

Björn Lönnroth

OVERVINTRINGSFORHOLD HOS ENG- OG BEITEVEKSTER

av

Halvdan Sjøseth

Innhold

| | Side |
|--|------|
| Innledning | 1 |
| Klimatiske overvintringsfaktorer | 1 |
| Vinterklima og overvintring | 1 |
| Temperaturen | 5 |
| Snødekke | 7 |
| Teledannelse | 12 |
| Skader av de ulike klimafaktorene | 14 |
| Frost | 14 |
| Isdekke | 18 |
| Oppfrysing | 24 |
| Uttørking | 26 |
| Biologiske faktorer som virker på plantenes overvintring | 27 |
| Samspill mellom parasittære- og klimatiske faktorer | 27 |
| Høsting og beiting | 30 |
| Gjødsling | 38 |
| Utviklingsfysiologiske forhold og overvintring | 40 |
| Vekst og utvikling | 40 |
| Veksttype | 41 |
| Utviklingsstadium | 42 |
| Hvileperiode | 45 |
| "Reservecarbohydrater" | 47 |
| Jordbunnsmessige forhold | 51 |
| Jordart | 51 |
| Jordfuktighet | 51 |
| Litteratur | 54 |

Innledning

I vinterhalvåret blir eng- og beitevekstene utsatt for sterk påkjenning av en rekke ugunstige faktorer som ofte fører til stor skade og uttynning av plantebestanden. I enkelte år, og på steder med særlig vanskelige klimaforhold, kan vinterskadene bli så omfattende at det fører til betydelig avlingstap.

Overvintringsskader i eng og beite forekommer hyppigst og er mest utbredt i de tre nordligste fylkene. Det er særlig kyst- og fjordstrøkene fra Saltenområdet til og med Vest-Finnmark som er mest utsatt. Alvårlige overvintringsskader i eng og beite forekommer også i visse distrikter på Vestlandet, i Trøndelag og i dal- og fjellbygdene på Østlandet.

Bare i få tilfelle kan skadene tilskrives virkningen av en enkelt avgrenset faktor. Svært ofte skyldes de en vekselvirkning mellom flere faktorer både av biologisk og fysikalsk natur, og det kan derfor ofte være vanskelig å foreta en pålitelig analyse av årsaksforholdet.

En skal i det følgende gi en oversikt over en del faktorer og forhold som gjør seg gjeldene i samband med eng- og beitevekstenes overvintring. Skade av overvintringssopper blir ikke behandlet her, men bare nevnt i den utstrekning det er nødvendig for sammenhengen.

Klimatiske overvintringsfaktorer

Vinterklima og overvintring

Klimaet i Norge varierer svært mye både fra sted til sted og fra år til år. Langs kysten har vi et utpreget maritimt klima med relativt kjølige somre og milde vintre, mens forholdene er motsatte i innlandsdistriktene, der klimaet er mer eller mindre kontinentalt. Vi kan derfor snakke om stabilt innlandsklima og vekslende kystklima. I mellom disse to hovedtypene forekommer en rekke typer av mer lokalklimatisk karakter.

Karakteristisk for det stabile innlandsklimaet er kalde vintre med relativt jevnt snødekke hele vinteren. I kyststrøkene er vinterklimaet svært variabelt med hyppig veksling mellom kulde og mildvær, snø og regn. I tabell 1 er gjengitt noen data over forskjellige klimatiske faktorer på ulike steder i vinterhalvåret.

Tabell 1. Noen data over klimatiske faktorer om vinteren på ulike steder. Min. temp. og nedbør for nov.-mars (N-M), 5 mndr.

| Sted | H.o.h. m | M.t. N-M | Nedbør. N-M | Døgn ¹⁾ frost | Døgn vinter | Døgn snødek. | Døgn snøsm. |
|------------|-------------|-------------|----------------|-----------------------------|----------------|-----------------|----------------|
| Hamar | 139 | - 8,3 | 30 | 176 | 148 | ca.160 | 10/4 |
| Røros | 628 | -13,6 | 28 | 232 | 188 | 187 | 9/5 |
| Florø | 8 | - 0,4 | 162 | 66 | 0 | | |
| Tr.heim | 58 | - 4,2 | 72 | 143 | 121 | 124 | 30/4 |
| Hattfj.dal | 235 | -12,7 | 79 | 216 | 176 | 191 | 14/5 |
| Tromsø | 45 | - 5,2 | 95 | 180 | 161 | 180 | 1/6 |
| Røst | 8 | - 0,2 | 70 | 86 | 0 | | |
| Alta | 14 | -10,2 | 20 | 207 | 186 | ca.200 | 17/5 |
| Karasjok | 135 | -19,1 | 16 | 242 | 207 | 201 | 26/5 |

1) Vinter = døgnmiddeltemperatur $< + 0^{\circ} \text{C}$

Tallene viser klart den store forskjellen vi har i vinterklima på ulike steder i landet (Statens Kornforretning, 1955).

Eng- og beiteplantene er de av våre kulturplanter som er mest tolerante for variasjon i klimatiske vilkår, og de har derfor et vidt dyrkingsområde. Men på de mest utsatte stedene begrenses arts- og sortsvalget til å omfatte de mest hardføre typene.

Nå er det ikke alltid slik at omfanget av overvintringsskader er størst på de stedene som har de laveste temperaturene. Det kan i mange tilfelle være omvendt. En viktig årsak til dette er stabiliteten av vinterklimaet, og steder med særlig lav temperatur har gjerne stabilt klima. På slike steder har de fleste døgn senhøstes og om vinteren frost slik at nedbøren faller som tørr snø, og tørr snø isolerer svært godt mot lave temperaturer.

I Nord-Norge, der overvintringsskadene ofte får betydelig omfang, har en samlet inn data over vinterskadene i ulike distrikter gjennom en årrekke (Andersen, 1960). Et utdrag av disse data viser at kyststrøkene på Helgeland og de indre strøk av Finnmark har flest år med relativ god overvintring av eng og beite, mens distriktene i ytre Troms og ytre Vest-Finnmark har flest år med store overvintringsskader:

| | Rel.god overvintr. | Store skader | Antall år |
|--|-----------------------|-----------------|--------------|
| Kyststrøkene på Helgeland | 87 % | 13 % | 38 |
| Ytre Troms med fjordstrøk | 68 " | 32 " | 38 |
| Ytre Nord-Troms og ytre Vest-Finnmark med fjordstrøk | 75 " | 25 " | 32 |
| Indre Vest-Finnmark | 87 " | 13 " | 31 |
| Øst-Finnmark | 87 " | 13 " | 31 |

Vinterens lengde på Helgelandskysten er ca. 100 dager og snødekkets varighet ca. 60 dager. Vinteren i indre Finnmark varer ca. 200 dager, og snødekket ligger i hele 180-200 dager. Av dette kan en dra den slutning at i kyststrøk med relativt stabile milde vintre og i innlandsstrøk med stabilt, kaldt klima, er omfanget av vinterskader mindre enn i strøk med sterkt varierende klimamønster. De data som er gitt, bygger for det meste på skjønn, og de må vurderes på det grunnlag. Men i hovedsaken stemmer de overens med den erfaring en har når det gjelder overvintringsvansker i ulike distrikter av landet. Eng- og beitevekstene blir stort sett mindre utsatt for overvintringsskader under stabile klimavilkår. De største skadene finner en gjerne på steder med sterkt vekslende vinterklima, med hyppig veksling mellom mildvær og frost, regn og snø.

En har her skissert et grovt mønster for relasjonen mellom vinterskader og klimatyper. Vi har ennå ingen undersøkelser

som viser relasjonen mellom mer lokalklimatiske, eller mikro-klimatiske forhold og frekvensen av ulike typer av overvintrings-skader hos eng- og beitevekstene. En må være oppmerksom på at innenfor områder med relativt stabile klimaforhold, er det store lokale variasjoner. I innlandsstrøk med kalde vintre kan det opptre strenge kuldeperioder på helt eller delvis bar mark, og det kan føre til frostskafer iallfall på de mer ømfintlige engvekstene. Videre kan mektige snølag på ikke telet mark medføre skader av overvintringssopper.

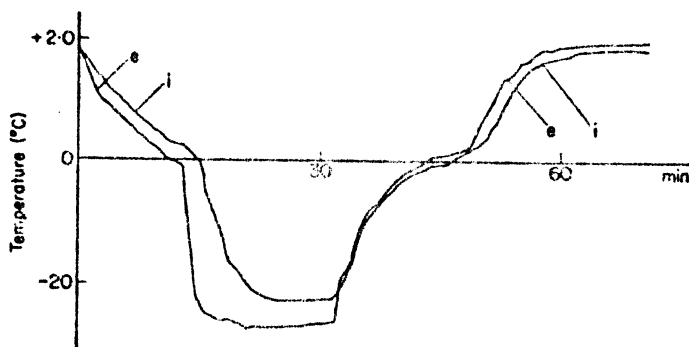
Nå kan en spørre: Hvorfor fører sterkt vekslende vinterklima til større skader enn stabilt klima? Hvis vi tenker oss de to klimatypene klart forskjellige, vil de ha ulik virkning på plantene både fysikalsk og fysiologisk. Vekslende klima gir plantene et dårligere fysikalsk miljø enn et stabilt klima. I første tilfelle er det øvre jordlaget med plantene vekselvis frosset og opptint, jorda er bar eller snødekket, delvis dekket med vann eller snøsørpe, delvis av et mer eller mindre kompakt islag. Disse forskjellige fysikalske konstellasjonene vil virke mer eller mindre ødeleggende på plantene, noe som vi skal komme tilbake til seinere.

Vekslende vinterklima kan dessuten virke uheldig på visse fysiologiske prosesser i plantene, som fører til at de svekkes og dermed blir mindre motstandsdyktige. Om høsten går engplantene inn i en hvileperiode p.g.a. kort dag og lav temperatur. Hvileperiodens lengde og dybde varierer mellom ulike arter og sorter, men den er sjelden total, dvs. plantenes stoffskifte reagerer på stigende temperatur (Walter, 1949; Cooper, 1963). Mildvårsperioder om vinteren fører derfor til økt aktivitet i plantene. Dersom bladverket er ødelagt eller borte av annen grunn, slik at det ikke skjer nevneverdig fotosyntese, vil respirasjonen tære på energiinnholdet, og plantene vil svekkes, de avherdes. Temperaturomslaget etter slike mildvårsperioder kommer gjerne brått, og plantene vil ikke få tid til å herdes på nytt igjen før de fryser ned, selv om de har grønne blad.

Det er særlig tre ulike værkonstellasjoner som gjør seg gjeldende om vinteren: (1) Temperatur under frysepunktet, (2) snødekke, (3) teledannelse.

Temperaturen.

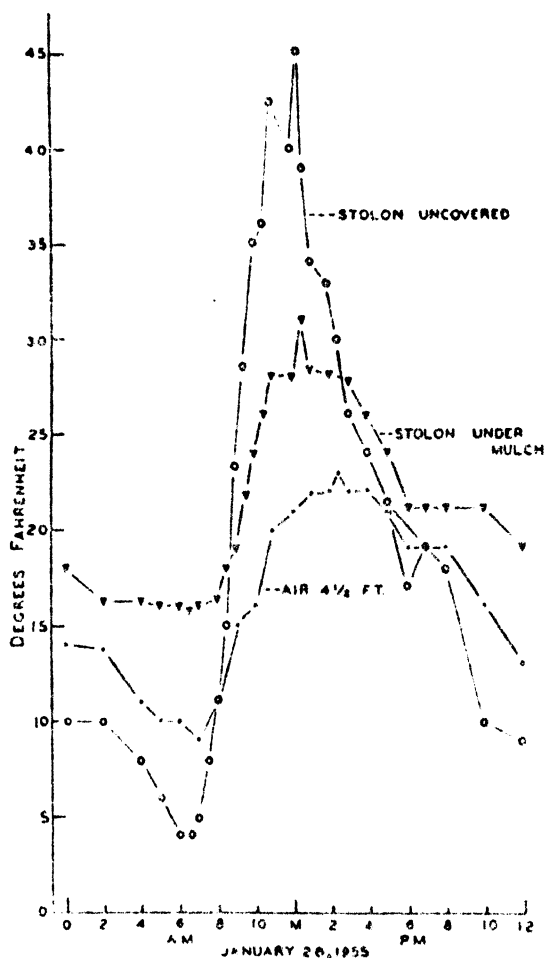
Plantene har liten eller ingen evne til å isolere seg mot kulde. Temperaturen i plantevevet følger derfor temperaturen i omgivelsene nokså nøye. Dette gjelder også for tykke og "isolerte" organer som store knopper og trestammer. Men temperaturvariasjonen inne i slike organer er noe langsommere enn i luften omkring. Under stabile forhold er temperaturen i plantevevet derfor omtrent lik temperaturen i omgivelsene. Det er tilfelle både for topp og rot. Et eksempel på dette forhold er vist i figur 1. Temperaturen ble senket fra $+16^{\circ}\text{C}$ til -20°C og deretter hevet til $+18^{\circ}$ i løpet av 60 minutter. Etter ca. 30 minutter var temperaturen inne i kastanjenøtten lik med lufttemperaturen.



Figur 1. Temperatur inne i en kastanjenøtt og i luften omkring ved nødkjøling og opptining i løpet av 60 minutter, i = innvendig og e = utvendig temperatur (Levitt, 1966).

Ved sterk utstråling, f.eks. i klare og kalde netter, kan derimot temperaturen i plantevevet bli betydelig lavere enn lufttemperaturen. I blad og knopper er det målt fra $2,5$ til $3,5^{\circ}\text{C}$ lavere temperatur enn i luften omkring, og i furunåler ned til $6,5^{\circ}$ lavere temperatur. På varme dager og i sterkt solskinn, kan temperaturen i plantevevet bli langt høyere enn lufttemperaturen (Levitt, 1966).

Den vertikale temperaturvariasjonen er relativt større nede ved jordoverflaten enn i vanlig meteorologisk observasjonshøyde, hos oss 2m. Dette beror på at jord- eller vegetasjonsoverflaten varmes opp ved innstråling om dagen og avkjøles ved utstråling om natta. I klart og stille vær kan temperaturforskjellene i ulik høyde over bakken bli særlig stor. Er det derimot skyet vær og/eller sterk vind, blir temperaturforskjellene mer eller mindre utvisket (Sprague et al., 1954).



Figur 2. Daglig temperaturfluktuasjon i luft, 1,5 m over bakken, og i kløverstengler uten snødekke. Observasjonene er gjort midtvinters i New Jersey, U.S.A. (Sprague, 1955).

I en amerikansk undersøkelse (Sprague, 1955) ble temperaturen registrert i vevet hos kløverplanter, 0-1,5 cm over jordoverflaten, i løpet av januar og februar. I klart vær, og dersom plantene var udekket, var temperaturen i plantevevet betydelig høyere om dagen og lavere om natta enn lufttemperaturen i samme nivå (figur 2). Dersom plantene stod sammen med gras slik at de var skjermet av grasstubb og strå, eller dersom de var dekket med snø, var temperaturen i plantevevet langt mer stabil. I skyet vær fulgte temperaturen i plantene stort sett lufttemperaturen. I klart vær ble det i vevet hos udekkete planter observert en temperatursenkning på 4-5° C pr. time. Temperaturen i vevet hos udekkete planter kunne bli 6-8° C lavere enn i planter som var dekket (figur 2).

