



| | |
|------------------|---|
| Title | ソ聯における耐寒性諸問題に関する現状 |
| Author(s) | 酒井, 昭; SAKAI, Akira |
| Citation | 低温科学. 生物篇, 14, 125-140 |
| Issue Date | 1956-11-26 |
| Doc URL | https://hdl.handle.net/2115/17592 |
| Type | departmental bulletin paper |
| File Information | 14_p125-140.pdf |



Akira SAKAI 1956 On the Recent Researches on the Cold- and Frostresistance of Plants in URSS. *Low Temperature Science, Ser. B, 14.*

ソ連における植物の耐寒性**の諸問題に関する現状*

酒 井 昭

(低温科学研究所 生物学部門)

(昭和 31 年 8 月受理)

我国にあるソ連の文献は限られているし、単行本は入手出来ない現状であるから、研究成果の詳細について知ることが困難で、いろいろ不備の点もあるが、最近 2 年間の論文を中心に、ソ連に於ける植物の耐寒性に関する研究の現状をまとめてみた。植物の耐寒性の問題を育種的問題と生理的問題の 2 つに分けて考えることにする。

I. 耐寒性種の育種的形成

耐寒性がどうゆう環境の下で形成されるか。どうして耐寒性種を作り出すか。ソ連では耐寒性の弱い春播穀類を人工的に秋播穀類に変えて、その性質がまだ充分に固定しないうちに、適当な条件を与えて耐寒性の大きい秋播穀類をえている。又春播型と秋播型とを交雑して、雑種の子孫を耐寒性が増大する条件で栽培する方法も用いられている。いずれにしても環境の影響の下で遺伝性が変り、獲得形質が遺伝するという立場に立つて仕事が行なわれている。春播型から秋播型への変化の問題は耐寒性種を作るという実際上の問題とともに、遺伝性の変化、獲得形質の遺伝という生物学上の重要問題をも含んでいるので、ソ連では最も重要視されている。以下具体的な事実に基づいてこの問題を調べてみよう。

T. D. Lysenko (1952), M. V. Veselov (1951), N. P. Glinyanyy (1951) 等は春播小麦を秋にまいて秋播小麦に変える事が出来たが、これらの人々はいずれも耐寒性の小さい春播小麦を秋播に変えるには、繰返し秋播することが必要であると述べている。然し文献上の実験データは春播型を秋播型に首尾よく変えるために、秋どの時期に播いたらよいかについては、答えてくれない。多くの研究は晩秋に播いた方がまさっているという一般的な指示を与えているにすぎない。Trukkinova²⁷⁾ (1954) は第 1 回及び第 2 回目の秋の播種をどの時期に行なつたらより

* 北海道大学低温科学研究所業績 第 350 号

** ここでいう耐寒性とは越冬性という意味である。耐凍性とは植物の凍結に耐えうる性質の意味に使う。両者を区別出来難い場合もあるが、区別出来る場合は出来る丈区別することにした。

確実に変化が起るか、又播種する時期の意義を究明するために、モスクワの条件で春播小麦を秋播小麦に変える実験を行なつた。春播型が秋播型に変つたという判定は2つの方法が用いられている。即ち秋播小麦は春播いた場合出穂しないから、春播いて出穂するかしないかで判定出来る。他の方法は一般に軟質春播小麦は毛茸をもっているが、秋播小麦は毛茸がないか又は少ない。殊に Mil'turum 321 という品種は、春播型が春播型に変つた場合も、毛茸のなくなることが多くの実験で知られているので、毛茸のなくなることが春播型の秋播型植物への変化の判定の指標として役立つ。毛茸の存否は、自然条件又は温室で小箱に播種して、発芽植物の毛茸のある、なしで発芽後短期間に簡単に判別出来る利点がある。また秋、播種して毛茸のあるものと、ないものをマークしておいて、その後両者の耐寒性の差や遺伝性の変化の差等を追求出来る利点もある。彼は1951年秋に3つの品種を8月25日から11月10日迄5日毎に播種した。9月30日以後に播いたものは春に発芽した。越冬率は10月5日と9月25日が最もよく、8月及び9月中旬までに播いたものは最もわるく、10月中旬以降も又わるかつた。収穫後各バリエーションについてそれぞれ100~105粒宛小箱にまいて、毛茸の存在をしらべたが、1回だけ秋に播いた場合には、どの播種の時期も皆春播型で秋播型は含まれていなかった。1951年の8月25日~11月10日まで5日毎に、前年の各バリエーションについて第2回目の秋の播種をおこなつた。翌年8月中旬収穫後、小箱に各バリエーション50~100粒を播種して毛茸の存在を調べ、又残りの種子を春播いて出穂の有無を調べた。毛茸のないもの、即ち秋播型は第2回目に8月25日及び9月5日に播いたものが最も多く、それは75%に達している。それよりおそい時期に播いたものには、秋播型は少量または全く存在していない。更に出穂試験では、秋播型の最大量が62%で8月28日に第2回目の播種をしたものである。9月25日以後に於ては秋播型は殆んど存在しない。彼は播種の時期は第1回目も第2回目もモスクワの条件では8月末か9月初めがよい、殊に第2回目に秋早く播種することが変化型を作り出す上に効果があると結論している。

Sultanbaev²⁶⁾ (1954) も同様な実験を詳細に行なつている。彼は第1回目の播種は9月下旬以降がよく、第2回目の播種は、8月末から9月初旬の方が効果的であると結論している。彼は同一品種を2年間同じ時に播いても、年によつてその実験結果が異なつていと述べている。即ち1951年8月27日の第2回目の播種においては毛茸のないものは0.7%以下であるのに、1952年8月27日の第2回目の播種に於ては27%であつて、年によつて変化の数が著しく異なつているが、その原因にはふれていない。彼は3回つづけて秋いろいろ時期に播いて、変化型の量をしらべているが、2回目に早く播いたバリエーションにおいては、毛茸のないものの量が増加して40~60%になつているが、2回目によりおそく播かれて、毛茸のない秋播型を殆んど含んでいないバリエーションでは、たとえ第3回目に早い時期にまかれても、毛茸のないものの量は殆んど増加しない。従つて彼は春播から秋播型への変化過程における決定的な要因として、第2回目の秋の播種時期を問題としている、即ち8月下旬9月初旬に播種すると変化量が

多いと結論している。

2回秋播した後、3回目の秋に播種をして発芽後に、毛茸のない植物と、2回播種しても猶毛茸のある植物との耐凍性が比較されている。又それが一度も秋播きされない春播小麦(対照)や、秋播小麦 Lyutestsens 329 とどのように異なっているかが調べられた。1月8日、クラウンの深さに於ける最低温度が -15°C にさがった。その時小麦の植えてある箱を掘出して温室に入れて、害の度合をしらべたが、毛茸のあるものは害が多いが、毛茸のないものは害が少なかった。春に越冬割合を調べたが、毛茸のないものは、秋播小麦 Lyutestsens 329 と同程度に殆んど全ての植物が越冬している。(第1表) 又第2回目の秋播後において、なお毛茸がありながらもよい越冬を示すものも生じている。

