

Serling Street

Forelesninger i plantekultur ved Norges landbrukshøgskole
ved Erling Strand over emnet

I. Grunnlag og vilkår for dyrking av jordbruksvekster

Innhold:

- A. Oversikt over jordens meteorologi og klima
- B. Klima- og vegetasjonssoner
- C. De naturbestemte vekstfaktorer
 - a. Temperatur
 - b. Lys
 - c. Nedbør
 - d. Andre vekstfaktorer
- D. Kulturplantenes produksjonsevne og det økologiske optimum
- E. Jordens bruksverdi og jordbrukspotensial
- F. Viktigere typer av jordbruksdrift
- G. Vekstskifte - Omløp

Forord.

De forelesninger som hastig er skrevet ned i dette heftet, behandler det første av 3 hovedemner som inngår i den generelle del av faget plantekultur. De øvrige emner er:

II Viktigere jordbruksvekster i verdenshusholdningen.

III Dyrking av jordbruksvekster i Norge .

De forelesninger som er nevnt, bygger på forutgående fag, særlig på forelesninger og kurser i botanikk og i meteorologi. De er derfor ikke uttømmende og behandler heller ikke alle sider ved problemene. De er videre i stoffmengde begrenset til det som kan framføres på ca 25 forelesningstimer. Til forelesningsserien hører 91 lysbilder, men disse har det av praktiske og økonomiske grunner ikke vært mulig å få reprodusert i forelesningsheftene.

1. Grunnlag og vilkår for dyrking av jordbruksvekster.

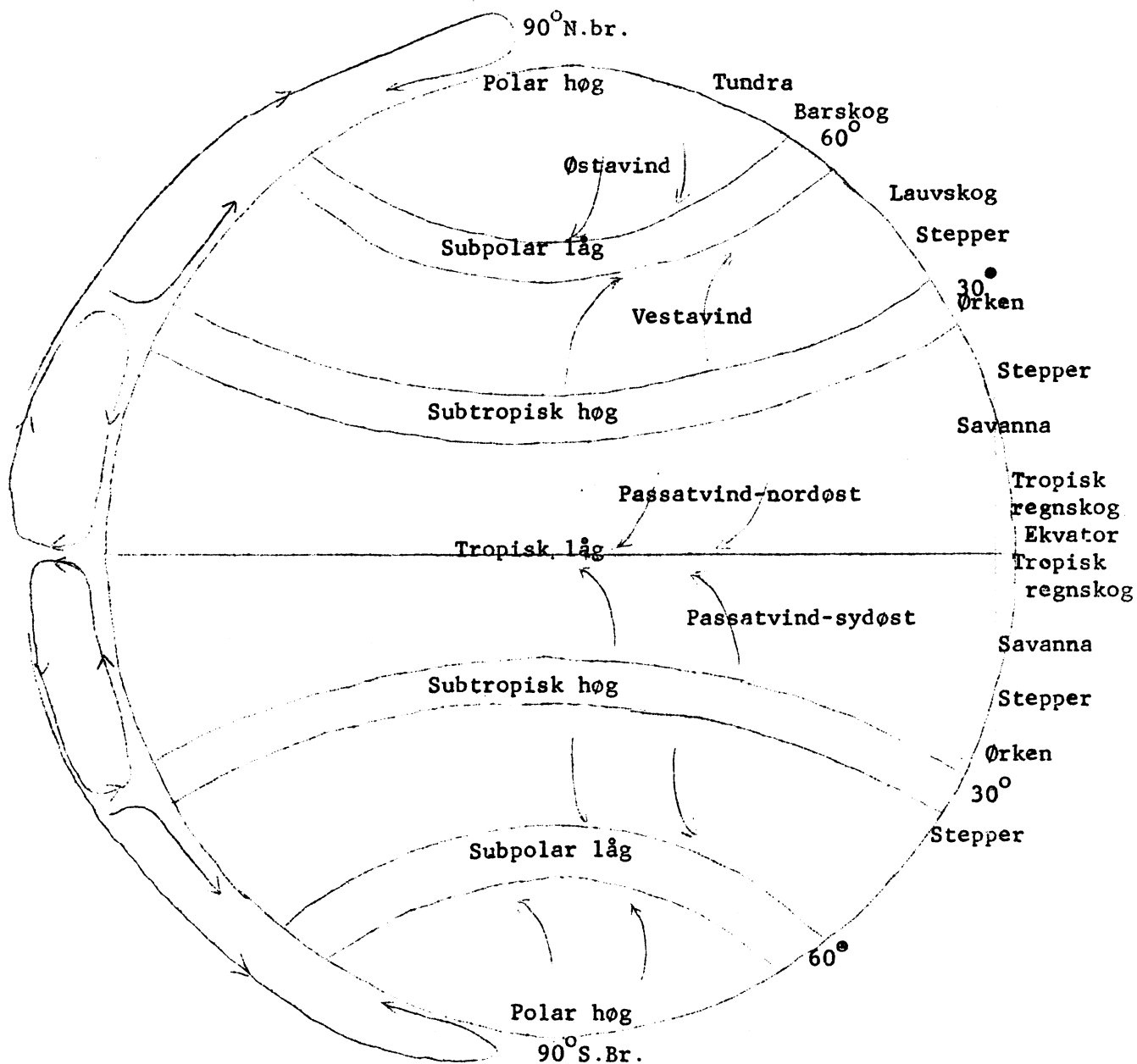
A. Oversikt over jordens meteorologi og klima