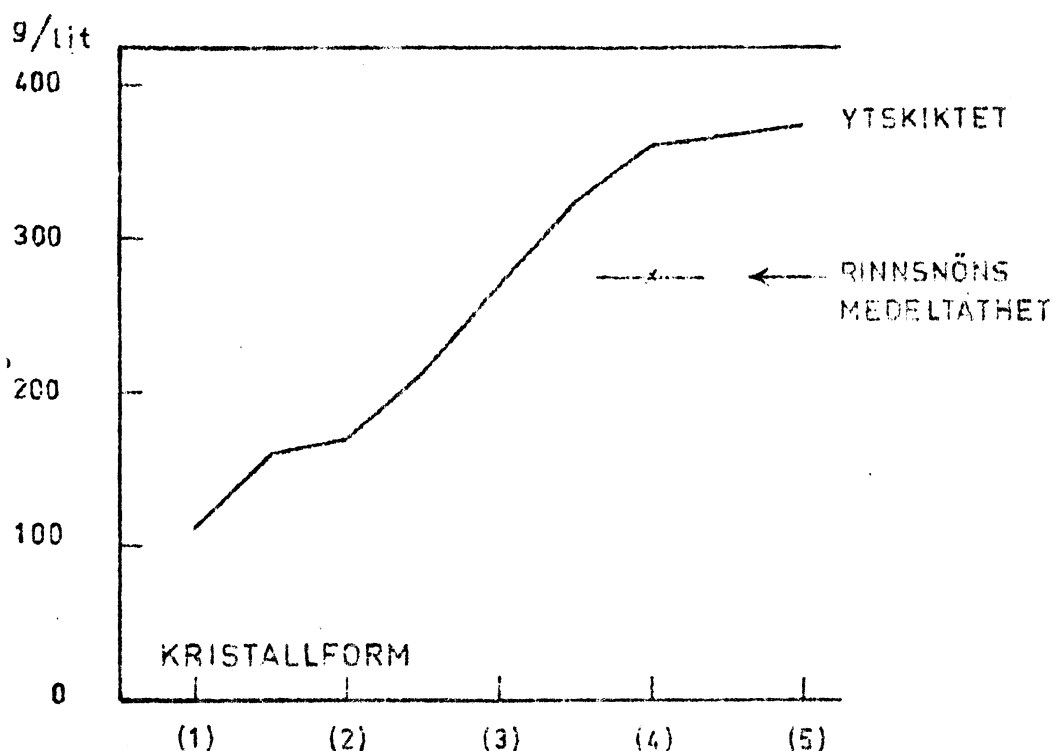
Nå er vel slike temperatursvingninger mindre hos oss enn under amerikanske forhold, men på enkelte steder kan de nok spille en betydelig rolle også under våre forhold. En ser hvor viktig det er at plantene er dekket med snø eller annet materiale i strenge kuldeperioder.

Snødekke.

Overflaten av et snølag vil absorbere strålingsvarme om dagen og isolere de plantedeler som er dekket av snø mot høye maksimumstemperaturer. Om natta vil overflaten avkjøles p.g.a. utstrålingen, men snølaget vil isolere mot sterk avkjøling av plantene. Et snølag på 3-4 cm vil bety mye for å stabilisere temperaturen i plantene. Jo tykkere snølaget er, desto stabilere blir temperaturen ved jordoverflaten.

Et snølag kan ha ulike tilstandsformer og dermed få ulik virkning på plantene. Et snitt gjennom et snølag viser at snøen har ulik konsistens og krystallstruktur fra overflaten og ned til bakken. Krystallstørrelsen øker jevnt fra overflaten og nedover på grunn av omkrystallisering etter hvert som snøen blir eldre. Volumvekten av snøen øker som regel fra overflaten

og nedover mot bakken, men krystallene ligger likevel mindre sammenpakket nede ved bakken enn i overflaten. Tar vi slik snø i hånden, "renner" den gjennom fingrene, og i svensk litteratur kalles dette laget for "rinnsnø". Under snøsmeltingen om våren forekommer denne krystalltype også i snølagets overflatesjikt. (Rodhe og Kullin, 1965).



Figur 3. Snøens tetthet i overflatesjiktet ved forskjellige krystallformer, samt gjennomsnittlig tetthet av snølaget nærmest bakken (rinnsnøen) (Rodhe og Kullin, 1965).

Tallene 1-5 i figur 3 står for formen på snøkornene. Krystallform (1) finner en i nysnø. Det er regelmessige, sekskantete og taggete snøstjerner. Etter hvert som snøen blir eldre omformes kornene. Den regelmessige og taggete formen forsvinner og kornene blir mer avrundet og forgrenet (2), men vokser etter hvert til krystaller med tydelige krystallflater (3). Til slutt får kornene regelmessig beger- eller prismeform (4) og (5), jfr. isstruktur.

Snøkrystallene blir større etter hvert som snøen omdannes. Korndiameteren i nysnø (1) er ca. 0,5 mm. Av de følgende krystallformene har (2) en diameter på 0,5-1 mm, (3) 0,5-2mm, (4) og (5) 2-5 mm.

Det går fram av figur 3 at snø med krystallform (1), som er nysnø, har minst tetthet, dvs. vel 100 g pr. liter. Tettheten øker etter hvert som snøen omkrystalliseres og krystallene vokser. Skaredannelse bidrar til å øke snøtettheten. Under avsmeltningen om våren forekommer krystallformene (4) og (5) også i overflatesjiktet, og tettheten i dette sjiktet er da i gjennomsnitt 350-380 g pr. liter (Rodhe og Kullin, 1965).

Snøens vannverdi, som er antall mm vann pr. cm snødyp, øker med snøens tetthet. Etter hvert som vannverdien og tettheten øker, avtar snøens isolasjonsevne samtidig som lufttilgangen til plantene blir nedsatt. I følge Det Norske Meteorologiske Institutt (1949) tiltar snøens vannverdi fra høst til vår. Dette går fram av følgende gjennomsnittstall for perioden 1901-1930:

| | |
|----------|------------------|
| Oktober | 1,4 mm/cm snødyp |
| Desember | 2,1 " " |
| Mars | 3,0 " " |
| Mai | 3,5 " " |

Tallene gjelder for observasjoner som er gjort i området Sør-Trøndelag og nordover til Finnmark.

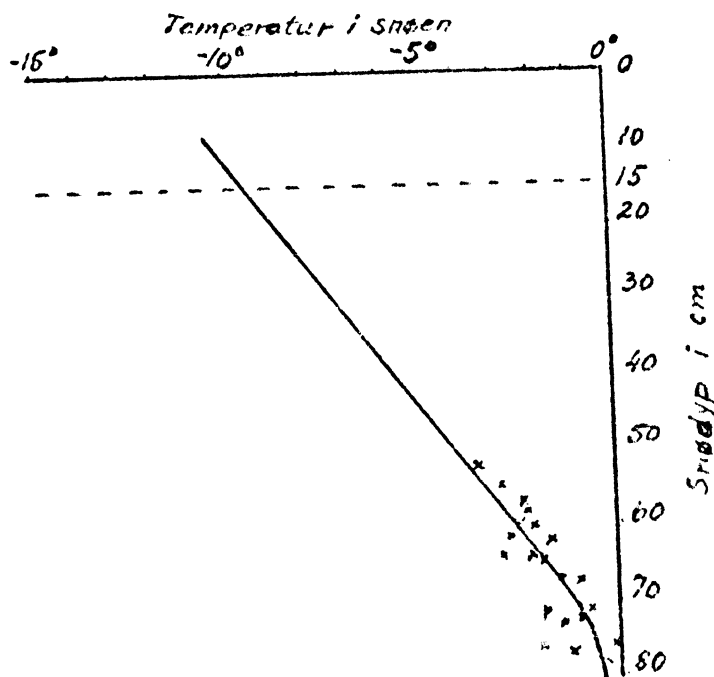
Snøens vannverdi tiltar fra nord mot sør. Årsmiddeltallet for Finnmark og Troms er ca. 2,1 mm, og for Sør-Trøndelag ca. 2,6 mm pr. cm snødyp. Vannverdier på 4-5 mm er imidlertid målt i kyststrøkene i Troms og Finnmark (Andersen, 1967).

De hardeste sjiktene finner en som regel i snølagets øvre del, skaresjiktet. Skaresjikt dannes i samband med vekslning mellom mildvær og frost, solskinn og vind, dels nede i snøen og dels

i overflaten. Skaresjiktene kan løses opp igjen p.g.a. omkrystallisering i løpet av vinteren. Hardfrosset snø og is forekommer ikke sjelden nede ved bakken. Dette er særlig tilfelle etter mildvårsperioder med etterfølgende kulde.

Temperaturen i et snølag varierer med dybden. Målinger viser at temperaturvariasjonen 2 mm under overflaten og i 15 cm dyp er nokså lik, men når temperaturen i overflaten blir høyere enn -5 til -10° C, vil temperaturen i 15 cm dyp som regel være noe lavere enn i overflaten. Dette beror på at mildt vær følger etter kaldt, og at kulden holder seg i snøen en tid p.g.a. snøens isolasjonsevne. Ved svært kaldt vær er forholdet omvendt, temperaturen er da høyere 15 cm nede i snøen enn i overflaten, dvs. kulden rekker ikke å trenge ned i snøen like fort som lufttemperaturen synker. Går vi dypere ned i snølaget, blir naturligvis sammenhengen med temperaturen i de øvre sjikt mindre

Figur 4 viser relasjonen mellom temperatur ved jordoverflaten og snødyb. Observasjonene ble gjort når temperaturen i 15 cm dyp var mellom -8 og -12° C, og kurven er knyttet til middeltemperaturen i 15 cm dyp (Rodhe og Kullin, 1965).



Figur 4. Temperaturen ved jordoverflaten ved forskjellig snødyb når temperaturen i 15 cm dyp er mellom -8 og -12° C (Rodhe og Kullin, 1965).

Temperaturen ved jordoverflaten stiger jevnt med snødybden. Da temperaturen ved bakken under snøen ikke kan overstige 0° C når det er frost, nærmer kurven seg inntil 0° - aksen etter som snødybden øker.

Temperaturen i snøen avhenger også av i hvilken grad jorden sender opp varme, hvilket igjen beror på jordbunnsforholdene. Jo mindre varme jorda har tatt opp i løpet av sommer og høst og holdt på til vinteren, dess mindre blir oppvarmingen under snøen. Relativt tørr jord, og med stort mineralinnhold, vil i regelen være varmere enn en svært våt og mineralfattig jord. På den annen side har jord med stort vanninnhold større varmekapasitet og bedre varmeledningsevne, og den vil derfor kunne avgi større varmemengder til sjiktet mellom jordoverflate og snølag enn mer vannfattig jord.

Snøens isolasjonsevne varierer mye alt etter hvor kompakt den er og hvor stort vanninnholdet er. Dette går fram av følgende tall for varmeledningsevne:

| <u>Ledningsevne (cal/cm/sek $^{\circ}$ C)</u> | |
|--|---------------------------------------|
| Luft, 0° C | $0,5 \cdot 10^{-4}$ |
| Vann, 0° C | $15 \cdot 10^{-4}$ |
| Snø | $15 \cdot 10^{-5} - 17 \cdot 10^{-4}$ |
| Is | $55 \cdot 10^{-4}$ |

Varme som stiger opp fra jorda om vinteren, hindres av et snølag i å gå opp til atmosfæren. Under et tykt snølag kan det derfor bli relativt "varmt". Temperaturen nede ved bakken kan holde seg mellom 0 og -3 til -4° C selv om temperaturvariasjonen i luften er temmelig stor. Dersom jorda ikke er telet, kan temperaturen under snølaget gå opp til $+5-6^{\circ}$ C under snøsmeltingen om våren.

Det foreligger mange observasjoner over temperaturdifferenser mellom snødekt og snøbar mark. Vi kan ikke her referere lange tabeller, men en skal ta med noen få tall fra målinger som ble gjort her på Ås (Sjøseth, 1957). Temperaturen ble målt med "avstandstermometre" og målebru. Målingene ble derfor utført i god avstand fra observasjonsstedet. Avlesningene ble gjort mellom kl. 8.00 og 9.00.

Tabell 2. Noen temperaturdata med og uten snødekke.

| Snødyb i cm | Temperatur i ° C | | | | | | |
|-------------------|-----------------------|--------------|------------|-------------|---------------|-------|-------|
| | 2 m over bakken | Med snødekke | | | Uten snødekke | | |
| | | 1) 0 cm | 2) 5 cm | 3) 10 cm | 0 cm | 5 cm | 10cm |
| 0 | -12,8 | -13,4 | -6,7 | -5,5 | -13,0 | -6,9 | -5,2 |
| 8 | -22,3 | -13,8 | -7,1 | -6,1 | -17,2 | -7,1 | -6,1 |
| 20 | -16,5 | -4,8 | -2,6 | -2,4 | -13,1 | -7,7 | -6,9 |
| 25 | -16,9 | -3,6 | -2,5 | -2,1 | -14,5 | -7,6 | -6,7 |
| 37 | -21,8 | -3,6 | -3,6 | -2,1 | -21,3 | -14,1 | -13,1 |

- 1) Temperatur ved jordoverflaten
- 2) Jordtemperatur 5 cm under overflaten
- 3) Jordtemperatur 10 cm under overflaten.

Temperaturdifferensen mellom snødekt og snøbar mark er svært stor når snødekket er mellom 20 og 40 cm tykt, og når snøen er relativt tørr. På grunnlag av observasjoner som er gjort, kan en slutte at med et 15-20 cm tykt dekke av relativt tørr snø, skal det meget lave lufttemperaturer til før de mer hardføre eng- og beitevekstene blir skadd av frost.

Teledannelse.

Telen er behandlet i jordfysikken, og vi skal ikke gå nærmere inn på dette emne her. Snømengden influerer naturligvis på teledannelsen. Som regel er det slik at snøen kommer før streng kulde, og telen får derfor ikke høve til å trenge dypt ned. Men lange barfrostperioder forekommer ikke så sjelden, og telen vil da gå dypt ned i jorda og sitte lenge i utover våren og dermed sinke plantenes utvikling.

Vi har få observasjoner over teledyp og teledannelse i Norge. I følge finske undersøkelser er det betydelig forskjell i hvor dypt telen går i ulike jordarter. Dette går fram av følgende relativtall basert på observasjoner på ulike steder i Finland under en normal vinter:

| <u>Jordart</u> | <u>Teledyp i cm.</u> |
|----------------|----------------------|
| Grus | 100 |
| Sand | 94 |
| Leire | 66 |
| Torv | 59 |

Forskjellen beror på ulik varmeledningsevne og varmekapasitet hos de forskjellige jordtypene. Telen tiner raskere på grus- og sandjord enn på leir- og torvjord. Jord med plantedekke fryser langsommere og noe grunnere enn ompløyd jord, men ompløyd jord tines raskere opp enn jord med plantedekke. Jo større tetthet snøen har, jo dypere vil telen gå p.g.a. snøens større varmeledningsevne. Telen når som regel sitt største dyp ved slutten av vinteren. Tiningen begynner gjerne nedenifra før snøen er gått bort (Lomakka, 1958).

Telen virker på jordtemperaturen, og jordtemperaturen er svært viktig for veksten tidlig om våren. I svenske undersøkelser er det funnet god sammenheng mellom teledyp og engavlinger. År med dyp tele ga de minste engavlingene, og det var særlig tilfelle når telen "satt lenge i" om våren. De største avlingene fikk en i år med lite tele og mye snø (Agerberg, 1949).

Ved visse vær- og jordbunnsforhold dannes det et islag på jordoverflaten. Mest alminnelig er vel at et relativt tynt snølag smelter helt eller delvis under mildværsperioder om vinteren, og vannet eller snøsørpen fryser til mer eller mindre kompakt is ved temperaturomslag. Dette kan medføre at plantene blir mer eller mindre tett innsluttet i islaget. Slik isdannelse kommer lettest i stand på dårlig drenert og/eller sterkt telet jord. Flate jorder vil være mer utsatte for isdekke fordi overflatevannet ikke renner bort. Under slike forhold dannes den mest kompakte isen. Men det forekommer også isdannelse i sterkt kupert terreng der det er gode muligheter for overflatevannet til å renne bort. Skjer temperaturomslaget raskt, vil snøsørpen fryse, men isen blir ikke så kompakt her som på flat mark. Isdekke dannes helst på steder med sterkt vekslende vinterklima, særlig er visse distrikter i Nord-Norge sterkt utsatt. I mildt vær utover våren blir det gjerne stående vann mellom den telete jorda og isdekket. Det viser seg at dette øker skadene ytterligere.

Skader av de ulike klimafaktorene.

Frost.