第1表 2回秋播後に於ける春播小麦 Mil'turum 321 の性質

| 小麦の名称 | 第2回目の播種時期 | 毛茸のない植物の数% | -15°C の温度に生残った植物の数% | 越冬率% | 春播いた場合の出穂 | |
|---------------------------|-----------|------------|-------------------------------------|------|------------|-------------|
| | | | | | 出穂しない物植の数% | 異常出穂した植物の数% |
| 春播小麦(対照) Mil'turum 321 | — | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2回秋播後の Mil'turum 321 | 8.13 | 11.3 | 25.9 | 35.0 | 13.8 | 9.2 |
| 〃 | 8.18 | 12.2 | 25.6 | 28.5 | 15.3 | 8.2 |
| 〃 | 8.23 | 6.3 | 24.2 | 48.4 | 11.9 | 6.0 |
| 〃 | 8.28 | 0 | 2.1 | 8.5 | 3.5 | 7.0 |
| 〃 | 9.2 | 0 | 0 | 8.5 | 1.2 | 4.9 |
| 〃 | 9.7 | 1.1 | 3.3 | 15.1 | 1.3 | 2.5 |
| 〃 | 9.12 | 0 | 0.8 | 0 | 0 | 0 |
| 〃 | 9.17 | 1.7 | 1.7 | 11.1 | 2.6 | 3.9 |
| 〃 | 9.22 | 0 | 4.4 | 7.4 | 3.7 | 4.9 |
| 〃 | 9.27 | 0 | 1.1 | 14.3 | 1.2 | 1.2 |
| 〃 | 10.2 | 0 | 1.2 | 11.8 | 2.3 | 3.4 |
| 〃 | 10.7 | 1.2 | 2.3 | 15.9 | 3.8 | 2.6 |
| 〃 | 10.12 | 0 | 1.2 | 18.4 | 0 | 6.3 |
| 〃 | 10.17 | 0 | 0 | 8.6 | 1.1 | 5.6 |
| 〃 | 10.22 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2.3 |
| 〃 | 10.27 | 0 | 2.4 | 9.7 | 1.2 | 4.7 |
| 〃 | 11.1 | 0 | 4.2 | 11.2 | 0 | 5.2 |
| 〃 | 11.6 | 0 | 0 | 7.4 | 0 | 2.4 |
| 〃 | 12.12 | 0 | 2.8 | 8.7 | 0 | 2.3 |
| 秋播小麦 Lyutestsens 329 | — | 100 | 97.9 | 95.4 | 100 | 0 |

春播小麦から秋播小麦への変化過程に於て、秋播小麦と春播小麦を交雑した場合と同様に秋播型、春播型、出穂の時期のおくれたもの、出穂期間の長びいたものなど春播小麦と秋播小麦との交雑の場合に見られると同様な遺伝的多様性がみとめられた。本論文に於ても2回の秋

播で秋播型が生じている。こうして生じた秋播型は遺伝的に充分固定していないが、秋に播く限りその秋播型は変化しないものと考えられる。耐寒性のない春播小麦の中から、2回の秋播きではげしい淘汰を受けたとしても、かなりの耐寒性をもつた小麦が現われてくる事實は、耐寒性の形成という点からみて興味深い。

Sergeyev²³⁾(1956)はロストフで春播硬質小麦を秋播軟質小麦にかえる実験を5年間行なつた。そして変化型が最もよく得られる秋の播種の条件として、最初は晩秋に播き、次で早秋(9月15日~10月1日)にまくことが必要であると報告している。2回目に晩秋にまいても変化型は少ない。又始めから4回つづけて晩秋だけにまいた場合でも変化型は少ない。早秋にまく前に1回晩秋にまいておくことが必要であると結論している。春播型はロストフの条件では全部凍死してしまうが、変化型は例外なく秋播小麦程度に越冬出来ることを報告している。

秋播大麦は早生(春播より10~14日早い)であり、収量も1.5~2倍多いが、冬に凍害を受けるので、秋播大麦はソ連の南部地方で栽培されているにすぎない。このために従来から耐寒性の大きい秋播大麦を作り出すことが問題となつている。Garkavyy⁶⁾(1956)は1945年いろいろの春播大麦を3年間(9月下旬~10月初旬)オデッサにて秋播して冬の寒さによつて淘汰を繰返して、越冬性の変化をしらべたが、淘汰しない対照の品種は殆んど越冬できない。もつともよく越冬する品種でも8%以下である。それに対して3年間つづけて淘汰したもので同じ条件で約60~80%の越冬率をしめし、耐寒性の秋播大麦よりもよい越冬率を示すものもあらわれた。このようにしてつくられた変化型の中から、耐寒性のより大きいもの間で交雜を行なつた。雜種は環境によつて変化を受けやすいので、雜種を作つて耐寒性を増大するのに好都合な条件で何代も栽培淘汰して、耐寒性種を作ろうとした。交雜した雜種を晩秋にF₅まで栽培淘汰して、耐寒性の大きい秋播大麦 Krasnyy dar よりもはるかに越冬率の高い新しい大麦がえられた。(之は Odesskaya 17 とよばれる)。更に3年間、秋播大麦 Krasnyy dar と新品種の Odesskaya 17 について人工条件(-13~18°)で或は自然条件で3年間にわたつて耐寒性をテストしたが、いずれの試験も秋播大麦 Krasnyy dar よりも新品種の方がよい越冬率を示した。

従来低温の影響で硬質小麦(Tr. Durum Deef)が軟質小麦(Tr. Vulgare Host)に変わるから、耐寒性の硬質小麦は得られないといわれていた。Shulyndin^{23,24)}(1945)は春播性硬質小麦又は半秋播性小麦と秋播性軟質小麦の種間交雜雜種を、耐寒性が高められるように初秋にまいて、第4代に於て約-20°Cの温度に耐え、秋播型と同程度に越冬出来る硬質小麦を作つた。その研究に於て雜種のうちで軟質小麦の方が硬質小麦よりも2倍早く耐寒性が形成される。耐寒性の大きい硬質小麦を早く作る主要な点は、春播性の親小麦として、耐寒性の大きい種類を利用することである。猶 F₁においては、春播性が秋播性よりも優性であるから耐寒性は弱い。(F₂に於て分離を示す)、然も F₁に於て耐寒性を示したその組合せは、それにつづく世代に於て大きい耐寒性の植物を早く形成する傾向がある。又 F₁の栽培条件、即ち播種時期が第3代の子孫の耐寒性に著しく影響を及ぼした。即ち F₁の半分は9月7日に、他の半分は12月11日に