Jordkloden kan inndeles i flere bestemte klimasoner som hver har sin karakteristiske vegetasjon. Hvis en starter ved nordpolen og går sydover, finner en lengst i nord bare is og snø. Lenger syd finner en tundra, d.v.s. jord som er snøbar om sommeren, men som i de djupere lag er frossen hele året. Den naturlige vegetasjon er sparsom i dette området. Videre sydover kommer en inn i barskogområdet som på det Europeiske kontinent strekker seg ned til omlag 55°N hvor det går over i et belte med blandet skog. Syd for dette er det rein lauvskog som går over i grasstepper av vekslende bredde alt etter topografi og avstand fra havet. Fortsetter en videre sydover kommer en inn i enda tørrere strøk omkring 30°N som for det meste er ørkenområder. På sydsiden av dette tørre og varme området stiger nedbøren igjen etter hvert. En får grasstepper og videre savannaområder. På begge sider av ekvator har en det såkalte tropiske regnskogområdet med meget høy temperatur og store nedbørsmengder. Syd for ekvator finner en de samme klimasoner i omvendt rekkefølge i retning til sydpolen.

Grunnen til at en finner slike bestemte klima- og vegetasjonssoner er et samspill mellom nedbør, temperatur og landmasser. Dette samspill kan til dels være meget innviklet og vi skal her bare prøve å gjøre rede for hovedtrekkene for virkningen av disse forhold på den naturlige vegetasjon og mulighetene for dyrking av kulturplanter.

Den primære klimadannede faktor er varmestralinga fra sola. Jordens rotasjon både om seg sjøl og omkring sola sammen med fordelingen av land og hav virker videre sterkt til å danne klimaet på de enkelte steder på jorden. Følgende skisse viser hovedtrekkene ved jordens meteorologi. De viktigste hogtrykk, lågtrykk, vindretninger og vegetasjonssoner er inntegnet.

Skjematisk oversikt over jordens meteorologi og klimasoner.



Følgende klimasoner er karakteristiske:

1. Ekvator har konstant lågtrykk. På grunn av den sterke insolasjon og oppvarming stiger luftmassene opp, avkjøles og avgir store regnmengder, ofte i form av kraftige regnskurer og tordenvær.
2. Ved omlag 30° N og S Br. har en subtropiske høgtrykk, fordi luftmassene som stiger opp ved ekvator og som brer seg nordover og sydover, stukes opp på grunn av Coreolis kraft og ikke kommer lenger. I et belte på begge sider av ekvator til omlag 30° N og S er det derfor overveiende østavind (nordost og sydost pasatvind) langs jordoverflaten i retning til ekvator.
3. Fra $30-60^{\circ}$ N og S Br. er det overveiende vestlig vind langs jordoverflaten i retning til 60° , men den bøyes av på grunn av Coreolis kraft.
4. Fra polene til ca. 60° har en polar østlig vind fra polar høg til subpolar lågtrykk.
5. I området ved omlag 60° N har en subpolar lågtrykk som forsynes med luftmasser både fra polar høg og sub-tropisk høg.
6. Polarområdene har høgtrykk fordi luftmassene som stiger opp ved ekvator hvirvles nordover, henholdsvis sydover som vestavind til de stukes opp i polarområdene også på grunn av Coreolis kraft.
7. I høge luftlag er det overveiende vestlig vind i retning til polene.