Vi har tidligere gjennomgått nokså inngående hvordan lave temperaturer og frost virker på levende celler og vev. Det ble nevnt at det viktigste som skjedde, var at vannet frøs til iskrystaller. Det var i hovedsaken bare to måter som cellevannet kunne fryse ut på, enten inne i cellene, intracellulært, eller utenfor cellene, ekstracellulært, og vi drøftet mekanismen for de to formene for frost. Under naturlige vilkår er sannsynligvis ekstracellulær frost viktigst. I hovedsaken skjer det da en dehydrering og koagulering av celleinnholdet, og dette kan føre til celledød, men selve mekanismen til celledøden forårsaket av frost, er ennå ikke helt klarlagt (Levitt, 1966).

Når plantene blir utsatt for kulde, blir de ved en viss temperatur skadd eller drept av frost. Den temperaturen som er lav nok til å skade eller drepe plantene, blir kalt kritisk temperatur. Det kan ikke angis eksakte tall som viser hvilken temperatur en viss planteart eller sort tåler. En og samme plante kan tåle vidt forskjellig temperatursenkning, alt etter hvilken utviklingsfase planten er i og videre hvordan miljøforholdene har vært før frysingen. Fryser en f.eks. rødkløver som har stått ved vanlig veksttemperatur, 17-18° C, vil plantene bli skadd av frost eller fryse i hjel ved -3 til -5° C. Hvis derimot plantene har stått ved herdningstemperatur mellom 0 og +2° C og lys en viss periode før frysingen, tåler de ca. -8 til -10° C. Etter den erfaring vi har med frysing av engvekster i laboratoriet, kan en anføre følgende temperaturintervaller for de ulike artene. Forsøkene er utført med 3-6 måneder gamle frøplanter, dvs. planter som ikke har vært høstet. Plantene er på forhånd herdet 14 dager ved ca. +1° C, og frysetemperaturen er avpasset slik at ca. 50% av plantene overlever behandlingen:

| | | |
|-------------------|---------|--------|
| Timotei | -15 til | -20° C |
| Engsvingel | -12 " | -15 " |
| Hundegras | -13 " | -16 " |
| Raigras(flerårig) | -11" | -14 " |
| Rødkløver | - 8" | -10 " |
| Alsikekløver | - 7" | - 9 " |

De oppgitte temperaturintervallene dekker noenlunde tilfeldig variasjon og variasjonen mellom forskjellige sorter innenfor hver art.

Nå kan en spørre om de temperaturene som blir brukt i laboratorie-forsøk, også vil skade eller drepe plantene under naturlige vilkår i eng og beite. Under naturlige vilkår er det en rekke faktorer og forhold som må vurderes, før en kan trekke noen sikker slutning om eventuell frostskaide på eng- og beite-plantene. Den temperaturen som vanligvis observeres, er luft-temperaturen 2 m over bakken. Dersom plantene er dekket med snø, vil, som allerede nevnt, temperaturen i plantesonen være langt høyere enn den observerte lufttemperaturen. Er bakken uten snø eller annet dekke, vil det i klarvær ofte inntreffe temperatur-inversjon, dvs. at temperaturen er lavere nede ved bakken enn i 2 m nivået. Tidspunktet for og varigheten av den lave tempera-turen spiller en avgjørende rolle. Barfrostperioder seinhøstes kan skade engplantene, men på denne tiden er det ennå mye varme i det øvre jordlaget, og det vil dempe virkningen av barfrosten. Barfrostperioder seinere på vinteren etter at jorda er avkjølt, eller telet, vil sannsynligvis ha langt sterkere skadeeffekt.

En skal gjengi noen data fra forsøk ute i felt der en har prøvd å undersøke virkningen av barfrost på ulike kløversorter. Det ble brukt bur, 2,0 x 2,5 x 0,75 m, med vegger av fluenetting og tak av tynn plast. Burene ble montert på ruter tilplantet med kløver, 5x10 cm avstand mellom plantene. Takene var delt i seksjoner slik at snøen kunne tømmes bort. Parallellt med bur-rutene var det ruter med naturlig snødekke (Sjøseth, 1957).

Tabell 3. Virkningen av barfrost på overvintringen av rødkløver.

| Sorter | x) Naturlig snødekke | | Snøbart | | Frysefors. %overl.pl. |
|----------------|----------------------|---------------------|--------------------|---------------------|-----------------------|
| | Ant.pl. om høsten | %overl.pl. om våren | Ant. pl. om høsten | %overl.pl. om våren | |
| Molstad | 452 | 88 | 418 | 52 | 48 |
| Vågønes | 438 | 98 | 437 | 81 | 58 |
| Øtofte (dansk) | 436 | 67 | 458 | 14 | 17 |
| Norsk tetrapl. | 436 | 78 | 447 | 30 | 23 |
| Gjen. snitt | 440 | 83 | 440 | 44 | |

x) Snødybden var mellom 8 og 40 cm.

Resultatet viser for det første virkningen av barfrost kontra naturlig snødekke, og dessuten at det er godt samsvar mellom resultatene fra fryseforsøk i laboratoriet og fra de snøbare rutene i feltet. Både de klimatiske observasjonene (temperatur- og snømålinger) som ble gjort i samband med forsøket og observasjoner av plantene om våren, viste at uttynningen av bestanden på de snøbare rutene skyltes virkningen av barfrosten.

Et lignende forsøk samme år i 1. års eng med kløver-timotei-blanding ga dette resultat:

Tabell 4. Virkningen av barfrost på kløver-timoteieng.

| | Naturlig snødekke | | | Snøbart | | |
|------------|-------------------|-------------------|-------------|----------------|-------------------|-------------|
| | Høy kg/dek. | Kløver kg/dek. | % kløver | Høy kg/dek. | Kløver kg/dek. | % kløver |
| Vidarshov | 412 | 280 | 68 | 285 | 165 | 58 |
| Tetraploid | 403 | 342 | 85 | 288 | 167 | 58 |
| Gjen.snitt | 407 | 311 | 76 | 286 | 166 | 58 |

Også dette forsøket viser meget sterk virkning av barfrost kontra naturlig snødekke.

I hvor stor grad eng- og beitevekstene skades p.g.a. direkte frost er det umulig å si noe bestemt om. Det er nemlig svært vanskelig å skille frostskafer fra andre fysiske overvintringsskafer. At belgvekster som f.eks. rødkløver, alsikekløver og luserne kan skades sterkt av frost, er det ingen tvil om. Det samme kan være tilfelle for flerårig raigras, engsvingel og hundegras. Timoteien derimot, tåler vanligvis svært lav temperatur, og det er sannsynligvis mer sjelden at den tynnes ut p.g.a. direkte frostvirkning. Men innenfor alle arter er det stor sortsvariasjon m.h.p. frostresistens.

En må imidlertid være oppmerksom på at dersom plantene, f.eks. timotei og andre hardføre arter, blir sterkt drevet med gjødsel, spesielt N, samtidig som de blir høstet meget intenst, kan de bli såpass svake at de tar skade av sterk kulde. Videre kan

frosten spille en rolle dersom plantene på forhånd er svekket av andre ugunstige faktorer, f.eks. isdekke, oppfrysing, sjukdomsangrep, etc..

Veksling mellom relativt høye og svært lave temperaturer, særlig når jorda er snøbar, kan utvilsomt føre til større skader enn om temperaturen er jevnt lav. Planter som tiner mer eller mindre opp, vil miste noe av sin opprinnelige hardførhet, jo mer jo lengre mildværsperioden varer. Resultater fra fryseforsøk i laboratoriet viser at engplanter som er frosset en gang, tinet opp og stått inntil strekningsvekst har vært synlig og deretter herdet på nytt, tåler langt mindre frost ved 2. gangs frysing:

| | % overlevende planter | |
|----------------|-----------------------|------------|
| | 1. frysing | 2. frysing |
| <u>Timotei</u> | <u>88</u> | <u>3</u> |

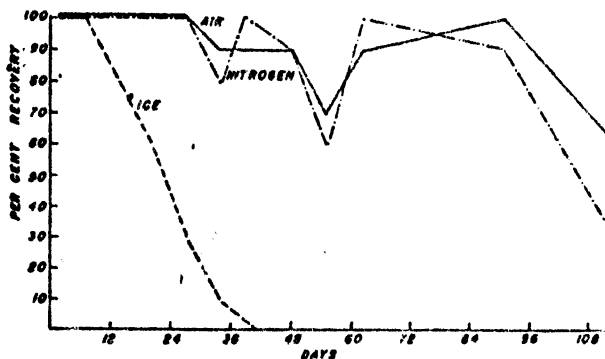
Temperaturen var endog ca. 1 grad høyere ved 2. gangs frysing enn ved 1. gang. I dette forsøket hadde plantene stått forholdsvis lenge mellom hver frysing. Det viser seg at planter som først er avherdet, dvs. har mistet hardførheten, har vanskelig for å oppnå samme grad av hardførhet selv om betingelsene for herdning er til stede. Det er særlig tilfelle når avherdningen skjer seint på vinteren (Smith, 1964). Vi har før nevnt at avherdningen skjer langt raskere enn herdningen. Mildværsperioder om vinteren kan derfor utvilsomt indirekte medføre betydelige frostska-der. En kan derfor ikke uten videre nytte den maksimale hardførhet hos en plante som grunnlag for vurdering om den vil skades av frost om vinteren under bestemte klimaforhold. Dersom plantene blir delvis avherdet i perioder om vinteren, har de vanskelig for å gjenvinne full hardførhet, både fordi det meste av bladverket kanskje er ødelagt, eller fordi temperaturomslaget fra høy til lav temperatur kommer for brått. Planter som ikke er tilstrekkelig herdet tåler langt mindre frost enn de som er herdet (Sjøseth, 1964).

Isdekke.

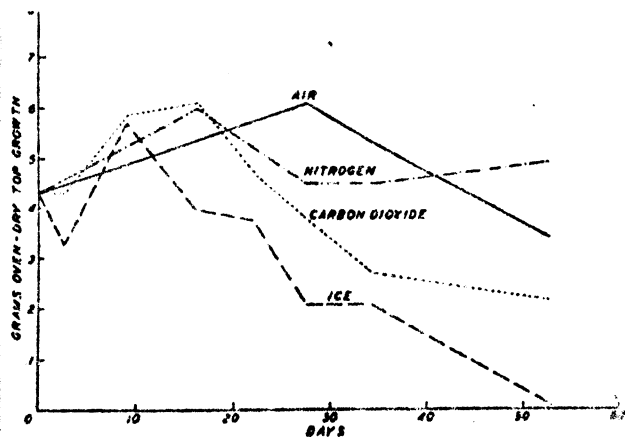
Som nevnt foran kan eng- og beitevekstene bli innesluttet av is, og en slik tilstand kan medføre store skader. Isskadene forekommer hyppigst i distrikter med vekslende vinterklima, dvs. veksling mellom snø og frost, mildvær og regn. Men i enkelte år kan det forekomme isdekke på steder med mer stabilt vinterklima. Akkumulering av is på eng og beite forekommer helst på flat og dårlig drenert, eller tett jord. Dersom slik jord blir sterkt vannmettet om høsten og frosten kommer på snøbar mark, slik at det blir sterk teledannelse, vil vilkårene for isakkumulering om vinteren være til stede. Som tidligere nevnt kan det også forekomme isdekke på sterkt fallende terreng.

Skadene av et isdekke kan bli meget omfattende, men graden av skade avhenger av en rekke ulike forhold. Dersom et islag over plantene blir liggende snøbart, og det samtidig inntreffer streng kulde, vil plantene bli sterkt utsatt. Som nevnt har is ganske høy varmeledningsevne, og ved sterk temperatursenkning kan plantene bli skadd av frost. Under naturlige forhold dannes et isdekke umiddelbart etter en mildvårsperiode. Plantene kan da være mer eller mindre avherdet, og da de dessuten er omgitt av vann eller snøsrøpe før frost og isdekke inntreer, kan vanninnholdet bli relativt høyt, og de vil da være særlig utsatt for skade av ulik fysisk påkjenning.

I USA er det utført undersøkelser for å klarlegge årsaken til at plantene dør under et isdekke (Sprague og Graber, 1940). I figur 6 og 7 er gjengitt noen resultater fra disse laboratorieforsøkene.



Figur 6. Virkning av isdekke, stillestående luft og nitrogen-gass på luserneplanter ved $-3,5^{\circ}$ C. Planter i sirkulerende luft (kontrolledd) var uskadd etter 113 dager.



Figur 7. Toppvekst hos herdede luserneplanter etter 3 veker i veksthus når plantene på forhånd var behandlet med forskjellige gasser ved -4° C i løpet av 0-60 dager (Sprague og Graber, 1940).

Resultatene fra disse undersøkelsene kan tyde på at plantene kveles og/eller forgiftes av biprodukter fra stoffskiftet, særlig p.g.a. opphoping av carbondioxyd i plantevevet. Etersom ren nitrogengass ikke syntes å ha noen sterk effekt, er det lite sannsynlig at nedsatt oxygentilgang skal ha noen vesentlig betydning for å opprettholde stoffskifte ved såpass lav temperatur. Dersom plantene ble utsatt for høye konsentrasjoner av carbondioxyd, ble de skadd eller drept, men først etter lengre tid enn når de var innesluttet i is. En mener ikke at "utvendig" carbondioxyd er giftig, men når plantene er tett innesluttet i is, vil diffusjonen av gasser hindres, og det skjer en akkumulering av respirasjonsgasser, særlig carbondioxyd, som fører til giftvirkning på plantene etter hvert som konsentrasjon og trykk øker (Sprague and Graber, 1940).

I nyere undersøkelser er det funnet lignende resultater (Freyman og Brink, 1967). I et laboratorieforsøk med luserneplanter, der innholdet av O_2 og CO_2 i jordluften ble analysert, fant en følgende verdier:

| | % | | Tørrvekt av topp(g) 15 dager etter issmelt. |
|---------------------|-------|--------|--|
| | O_2 | CO_2 | |
| Etter 20 dager i is | 3,0 | 7,0 | 2,1 |
| Kontroll, ikke is. | 21,0 | 0,02 | 7,9 |

Det kunne ikke påvises noen effekt hverken på gassinnholdet i jordluften eller på omfanget av skadene ved å la strå eller stubb stikke opp gjennom isen i forsøkskarene. Etersom nedgangen i O_2 -innhold i jordluften ikke hadde noen skadelig virkning på plantene, ser det ut til at akkumuleringen av CO_2 kan være en viktig årsak til isskadene. Under naturlige forhold er det sannsynligvis en rekke ulike faktorer både av jordbunnsmessig og klimatisk natur som kan være medvirkende.

Ved Institutt for genetikk og planteforedling, Norges Landbruks-høgskole, er det utført en rekke forsøk over virkningen av is-dekke på ulike engvekster både i laboratoriet og i markforsøk. I laboratoriet er det hovedsakelig to framgangsmåter som er brukt. Ved den ene måten er plantene helt eller delvis innesluttet i is i plastkar. Ved den andre står plantene i jord i såkasser og blir siden dekket med is. Røttene står da i jord, mens toppen er under isdekket. Ved den første framgangsmåten har behandlingen langt sterkere virkning enn ved den andre. Her vil 10-15 dager være nok til å drepe kløverplanter, dersom både topp og rot er helt innesluttet i is, mens 40-60 dager er nødvendig for å drepe plantene ved den andre framgangsmåten. I begge tilfelle holdes temperaturen ved ca. $-2^{\circ} C$ slik at en unngår frostskafer på plantene.

Det er også utført isdekkeforsøk ute i felt. Rutene ble plantet med 2-3 måneder gamle frøplanter med 5 x 10 cm avstand. Rundt rutene ble det satt en karm av tre og på utsiden ble det lagt inntil jord for å støtte karmen. Etter at jorda på rutene var telet tilstrekkelig, ble det fylt på så mye vann at plantene ble fullstendig dekket med et kompakt islag. Isrutene ble dekket med snø eller halm, for å unngå skade på plantene av lave temperaturer.

I markforsøk tar det lengre tid enn i laboratoriet før det viser seg noen virkning av isdekket, dersom ikke andre faktorer enn isen har gjort seg gjeldende. Noen tall viser forholdet mellom de forskjellige framgangsmåtene i laboratoriet og ute i felt.