播種した。12月11日に播種した場合は翌春に発芽した。F₂はいずれの群も9月上旬にまかれた。この冬はあたたかでも雪が多かつたので、耐寒性の小さい春播小麦型を除いて両群とも、同程度に越冬した。第3代は両群とも8月末にまいて、冬にF₁の2つの播種時期が、第3代の耐寒性にどういふ影響を与えるかをしらべた。寒さによつて何の害も受けなかつた第3代の119の植物を調べたが、平均して第1代の秋の播種からの子孫の方が、冬播種からのものより23%多い。この際F₂はすべてのものが9月7日にまかれているから、第1代につづく2年間同様な条件で栽培されても、第3代における差が減少しない。彼は第1代雑種の若い植物に対する、秋の条件の作用が第1代雑種の遺伝的基礎に影響を与えていると説明している。彼の論文にはF₁の2つの群の越冬割合の記載がない。F₁の播種時期を較べると、9月に播いたものは、12月に播いたものよりも、はげしい淘汰を受けるために、弱いものはやられてしまう。12月の方は吸水してやつと発芽するが春まで地上部に出ないので、淘汰が前者ほどきびしいとは考えられない。F₂は同程度に越冬しているようであるから、F₃では9月播種のものの方が強い品種を多く含むことは当然である。然し彼の説明のようにF₁に於ける淘汰の差の外に、9月にまくことは秋播型の性質を形成する上に効果があつて、それが第3代に影響を及ぼしたとも考えられるが、F₁の越冬割合のデータがないから判らない。

以上の論文のように春播型を秋播型にかえたり、更にその変化型間の交雑を行なつたり、あるいは春播型と秋播型を交雑したりして、遺伝性を不安定化して、可塑性の大きい状態にしてから、秋の適当な条件下で播種して、秋播性を強めて耐寒性を形成しようとしている。このようにして秋2、3代播種されただけでは、まだ未固定でかなり自由のきくものであるから、管理をあやまると獲得された性質は容易に失われるおそれがあるので、世代毎に越冬条件をきびしくすることによつて、耐寒性を増大せしめ、その性質を固定化して行く方法がとられている。又新品种はそれぞれの栽培地で充分適応するように考慮されている。現在このような方法によつて、シベリヤの厳冬に耐え得る耐寒性品種の育成がかなりの成果をあげている。

実際には行なわれていないと思われるが、上の考えから、もう一つ他の方法が考えられる。即ち秋播型を春播型に変えてこの変化型を出発材料として用いる、あるいはこの変化型と他の秋播型との交雑雑種も出発材料として用いられるはずである。最後に残る疑問はソ連以外の多くの国で通常行なわれている耐寒性の大きい秋播型間の交雑雑種法が、ソ連では行なわれていないようであるが、この方法が上の方法と較べて劣つているかどうか現在比較するデータがない。春播型を秋播型に有効に変える条件も現在のところ明確ではない。年々条件が異なる自然条件で実験が行なわれている限り、この条件を解明することは困難であろう。

従来秋播穀類のヤロビザツイアは0°C以上の温度で行なわれていたし、0°C以下ではその可能性がないと主張する人々が多かつた。(Nedesneva, G. N., Fedorov, A. K., Lysenko, T. D.¹⁷⁾ 又一部の人々は (Razumov, V. I., Kul'chitskaya, Z. A., Shimanskiy, N. K., Porutskiy, G. V.) 秋播穀類が-2°C, -4°Cの温度でもヤロビザツイアの過程を経過出来ることを認めていた。

Razumov and Oleynikova³⁰⁾ (1955) は秋播穀類がヤロビ段階を通過出来る温度条件を知るためにライムギ、小麦を用いて、 $+2\sim 0^{\circ}\text{C}$ で20日間ヤロビザツイアを行なつてから(20日間では穂が出ない、 0°C でのヤロビ日数は記載がない)それぞれ更に10, 20, 30, 40, 50日間 -4°C 及び -6°C でヤロビザツイアを追加した後、同一時期に播種して出穂率を調べたが、 -4°C では10日後から漸次出穂率がまして、30日以上おいた場合には出穂率100%であつた。 -6°C では10日後、約40%の出穂率を示したが、以後期待に反して減少し、40日後で出穂率は10%になり、それ以後急に増加して50日では約80%に達している。従つて -6°C ではヤロビ過程中に種子に起つている生理的過程が -4°C とは異なつていと考えられる。然し不完全ながら -6°C でも $+2^{\circ}\text{C}$ で初まつたヤロビザツイアの過程が継続されることが判る。逆に最初 -4° 、 -6°C でヤロビザツイアの過程を10~50日までの各期間行なつてから、 $+2^{\circ}\text{C}$ で20日間ヤロビザツイアを補足追加したが、 -4°C の場合は前の結果と同様であつたが、 -6°C の場合は直接 -6°C でヤロビザツイアするために多くが凍死するので実験が困難であるが、40~50日間処理した場合には20~30%出穂している。これらの結果から氷点下でも -4°C 以上の温度では、ヤロビザツイアの過程が正常に進行することが判る。勿論 $+2\sim 0^{\circ}\text{C}$ の適温に於けるよりも多くの日数を必要とする。次に彼は氷点下の温度でヤロビザツイアを何代も行なつてから、次の世代のヤロビザツイアの過程を通過するに要する日数に、どのような影響があらわれてくるかを調べた。2代にわたつて氷点下の温度でヤロビザツイアを通過させると、第3代において、ヤロビザツイアの過程をより早く通過出来るようになる。然し1代だけではその効果がない。このように氷点下の温度で何代もヤロビザツイアを行なうと、 $0\sim +2^{\circ}\text{C}$ の適温でのヤロビザツイアもやはり早く通過出来るようになると報告している(第2表)。この論文で何世代も氷点下でヤロビザツイアを繰返すと氷点下でも、適温におけるヤロビザツイアも、より早く経過しやすくなるが、ヤロビザツイアの期間の短縮に伴つて耐寒性がどのように変つて行くかを知りたいが、それにはふれていない。又この実験はヤロビザツイアに必要な生化学的活動が少なくとも -4°C でも行なわれていることを示している。

第 2 表

| | 1951年 | 1952年 | 1953年 (-4°C で60日間ヤロビザツイ) |
|---|--|--|--|
| 1 | 通常の秋播 | 通常の秋播 | 出穂しない |
| 2 | 通常の秋播 | $+2^{\circ}\text{C}$ (15日), -4°C (55日) | 出穂しない |
| 3 | $+2^{\circ}\text{C}$ (15日), -4°C (55日) | $+2^{\circ}\text{C}$ (15日), -4°C (55日) | 33 ~ 37 % |
| 4 | -2°C (70日) | -4°C (70日) | 70 ~ 100 % |

Kuz'min⁴⁾ (1955) はブドウの耐寒性品種の育種について報告している。ブドウは1年生枝条の凍死の害が多いので、ソ連では保護を必要とする栽培物とされている。然しソ連のブドウ栽培の全ての地域で見られる著しい被害は春の霜である。この害はその年の収穫に影響するだ

けでなく部分的に1~2年後まで関係する。ソ連では晩霜を防ぐ方法として発煙法を用いているが、必ずしも決定的な効果を挙げていないし、又それに要する経費が大きいので問題となっている。ソ連の中央地帯におけるブドウの成育継続期間(平均気温が $+10^{\circ}\text{C}$ 以上の期間)は140日以下である。ミチューリンスクの条件で最も早生である Michurina は102~123日、もつとも晩生である Ruskiy konkord は136~149日である。春おそく発芽して晩霜を防ぎ、早く収穫出来る成育期間の短い、従つて休眠期間の長い耐寒性品種を育種的に作ろうと彼は試みた。

