熱の蓄積も行われぬ。しかしながら地中からの放熱が行われているのでその熱のために地表は絶えず温められている。¹²⁾ このように夜間における草間の温度の高低を決定するものは草面から流入する冷気の温度及び寒冷の持続時間と地中からの放熱による草間気温の上昇とその持続時間との関連において決定されるものであろう。これらの消息を明らかにするため当時の状況をソバ植物の被害の様子から分析して見ることにする。

ソバが6月10日早朝の霜による被害のため枯死した割合を第3表に示したが、間引きをしたものは枯死割合が大体において20%以下であるのに対して、間引きをやらずに放任された密植区においては枯死したものが70%またはそれ以上に及んでいる。これを品種について比較して見れば、常識的には中性種の被害が大きくなければならないように考えられるが、これとは逆にすべての場合に早生種の被害が大きいのである。盛夏期に播種期と生育期を有する中生種が被害の割合が小さく現われていることは注目すべき現象であって、それには何等かの原因がありそれをつき止めることがまた吾々に課せられた責務でもある。

ソバの被害状況の分析と考察

I 間引きの時期による霜害の相違 間引きの時期が相違することによって霜害がどのように変つたか。間引きの目的は植物個体が健全な発育をとげるために植物個体間の無用の競合をさげようとするもので、間引きをすることにより植物体は十分なる陽光を受け、炭酸同化作用が促進されて炭水化物の生産が多くなり、地中からは無機物の吸収が盛んになってくる。そのために¹⁸⁾栄養状態が好転し健全なる植物体となる。ことに炭水化物の蓄積は耐寒性と関係をもつことから、間引きによって健全に育った植物体は霜害に対して抵抗力が強くなると考えられるのである。しかしここで重要なことは作物の栽培にあたり、間引きをすることによって圃場の気象がどのような影響を受けるかと言うことである。第4表はこの消息を明らかにする一資料である。

第4表 間引きの時期による霜害の割合(%)

間引の時期	施肥区分	無肥料区	無窒素区	無燐酸区	無加里区	三要素区	倍三要素区	堆肥単用区	堆肥倍量区	平均
6月 1日		45	38	21	26	9	33	39	33	30.5
6月 9日		31	30	27	26	23	26	35	32	26.5

註 材料は第3表による。

間引きが十分行われた場合と間引きをしないまゝに作物が密生している場合とを比較すれば前者は地表が植物に被われぬで裸出する部分が多いことになる。裸地の地表では地表輻射による熱の損失が大きい¹²⁾が、また地表に到達する太陽熱を吸収することも大きい。しかしながら反面においては土壤熱伝導によって絶えず地中から熱の補給が行われている⁹⁾。また結露結霜の現象が起れば、潜熱が放出されて地表の気温が上昇する。したがって土壤の材料や温度或は耕やされることにより地表面が攪乱されて表面積が拡大したか、填圧された形で平坦になり地表面が縮小されたかなどによって条件が異なってくるが、一般的に密に平坦にでき

た地表は熱交換が少く温度較差が少ないものと考えられる。6月1日に間引きされたものはその後の降雨の打撃によって地表は緻密平坦であるものと認められる。6月9日に間引きしたものは農機具を以って中耕したものはその趣きが異なるが6月1日に間引きしたものに比すれば植物の根が引き抜かれたためにその表面は可成りの凹凸がある。即ち表面積が拡大されている。

霜害を受けた割合は間引を行った区と間引きをしないで放任した区では第3表で見ると極めて顕著な違いが表われている。草のあるところでは叢中の温度は裸地に比して昼間は低く夜間は高いが葉上の温度は夜になって極めて低下する。それは茎葉の表面積が大きいために放熱が盛んであり、地中から伝導される熱は葉上またはその附近の温度を攪乱して升温せしめるほど強度にして持続的なものではないからであろう。したがって夜間において草生地は葉上が自らの放熱によって冷却され、その周囲の空気も冷却されるから比重が増して沈降するが地中補熱が比較的多い場合には地表には降霜を見ることがない。しかしこのような場合であっても葉上には結霜を見るのが普通である。

この圃場におけるソバの密植放任区における被害が大きい理由として考えられることは草生が密であったため葉縁相接して一種の屋根を構成し、屋根におゝわれた地表気温は夜間においては却って上昇することがあるが、屋根または屋根に近接する部分では温度の降下を促進することがあるためこのような結果を見たものと言える。降霜の季節に植物体をコモ又はその他の防寒性の材料をもっておゝうが、その霜傘は元来霜害を防止するための装置でありながらその原理を十分に理解することなしにこれを応用する場合、植物体のある部分が霜傘に接したり、またその附近において大気に露出する時には却って霜害を助長する場合がある。正務は晩霜に対する技術的調査において草上温が -3°C 以下を強霜とし、それ以上を弱霜として区別している。霜傘に接する表は最低の気温を示し、その裏面においても外表と殆んど同程度の温度の低下を見る。そのために鈴木は霜傘の使用に対して特別に警戒を与えている。