Forsøkene er utført med rødkløver:

| Framgangs- måte | Laboratoriet | | Mark forsøk |
|--------------------|--------------|--------|----------------|
| | Kar | Kasser | |
| Døgn i is | 16 | 51 | 75 |
| % overl. pl. | 16 | 16 | 31 |

Herdningen ser ut til å øke resistensen mot isdekke i samme grad som den øker frostresistensen. Dette er illustrert ved egne, ikke publiserte resultater i tabellene 5 og 6. Forsøkene er utført i laboratoriet i plastkar uten jord eller annet substrat.

Tabell 5. Isdekkeforsøk med rødkløver. Prosent overlevende planter.

| | Helt innesluttet i is. | | | Bare røttene i is. | | |
|-------------|------------------------|----|----|--------------------|----|----|
| | 5 | 10 | 15 | 5 | 10 | 15 |
| Antall døgn | | | | | | |
| Herdet | 90 | 78 | 0 | 98 | 73 | 35 |
| Uherdet | 0 | 0 | 0 | 78 | 23 | 7 |

Det går fram av tabell 5 at dersom bare røttene er innesluttet i is, mens toppen av plantene står over isdekket, tar det betydelig lengre tid før skadene får samme omfang som når hele planten er under isdekket.

En senkning av temperaturen, selv om den ligger over den temperatur som kan føre til frostskafer, forsterker isskadene betydelig. Noen tall fra et forsøk i rødkløver med to ulike temperaturer viser dette klart. I dette forsøket var plantene helt innesluttet i is i plastkar.

Tabell 6. Isdekkeforsøk med rødkløver ved ulike temperaturer. Prosent overlevende planter.

| | Isdekke | | | Ikke isdekke (kontrolledd) | | |
|-----------------------|---------|----|----|----------------------------|-----|-----|
| | 5 | 10 | 15 | 5 | 10 | 15 |
| Herdet, -2° | 89 | 32 | 0 | 100 | 100 | 100 |
| Uherdet, -2° | 11 | 0 | 0 | 93 | 100 | 93 |
| Herdet, -5° | 4 | 0 | 0 | 72 | 29 | 7 |
| Uherdet, -5° | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Røttene på kontrollplantene var tullet inn i fuktig filtrerpapir, ellers fikk de samme behandling som de øvrige ledd, men plantene var ikke innesluttet i is.

Ved -5° C er også kontrollplantene skadd, og det så ut til å være tørke som forårsaket denne skaden. I så fall er det tydelig virkning av herdningen på tørkeresistensen. Det stemmer for så vidt godt med at tørkeresistens og frostresistens er nært korrelerte (Levitt, 1956).

En skal gjengi noen resultater fra isdekkeforsøk ute i felt. Det er egne resultater som ikke er publiserte.

Tabell 7. Isdekkeforsøk med ulike arter av engvekster i felt. Prosent overlevende planter.

| | Rødkløver | Timotei | Engsvingel | Raigras |
|---------------|-----------|------------------|------------|---------|
| | | 120 døgn isdekke | | |
| Ruter uten is | 17 | 100 | 100 | 100 |
| Is-ruter | 0 | 75 | 26 | 0 |
| | | 57 døgn isdekke | | |
| Ruter uten is | 90 | 100 | | |
| Is-ruter | 27 | 95 | | |

I forsøket med 57 døgn isdekke var det bare kløver og timotei som var med.

Det går fram av tabell 7 at kløveren er langt mer ømfintlig for isdekke enn timoteien. Engsvingelen tåler også mindre enn timotei, mens raigraset ser ut til å tåle minst av de tre grasartene. I det første forsøket (120 døgn) har kløveren også gått sterkt ut på rutene med naturlig snødekke, uten at det ble observert noen bestemt årsak til det.

De resultatene som er referert både fra laboratorieforsøk og fra markforsøk, viser at et isdekke kan gjøre betydelig skade på plantene. Graden av skade vil variere, alt etter hvor fullstendig plantene er innesluttet i is, og etter hvor lang tid

isen får virke. Under naturlige vilkår må isdekket ligge forholdsvis lenge før det blir store skader på en plante som timotei, mens rødkløver, raigras og engsvingel er langt mer ømfindtlige.

Når et isdekke under vanlige jordbruksforhold kan føre til langt større skader enn det som er funnet i markforsøk her på Ås, kan det henge sammen med at andre ugunstige faktorer utenom selve isen har vært medvirkende. Som nevnt tidligere blir plantene sterkt utsatt for lave temperaturer under et islag, dersom det ligger snøbart. Det er mye som tyder på at frosten gjør større skade på planter som er dekket av is, enn på planter som ikke er isdekket.

En viktig ting i denne sammenheng er hvor kompakt islaget er. Under naturlige vilkår er det vel ofte slik at plantene er mer eller mindre omgitt av et skare-islag som kan ha nesten alle grader av fasthet. Nå er det ikke bare tettheten av islaget på jordoverflaten som er av betydning, men også hvor tett innsluttet planterøttene er. Det er rimelig å anta at på jord som er sterkt vannmettet (dårlig drenert og/eller tett jord) før frosten og telen setter inn, blir planterøttene tettere innsluttet, gassdiffusjonen blir mer hemmet, og faren for skade større enn på jord i god kulturtilstand.

Som nevnt betyr varigheten av isdekket mye for omfanget av skadene. Av størst viktighet er hvor lenge utover våren isdekket ligger, etter at livsvirksomheten i plantene er kommet igang. I denne sammenheng skal nevnes at mange av våre sportsplasser blir islagt med kompakt stålis som ligger hele vinteren. Noe skade på grasmatten blir det, men ofte langt mindre enn en skulle vente. Her blir det imidlertid satt mye inn på å få fjernet isen så fort som råd om våren ved å strø med sand eller andre mørke stoffer. At skadene på sportsplassene blir relativt begrenset, kan også for en del tilskrives god drenering og god jordkultur forøvrig.

De forsøkene som er utført, viser at det er forskjell i motstandsevne mot isdekke mellom arter og sorter både hos gras og kløver. Resistens mot is er i nokså sterk grad korrelert med frostresistensen. Det er særlig tilfelle hos gras, mens sammenhengen hos kløver er mindre klar i så måte (Sjøseth, 1959).

Noen forskere (Smith, 1962) mener at forskjell i resistens mot isdekke hos ulike sorter og arter beror på forskjell i stoffskifteaktiviteten i kvileperioden. De svake typene ser i noen grad ut til å opprettholde høyere aktivitet, respirerer mer, enn de hardføre typene. Derfor skulle det hos de svake typene opphopes mer stoffskifte-produkter, særlig carbondioxyd, som skulle føre til større skade hos disse enn hos de mer hardføre typene. Det foreligger imidlertid ennå for få resultater fra slike undersøkelser til at en kan si noe sikkert om disse relasjonene.

I samband med isskader skal også nevnes vannskader. På dårlig drenert og tett jord sitter telen lenge i utover våren, slik at smeltevann og regnvann kan bli stående i dammer og "sjøer" i lang tid. Etter hvert som temperaturen og dermed livsvirkomheten i plantene stiger, kan de bli skadd eller dø ut, sannsynligvis p.g.a. oxygenmangel. Det samme er tilfelle når det blir stående vann under et isdekke som har begynt å smelte.

Oppfrysing.

Oppfrysing av eng- og beiteplanter forekommer ikke så sjelden og kan være medvirkende årsak til uttynning av plantebestanden. Oppfrysingen skjer ved vekselvis frysing og tining av det øverste jordlaget. Det forekommer særlig tidlig om våren etter snøsmeltingen og på jord med høy vannbindingsevne, eller jord som er dårlig drenert. Når temperaturen synker under frysepunktet, dannes iskrystaller i det øverste jordsjiktet, og de vokser etter hvert som de trekker til seg vann fra dypere jordlag (Portz, 1967). En kan ha to ulike typer av oppfrysing:

(1) Iskrystaller dannes rundt røtter og krone av belgplanter. De vokser nedenfra og presser røttene opp av jorda.. Denne form for oppfrysing forekommer særlig på tung jord og ved moderate frysetemperaturer. (2) Iskrystaller eller "islinser" vokser under et lag av frossen jord. Det frosne sjiktet trekker til seg vann nedenifra, og dette fryser til vertikale isformasjoner. Etter som ismassene vokser, vil det øvre frosne jordlaget skilles fra og løftes opp.

Når jorda tiner igjen etter slik oppfrysing, enten det skjer på den ene eller den andre måten, vil den synke på plass igjen. Planterøttene, eller deler av disse, blir stående mer eller mindre bare og blir dermed utsatt for både frost og uttørking.

Oppfrysingsskader forekommer hyppigst hos planter med pelerøtter, f.eks. kløver og luserne. Røttene hos disse plantene er så stive at de blir stående mer eller mindre bare etter at jorden har sunket på plass. Grasartene er mindre utsatt fordi røttene er fine og lar plantene synke tilbake sammen med jorda etter opptiningen. Rotsystemet hos grasartene er sterkt forgrenet, og det betinger bedre kontakt med jorda også etter oppfrysing. En skal gjengi noen tall fra amerikanske forsøk (laboratorieforsøk) med 14 dager gamle frøplanter (Kinbacher, 1956).

Tabell 8. Laboratorieforsøk med oppfrysing av planter.

| Planteløft ved frysing mm | Phalaris sp. | | | | Raigras | | | |
|---------------------------------|--------------|-----------------------|-----|----------------|-------------|-----------------------|-----|----------------|
| | Ant. pl. | % pl. med skade i: | | % pl. skadd | Ant. pl. | % pl. med skade i: | | % pl. skadd |
| | | Stengel | Rot | | | Stengel | Rot | |
| 1-3 | 29 | 17 | 14 | 31 | 25 | 4 | 4 | 8 |
| 4-6 | 33 | 12 | 9 | 21 | 34 | 15 | 0 | 15 |
| 7-9 | 12 | 67 | 25 | 92 | 16 | 32 | 6 | 38 |
| 10-12 | 11 | 82 | 9 | 91 | 8 | 75 | 13 | 88 |
| 13-15 | 4 | 75 | 25 | 100 | 4 | 75 | 25 | 100 |
| 15 | 4 | 50 | 50 | 100 | 6 | 50 | 50 | 100 |
| Tot.ant.pl. | 93 | 33 | 15 | 48 | 93 | 25 | 7 | 32 |

Tallene viser at stengelskadene er større enn rotskadene. Men disse plantene var små, og stengeldelen ligger under jordoverflaten, derfor slites den av ved oppfrysingen. Større planter med sideskudd vil reagere annerledes. Tallene viser videre at de to artene har ulik motstandsevne mot oppfrysing. Forskjell mellom arter og sorter er funnet også hos belgvekster. Typer av kløver og luserne med utbredt vekst synes å være mindre utsatt for oppfrysing enn typer med opprett vekst (Portz, 1967).

Uttørking.

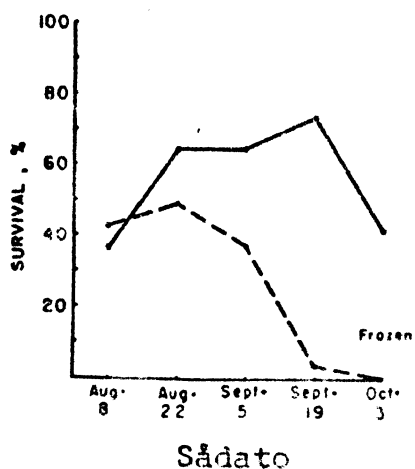
Det er kjent at planter kan visne av vannmangel dersom temperaturen i jorda omkring planterøttene er lav, f.eks. 0° C, mens toppen av plantene har relativt høy temperatur. Under slike forhold er ikke jorda i stand til å forsyne røttene med nok vann, enda om det er tilstrekkelig vann tilstede. Det er dette fenomen som ligger til grunn for begrepet "fysiologisk tørke". Noe av årsaken til redusert vannopptak ved lav jordtemperatur, er at viskositeten av vannet øker med synkende temperatur. Synker temperaturen fra 25° til 0° C, øker viskositeten med det dobbelte. Lav jordtemperatur vil dessuten virke hemmende på rotveksten, slik at vannopptaket også blir redusert av den grunn. Transporten av vann gjennom røttene blir også hemmet under slike vilkår. Dersom jorda er frosset tilstrekkelig dypt, har plantene liten eller ingen mulighet til å ta opp vann (Wilner, 1955). Så lenge et snølag dekker de overjordiske delene, er imidlertid faren for uttørking liten fordi både transpirasjon og fordampning da er ubetydelig. Men tidlig om våren, etter snøsmeltingen, kan eng- og beiteplantene bli skadd eller død av tørke dersom røttene står i telet jord. Dette vil særlig være tilfelle når det er relativt høy temperatur og vind. Er vekstaktiviteten i de overjordiske organer stor, vil plantene i slike tilfelle også lide av næringsmangel (Jamalainen, 1958).

Biologiske faktorer som virker på plantenes overvintring.

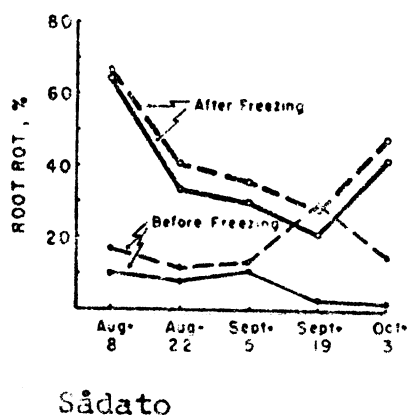
Samspill mellom parasittare- og klimatiske faktorer.

Overvintringssoppene og skaden de forårsaker, blir behandlet i sjukdomslæren. Skader i større omfang av slike sopper forekommer gjerne under bestemte miljøforhold. Et tykt snødekke, særlig på jord som ikke er telet, gir gunstige miljøforhold for disse soppene. De mest vanlige arter av overvintringssoppene hører til slektene Typhula, Sclerotinia, Fusarium, Bipolaris m.fl. De angriper ved forholdsvis lave temperaturer, helt ned til -5 til -6° C. Ved $+5$ til $+10^{\circ}$ C og stor fuktighet har flere arter de beste vilkår for stor aktivitet. Under et tykt snødekke på ikke telet jord er vilkårene utover våren meget gode, og ved sterke angrep kan skadene bli betydelige. I Nord-Finland og Nord-Sverige er utbredelsen av slike sopper og skadene de forårsaker, godt undersøkt, og en regner der disse som en vesentlig årsak til overvintringsskadene i eng og beite (Ekstrand, 1955). Det samme er nok tilfelle i visse distrikter i vårt land (Andersen, 1960).

Det skal imidlertid understrekes det som ble nevnt innledningsvis, at overvintringsskadene sjelden skyldes en enkelt skadefaktor, men svært ofte et samspill mellom flere. Dette går fram av bl.a. undersøkelser fra Canada i vinterhvete. Disse viste at frostskadene var størst hos planter som var sterkest skadd av rotråte, dvs. råtedannelse i det interne vevet av planterøttene, forårsaket av bl.a. Fusarium og Bipolaris. På den annen side fant en at planter som på forhånd var skadd av frost, ble sterkere skadd av rotråte, dvs. at frostskadene disponerte for rotråteangrep. Undersøkelsene ble utført i laboratoriet (Andrews et al., 1960). Plantematerialet ble sådd til ulike tider, og halvdelen ble smittet med rotråteorganismer. Plantene ble frosset ved et bestemt utviklingstrinn, og 4 uker etter frysingen ble graden av rotråteangrep bedømt på de plantene som overlevde frysingen, både fra smittet og ikke smittet materiale.



Figur 8. Prosent overlevende planter etter frysing av smittet ---- og ikke smittet vinterhvetete — (Andrews et al. 1960).