Michurin¹⁸⁾ は遠隔交雑した種子の中でおそく(7月以前に)発芽した種子の中の若干のものは、5月初旬頃に発芽したものとより早く成長を終つた。そしてこれは実生の発育の初期に高温度と長日作用が作用したためで、発育初期に受けたこのような早い成育速度は固定されて、将来の植物に大きい影響を及ぼすと述べているが、Kuzimin もこの方法を用いて、遠隔交雑した実生を5月5日、15日、25日、6月9日、25日に外にまいて、それらの成長速度を調べた。その判定指標として5つの方法を用いているが、論文の記載は下のように簡単にのべているにすぎない。即ち植物によつて形成される葉の数は第2回目の播種において(成育期間107日)一番多く、又1枚の葉を形成するに要する平均日数は第2回目(5月15日)は3.5日、第3回目が4日、第4、5回目は4.6日であり、又117日の最も生育期間の長い第1回目播種のものは4.7日であつた。そして彼はこの方法を用いて成育期間の短い良質の優良品種を多数得たと結論しているし、多くの新品種の写真が示されているが、この論文に挙げられた極めて少ないデータから発芽時期が成育期間にどのように関係するかは判らない。

ソ連の北方や東方のきびしい気候条件で果樹栽培(リンゴ、ナシ、アズ、サクランボ、ブドウ)等が出来るように長年研究されてきたが、その主要な2つの方法はより南方の優良品種を北方で栽培する栽培法の研究と、他の方法はシベリヤ地方の野性種との交雑による耐凍性品種の育成である。殊に著しく成果があがつているのは地這栽培法である。即ちリンゴの苗を地面に対して 45° の角度で植え、その幹や枝を地面から25~30cmの高さに配置して、折りまげ式の地這栽培が行なわれている。之の方法によれば冬期積雪や被覆によつて、凍害を防げると、地温によつて結実期も短縮出来る。又現在では樹冠の広がる品種や垂れ下がる品種等から匍匐型品種が育成されてシベリヤ、ウラル地方で地這品種として栽培されている。又いろいろの温暖性植物をより北方に馴化させる栽培方法も大きな問題とされている¹⁹⁾。殊に温暖性植物の寒冷地に於ける馴化の問題は、オデッサの亜熱帯植物研究所やアゼルバジャンのバクーで、かなり前から研究されている。問題となつているのはオレンジ、ミカン類、茶、綿、トウモロコシ、アサ、ルーピン等であるが、この問題をあつかつた文献にまだ接していないので、その成果の現状は判らない。

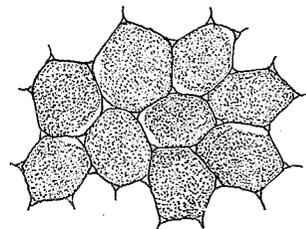
以上のように育種の問題は最初に生物の遺伝性を不安定化して可塑性の大きい状態に導いてから、生物の性質を定方向的に変えて行くという方法をとつている。従つて育種目的に応じて栽培条件に深い考慮がはらわれているし、獲得形質の遺伝という立場から問題が何世代にも

わたつて調べられている。かような遺伝性の変化の基礎に横たわっている環境による生物の物質代謝の変化、及びその変化が世代を通じてどのように変つて行くかの生化学的裏付けが、現在のソ連生化学に於ける重要なテーマの1つとされている。²⁹⁾

II 耐寒性の生理的問題

耐凍性の生理的問題は主としてモスクワのテミリヤーゼフ名称植物生理学研究所で行なわれている。Henkel⁷⁾ (1954) Tumarokh³⁰⁾ (1953) Vasil'ev³¹⁾ (1953) がそれぞれ植物の耐凍性に関する単行本を書いているが、現在入手出来ないから、彼等の理論の詳細を知ることは出来難いが、彼等の最近の論文を中心として、ソ連における耐凍性の生理的研究を調べてみよう。実験材料は草本類では小麦、レッドクローバ、木本類ではカシワの一種 (*Quercus robur* L.) が一番多く使われている。この木は適当に混林されると全ての植林に対して抵抗性と永続性を与えるので、保護林の形成に広く使用されているが、ソ連のある地方ではカシワの栽培が低温による凍死のために制限されている。殊に1~2年生の若いカシワの木は凍害を受けやすいので、若いカシワの木が研究に多く用いられている。次いで比較的多く用いられているのは果樹類である。

Henkel⁷⁾ (1952) 『果樹の休眠の深さとその耐凍性の判定法』という単行本を書いている。ソ連の耐凍性の生理的研究の多くはこの立場から行なわれている。秋の間に植物は疎水性のコロイドのかなりの量を蓄積する。殊に脂肪やリポイドが原形質の表面に蓄積する。そして原形質はある程度の脱水された状態になる。同時にプラスモデスムが原形質に吸収され原形質表面が細胞膜から離れた所謂(オボソプレーニエ*)状態になる。このような状態



第1図 レッドクローバの茎の生長点附近の細胞のオボソプレーニエ(生材料)

では原形質は膨潤しにくい。またこの状態では砂糖による原形質分離が凸型になる。このような状態になっている細胞を休眠状態とよんでいる。休眠状態もその深さによつて、いろいろに分類されていて、その休眠が深い程、その細胞は耐凍性が大きいとみなされている。次の方法を用いて細胞や組織の休眠の深さを判定している。

① 細胞膜から原形質がはなれているオボソプレーニエの現象。

秋から冬にかけて細胞は漸次オボソプレーニエの状態になるので、組織を固定してから、ハイデンハインヘマトキシリンで染めて高倍率で検鏡する。又は生の切片に中性赤溶液の数滴をたらしてから、高倍率で検鏡する。

② プラスモデスムの消失。

之も秋から冬にプラスモデスムが漸次見えなくなるのでプラスモデスムがどの程度みえるかを固定又は生材料で高倍率でしらべる。

* 第1図にレッドクローバの茎の生長点附近の細胞のオボソプレーニエを示した。

③ 脂肪反応。

ズダンIII, オスミック酸で脂肪の蓄積をしらべる。

④ 原形質分離の型。

砂糖の1M溶液で原形質分離させたとき凸型の分離型を示すのは休眠状態で、凹型の分離型は休眠状態でない。移行期では両型が混在している。

休眠の深さを測ることによつて、耐凍性の大きさを判定出来ると論じ、この立場に基づいて草本、木本類について多くの仕事がなされている。休眠についての彼の詳細な考え方をすることは出来ないが、彼が休眠を測る指標としてあげている一連の変化と、耐凍性の増大との間に勿論ある程度の平行関係は存在するであろうが、原形質にそのような変化が起ると、なぜ耐凍性がますかの理由及びそのような変化を起す原因について、彼が論及しているかどうか知ることが出来ない。