尚ほ第4表について見るに、間引きをすることにより植物の1個体に対する日光投射総量が多く、密植されているものよりも炭酸同化作用による生産物の含量が多いはずであるから、それが多ければ耐寒性も強くなるものと考えられ霜害からまぬかれる可能性が存在するがこの観察では間引きの日が近接しているために、その効果がとくに表われているとは言えない。

今度の霜害は植物体構成成分との関係を越えたもので、ソバ作物にも寒害を受ける限界温度が存在するにしても、いずれもこの限界を超越したため、これらの資料では比較検討することができないのである。しかしながら間引をすることが霜害を緩和することにならないと言うのではなく、間引きをすることにより霜害の防禦には効果的であることがこの観察結果から極めて明らかになったのである。更に肥料効果については未だ本葉展開前であるため地中より吸収された無機物の影響は微小なるものと想像されるが間引きされた3要素区において、その被害が有意の差を以って少いのは植物体内の栄養の均衡が大切であることを示しているものであろう。

したがって播種するに当っては速効性の主要3成分を施用することは、少くとも晩霜から作物を保護するため考慮されなければならないことであると思われる。第4表に見るように3要素区は6月1日及び6月9日の両区とも9%と23%で被害の最低を示している。これは間引きの問題とは別に考察されなければなるまい。この際においては体内貯蔵成分と草丈の高さの2方面の相乗積が霜害を軽減したと見るべきかも知れない。

I 品種と霜害 作物も種類によって低温に対する抵抗度が異なるが、品種間においても

このことは認められている。即ち低温期に播種されるものは高温期に播種されるものに較べると低温に対する抵抗度が高いと見るべきである。

第5表 品種と霜害との関係(%)

品種別	間引時期	施肥区分								平均
		無肥料区	無窒素区	無燐酸区	無加里区	三要素区	倍三要素区	堆肥単用区	堆肥倍量区	
中生種	6月1日	19	15	13	17	2	13	9	10	12
	6月9日	15	13	15	11	13	10	14	13	13
早生種	6月1日	26	23	8	9	7	20	30	23	17
	6月9日	16	17	12	15	10	15	21	19	15

第5表は品種間の抵抗度の比較であるが、早生ソバは播種期を5月に有し、晩霜の害を考慮しつつ種子が播かれるのであり、中生種は7月下旬の最高温期にその播種期を有するものである。したがって今回の霜に対しては早生種が強い抵抗度を示さねばならないわけである。しかるに間引きを行った区の比較においては早生種が8区ある中で6区が中性種よりも多くの被害を受け、中性種よりも被害の少ないのが僅かに2区だけであって、予期に反する結果を生じている。品種間の抵抗度は元来著しく大きな相違が存するものではなく、あくまで比較的問題である場合が多いから、気温がその限度を越えて低下するときには、もはや抵抗度を比較することは不可能である。今回の霜害では低温に対する抵抗度が品種の差を越えたものであると考へられたのであるが微気象学的気温の測定はなされていない。また事前にこれらの品種の耐寒性の比較実験記録もない。したがって今回はその実績を記録するにとどめることにする。結果的には反対の成績がでてゐるが、これは他の因子が強く作用しているものと思わなければならない。それは後述する観察によって確かめられるであろう。

Ⅱ 草丈と霜害 第6表は草丈と霜のために被害を受けた個体数の関係を見るために記載されたものである。

第6表 草丈と霜害との関係(被害%/草丈の平均cm)

品種	間引時期	施肥区分								平均
		無肥料区	無窒素区	無燐酸区	無加里区	三要素区	倍三要素区	堆肥単用区	堆肥倍量区	
中生種	6月1日	19/5.6	15/6.8	13/6.3	17/7.6	2/6.3	13/7.8	9/7.0	10/7.2	12/6.8
	6月9日	15/6.2	13/6.5	15/6.5	11/7.8	13/6.7	10/7.7	14/7.4	13/7.5	13/7.0
早生種	6月1日	26/6.7	23/6.4	8/6.5	9/6.3	7/7.2	20/7.3	30/7.6	23/7.5	17/7.0
	6月9日	16/6.8	17/6.8	12/6.9	15/6.5	10/6.8	15/7.5	21/7.9	19/7.7	15/7.1