Figur 9. Prosent rotråte på smittet ---- og ikke smittet vinterhvetete før plantene ble frosset (nederste kurver), og 4 uker etter frysing på de plantene som overlevde frysingen (øverste kurver)

Figur 8 viser at smittet materiale er langt svakere mot frost enn ikke smittet, særlig ved de seine såtidene. Videre viser figur 9 at angrepet av rotråte har øket sterkt på de plantene som overlevde frysingen i forhold til hva det var før frysingen. Økningen i råteangrep er størst på det materialet som var svakest mot frost, dvs. det som var tidligst og seinest sådd.

I samme undersøkelse ble det utført markforsøk som viste at i år da tidlig sådd vinterhvetete ble skadd av frost, øket angrepet og skadene av rotråte langt sterkere utover våren og sommeren i den tidlig sådde enn i den seinere sådde hveten. Dersom det ikke forekom vinterskader, var rotråteangrepet jevnt fordelt på alle såtidene. En konkluderer her med at den tidlig sådde vinterhveteten, som viste seg mindre hardfør enn den seinere sådde sannsynligvis er mer mottakelig mot rotråte når den på forhånd er noe skadd av frost (Andrews et al., 1960).

Lignende resultater er funnet i svenske forsøk i høstkornarter:

| Arter | Ant. prøv. | ED 50, -° C | |
|-----------|------------|--------------------|---------------|
| | | Ikke angr. planter | Angr. planter |
| Høstrug | 17 | 15,1 | 12,9 |
| Høsthvete | 14 | 11,8 | 10,6 |

ED 50 = den temperatur ved hvilken 50 % av bladarealet er drept av frost.

De plantene som har betegnelsen "angrepne", var bare svært lett angrepne av Fusarium, men resultatet viser at de "angrepne" plantene tålte mindre frost enn de ikke angrepne (Larsson, 1961).

Videre har en i svenske høstkornforsøk i felt funnet sammenheng mellom infeksjon av sopper på såkornet og vinterskade (Ekstrand, 1955).

| | % vinterskade | |
|--------------|---------------|---------|
| | Høsthvete | Høstrug |
| Beiset korn | 27 | 38 |
| Ubeiset korn | 47 | 52 |

Årsaken til vinterskadene var delvis frost og oppfrysing og delvis "kvelningsskader". Infiserte planter har tålt disse skadene mindre enn de som var friske.

Planter som blir skadd av sopper om høsten, vil få assimilasjonsvevet redusert, og de vil derfor sannsynligvis ikke oppnå maksimal herdning før vinteren setter inn. Slike planter vil snarere bli skadd og drept av frost og andre ugunstige klimafaktorer enn planter som er friske utover høsten. Kløverråten, Sclerotinia trifoliorum, angriper seinhøstes når vilkårene er gunstige, og soppen ødelegger mer eller mindre bladverket hos kløverplantene, og dermed reduseres muligheten for full herdning. Gunstige vilkår for denne soppen har en ved høy luftfuktighet og relativ lav temperatur.

Høsting og beiting.

Det er utvilsomt slik at all behandling av eng og beite har en eller annen virkning, positiv eller negativ, på plantenes overvintringsevne, og det vil føre for langt å prøve og drøfte alle tenkelige effekter. En kan si generelt at jo sterkere beskatning plantene blir utsatt for, desto sterkere negativ virkning har det på overvintringsevnen. Det er ikke bare antall ganger høsting eller beiting som har betydning, men også stubbehøyde, tidspunkt og utviklingsstadium hos plantene ved høsting betyr mye.

Belgvekstene, hos oss kløveren, reagerer sterkt på høsting og/eller beiting. Noen tall fra høstetidsforsøk på Østlandet viser det. Det er virkningen av ulike tider for høsting av gjervekst i 1. engår på kløveravlingen i 2. engår som ble undersøkt (Sjøseth, 1964).

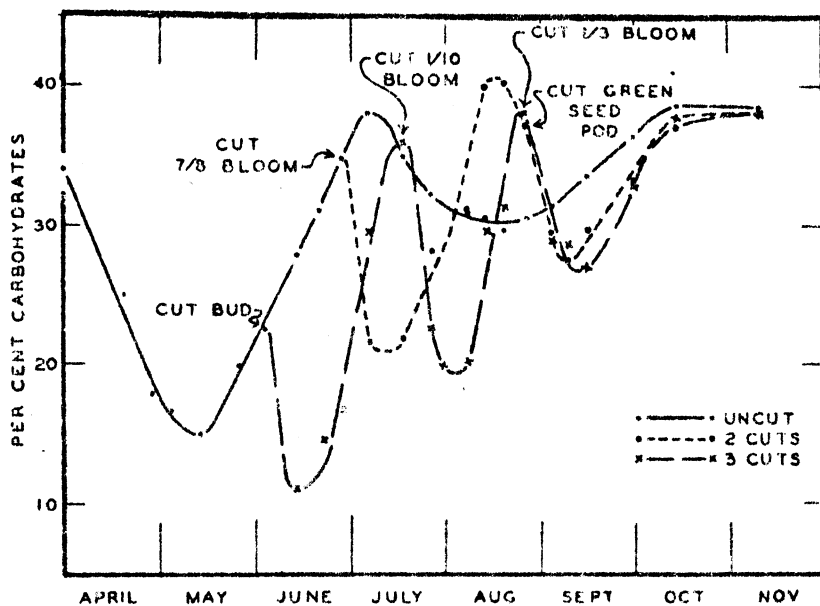
| | Høsteledd i 1. engår | Rel.kløver avling i 2. engår. |
|-----------------------|-------------------------|----------------------------------|
| Gjenvekst ikke høstet | | 100 |
| " høstet 15/8 | | 91 |
| " " 5/9 | | 77 |
| " " 25/9 | | 76 |
| " " 15/8 og 25/9 | | 63 |

Det er betydelig nedgang i kløveravling etter ulik høsting av gjenveksten, og særlig har 3 ganger høsting redusert avlingen det påfølgende engår sterkt. Denne effekten skyldes både en uttynning av plantebestanden og en sinking av veksten om våren. Det viste seg at særlig etter 3 ganger høsting kom veksten av kløveren seint i gang den påfølgende vår.

Særlig i USA er det gjort mange undersøkelser over virkningen av høsting på innholdet av karbohydrater i de overvintrende organer hos kløver og luserne. Etter høsting avtar karbohydratinnholdet i røttene. Dette beror på at plantene, som har mistet sitt assimilasjonsapparat, trenger energi til å danne nye

skudd og blad. Etter hvert som de nye skuddene øker sin assimilasjonseffekt, vil carbohydratinnholdet i røtter og nederste stengeldal igjen stige. Stort sett viser disse undersøkelsene at kløver og luserne trenger en periode på 4-6 uker etter høsting for å gjenvinne et "normalt" carbohydratnivå i de overvintrende organer. Lignende resultater er funnet i finske og danske undersøkelser i kløver og luserne (Virtanen et al., 1936, Nielsen og Lysgaard, 1956).

Som vi skal komme inn på seinere, er det i mange tilfelle funnet godt samsvar mellom høyt carbohydratinnhold i overvintrende organer om høsten og god overvintringsevne. Det skulle derfor være viktig å avpasse høsting og/eller beiting slik at plantene får høve til å "komplettere" sitt carbohydratinnhold før vinteren setter inn. Høstes f.eks. kløver eller luserne på et tidspunkt om høsten slik at frosten kommer mens carbohydratinnholdet er lavt, vil plantene ha vanskelig for å klare overvintringen. Dersom plantene har maksimalt innhold av carbohydrater ved siste høsting, og dersom høstingen skjer så seint at vilkårene for ny vekst ikke lenger er til stede, vil ikke de overvintrende organer tape noe av sitt carbohydratinnhold før vinteren. Men en skal i denne sammenheng nevne at når toppveksten fjernes så seint, vil plantene bli sterkt eksponert til svingninger i vinterklimaet, og da særlig temperaturvariasjoner. En skal gjengi noen amerikanske resultater over sambandet mellom høsting og carbohydratinnhold (Smith, 1962).



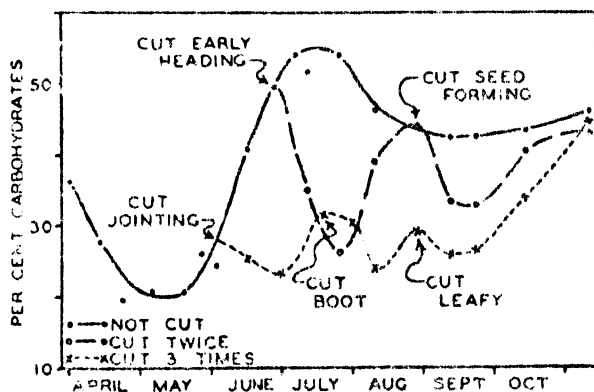
Figur 10. Sesongvariasjon i total tilgjengelige carbohydrater i røtter av luserne høstet to ganger, .-.-.-.-., tre ganger, x---x, og ikke høstet, .—-. (Smith, 1962)

Disse kurvene viser virkningen på carbohydratinnholdet hos luserne når plantene blir høstet ulike antall ganger i sesongen. Vi ser at når det ikke høstes etter begynnelsen av september, vil plantene ha et høyt nivå av carbohydrater når vinteren tar til. Carbohydratinnholdet i rødkløver følger lignende svingninger som i luserne, men nivået er gjerne litt lavere i rødkløver.

I USA blir det anbefalt at en ikke høster kløver eller luserne mellom begynnelsen av september og ca. 15. oktober. Hos oss har vi ingen slik enkel regel for hvordan kløveren skal behandles for å oppnå maksimalt utbytte. Årsaken er for det første at vi har så stor variasjon i klimaforhold og driftsmåter fra sted til sted, og dessuten har vi ennå ingen analyser over carbohydratinnhold gjennom vekstsesongen og vinteren. Resultatene fra høstetidsforsøkene tyder imidlertid på at de samme forhold som nevnt fra U.S.A., også gjelder hos oss. Kløveren bør høstes slik at den får tid til å vokse til igjen slik at energinivået i røttene er høyt før frosten og vinteren begynner.

Ulik høsting hos grasartene virker også på overvintringsevnen, men grasartene er stort sett mer fleksible overfor høsting enn belgplantene. Det er stor forskjell mellom artene p.g.a. ulik voksemåte og utviklingsrytme.

Også hos timotei er det i amerikanske forsøk funnet sammenheng mellom ulik høsting og carbohydratinnhold som ligner resultatene fra kløver og luserne. Det er særlig innholdet av fructosaner, et polysaccharid, i det nederste stengelledet, haplocormen, som har betydning ifølge de amerikanske undersøkelsene (Smith, 1960, 1962).



Figur 11. Sesongvariasjon i total tilgjengelige carbohydrater i nederste stengeldelen av timotei høstet to ganger. - - -, tre ganger x - - - x, og ikke høstet .—.: (Reynolds og Smith, 1962).

Kurvene viser at carbohydratinnholdet er lavt om våren. Grunnen til at timoteien er var for høsting på strekningsstadiet før aksskyting, beror vel på at vekstpunktene blir kuttet bort og plantene må danne nye skudd fra den primære haplocormen. Etter som carbohydratinnholdet er lavt på dette tidspunktet, vil dannelsen av nye skudd gå langsomt, og carbohydratinnholdet går ytterligere ned.

Resultater fra høstetidsforsøk her i landet tyder på at timoteien overvintrer bedre etter sein l. høsting enn etter svært tidlig, men her spiller en rekke andre forhold inn. Virkningen av tidlig l. høsting på overvintringen er neppe en direkte effekt. Når enga blir høstet svært tidlig, blir den gjerne høstet flere ganger enn om l. høsting blir tatt seint. Virkningen på

overvintringen kan derfor skyldes vel så mye de etterfølgende høstinger som den første.

Forsøk utført i Troms (Holt), der enga er utsatt for sterk påkjenning om vinteren, viser at svært tidlig høsting til silo kombinert med høsting av gjenveksten, fører til dårligere overvintring av timoteien enn om l. høsting blir gjort seinere, selv om også gjenveksten blir høstet. Det kan være mange årsaker til dette. Dersom l. høsting blir gjort svært tidlig, på strekningsstadiet, er carbohydratinnholdet i nederste stengeldelen lavt, se figur 11. Utviklingen av nye skudd vil ta relativt lang tid, og det dannes forholdsvis få skudd, dvs. plantene busker seg lite. Er vekstvilkårene mindre gode, fører dette til at enga blir glissen, og det er gode muligheter for andre grasarter til å etablere seg og konkurrere ut timoteien.

En skulle vente at forholdsvis sein høsting av gjenveksten etter tidlig l. høsting ville gi bedre resultat m.h.p. overvintringen enn tidlig, men tendensen i disse forsøk (Holt) går i motsatt retning, nemlig at tidlig l. høsting kombinert med tidlig høsting av gjenveksten er bedre enn om gjenveksten blir høstet seinere. En skal gjengi noen tall fra disse høstetidsforsøkene (Østgård, 1962).

Prosent timotei ved l. høsting, gjennomsnitt av 5 engår.

| | | | |
|-------------------------------|----|-----------------------------|----|
| Tidlig l. høsting (20 cm høg) | | Sein l. høsting (beg.blom.) | |
| + tidlig 2. " | 48 | + tidlig 2. " | 79 |
| tidlig l. høsting | | Sein l. høsting | |
| + mid.tid. 2." | 47 | + mid.tid. 2." | 69 |
| Tidlig l. høsting | | Sein l. høsting | |
| + sein 2. " | 44 | + sein 2. " | 69 |

I distrikter med særlig vanskelige overvintringsforhold som f.eks. store deler av Nord-Næрге og fjellbygdene, blir det tilrådd å høste til silo før timoteien skyter på eldre timoteieng med mye andre gras, eller natureng, mens yngre timoteieng bør stå til begynnende blomstring, fordi det fører til bedre overvintring.

Forsøksresultater fra Østlandsområdet viser også at timoteien reagerer på høsting av gjenveksten og tidspunktet for denne. I en forsøksserie på 9 fireårige felter var timoteiprosenten for de ulike ledd i gjennomsnitt slik (Vik, 1955):

| | | |
|-------------------------|-----------------------|----------|
| Gjenveksten ikke høstet | | 77 |
| " | høstet tidlig ca.31/8 | 76 |
| " | " . mid.tidlig " | 23/9 74 |
| " | " seint " | 12/10 72 |

I en mindre serie med ulike høstetider for 1. høsting og for gjenvekst i 1. engår ble resultatet for timoteien i 2. engår slik (Sjøseth, 1964). Andelen av timoteihøy er beregnet på grunnlag av skjønnsmessig botanisk analyse:

| | | |
|-------------------------|-------------|------------------------|
| Gjenveksten høstet 15/8 | | 376 kg timoteihøy/dek. |
| " | " 5/9 | 323 " " |
| " | " 25/9 | 254 " " |
| " | " 15/8+25/9 | 303 " " |

Årsaken til at timoteiavlingen ble større ved to ganger høsting av gjenveksten enn ved en gang høsting den 25/9, beror vel på at kløveren ble sterkt redusert på leddet med to ganger høsting av gjenveksten, slik at timoteien har fått bedre plass.

Stubbehøyden har sterk virkning på utviklingen av grasplantene etter høsting og på varigheten. Bl.a. virker stubbehøyden på vannopptaket. Planter som er kuttet helt ned til jordoverflaten, vil under ugunstige forhold lide av tørke. Planter med bladverk og stengler kan suge opp vann imot et trykk på ca. 15 atm., mot bare 1-2 atm. når hele toppen er kuttet bort. Det er påvist at lav stubbehøyde fører til nedsatt overvintringsevne. Høstehyppighet og stubbehøyde har sterk virkning på rotutviklingen. Dette viser noen gjennomsnittstall av en rekke grasarter (Lovvorn, 1945):

| | | |
|---------------------|---------|--------------|
| Høstet hver 10. dag | | 0,49 rotvekt |
| " | " 20. " | 1,04 " |
| " | " 30. " | 1,68 " |
| " | " 60. " | 4,79 " |

Finske undersøkelser i hundegras viser lignende resultater (Huokuna, 1964).

| <u>Stubbehøyde, cm</u> | <u>Ant. høstinger</u> | <u>g rotmasse/m²</u> |
|------------------------|-----------------------|---------------------------------|
| 10 | 12 | 277 |
| 10 | 6 | 300 |
| 10 | 4 | 332 |
| 0 | 7 | 57 |
| 0 | 4 | 186 |
| 0 | 2 | 332 |

Som nevnt har stubbehøyden sterk virkning på rotutviklingen, og den forsterkes ytterligere når den kombineres med høy frekvens av høstingen. I engsvingel bl.a. er det påvist færre antall skudd etter lav enn etter høy stubbehøyde (Huokuna, 1966).

| | |
|-------------------|----------------------|
| Stubbehøyde 15 cm | 2609 skudd pr. dekar |
| " 1 " | 1663 " " " |

Både rotutvikling og skuddannelse virker på plantenes overvint-ringsevne.