Kolomiets¹³⁾, (1955) はレッド・クローバの休眠と伸長状態の指標としての原形質のオボソブレニーエについて述べている。彼は秋と春いろいろの時期に、芽の成長点の組織をとつて、砂糖溶液による原型質分離型、プラスモデスム、オボソブレニーエを調べて、それら3つの現象がどのように関連して変化して行くかを追求している。第3表から明かなように、3月10日までは変化がみられないが、3月16日は明かに変化がみとめられる。彼は3月10日までを休眠状態とみなしている。更に各時期について生長点附近の組織の固定切片で細胞分裂の数を調べているが、4月6日には明かに細胞分裂がみられるが、まだ全ての芽に於て見られないし、又分裂している細胞の数が少ないので分裂を開始して間もないと考えられる。従つて細胞分裂の開始は休眠が終つてから、約3週間後に始まると考えられる。秋にもこれらの現象の関連した変化がみとめられる。又彼は北方起源の耐寒性の大きい2つの品種と、耐寒性のより小さい南方起源の品種について、12月中旬雪融*の時期に凍害を調べたが、耐寒性の大きい品種はより早く休眠に入り、従つてより長い休眠期間をもっていることが判つた。然し休眠状態に入ると何故耐凍性が増大するかについては論及していない。

第 3 表

| | 2.16 | 2.24 | 3.10 | 3.16 | 4.5 |
|----------|------|------|------|------|-----|
| オボソブレニーエ | + | + | + | ± | - |
| プラスモデスム | - | - | - | ± | + |
| 原形質分離の型 | 凸 | 凸 | 凸 | 凸>凹 | 凹 |
| 細胞分裂 | - | - | - | - | + |

* モスクワ地方では12月10~20日頃気温が0℃以上に上昇して通常10~20cmの積雪が融けて了うのでこの頃を雪融期と称している。

A. 木本類の耐凍性

Krayevoy¹²⁾ (1954) 等はカシワの実生の耐凍性の研究で、2月末に耐凍性の大きさと休眠の深さを調べて、両者の間の関係を見たが、休眠の深さを次の方法で測っている。即ち脂肪反応、オボソプレーニエ、凸型原形質分離の開始時期、ヨード澱粉反応である。凸型原形質分離の開始時期は原形質分離液に入れてから凸型分離をするまでの時間か、凹型分離から凸型分離に移行するまでの時間なのかが判らない。彼の結果によれば休眠が深い状態にあるもの程、耐凍性も大きい傾向がみとめられる。又成育を早く終つて充分木質化がすすみ、充分頂芽が形成されているものは、早く休眠に入ることが出来るので、耐凍性が大きいと結論している。

Kraevoy, Oknina, and Ipekzhian¹³⁾ (1954) も又カシワの実生苗を用いて人工的にいろいろの程度に dehardening して、脂肪反応と原形質のオボソプレーニエの現象を基にして、休眠の深さを変えたものと、完全にまだ休眠状態にあるものを用いて、休眠の深さの度合と耐凍性の関係を調べたが、深い休眠状態にあるものは -21°C で、浅い休眠状態のものは -14°C で、又休眠をとりさつたものは、 -7°C で凍結による障害が現われ始めた。又彼は植物のいろいろの部分で耐凍性が異なつていて、一番弱い部分は根の狭窄部、次いで根部 (-26°C) である。一番強い部分は茎の下部 (-36°C) であつて、上部 (-31°C) はそれよりも弱く、芽も茎の耐凍性と同じ傾向にある。その場合の耐凍性の大きさの判定方法は各温度の寒剤中で冷却融解後、15日間水挿してから、中性赤で生体染色をしらべて害の度合をきめている。又施肥によつて休眠に入る時期を早め、耐凍性をまさせるために、7月下旬1株あたり、チリ-硝石 21 g, 過磷酸塩 57 g, KCl 14 g を液肥の形で 25~30 cm の深さの穴に与えたが、施肥した株は対照のもの比べて2倍よく越冬した。

Budagovskiy²⁾ (1954) はリングの矮性及び半矮性のいろいろの台木の耐凍性をしらべた。冬期では $-8\sim-9^{\circ}$ の温度 (8時間凍結) では根系の本質的害がないが、 $-10\sim-11^{\circ}\text{C}$ では大きな害がみとめられ、 -12°C では台木の大部分は死ぬ。然し早春では -8°C でも著しい害を受ける。之に対して野性種では -16°C まで耐えることをのべている。

Kuz'min¹⁰⁾ (1955) はブドウの冬芽の死及び先枯れは、冬期に起るのでなく、冬の休眠期に移行する前の秋及び休眠の終つた早春における凍害によつて起るとのべ、これに基づいて、いろいろな保護方法についてのべている。

カシワの成木 (3年生以上) はシベリア地方を除いて厳しい長い冬に耐えるが、1年生、2年生のカシワは1949~1950年の冬、ソ連西南地方でも著しい被害を受けたが、3年生のカシワでは害が著しく少なかった。

Ipekzhian¹⁰⁾ (1955) は若いカシワの木が冬期凍害を受けやすい原因として、凍結による機械的な害と共に、乾燥による害が考えられるので、2月2日~2月20日まで1, 2, 3年生のカシワの枝を切つて、その切断面にパラフィンをつけて戸外において重量の変化を測つた。その間2月5日~18日までは最低気温が $-10\sim-18^{\circ}\text{C}$ であつた。18日間に1年生枝は湿重量の

6%、2年生枝は3%、桑の1年生の枝は10%の水を失った。実験後1年生枝の含水量は33.9%でこの場合、皮部は41%、材部は22%の水を含んでいた。低温においても組織間に水の移動があり、又水の量の低下につれて保水力が増大するので、皮部のような生きている組織では、必要な最少量の水を保持しているため、冬期生きている限り乾燥による死は起りがたいと結論している。水分代謝が活潑になつた3月末に同様な実験を行なつたが、2月の時の約10倍の水を失つた。

Tumanov and Kpasavtsev²⁸⁾ (1955) はモスクワの自然条件に於て、マツ、モミ、シラカバ、ボダイジュ、カシワ、リンゴの6種類の本木類について耐凍性を増大させる外的条件をしらべた。実験前の10日間の気温と枝の耐凍性の大きさととの関係を秋から春まで調べた。枝は同一冷却速度で冷却し、所定の温度に平衡後1時間おいてから取出して、水挿にして各組織の褐変の度合で害の程度をしらべた。その結果、耐凍性の増大は秋まだ0°C(平均最低温度)より若干高い温度に於て始まるが、耐凍性のより以上の増大は、0°C以下の温度において始めて起る。そして-10~-15°Cの平均気温が一定期間つづく時、耐凍性の増大はもつとも著しく、マツ、シラカバ、モミは-55°(1時間凍結)の凍結でも本質的害を受けないようになる。冬期間気温の変化につれて耐凍性も変化するが、その変動は種類によつて異なる。即ちモミはその変動が少ないが、リンゴ、ボダイジュはその変動が大きい。又気温の上昇による耐凍性の低下は0°C以上の気温で起るだけでなく、氷点下の高い温度によつても起る。また彼は氷点下の気温に於てもhardeningが起りうるし、hardeningの外的条件としては、木が害されない限り低温度の方が効果的であると結論している。