早生種と中性種の草丈を比較してみると早生種の方が比較的高くなっている。これは本来の

自然の播種期に播種されたものであって、その当時の気温に適応して生長が順調に進んだためであると見られる。また中生種は本来ならば7月下旬にその播種期をもち、この地方としては最高温期に栽培される作物である。これを播種期を早めて5月末に播種されたため気温が低すぎて生育も進まなかったのが事実である。この2品種を比較して見ると、低温に対する抵抗度は早生種が強くなければならないが、観測の結果では品種間の相違を越えて、むしろ草丈が高かったことが霜害を強めた原因と見られるのである。

草丈と言っても10センチ、50センチ、100センチ等の高さの差がある場合にはまた異った被害現象が表われるのであるが、今回観察された資料はいずれも10センチ未満のものであるから主として地表またはそれに接近する空間の気象状況を推測することができるだけにすぎない。こゝで見られる現象は、草丈が若干高いことによって霜害が強くと表われたということで、このことは即ち当夜における霜の結び方と地中からの補熱の様相をうかがうための指標をなすものであろう。

草丈が高いほど霜害を大きくするものであるとは一概には言えないことで、草丈の高さによつては、地際部に相当する下部と梢端に相当する上部がおかされずに、その中間だけが寒害を受ける場合も考えられる。丸山、山本¹⁰⁾は冬季畑地における笹立ての役割について研究した結果、笹立てのために地表5センチのところは気温が却って低くなると報告した。それは冷氣層がある厚さを保つとき、その植物個体にとって寒害を与える限界温度にはその冷氣層の下面と上面を堺として、その両面にはさまれた、いわゆる冷氣塊に包囲された部分が寒害を受け、その範囲外にある部分は寒害を受けないですむ場合があるからである。この下の限界を丸山は気温の逆転層と名付けている。

ここに示されたソバの場合では、その植物体がこの冷氣層の下面に当たったところから上部がおかされたものであり、草丈が低いために冷氣層の上面限界よりも上層に遭遇することができず、地表の一定の高さ即ち気温の逆転層より上の冷氣層に完全に包囲されたから、植物体が地際部よりある高さ以上の部分がすべて寒害を受けたのである。したがってこゝでは寒害を及ぼした冷氣層の厚さを判定することはできない。たゞ地中補熱による温気層は、地表面2～3センチの高さに拡がっていたことは、ソバ作物はその高さをもって寒害を受けたことから判定される。気温の逆転層が地表より8センチ以上即ち草の高さよりも高いところがあればこれらのソバは寒害を受けないですんだことも考えられる。

草丈が低いために寒害からまぬかれ、それよりも高いものが寒害を受けたことは、地表温度がある程度高く保たれ、それよりも上層の部分は温度が低いことを示したものである。比重の大きい冷氣塊が地表に接しなければならぬはずでありながら、地表に接する部分に寒害が見られないことは、即ち地表には常に地中から熱が補給されていることを示したものである。

しかしながら地中補熱が常に行われつゝも、尚地表には結霜を見ることが多いのである。これは気温の降下する割合が地中補熱よりも大きい場合の現象であつて、春先きのように地温が漸次上昇しつゝある季節には地表結霜が比較的少なく、また気温低下が著るしくないような場合も同じ現象が越り得る。また冷氣塊が移動するような傾斜地などの場合にも局部的に地表結霜が多くなる可能性がある。このようなときには降霜や霜による寒害の様相は自ら異つてくるはずである。

IV 地表の表面積と霜害 6月1日に間引きされたものは6月9日までの9日間に降雨に遭遇しているので雨滴のために叩かれた地表は平坦緻密になり、表面積は極小になっている。

6月9日に間引きしたものは、その後において特に白乾するほどの強い日照を受けることもなく、また風もない曇天であり日没ごろより漸次晴天になったのであるから、間引きによって乱された地表はそのまま降霜時まで維持されていた。これは被害調査時において確認されたことである。

このような地表における表面積の相違は地表からの熱の輻射に影響をもたらされなければならないはずである。即ち地中に蓄積された熱が限られた量のものであれば、地表の凹凸の著しい表面において当然輻射熱の放散が大きくなりその地表温度の冷却が促進されるのである。

理論上から6月9日に間引きされた圃地において被害が増大すべきであるが、実際においては、第4表に見られるように8区ある中で2区だけが6月1日のものよりも多くの被害を受けているにすぎない。その他の6区は却って寒害を受けることが少くなっている。これは畑の地表面積が拡大されることだけで結霜そのものが複雑な因子の組合せ如何によって決定されるものであることを示したものと思われる。