Virkningen av høstefrekvens og stubbehøyde, og også av tids-punkt for høsting, varierer sterkt mellom ulike arter og sann-synligvis også mellom ulike sorter av grasartene. Forskjellen i reaksjon beror på ulik voksemåte og utvikling av blad og stengler. Strågras som timotei, har det meste av bladverk og vekstpunkt forholdsvis høyt over bakken. Ved høsting blir så å si hele assimilasjonsapparatet kuttet bort. Når stubbehøyden er lav, vil også det meste av reservenæringen tas bort. De nye skuddene vokser av den grunn seint fram, og de vil tære sterkt på energiinnholdet inntil de selv får blad og kan sørge for fotosyntese. Lavtvoksende arter (bladgras) har det meste av bladverket nede ved bakken, og høstingen vil derfor ikke redu-sere assimilasjonsvevet så sterkt hos slike arter. Utvikling av nye skudd og vekst av disse vil ikke tære så sterkt på ener-giinnholdet hos disse grasslagene, og de vil derfor tåle høsting og beiting bedre enn strågrasene. Dette forholdet influerer på konkurransen mellom ulike typer i en bestand. Dersom f.eks. timoteien blir høstet intensivt, med lav stubbehøyde og med korte mellomrom, vil bestanden bli glissen, og andre arter har lett for å trenge inn og konkurrere med timoteien.

Beiting vil i sterkere grad enn høsting svekke plantenes overvintringsevne, særlig hvis den foregår ukontrollert. Snau-
gnagd eng eller beite blir sterkere utsatt for vinterklimaet enn
om plantene får høve til å vokse til litt før vinteren. I Nord-
Norge, der beiting av enga er vanlig både høst og vår, fant en
følgende resultater i forsøk med og uten beiting (Vikeland,
1954). Avling opptatt av beitedyra er ikke tatt med:

| | Relative avlingstall | % timotei |
|-------------------------------|-------------------------|-----------|
| I Ubehandlet (høstet en gang) | 100 | 77 |
| II Håslått, en gang | 90 | 60 |
| III Vårbeiting | 84 | 65 |
| IV Vår- og høstbeiting | 77 | 50 |
| V Høstbeiting | 87 | 64 |

Dette er gjennomsnitt av 4 år. Resultater fra fjellbygdene i
Trøndelag går i samme retning (Foss, 1965). Heller ikke her er
avling opptatt av beitedyra tatt med:

Tabell 9. Virkningen av beiting på avlingen hos ulike grasarter.
Gjennomsnitt av 4 felt og 9 høsteår.

| Forsøksledd | Kg høy pr. dekar | | |
|--------------------------------|------------------|------------|----------|
| | Timotei | Engsvingel | Engkvein |
| I Ikke beitet (høstet en gang) | 750 | 588 | 611 |
| II Beitet om våren | 518 | 431 | 416 |
| III " " høsten | 756 | 594 | 568 |
| IV " vår og høst | 485 | 459 | 444 |

I disse forsøkene har høstbeiting ikke satt ned avlingen nevne-
verdige, mens vårbeiting har redusert høyavlingene sterkt. For
engsvingel og engkvein ble det her mindre avlingsreduksjon etter
både vår- og høstbeiting enn etter bare vårbeiting. En kan ikke
gi noen forklaring på dette resultatet ut fra de data som er
gitt.

Forsøk utført på forsøksgården Holt ved Tromsø har vist at eng som er sterkt beitet, er særlig utsatt for skader av isdekke (Andersen, 1963):

| Lokalitet | Dekn. grad % Ikke beitet | Beitet |
|-----------|-----------------------------|--------|
| A | 69 | 13 |
| B | 73 | 25 |
| C | 85 | 70 |
| D | 54 | 13 |

Samtlige ruter var dekket med is.

Resultatene som er gjengitt her, viser at beiting fører til sterk uttynning av plantebestanden. Dette er særlig tilfelle på steder med ugunstige overvintringsvilkår. I slike strøk er gjerne vekstvilkårene om høsten og våren mindre gode slik at dyra, særlig sauene, gnager helt snautt. Dersom beitingen skjer ukontrollert, blir virkningen langt sterkere enn etter høsting. Er vekstvilkårene gode, vil forholdsvis skånsom høstbeiting gjøre relativt liten skade, mens vårbeiting har langt sterkere ugunstig virkning, vesentlig fordi nye skudd og vekstpunkt blir gnagd bort, og da plantenes energiinnhold på det tidspunkt er lavt, vil utvikling av nye skudd og vekst bli satt tilbake.

Det som er nevnt her om virkningen av høsting og beiting, er en samlet virkning på avkastningsevnen. Nedsatt avling behøver naturligvis ikke bare å bero på uttynning av plantebestanden p.g.a. vinterskader. Dersom beskatningen av eng og beiteplantene blir for sterk, vil de svekkes. Dette fører til sparsom rot- og skuddutvikling, bestanden blir glissen, og andre arter trenger inn og konkurrerer ut de isådde planteslagene. Planter som er sterkt beskattet, kan dø ut p.g.a. energimangel, og lav stubbehøyde og hyppig høsting virker sterkt i den retning. I noen tilfelle, særlig i Nord-Norge, er det imidlertid observert større overvintringsskader etter sterk beiting og etter høsting på spesielle utviklingstrinn. Det er derfor sannsynlig at avlingsreduksjonen som en får også andre steder etter slik behandling, for en stor del skyldes virkning av vinteren.

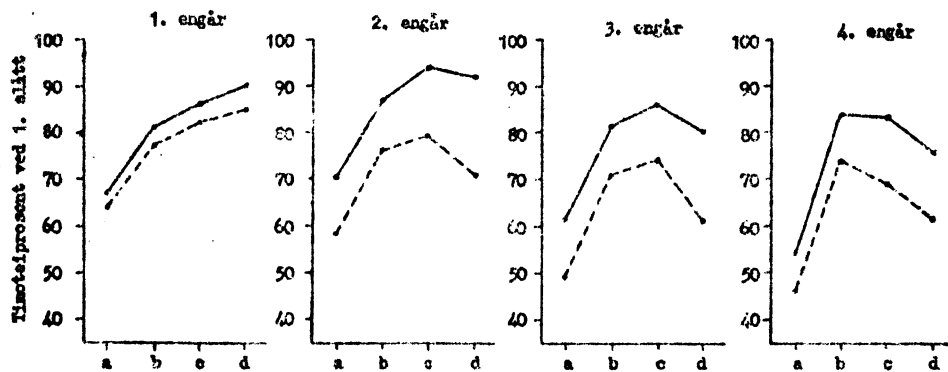
Gjødsling.

Vi har tidligere vært inne på virkningen av de forskjellige hovednæringsstoffene på plantenes frostresistens. Det ble nevnt at det er funnet positiv virkning av K og P, mens overskudd av N setter ned hardførheten. I amerikanske undersøkelser i luserne (Wang, 1953) ble det påvist langt mindre vinterskader etter kalking og gjødsling med P og K enn på leddene uten kalk og disse næringsstoffer. Særlig syntes K å ha sterk positiv virkning i så måte, som vist nedenfor:

| | |
|-------------------------|--------------------------|
| Ikke kalk eller gjødsel | % vinterskader ca. 90 |
| Kalket, ikke gjødsel | " 50 |
| " + P | " 50 |
| " + K | " 20 |
| " + P+K | " 20 |

I en annen undersøkelse (Calder og MacLeod, 1965) fant en at K øket hardførheten hos luserne opp til en viss grense, 22,5 kg K/dekar, men ingen ytterligere økning med 33,5 kg K/dekar. Det er også påvist økning av carbohydratinnholdet hos luserne ved gjødsling med P og K (Jung et al., 1959). Undersøkelser i gras har vist at høyt K/N-forhold virker positivt på overvintringen (Adams og Twersky, 1960).

Fra gjødslingsforsøkene i eng som er utført hos oss, er det vanskelig å trekke ut noen spesiell virkning av gjødsling på overvintringen hos kløver og gras. Kløveren går ut i sterkere grad med forholdsvis sterk N-gjødsling enn uten N, men det beror for en del på at timoteien konkurrerer ut kløveren når det er rikelig N-tilgang. I forsøk på Østlandet har det ikke vært mulig å hindre kløveren i å gå ut med bare PK-gjødsling, men det har likevel vært en positiv tendens (Ingebrigtsen, 1959.) En skal gjengi noen resultater fra gjødslingsforsøk utført i Nordland (Vågønes) i timoteieng (Pestalozzi, 1960):



Figur 12. Timoteiprosent bedømt like før 1. slått for sortene Engmo, —, og Grindstad, ---, etter ulik gjødsling (a, b, c, d, henholdsvis 0, 30, 60 og 90 kg fullgj. A/dekar). (Pestalozzi, 1960).

Kurvene viser for det første at Engmo er mer varig enn Grindstad. Uten gjødsel er timoteiprosenten lav, og den stiger med stigende gjødselmengde i 1. engåret, men i de seinere engåra har største gjødselmengde satt ned timoteiprosenten. Dette er særlig tilfelle på myrjord:

| | Timotei % i 1. slått | | | |
|----------|----------------------|----|----|----|
| | a | b | c | d |
| Sandjord | 46 | 76 | 82 | 83 |
| Myrjord | 72 | 81 | 76 | 66 |

Forsøk i fjellbygdene både i Trøndelag og på Østlandet viser at timoteien er mer varig ved sterk gjødsling enn ved svak, forutsatt at det blir brukt sorter som er hardføre nok (Solberg, 1964, Foss, 1965). Noen tall fra forsøk i fjellbygdene i Trøndelag viser det. Det er gjennomsnitt av to fireårige og ett sjuårig felt:

| | | | |
|-----------|----|----|-----------------------|
| | 25 | 50 | 75 kg fullgj. A/dekar |
| Grindstad | 41 | 40 | 36 % timotei |
| Engmo | 65 | 76 | 75 " " |

Gjødslingens virkning på eng- og beiteplantenes overvintring henger nok sammen med både jordbunnsmessige - klimatiske- og driftsmessige forhold. Er overvintringsforholdene gode, vil gjødslingen neppe svekke plantene så mye at det betyr nevneverdig for overvintringen. Men sterk gjødsling med N kombinert med intensiv høsting svekker plantene slik at det kan medføre større overvintringsskader enn ellers, særlig i strøk av landet der vinterklimaet er ugunstig.

Utviklingsfysiologiske forhold og overvintring.

Vekst og utvikling.

Vi har tidligere nevnt at forhold som virker sterkt vekstfremmende på plantene, svekker hardførheten, mens faktorer som bremser på veksten, gjerne medfører økt hardførhet. Men disse relasjonene er nok så nøye knyttet til det utviklingsstadium som plantene er i. Utsetter vi kløver og gras for herdningstemperatur om sommeren, vil veksten stoppe opp, men plantene oppnår bare liten grad av økt hardførhet. Herdning om høsten, etter at den naturlige vekstsesongen er avsluttet, er derimot effektiv for å øke hardførheten.

Veksten utover høsten henger nøye sammen med hardførheten. Planter som avslutter veksten seint om høsten og derfor går seint inn i hvileperioden, er gjerne mindre hardføre enn de som avslutter veksten relativt tidlig på høsten. Det er stor variasjon i denne egenskap hos de forskjellige eng- og beiteplanter, såvel mellom ulike arter som mellom sorter og økotyper innenfor en og samme art. Denne egenskap er av stor verdi, fordi kravet til vekst utover høsten og tildels om vinteren er vidt forskjellig. I Storbritania, New Zealand, Nederland m.v. er det stort behov for sein høst- og vintervekst hos grasartene, for her spiller ikke hardførheten nevneverdig rolle. I de nordiske land er det behov for typer som avslutter veksten relativt tidlig om høsten, fordi bare slike typer er hardføre nok. Det samme gjelder for tidlig eller sein start av veksten om våren. De hardføre typene kommer seinere i gang med veksten om våren enn de mindre hardføre.

Det synes å være et inverst forhold mellom hardførhet mot lav temperatur (frost) og vekst ved relativ lav temperatur, +5 til +10° C. De nordeuropeiske, hardføre typene har liten evne til å vokse ved relativt lave temperaturer, +5 til +10° C, mens typer fra de varme middelhavslandene som er ømfintlig for frost, har evne til å vokse ved såpass lave temperaturer. Noen data fra undersøkelser i raigras er vist nedenfor (Cooper, 1963):

Tabell 10. Vekst ved lav temperatur og hardførhet hos raigras.

| Økotypen | Rel.blad- vekst ved + 5° C (%) | Overlev. planter 3 dager ved -5° C |
|-------------|---|---|
| Algerisk | 27 | 0 |
| Nyzealandsk | 14 | 20 |
| Irsk | 12 | 13 |
| Dansk | 8 | 73 |
| Russisk | 8 | 92 |

Det går fram av tabellen at de nord-europeiske typene har liten evne til vekst ved lav temperatur, men høy hardførhet.

N i lett tilgjengelig form stimulerer veksten utover høsten.

Veksttype.

Hos enkelte arter er det korrelasjon mellom hardførhet og veksttype, f.eks. kløver og luserne. Noen data fra en amerikansk undersøkelse (Smith, 1958) viser sammenhengen mellom veksten om høsten og vinterskade hos ulike veksttyper i luserne:

Tabell 11. Veksttyper og hardførhet hos luserne.

| Veksthøyde om høsten Veksttype | Prosent vinterskade | | | | Gjen.sn. |
|-----------------------------------|---------------------|---------|-----|-----------|----------|
| | Kort | Middels | Høy | Svært høy | |
| Utbredt | 18 | 29 | 37 | 46 | 32 |
| Intermediær | 37 | 41 | 46 | 61 | 43 |
| Opprett | 37 | 68 | 69 | 78 | 63 |
| Gjennomsnitt | 30 | 46 | 50 | 61 | |

En ser at typer med utbredt vekst har langt mindre vinterskade enn typer med opprett vekst, men hardførheten innen hver type henger også sammen med veksten om høsten.

Vill rødkløver fra høyfjellsregionene her i landet viser seg å være betydelig mer resistent både mot frost og isdekke enn vår dyrkede kløver som f.eks. Molstad. Den typiske ville rødkløver har sterkt utbredt vekst i motsetning til vår dyrkede kløver, som har opprett vekst (Wexelsen, 1966):

Tabell 12. Veksttyper og hardførhet i norsk rødkløver.

| Prosent planter i populasjonen med veksttype | | | |
|--|-------------|---------------|---------|
| | Utbredt | Oppstigende | Opprett |
| Vill rødkløver | 68 | 28 | 2 |
| Molstad | 2 | 17 | 81 |
| % overlevende planter | | | |
| | Fryseforsøk | Isdekkeforsøk | |
| Vill rødkløver | 59 | 64 | |
| Molstad | 42 | 33 | |

Det går fram av denne sammenstilling at vill rødkløver som har utpreget utbredt eller krypende vekst, er mer hardfør overfor frost og isdekke enn den relativt hardføre sorten Molstad. Sammenhengen mellom veksttype og hardførhet er ikke generell, og henger sammen med andre faktorer som tidlighet, vekst om høsten, etc.

Ifølge amerikanske undersøkelser (Smith, 1949, 1952) er planter med lavtliggende vekstpunkt eller vekstpunktsone gjerne mindre utsatt for skade av frost og isdekke enn typer med høytliggende vekstpunkt. Til den første gruppe hører bladfaks, strandrør, steinkløver (Melilotus) m.fl. Vår timotei og rødkløver har det meste av dette vevet over jordoverflaten og skulle derfor være mer utsatt.