ソ連においては従来氷点下での植物の害は細胞内凍結による原形質の脱水、氷の結晶による原形質の機械的破壊で起ると考えられていたが、最近ソ連では氷点下での植物の死は植物の代謝のはかいかの結果起るという意見をのべるものがあるので、Samygin²⁹⁾ (1955) はレモンの葉を用いてこの考えを検討した。彼は-4°~-7°Cのいろいろの温度で4時間冷却後取り出してから、10.2 cm²のデスク(レモンの葉より特殊なスタンプで)を切取つてワルブルグのマノメーターで光合成の大きさを計つて、代謝機能をしらべた。その後更にシャーレの上下にぬれた濾紙をはりつけて、そのデスクを散乱光のもとにおいて、以後時々光合成の強さを測つて代謝機能の変化を追求した。猶冷却する場合には早く組織内に氷が出来るように、葉を水でぬらしてから冷却した。又一方では過冷却させるために、水をぬらさないで冷した。正常なデスクはかような条件下で、120日間光合成の強さを変えない。又残りの葉で1 cm²のデスクを作つて、水溶性エキスの電気伝導度を測つて、デスクよりの電解質の浸出量を決めた。原形質の透過性や電解質を結合する能力はコロイドの状態によつてきまるので、電気伝導度ををはかることによつて、原形質のコロイドの状態の変化を知ることが出来るとみなしている。-4°Cで凍結しても光合成、電気伝導度は対照と変わらない。-5°~-5.5°Cの凍結の場合は、光合成は凍結融解後、対照と比して差はあまりないが、1週間後には著しく減少し2週間後には完全になくなる。電

気伝導度は凍結融解後、対照に比べて3倍も大きい。-6~-7°Cにおいては凍結融解後、光合成は著しく低下し翌日完全になくなる。然し葉はまだ正常な色を保ち、葉の色が褐変したのは長くたつてからである。電気伝導度も対照の6倍の大きさである。猶-7°Cまで過冷却させた場合には、光合成も、伝導度も正常であつた。彼は以上の結果に基づいて凍結の直接の結果として、原形質のコロイドの状態に変化が起こり、電気伝導度は著しく増大するので、凍結融解後には光合成は低下していないが、コロイド状態の変化の二次的結果として、漸次代謝機能の低下がおこってくるのであつて、その逆ではないと結論している。彼は凍結様式にはふれていないが、-4°Cで凍つても正常であつたので、細胞外凍結が起きているものと思われるが、-5°Cと-6°Cの凍害がどのような凍結様式によつて起きたかは判らない。

ソ連の南部地方殊にアゼルバイジャン地方はソ連の少ない亜熱帯植物の栽培地であつて、茶、イチヂク、ザクロ、東洋カキ、オリーブ、オレンジ、ユーカリ等が栽培されている。

Abdullaev⁷⁾ (1956) は多年生植物科学研究所で亜熱帯植物の耐凍性を調べたが、その結果耐凍性は外的要因、生物の年齢、木質化等の内的条件によつてことなるが、最低限界温度は東洋カキ、竹は-20~-22°C、茶は-13°C以上であるが、インド種は-6°Cで害を受ける。又乾燥に最も強い亜熱帯植物の1つであるオリーブは-15°Cにたえるが、外国種は-13~-14°Cで著しい凍害を受けるものもある。ザクロは-13°Cで害を受ける。最も弱いキナ樹は-1~-4°Cで害を受けると報告しているが凍結時間の記載はない。

B. 草本類の耐凍性

秋播穀類の耐凍性に関しては Lysenko^{7)*} はヤロビザツイアとの関連において考慮した。ヤロビザツイアの段階を通過すると秋播小麦は茎、稈の形成の徴候があらわれはじめるので、もはや耐凍性を増大することが出来ないとのべている。もしそうであるならば、11~12月にヤロビザツイア段階を終了すると、穀類は耐凍性を増大しないか、又は低下するはずである。

Lichikaki⁶⁾ (1955) はヤロビザツイア段階の終了後、耐凍性がどのように変わるかをしらべた。即ち秋いろいろの時期に掘出して、温室栽培して出穂するかどうかで、ヤロビ段階の終了の時期をきめたが、1952年9月10日に播種した場合には11月21日に終了していた。1日の平均気温は11月14日より0°C以下になつていた。ヤロビザツイア段階の終了後、1週間毎に12月23日まで小麦の耐えうる限界温度を調べたが、11月19日は-12°Cであり、12月23日は-17°Cであつて、ヤロビ段階終了後にもかかわらず耐凍性は増大していつた。また彼は小麦の耐凍性とクラウンの深さにおける土の温度との関係を、冬の気温の異なる4箇所調べたが、いずれの土地に於ても、両者の間に完全な平行関係があることを見出した。積雪のために、クラウンの附近の温度が冬の間中、あまり変化しない場合には、小麦の耐凍性も変わらないこと

* Lysenko は秋播小麦はヤロビザツイアの段階を通過すれば秋の条件で光の段階は充分みたさされているので、生殖器の分化がおこると考えているようである。最近の研究⁴⁾ ではヤロビ段階を通過しても、秋の条件では光段階が終つていないから、生長点の分化が起らないと考えられている。

をのべている。更に小麦が耐凍性を増大するための条件として、成育期間の終了後、クラウンの深さにおいて氷点下の温度作用をある期間受けることが必要であると結論している。

成長点の分化が起り、結実器官の形成が行なわれてくると、穀類は耐凍性が弱くなり、又 *hardening* されがたくなつてくるので、冬の不都合な条件に耐えられない事実が多くの人々によつて報告されている。Fedorov⁹⁾ (1954) は秋播小麦や春播小麦の中で、よりよい越冬性を示す品種は生殖器官の分化という点から、どのような特性をもっているかを調べた。春播小麦 *Mil'turum 0321* は秋9月播種した場合、*Moskovka*, *Kitchner*, *Lyutestsens-062* よりもよい越冬率を示す。*Mil'turum 0321* と他の品種を4~8月までの間いろいろの時期に播いて、3品種間で出穂に要する時間がどのように異なるかをしらべた。M-0321は4,6月の間に播種した場合は8~9日他の品種よりおくれるにすぎないが、8月12, 22日に播種した場合は34~36日おくれる。更に人工的に光と温度条件をいろいろ変えて、生長点の分化の時期を調べた結果、M-0321は他の春播小麦より生殖器官の分化のために光の要求量が多いことが判つた。この性質のためにM-321は秋の間に生殖器官の分化が起らず越冬性がよいと説明される。秋播小麦は長い温度段階を持つているので、越冬前に分化が起る可能性がない。殊に耐寒性の大きい品種ほど温度段階は長い。実際モスクワ附近の条件では秋播小麦、ライムギの温度段階は11月に終了する。然しこの時はもはや生殖器官の形成に好都合の条件ではない。耐寒性の大きい *Lyutetsens 0329*, *2453* のような秋播小麦はより耐寒性の小さい *Kooperatarka*, *Novokrymka* よりも、生殖器官の形成が春おそく行なわれる。これらの品種を用いての実験の結果、耐寒性の大きい品種はより弱い品種よりも成長点の分化がおこるために、一定の高温度が継続することを必要とする。このように耐寒性の大きい品種は春播小麦では、光に対する要求量が多く、秋播小麦においては長い温度段階と持続的高温作用のために、秋、雪融期、初春の不利な条件の時に、生殖器官の分化が起らないような内的条件をもっている。然し生殖器官が分化する段階にある植物がなぜ耐凍性が小さいかについてはふれていない。