今度の観察結果からすれば地表からは輻射によって熱が失われ、接地気塊が常に冷却されているわけであるが、それと同時に反面においては、伝導または対流によって地中から地表に向けて熱が補給されているため地表は温められている。この両者の釣合が破れ放熱が補熱よりも大きい場合のみ地表に結霜が見られ、寒害を誘発することになるのであると考えられるが、今回においては間引きをしたために地表に凹凸ができて地表面積が拡大され放熱が増加されても、その熱のためにとくに地表植物を寒害から保護するほど強いものではなく、また持続的でもなくそれよりもむしろ他の原因による接地気塊の冷却が著しかったため、地中からの補熱の効果を超越してついに植物を寒害に追いこんだものである。したがって実験圃場においては地表の平坦なるものと然らざるものとの間に、寒害を受ける度合に差がでなかったのではないかと思われる。

ま と め

晩霜によるソバ作物の寒害の状況を報告するものである。結害当夜の百葉箱における最低気温は 0.5°C であった。

ソバ作物は草丈10センチ未満の幼植物であり子葉は十分展開したが本葉はまだ針状であり展開するに間もないものである。これを間引きすることによって個体当りの空間と地表面積を十分に与えたものでは寒害を受けた個体数を20%以下におさえ、間引きを行わず密植されていたものは70%以上の被害があった。

品種や地表の状態などによる寒害の相違は比較することができなかったが、間引きをしたものもしないものも共通して草丈が高かったことが寒害を助長している。

これは地中補熱によって保護されたものが寒害をまぬかれ、草丈が高いため、地中補熱の影響を受けることが少なかったものが寒害を受けたものと思われる。

密植されていたものではこの外に霜傘を形成して自らが寒害を激甚ならしめたものと思われる。

この観察では晩霜による寒害の軽減あるいは予防として間引きを励行し個体当りの空間と地表面積を多くすることが微気象の上からと植物体が強く育つことによる抵抗力の増強と言う観点から効果的であり、密植はその逆の関係から寒害を助長することを実証したものである。

(昭和39年1月21日)

引用文献

- 1) 鈴木清太郎 荒井哲男 霜害の可能性(予報2報) 農業気象 vol.7. No. 3—4.1952.
- 2) 鈴木清太郎 寺田美夫 荒井哲男 霜害の可能性(予報) 農業気象 vol.7. No. 1.1952.
- 3) 菅原金治郎 冬野菜の凍結に関する研究、岩手大学学芸学部研究年報 vol.5.1953.
- 4) 吉野正敏 冷気流と冷気湖に関する最近の研究(講話) 農業気象 vol.15. No. 4.1960.
- 5) 吉野正敏 ドイツにおける霜害の小気候的研究(講話) 農業気象 vol.12. No. 3.1957.
- 6) 田中貞雄 谷沢恒夫 柿沼計 樹林帯の防霜機能に関する研究(3) 農業気象 vol.15. No. 2. 1960.
- 7) 庄司清吉、柿の若木における寒害、科学 vol.8. No. 8.1938.
- 8) 村田茂三 晩霜期前後における茶葉の滲透圧の変化と気象環境との関連 農業気象 vol.14. No. 1. 1959.
- 9) 鈴木清太郎 農業気象学 東京 1951.
- 10) 岩手日報 1954.6.10.
- 11) 岩手県農業改良普及会編 農業改良総典 昭和32年度版.
- 12) 中川行夫 坪井八十二 地中に入出する熱量の1測定 農業気象 vol.8 No. 1.1953.
- 13) 中川行夫 坪井八十二 植物体温に関する研究(第5報) 凍霜害対策としての氷結法及び燃焼法時の体温、農業気象 vol.14. No. 4.1959.
- 14) 丸山栄三 土壌温度伝導度・熱伝導度・比熱・比容に対する土壌水分の影響(予報) 農業気象 vol.12. No. 4.1957.
- 15) 丸山栄三、山本祐三、冬季畑地における笹立ての役割について、農業気象 vol.6. No. 1.1951.
- 16) 岡山正夫 宇佐美滝夫、熊谷の晩霜について、農業気象 vol.7. No. 2.1952.
- 17) 永田四郎 奈良春日山原始林を中心とする微気象学的観測、農業気象 vol.7. No. 3—4.1952.
- 18) 安田貞雄 植物生理学的栽培学汎論 東京 1930.
- 19) 正務章、米久保義勝、松本地方における晩霜予報の技術的調査、農業気象 vol.10. No. 1—2. 1955.
- 20) 小沢行雄、本田勲夫、梨の凍霜害に関する一実験、農業気象 vol.11. No. 1.1956.
- 21) 伊東祐政、日下部正雄、土壌水分の異なる場合の地温の日変化、農業気象 vol.6. No. 3—4.1951.
- 22) 吉野正敏、霜の危険度を地形図によって小気候学的に推定する一方法、農業気象 vol.15. No. 3. 1960.

(註)「農業気象」は日本農業気象学会論文誌.