Utviklingsstadium.

Såtiden for høstsæd har stor betydning for plantenes overvintring. Ifølge kanadiske og svenske forsøk er det et relativt lite spillerom for variasjon i sådato om høsten for å oppnå best mulig overvintring. Når det gjelder såing av gjenlegg til eng

om høsten, har vi få forsøksresultater.

Noen tall fra en amerikansk undersøkelse viser frostresistens hos to belgvekst- og grasslag på ulikt utviklingstrinn (Arakeri og Schmid, 1949.)

Plantene ble herdet og deretter frosset ved -10° C i 8 timer.

Tabell 13. Utviklingstrinn og frostresistens.

| Utvikling ved frys. | % overlevende planter etter frysing | |
|------------------------|-------------------------------------|------|
| | Belgvekst | Gras |
| Frø | 100 | 100 |
| Spiring | 78 | 70 |
| Frøbladst. | 2 | 100 |
| Ett blad | 5 | 96 |
| To " | 4 | 63 |
| Tre " | 12 | 81 |
| 3-5 " | 43 | 90 |
| 3-6 " | 59 | 93 |
| 4-6 " | 50 | 88 |
| 6-8 " | 38 | 79 |
| 7-9 " | 90 | 98 |

Disse resultatene viser at belgvekstene har en svak periode like etter frøspiring, og hardførheten øker først etter at flere blad er dannet. Hos gras er dette forholdet mindre markert, men det er en tendens til svakhet på toblad stadiet. I ulike kornslag er det funnet høy grad av frostresistens like etter spiringen når spirene blir herdet før frysingen (Andrews, 1960). Ellers foreligger det svært varierende resultater når det gjelder utviklingstrinn og hardførhet.

I forsøk på Vestlandet (Furuneset) har en ved gjenlegg om høsten prøvd ulike såtider av engfrøet (Pestalozzi, 1967). Det ble sådd 3,5 kg timotei og 0,5 kg rødkløver pr. dekar. En skal vise noen tall fra ett av disse forsøkene. Det meste av

rødkløveren gikk ut allerede første vinteren, og den ser derfor ikke ut til å tåle høstsåing. Beste såtiden var første halvdel av august. Ved såpass tidlig såing har plantene fått høve til å utvikle seg tilstrekkelig for å greie overvintringen. Ved de seinere såtidene ble plantene dårlig utviklet om høsten, enga ble glissen, og veksten kom seinere igang om våren.

Tabell 14. Ulike såtider av engfrøet ved gjenlegg til eng på ettersommeren.

| | | | | | |
|-------------------------------|------|------|------|------|------|
| Sådato (1965)..... | 4/8 | 14/8 | 24/8 | 3/9 | 14/9 |
| Spiringsdato | 15/8 | 21/8 | 3/9 | 18/9 | 27/9 |
| Observasjoner 25/10 1965: | | | | | |
| Prosent av plantene | | | | | |
| med sideskudd..... | ..55 | 40 | 6 | 2 | 0 |
| Dekningsprosent sådde arter | 81 | 66 | 69 | 60 | 19 |
| Observasjoner 2/5 1966: | | | | | |
| Dekningsprosent sådde arter | 81 | 64 | 60 | 50 | 11 |
| Timoteiprosent ved | | | | | |
| 1. høsting 5/7-66..... | 90 | 90 | 90 | 88 | 78 |
| Kg høy pr. dekar 1. høst..... | 790 | 670 | 630 | 560 | 360 |

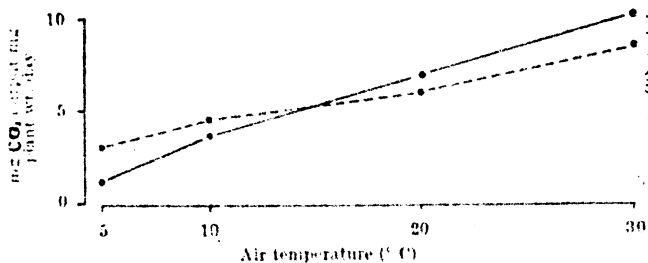
Det er funnet forskjell i hardførhet mellom planter ved ulik alder. Eldre planter synes å være mindre hardføre enn yngre, men dette kan bero på sekundære effekter som f.eks. angrep av parasitter på eldre planter.

Hardførheten går gjerne ned når plantene går over fra vegetativ til generativ utviklingsfase. Vi har tidligere vært inne på sammenhengen mellom vernalisering og frostresistens. Hos tidlig rødkløver som kan sette blomst allerede såingsåret, ble det i amerikanske undersøkelser (Smith, 1957) funnet mindre hardførhet hos planter som fikk utvikle blomster enn om blomstringen ble hindret. Ved å fjerne blomsterknopper og stengler ble overvintringen klart bedre enn hos de plantene som fikk utvikle blomster. Planter som ble hindret i å blomstre, utviklet seg mer i vegetativ retning, og en mener dette er årsaken til økt hardførhet.

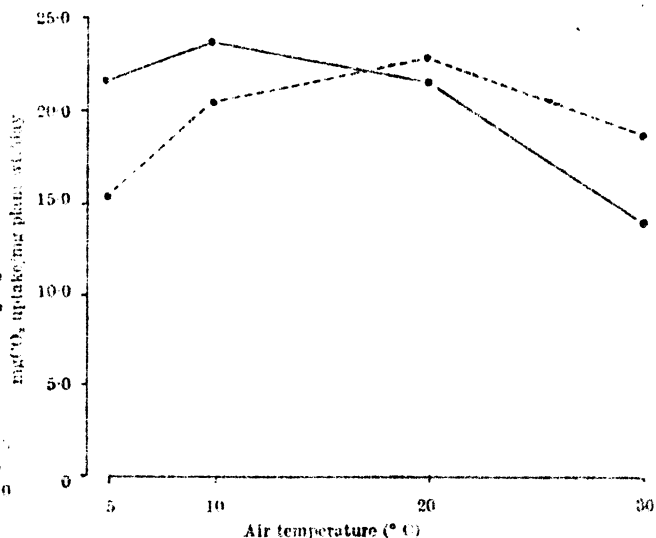
Hvileperiode

Engvekstene har svært varierende hvileperiode, og hvilen induseres under vidt forskjellige forhold. Hos typer som dyrkes under kjølige forhold som hos oss, går plantene i hvile når dagen blir kort og temperaturen lav. Typer som er adaptert i varmere områder, f.eks. middelhavslandene, har gjerne hvileperiode om sommeren, vesentlig p.g.a. sommertørke. Maritime typer fra kyststrøkene i Europa viser en intermediær utvikling. Veksten er nokså lik hele året, og de har ingen regulær hvileperiode (Cooper, 1963).

Undersøkelser i England viser at forskjellen mellom grastyper fra middelhavslandene og fra Nord-Europa hva angår vekst og utvikling ved lave temperaturer, beror på forskjell i balansen mellom respirasjon og fotosyntese. Hos typer fra varmere strøk (middelhavstypene) er respirasjonen omtrent tre ganger høyere ved $+5^{\circ}$ enn hos nord-europeiske typer, og en stor del av assimilaten blir brukt til å danne nytt bladvev. Det er derfor lav konsentrasjon av fructosaner i stengelbasis hos disse typene. I nordeuropeiske typer blir lite ^{energi} frigjort ved respirasjon ved lav temperatur, og det kan begrense energikrevende prosesser som bladvekst. Fotosyntesen er derimot høy, og da bare en liten del av assimilaten blir brukt til å danne nytt bladvev, blir resten av disse ledet til stengelbasis der de akkumuleres i form av fructosaner (Eagles, 1967):



Figur 13. Sambandet mellom respirasjonshastighet og temperatur hos en dansk, — , og en algerisk, --- , populasjon av raigras (Eagles, 1967).



Figur 14. Sambandet mellom hastigheten av fotosyntese (apparent) og temperatur hos en dansk, — , og en algerisk, --- , populasjon av raigras. (Eagles, 1967).

Det er forskjell mellom arter og sorter m.h.p. vinterhvile innenfor de enkelte klimaområdene. Vår seinkløver, f.eks. Molstad, avslutter veksten tidligere og gir mindre gjenvekst om høsten enn f.eks. halvtidlige og halvseine sorter. Men det er ikke alltid noen sammenheng mellom tidspunktet for blomstring og vinterhvilen. Det er svært liten forskjell i tidspunkt for blomstring mellom timoteisorter fra Nord-Norge og sorter fra Østlandet, f.eks. Engmo og Grindstad. Men Grindstad vokser noe bedre utover høsten og går seinere i hvile enn Engmo.

Mekanismen til vinterhvilen er ikke kjent i detalj. Daglengden spiller en viktig rolle sammen med temperaturen. Hos luserne er det påvist at veksten utover høsten er knyttet til kort daglengde. Vinterhvilen hos typer av norsk hundegras ser også ut til å være knyttet til kort daglengde.

Hos våre eng- og beiteplanter blir siste høsts toppvekst ofte ødelagt og visner ned i løpet av vinteren. Dette kan ha flere årsaker. Hos enkelte typer skjer det en naturlig gulning og visning av bladene seinhøstes samtidig med at plantene avslutter

veksten og går inn i vinterhvile. Hos andre kan bladene holde seg grønne utover høsten, men de blir svært ofte ødelagt i løpet av vinteren p.g.a. ugunstige klimavilkår. I land med mildere vinterklima som f.eks. England, holder eng- og beiteplantene seg grønne hele vinteren. Årsaken er, som nevnt, mildt vinterklima, men også at det her nyttes typer som er adaptert til slike klimavilkår, og som ikke har så utpreget vinterhvile som de typene vi bruker.

Det ville være fordelaktig om eng- og beiteplantene holdt seg grønne gjennom vinteren også hos oss. I mildværsperioder med relativ høy temperatur og uten snødekke, vil plantene da være i stand til å assimilere, og de ville derfor ikke avherdes i samme grad som når de ikke har grønne blad. Fotosyntese og stoffproduksjon ville komme raskere i gang om våren, og den første veksten ville derfor ikke tære så sterkt på plantenes energiinnhold, slik at de ble svekket og dermed lettere skadd av ugunstige klimavilkår på denne tiden. Det er imidlertid vanskelig å kombinere høy grad av hardførhet med en slik egen-skap.

"Reservecarbohydrater".

Det er i mange tilfelle funnet god sammenheng mellom vinterhardførhet og høyt nivå av carbohydrater. En skiller gjerne mellom tilgjengelige, eller vannløselige carbohydrater, og strukturelle carbohydrater (MacIlroy, 1967). Til de vannløselige carbohydrate-

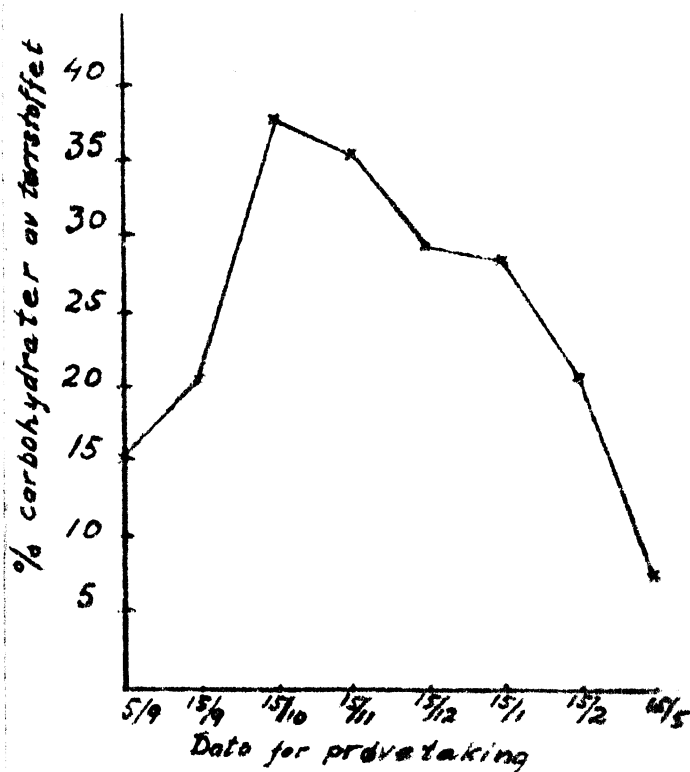
hører monosaccharider, oligosaccharider, og polysaccharider som stivelse og fructosaner. De strukturelle carbohydrate består hovedsakelig av cellulose, hemicellulose og pectiner.

Det er den første gruppen som synes å ha størst interesse i samband med hardførheten. Som "reservestoff" regnes gjerne polysaccharidene fructosan og stivelse, men enkelte forskere mener at visse fraksjoner av hemicellulosen hører med til reservestoffene. Det er funnet stivelse både i kløver og luserne, men ikke fructosaner. I grasartene er det høyt innhold av fructosan-

er. Dette gjelder særlig for grasarter som vokser i kalde og tempererte soner, mens varmsonegrasene akkumulerer stivelse i stedet for fructosan.

Oligosaccharidene bør, i hvert fall i noen grad, regnes med til reservestoffene. Saccharose lagres i store mengder i sukker- rørr og sukkerbeter m.fl. Raffinose er funnet å akkumulere i visse treslag og har betydning for frostresistensen. Vi kan ikke her diskutere de ulike komponentene av carbohydratene og deres funksjon hos ulike eng- og beiteplanter.

Grunnen til at "reservecarbohydratene" er satt i relasjon til vinterhardførheten, er at det gjerne skjer en akkumulering av disse stoffene utover høsten parallellt med at plantene herdes og går inn i vinterhvilen. Noen data fra en amerikansk under- søkelse i rødkløver (Bula and Smith, 1954) viser det:



Figur 15. Variasjonen i total tilgjengelige carbohydrater i røtter av rødkløver fra høst til vår (Etter data fra Bula og Smith, 1954).

Vi ser at carbohydratinholdet øtigger raskt utover høsten, og at det synker gradvis utover vinteren og våren. Som tidligere nevnt er det ikke alltid funnet parallellitet mellom carbohydratinnhold og hardførhet. Det er mange faktorer og forhold som virker inn på plantenes carbohydrathusholdning, bl.a. slått og gjødsling, temperatur og lys etc.

I samband med hardførheten og overvintringen har carbohydratene to funksjoner: (1) de kan virke direkte på plantenes frostresistens (sukkerartene), (2) de tjener som energikilde for stoffskifteprosessene i hvileperioden. Resultater fra amerikanske undersøkelser (Smith, 1960, 1962) viser at det er forskjell mellom arter av belgvekster når det gjelder energiforbruk over vinteren:

Prosent total tilgjengelige carbohydrater i røtter og vekstpunkt.

| | Rødkløver | Luserne | Steinkløver |
|-------------|-----------|---------|-------------|
| 15. oktober | 34 | 37 | 40 |
| 1. april | 15 | 19 | 29 |
| Forbruk (%) | 56 | 49 | 27 |

Luserne og steinkløver er mer hardføre enn rødkløver, og disse resultatene tyder på at rødkløver forbruker mer carbohydrater gjennom vinteren enn de to andre artene. Nå er imidlertid forskjellen i hardførhet mellom steinkløver og luserne liten, mens forskjellen i stoffforbruk er stor. Det er derfor tvilsomt om carbohydratnivået samt forbruk av carbohydrater gjennom vinteren kan nyttes som mål for forskjellen i hardførhet mellom ulike arter eller typer. Innenfor en og samme art eller sort kan det derimot være god sammenheng mellom hardførhetsgrad og carbohydratnivå.