*Michurin*¹⁰⁾ や多くの人達が木の正常な成熟状態を促進する上に、又南方栽培物を北方に於て越冬させるためには、短日作用が必要であつて、長日はしばしば植物の耐凍性の形成を妨げる原因の一つであることを報告している。然しこれらのデータはその地方に長年栽培されている地方種の日長効果についてはふれていないので、*Ermilov*⁹⁾ (1954) はレッド・クロバーを用いて VII.15, VIII.15, IX.1, IX.15 からいろいろの短日 (12~8時間) 処理をほどこして、短日作用が耐寒性にどのような影響を与えるかしらべたが、7月15日よりの10時間短日処理は地上部の重量に著しい減少をきたすが耐寒性には影響がない。8月15日以後の10時間処理は地上部の重量にも耐寒性にも悪い影響を与える。猶8時間処理の場合には9月1日から始めても越冬率がわるいが12時間処理は越冬に悪影響を及ぼさない。なお実験地スベルドルフカでは9月が12時間日長である。従つて自己に適應したその日長に於て最もよく冬仕度することになるので、短日処理はより南方起源の植物の耐凍性形成にとつてのみ必要であると結論し

ている。

Tumanov²⁹⁾ (1955) は『生育状態と耐凍性』という綜説を書いているが木本類、草本類について、又は同一植物に於ても、成長部分が耐凍性が小さいという多くの事実を例挙しているのみで、その理由についてはふれていない。

Henkel' and Margolina³⁰⁾ (1951) は植物の種類によつて、同一植物でもその發育段階によつて、また組織部位はよつて晩霜 (6 月初旬) の害が異なる理由をしらべているが、結論として霜害を大きく受ける部位は原形質の粘度が大きい。例えばライムギの葉は害を受けないが、その粘度は相対値* で 10 であるのに、大きい害を受けた生殖器官では 230 である。然し彼等は、キウリ、スイカのような南方植物は約 +3°C で寒冷によつて害があらわれ、その原因は温度低下による粘度の著しい増大と新陳代謝の低下にあるとして、ここに霜害の研究の出発点を置いている。そして北方に適した作物の種類を選択するのに粘度の測定が大きい意義を有するとのべている。然し粘度が大きいとなぜ霜害が大きいかについても、又霜害の機構についてもふれていない。

耐寒性の問題とよく関連される乾燥(脱水)抵抗と高温抵抗について簡単に結論をのべておこう。之等の仕事も主に Henkel³⁰⁾ 一派の人々によつて行なわれている。高温度に対して抵抗性のある植物は粘度が大きいことと、結合水の多いことが特徴であり、脱水状態に強い植物は原形質の弾性の大きいことが特徴であると説明している。粘度の測定方法は遠心法と原形質分離法が用いられている。原形質の弾性の測定法は切片(主として葉の表皮細胞が用いられている)を中性赤で染めてから、等張溶液より 0.1—0.2 M うすい低調液の中に入れて、100° 回/分以下の速さで遠心分離して原形質が細胞壁から分離** するのに要する時間の大きさを相対的に弾性の大きさをあらわしている。この測定法では等張濃度を正確に求めるかどうか、測定の精密を支配すると述べている。また原形質の弾性と脱水抵抗との関係については、彼は負の膨圧の影響が脱水による植物の害、死の原因であるので、原形質の弾性が大きいことは負の膨圧に耐える力が大きいことになると考えている。

Hardening の問題は 1930 年頃 S. M. Ivanov が提出した第 1, 2 段階説が現在も考え方の中心をなしている。即ち第 1 段階は 0°C 以上の低い温度で hardening が行なわれる段階であつて、生育がとまり、炭水化物の貯蔵が充分行なわれる段階である。次いで氷点下の温度でより以上 hardening されて、耐凍性をまずと考えられていた。hardening の問題はまだ内的条件と外的条件及びそれらの相互関係から問題が追求されていない。殊に人工的 hardening の仕事は S. M. Ivanov 以後殆んど行なわれていない。

* 粘度の測定は 1 M 砂糖培液中での原形分離型が凹から凸に移行するに要する時間を測っている。相対値はそれに要する時間の大きさを分で表わしている。

** 原形質の分離は凸型であつて、細胞膜中の内側と細胞膜の表面に切れた原形質の糸がみられ、多くの場合原形質の凝固がみられると記載してあるので、害を受けて凝固したために、凸型になるものと思われるが詳細については判らない。

耐凍性の著しい差は發育過程の経過、従つて生殖器官の分化の時期が問題とされているが、生殖器官が分化した以後の植物がなぜ耐凍性が小さいかの理由については全く追求されていない。穀類が *hardening* され得る内的条件と發育過程との間にどのような関係があるかを調べることは、この問題に対して一つの糸口を与えると思われるが、これに対してはまだ考慮されていない。耐凍性理論においては細胞内凍結に関する問題に重点がおかれ、凍害は細胞内凍結による原強質の脱水及び機械的破壊によつておこると説明され、細胞外凍結やそれに関する問題には注意があまり払われていないらしい。

以上ソ連における耐凍性の生理的問題は休眠状態、及び發育段階という点から眺められ公式的で、問題をより以上追求しない傾向がある。又耐凍性の問題について、生理的、生化学的な立場からは仕事が余り行なわれていない現状である。

文 献

- 1) Abdullaev, A. G. 1956 Subtropicheskie rasteniya v Azerbaydzhniye. (アゼルバイジャンに於ける亜熱帯植物). *Priroda*, **1**, 102.
- 2) Budagovskiy, V. A. 1954 Zimostoykost' kornevoy systemy u kardikovykh i podukarlikovykh podvojev yablon. (リンゴの矮性及び半矮性台耐凍性). *Izvestiya, Akademiy Nauk SSSR., seriya Biologiya*, **6**, 11.
- 3) Ermilov, G. B. 1954 O vliyaniye korotkogo dnya na rost i zimostoykost' krasnogo krevera. (穀類の休眠と耐寒性に及ぼす短日の影響について). *Doklady Akademiy Nauk*, **96**, 1061.
- 4) Fedorov, A. K. 1956 Nekotoryye osobennost' svetovoy stadi ozimy rasteniy v svyazi s ikh zimostoykost'yu. (秋播植物の耐寒性と若干の光段階の特性). *Doklady Akademiy Nauk*, **106**, 399.
- 5) Fedorov, A. D. 1954 K voprosu o roli sveta v prisposoblyayemosti rasteniy k zimnim nevzgodam. (冬の不利な条件に対する植物の適応における光の役割の問題). *Izvestiya, Akademiy Hayk SSSR., seriya Biologiya*, **5**, 25.
- 6) Garkavyi, P. V. 1956 Selekcziya zimostoykogo yachmenya na osnove napravlennoy vospiganiya i gibrizatsiy. (交雑と定方向的栽培に基づく耐寒性大麦の淘汰). *Doklady VASKH-NIL*, **2**, 20.
- 7) Henkel', P. A. i Oknina E. Z. 1952 Izucheniye glubiny pokoya u produvykh rasteniy i diagnostika ikh morozostoychivosti. (果樹の休眠の深さとその耐寒性の判定法の研究). *izd. AN, SSSR*.
- 8) Henkel', P. A. i K. P. Margolina 1952 Fiziologicheskikh osobennostyakh, povyshchikh ustoychivost' zernovykh kul'turplotiv zamorozkov. (霜に対する抵抗性を増大させる生理的特性). *Doklady Akademiy Nauk*, **82**, 785.
- 9) Henkel', P. A. 1949 O prichinakh zasukhoustoychivosti nekotorykh kserofitov i garofitov. (若干の乾性植物と塩生植物の乾燥抵抗の原因について). *Botanicheskiy Zhurnal*, **34**, 461.
- 10) Ipekzhyan, V. M. 1955 O zimney transpiratsii pobegov molodykh dubkov v svyazi s ikh zimostoykost'yu. (若いカシワの耐凍性と冬の乾燥による死の関係). *Fiziologiya Rasteniy*, **2**, 373.
- 11) Kraevoy, S. YA., Oknina, E. V. i V. M. Ipekzhyan 1954 O vliyaniye nizkikh kriticheskikh temperatur na seyantsy duba. (若いカシワに対する限界温度の影響). *Doklady Akademiy Nauk*, **96**, 841.
- 12) Kraevoy, S. YA. i E. Z. Oknina 1954 O morozoustoychivosti molodykh dubkikh. (若いカシ

- ワの耐凍性について). Doklady Akademiy Nauk, **95**, 677.
- 13) Kolomiets, P. T. 1955 Obosoblenie protoplazmy kak pokazatel' sostoyaniye pokoya ili losta u rasnogo klevera. (レッド. クローバーの休眠と成長の指標としてのプロトプフズムのオボソブレニエ). Fiziologiya Rasteniy, **2**, 141.
 - 14) Kuz'min, A. TA. 1955 Novye morozostoykie sopta vinograda. (ブドウの新しい耐凍性種). Priroda, **1**, 106.
 - 15) Kuz'min, A. TA. 1955 K voprosu o gibeli zimuyushchikh pochetk vinogradroy dubkov v svyazi s ikh zimostoykost'yu. (ブドウの耐凍性とその冬芽の死についての問題). Fiziologiya Rasteniy, **2**, 415.
 - 16) Lichikaki, V. M. 1955 Dinamika morozostoykosti ozimoy pshenitsy v polevykh usloviyakh. (野外における秋播小麦の耐凍性の変化). Doklady Akademiy Nauk, **100**, 805.
 - 17) Lysenko, T. D. 1952 Agrobiologiya. 農業生物学
 - 18) Michulin, I. V. 1948 Sots., 1, p. 642. ミチューリン著作業
 - 19) Nuzhdin, N. N., Grushchenko, I. E., Kushner, K.H. F., Pshenichnyi, P. D. i N. I. Feyoinson 1954 Voprosy uprableniya nasledstvennost'yu i zhiznennost'yu rastitel'nykh i zhivotnykh organizom. (植物及び動物の遺伝性と生活力を変化させる問題). Izvestiya Akademiy Nauk SSSR, seriya Biologiya, **3**, 3.
 - 20) Razumov, V. I. i T. V. Oleynikova 1955 Yarovizatsiya ozimyykh khlebnyykh zrakov pri temperaturakh nizhe nulya. (0°C以下の温度に於ける秋播穀類のヤロビザツイア). Fiziologiya Rasteniy, **2**, 497.
 - 21) Samygin, G. A. 1955 Posledeystvie otritsatel'nykh temperatur na fotosintez. (光合成に及ぼす氷点下の温度の後作用). Fiziologiya Rasteniy, **2**, 235.
 - 22) Sergeyev, Z. 1955 Fakty naprabrennogo izmeneviya yarovoi tveldoy pshenitsy v ozimuyu. (春播硬質小麦の秋播小麦への定方向的変化). Agrobiologiya, **96**, 45.
 - 23) Shulyndin, A. F. 1954 Formirovaniye svoystva morozo-zimostoykosti u mezhhvidovykh gidridov pshenits v zavisimosti ot uslovii vospitaniya rasteniya. (種間雑種の耐寒性形成に及ぼす栽培条件の影響). Doklady Akademiy Nauk, **98**, 273.
 - 24) Shulyndin, A. F. 1954 Povysheniye moroz- i zimostoykosti tverdy pshenits. (硬質小麦の耐寒性増大). Doklady Akademiy Nauk, **98**, 861.
 - 24) Sisakyan, I. M. 1951 Obmen beshchestv pri naprabrennom izmenenii prirody rasteniy. (植物の性質の定方向的変化に際しての物質代謝). Izvestiya Akademiy Nauk SSSR, seriya Biologiya, **2**, 30.
 - 25) Simonova, E. F. 1954 Vyazkost' prazmy i vododerzhivayushchaya sposobnost' l'st'ev sel' skokhozyaistenny rastey. (農作物の葉におけるプロトプラズマの粘度と保水能力). Doklady Akademiy Nauk, **99**, 965.
 - 26) Sultanbaev, A. S. 1954 Utochneniye metodiki izmeneniya yarovoy pshenitsy v ozimuyu. (春播小麦の秋播小麦への変化の確実な方法). Trudy Institut Genetiki, **21**, 49.
 - 27) Trukhinova, A. T. 1954 Prevrashcheniye yarovoy pshenitsy v ozimuyu v usloviyakh Moskvyy. (モスクワの条件における春播小麦の秋播小麦への変化). Trudy Instituta Genetiki, **21**, 41.
 - 28) Tumanov, I. I. i O. A. Krasavtsev 1955 Morozostoykost' drevesnykh rasteniy. (木本類の耐凍性). Fiziologiya Rasteniy, **2**, 320.
 - 29) Tumanov, I. I. 1955 Vegetiruyushchee i zimostoy-koye sostoyaniya rasteniy. (植物の成長状態と耐凍性). Fiziologiya Rasteniy, **2**, 283.
 - 30) Tumanov, I. I. 1951 Osnovnyye dostizheniya sovet'skoy nauki v izuchenii morozostoykosti rasteniy. (植物の耐凍性の研究におけるソ連科学の基礎的研究成果). izd-vo AN., SSSR.
 - 31) Vasil'yekh, I. M. 1953 Zimostoykost' rasteniy. (植物の耐寒性). izd-vo AN., SSSR.