I herdningsforsøk med rødkløver fant en bare delvis sammenheng mellom frostresistens og total sukkerinnhold (Sjøseth, 1964):

Tabell 15. Herdningsforsøk i rødkløver. Sukkerinnhold i røtter og frostresistens.

| Forsøksledd | Total suk. mg/g fr.v. | % overl. pl. etter frysing |
|-------------------------|--------------------------|-------------------------------|
| Uherdet | 8,7 | 18 |
| Herdet, 15 døgn i mørke | 11,1 | 64 |
| " 15 " 5500 lux, 24 t. | 25,7 | 5 |
| " 15 " 5500 " 21 t. | 21,9 | 6 |
| " 15 " 2500 " 21 t. | 25,5 | 98 |

Det er som nevnt mange forhold som virker inn på eng- og beiteplantenes carbohydratinnhold. Døgnvariasjonen i blad og stengler kan bli ganske stor alt etter værforhold og årstid. Dette går fram av bl.a. en undersøkelse i luserne (MacIlroy, 1967):

Tabell 16. Døgnvariasjon i carbohydratinnhold hos luserne (% av tørrstoffet).

| Tidspunkt | Total sukker | Stivelse |
|-----------|----------------------|----------|
| Vår | før middag..... 7,2 | 1,2 |
| | etter " 8,3 | 3,5 |
| Sommer | før middag 5,7 | 2,2 |
| | etter" 6,6 | 3,5 |
| Høst | før middag 3,7 | 0,6 |
| | etter " 5,2 | 1,9 |

Carbohydratinnholdet er høyere om ettermiddagen enn om formiddagen, og det er en virkning av høyere lysintensitet og økt fotosyntese. Årstidvariasjonen har vi vært inne på tidligere. Lysintensitet, temperatur og daglengde virker sterkt på plantenes carbohydratinnhold. Flere undersøkelser viser at nedsatt lysintensitet fører til nedgang i carbohydratinnholdet hos gras. Innholdet er størst når lysintensiteten er høy og temperaturen

relativt lav. Næringstilgang, særlig N, virker på carbohydratinnholdet hos gras som vokser i den tempererte sone. Rikelig tilgang på N stimulerer veksten og dermed utnyttelse og forbruk av carbohydrater. I en amerikansk undersøkelse (Sprague og Sullivan, 1950) fant en at gjødsling med relativt store N-mengder førte til økt utnyttelse og forbruk av fructosaner i nederste stengeldelen hos hundegras. Vekst og utvikling, tidspunkt for høsting, høstehyppighet og stubbehøyde har sterk innvirkning på reservecarbohydratene hos eng- og beiteplantene. Dette emne er svært omfattende, og en skal ikke behandle det i denne sammenheng.

Jordbunnsmessige forhold.

Jordart.

Jord med god dreneringsevne og god struktur gir plantene langt bedre muligheter for god overvintring enn tette og lite gjennomtrengelige jordarter. Forsøk tyder på at myrjord disponerer sterkere for overvintringsskader enn f.eks. sandjord. Det er påvist i forsøk både i Nord-Norge og i fjellbygdene på Østlandet (Hansen, 1944, Jetne, 1945). Forsøk utført i Nordland (Vågønes) viste følgende resultat:

| Prosent timotei i 6. engåret | |
|------------------------------|----|
| Myrjord | 44 |
| Sandjord | 84 |

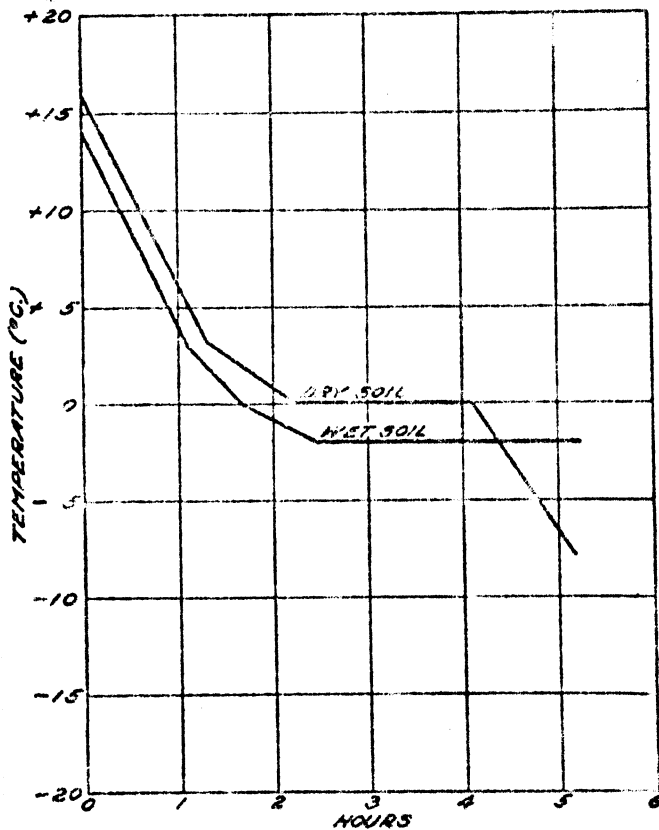
Virkningen av jordart på overvintringen er rimeligvis svært komplisert. En rekke faktorer som drenering, jordstruktur, næringstilgang og kulturtilstand i det hele, samt driftsmåte er av stor betydning. Men dette er forhold som hører inn under generell jordkultur, og skal ikke drøftes nærmere her.

Jordfuktighet.

Ulike egenskaper hos jorda er av stor betydning for overvintringen av eng- og beitevekstene. Jordfuktigheten virker på jordtemperaturen p.g.a. vannets høye spesifikke varme og varmeledningsevne. Våt jord vil lede varmen bedre enn tørr jord, og den vil derfor avkjøles raskere. Men avkjølingen av det øvre jordlaget er noe kompensert av varmeledning fra dypere

lag. Videre må det tas bort mer varme i våt jord enn i tørr før temperaturen synker p.g.a. vannets høye spesifikke varme, og videre må mye av det frie vannet fryse til is før temperaturen synker under jordvæskens frysepunkt.

I figur 16 er vist noen amerikanske resultater (Weimer, 1929) over temperaturfall i jord med ulik fuktighet ved nedkjøling i laboratoriet:



Figur 16. Temperaturfall i våt og tørr jord i pottes med luserneplanter. Lufttemperaturen ble senket til -16°C (Weimer, 1929).

Vi ser at temperaturen går raskere ned og når frysepunktet av jordvannet raskere i den våte enn i den tørre jorda. På grunn av det store vanninnholdet i den våte jorda vil temperaturen holde seg like under frysepunktet i lengre tid enn i den tørre jorda (varmeutvikling ved isdannelsen). Når varmen i den tørre jorda er fjernet, synker temperaturen brått. Dersom forsøket hadde fortsatt i lengre tid, ville også temperaturen i den våte jorda ha sunket, og de to jordtypene ville til slutt ha nådd samme temperatur. Dette laboratorieforsøket viser at jordfuktigheten kan influere sterkt på temperaturforholdene i jorda.

I laboratorieforsøk fant en at svært høy jordfuktighet (metning) satte ned hardførheten hos luserne (Calder et al., 1964):

| <u>Fuktighetsgrad</u> | <u>Hardførhet (1 = uskadd, 5 = død)</u> |
|-----------------------|---|
| 25 % av feltkapasitet | 2,7 |
| Feltkapasitet | 2,7 |
| <u>Metning</u> | <u>3,7</u> |

Fuktigheten ble regulert før herdningen tok til, og plantene ble frosset etter at de var herdet.

Det er sannsynlig at mye av overvintringsskadene, særlig de skadene som skyldes "isbrann", i stor utstrekning beror på ugunstige jordbunns- og kulturtekniske forhold som f.eks. utilstrekkelig drenering, dårlig jordstruktur, osv. I distrikter der de klimatiske vilkårene er ugunstige for plantenes overvintring, er det særlig viktig å sørge for at "miljøet" for planterøttene er så godt som mulig. Røttene er gjerne mer følsomme enn de overjordiske plantedelene overfor ugunstig påvirkning av forskjellig slag. Dersom rotutviklingen er dårlig, vil plantene snarere bli skadd eller død ut under vanskelige overvintringsforhold. Planterøttene trenger luft om de skal kunne utvikle seg tilfredsstillende. På dårlig drenert, tett og våt jord, blir lufttilgangen begrenset, og rotsystemet blir sparsomt utviklet.

Litteratur

- Adams, W.E. and Twersky, M. 1960. Effect of soil fertility on winterkilling of coastal bermudagrass. *Agron. J.* 52, 325-326.
- Agerberg, L.S. 1949. Snö och tjäta Jordbruksförsöksanstalten Lantbrukshögskolan. *Särtr.* 40, 1-12.
- Andersen, Ivar L. 1960. Overvintringsundersøkelser i eng i Nord-Norge I. *Forskn. fors. Landbr.* 11, 634-660.
- Andersen, Ivar L. 1963. Overvintringsundersøkelser i eng i Nor-Norge II. *Forskn. fors. Landbr.* 14, 639-669.
- Andersen, Ivar L. 1967. Overvintring av enga i Troms og Finmark vintrene 1965/66 og 1966/67. Statens forsøkgard Holt, særtrykk nr. 16.
- Andrews, J.E., Horricks, J.S. and Roberts, D.W. 1960. Interrelationships between plant age, root-rot infection, and cold hardiness in winter wheat. *Can. J. Botany*, 38, 601-611.
- Andrews, J.E. 1960. Cold hardiness of sprouting wheat as effected by duration of hardening and hardening temperature. *Can. J. Plant Sci.* 40, 94-103.
- Arakeri, H.R. and Schmid, A.R. 1949. Cold resistance of various legumes and grasses in early stage of growth. *Agron. J.* 41, 182-185.
- Bula, R.J. and Smith, Dale. 1954. Cold resistance and chemical composition in overwintering alfalfa, red clover, and sweetclover. *Agron. J.* 46, 392-401.
- Calder, F.W., MacLeod, L.B. and Jackson, L.P. 1965. Effect of soil moisture content and stage of development on cold hardiness of the alfalfa plant. *Can. J. Plant Sci.* 45, 211-218.
- Calder, F.W. and MacLeod, L.B. 1966. Effect of cold treatment on alfalfa as influenced by harvesting system and rate of potassium application. *Can. J. Plant. Sci.* 46, 17-26.
- Cooper, J.P. 1963. Species and population differences in climatic response. I "Environmental control of plant growth" (L.T. Evans ed.) p. 381. Academic Press, New York and London.
- Daubenmire, R.F. 1959. "Plant and environment", 2nd ed. John Wiley & Sons, New York, pp. 422.
- Det Norske Meteorologiske Institutt. 1949. Nedbøren i Norge 1885-1943, del I og II. - Oslo.

- Ekstrand, H. 1955. Höstsädens och vallgräsens övervintring. Statens Växtskyddsanstalt, Medd. 67, 1-125.
- Eagles, C.F. 1967. Apparent photosynthesis and respiration in populations of Lolium Perenne from contrasting climatic regions. Nature, 215, 100-102.
- Foss, S. 1965. Engforsøk i fjellbygdene i Trøndelag og i Møre og Romsdal. Forskn. fors. Landbr. 16, 153-178.
- Freyman, S. and Brink, V.C. 1967. Nature of ice-sheet injury to alfalfa. Agron. J. 59, 557-560.
- Hansen, Hans B. 1944. Slåttetidsforsøk på forsøksgården Vågønes, Meld. Statens forsøksgård Vågønes, 10-47.
- Huokuna, E. 1964. The effect of frequency and height of cutting on cocksfoot swards. Ann. Agric. Fenn. 3, 1-83.
- Huokuna, E. 1966. Tillering in meadow-fescue sward. Proc. Tenth Int. Grassld Congr. 129-134.
- Ingebrigtsen, S. 1959. Gjødsling til kløverrik eng. Forskn. fors. landbr. 10, 159-204.
- Jamalainien, E.A. 1959. Om växternas övervintring. Svenska Lantbrukssällskapet i Finland Förbund och Växtskyddssällskapet, 22, 1-40.
- Jetne, Magnus. 1945. Forsøk med engvokstrar og engdyrking. Meld. Statens forsøksgard Løken, 1-59.
- Jung, G.A. and Smith, Dale. 1959. Influence of soil potassium and phosphorus content on the cold resistance of alfalfa. Agron. J. 51, 585-587.
- Kinbacher, E.J. 1956. Resistance of seedlings to frost heaving injury. Agron. J. 48, 166-170.
- Larsson, Rune. 1961. Höstsädens övervintring och avkastning. Växtodling 16. utg. Institutionen för Växtodlingslära vid Kungl. Lantbrukshögskolan, 1-159.
- Levitt, J. 1956. The hardiness of plants. Academic Press, New York, 278 pp.
- Levitt, J. 1966. Winter hardiness in plants. In "Cryobiology" (Harold T. Meryman ed.) p. 495. Academic Press, London and New York.
- Lomakka, L. 1958. Norra Fennoskandias Jordbruk. Del. 1. Naturgeografiska förhållanden i Norra Fennoskandia. Nord. Jordbr. Forskn. 40, 133-351.
- Lovvorn, R.L. 1945. The effect of defoliation, soil fertility, temperature, and length of day on the growth of some perennial grasses. Ibid. 37, 570-582.
- MacIlroy, R.J. 1967. Carbohydrates of grassland herbage. 37, 79-88.
- Pestalozzi, Markus. 1960. Forsøk med timotei i Nordland 1935-1959. Forskn. fors. Landbr. 11, 607-634.

- Pestalozzi, Markus. 1967. Såing av attlegg om ettersommeren. Jord og Avling 2, 11-14.
- Portsz, H.L. 1967. Frost heaving of soil and plants. I. Incidence of frost heaving of forage plants and meteorological relationships. Agron. J. 59, 341-344.
- Reynolds, J.H. and Smith, Dale, 1962. Trend of carbohydrate reserves in alfalfa, brome grass, and timothy grown under various cutting treatments. Crop Sci.
- Rodhe, B. och Kullin, C.G. 1965. Redogörelse för undersökningar av snöförhållanden kring Messaure demningsområde 1958-1962. Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut. Stockholm 1965. 60 pp.
- Sjøseth, H. 1957. Undersökelse over frostherdighet hos engvekster. Forskn. Fors. Landbr. 8, 77-98.
- Sjøseth, H. 1959. Studies on ice encasement in strains of red clover (Trifolium pratense) and timothy (Phleum pratense). Acta Agric. Scand. IX, 292-298.
- Sjøseth, H. 1964. Forsøk med ulike slåttetider av hå. Forskn. Fors. Landbr. 15, 109-117.
- Sjøseth, H. 1964. Studies on frost hardening in plants. Acta Agric. Scand. XIV, 178-193.
- Smith, Dale. 1952. The survival of winterhardened legumes encased in ice. Agron. J. 44, 469-473.
- Smith, Dale. 1957. Flowering response and winter survival in seedling stands of medium red clover. Agron. J. 49, 126-129.
- Smith, Dale. 1958. Performance of Narragansett and Vernal alfalfa from seed produced at diverse latitudes. Agron. J. 50, 226-229.
- Smith, Dale. 1962. Carbohydrate root reserves in alfalfa, red clover, and birdsfoot trefoil under several management schedules. Crop Sci. 2, 75-78.
- Smith, Dale. 1962. Forage management in the northcentral area. WM. C. Brown Book Company, Iowa, 219 pp.
- Smith, Dale. 1964. Winter injury and the survival of forage plants. Herb. Abstr. 34, 203-209.
- Solberg, Paul. 1964. Dyrking av eng i fjellet, sammenliknet med dalen, og orienterende analyser av jord- og planteprov. Forskn. Fors. Landbr. 15, 45-88.
- Sparague, Milton A. 1955. The influence of rate of cooling and winter cover on the winter survival of ladino clover and alfalfa. Plant Physiol. 30, 447-451.
- Sparague, V.G. and Graber, L.F. 1940. Physiological factors operative in ice-sheet injury of alfalfa. Plant. Physiol. 15, 661-673.
- Spargue, V.G. and Sullivan, J.T. 1950. Reserve carbohydrates in orchardgrass clipped period cally. Plant Physiol. 25, 92-102.
- Spargue, V.G., Neuberger, H., Orgell, W.H. and Dodd, A.V. 1954. Air temperature distribution in the microclimatic layer. Agron. J. 46, 105-108.
- Statens Kornforretning. 1955. Klimatabeller for landbruket. Oslo.