Coreolis kraft kalles den innvirkning som jordens rotasjon og ulike periferihastighet har på luftstrømmen fra et høgtrykk til et lågtrykk. Det bevirker at luftmassene ikke beveger seg rettlinjert fra et høgtrykk til et lågtrykk. Luftmassene blir alltid bøyd av til høyre nord for og til venstre syd for ekvator. Årsaken er jordens rotasjon og at jorden har ulik periferihastighet ved ekvator (størst) og ved polene (minst). Luftmassene ved ekvator har høg hastighet. Når disse beveger seg mot polene hvor jorden har mindre periferihastighet vil vinden løpe foran jorddreiningen. Når avbøyningen blir stor, går luftmassene mest i vest-øst retning og stukes opp. Det omvendte forhold har en når luftmassene beveger seg fra polene mot ekvator. De vil da også bøyes av og løpe mot jorddreiningen og dette gir østlig vind.

Jordaksen heller 23.5° i forhold til sin rotasjonsbane rundt sola. Derfor flytter de områder som har maksimal insolasjon seg med årstidene. Når de flytter seg sydover blir det vinter på den nordlige halvkule og sommer på den sydlige og omvendt.

Ved ekvinokx om våren (21. mars) og ekvinokx om høsten (21. sept.) er dag og natt like lange på alle breddegrader. Disse to tidspunkt er den eneste tid av året da både nordpol og sydpol er belyst samtidig. Den 21. juni er nordpolen nærmest sola og den er lengst fra den 21. des. Ved sydpolen er det da omvendt.

I områder med høy insolasjon (ekvator) utvides lågtrykksområdene over land, fordi refleksjonen der er mindre og oppvarminga større enn over havområder. Derfor er den tropisk humide sone bredere og mere utpreget over de store kontinenter og smalere over havet. De sub-tropiske høgtrykksområder derimot svekkes av landmasser fordi det der også er sterk oppvarming som svekker høgtrykkene. Ved låg insolasjon derimot (polarstrøk) er det høgtrykkene som tiltrekkes av store landmasser og deler de i to Sibir høg og Canada høg. På samme måte deles sub-polar låg (omlag 60° N) i to Alleutiske lågtrykk og Islandske lågtrykk.

Om sommeren beveger det tropiske regnbelte seg norover og gir regn i savannaområdet. Sub-tropisk høg beveger seg samtidig nordover og gir høg temperatur og tørt vær i Middelhavsområdet og videre nordover mot det sub-polare lågtrykksbelte omkring 60° N. Omvendt beveger disse klimabeltene seg sydover om vinteren, gir dårligere vær sydover mot Middelhavsområdet (vinterregn og kjølig vær) subtropisk høg trekkes sydover og gir tørrvær i savannaområdene vinterstid. Det er verdt å merke seg at på ekvatorsiden av de tørre strøk (omkring 30° N og S Br. har en sommerregn. På polarsiden av de samme tørre strøk har en vinterregn.

Monsunen er en spesiell vindtype som blåser mot land i den varme årstid og fra land i den kalde årstid. I den tid av året som har høgst insolasjon (sommeren) blir landmassene oppvarmet mere enn havområdene. Det gir oppadstigende luftstrømmer over land og disse får tilførsel av fuktig luft fra havområdene. De nedbørsmengder som sommermonsunen gir avhenger av den relative stigning i høgda over havet og i avstanden fra store havområder. De største årlige nedbørsmengder som i det hele tatt er målt, forekommer i Monsunområdene.

I den tid da insolasjonen er minst (vinteren) avkjøles landmassene mere enn havområdene. Luftstrømmene går da den motsatte veg. Vintermonsunen er derfor tørr. Monsunklimaet er mest typisk utviklet i India og Burma. Svakere utviklede monsunesonger i klimaet har en også andre steder.

Monsunklimaet likner mye på tropisk savanna, men årsaken til de store nedbørmengder og variasjonen i disse er forskjellige. Nedbørmengdene kan også være mye større i typiske monsunområder.

Dette var hovedtrekkene i jordens meteorologi. Topografiske forhold og fordelingen av land- og havområder har imidlertid sterk virkning på klimaet og kan i ekstreme tilfeller gi så store avvik fra det omtalte modellklimaet at det ofte er vanskelig å kjenne igjen.

Temperaturen varierer også med høyden over havet fordi luften avkjøles når den utvider seg under det lågere trykk i høyden. Vanlig avtar temperaturen med omlag $0,5-0,6^{\circ}\text{C}$ pr. 100m større høyde. tiltakende høyde over havet er derfor også årsak til temperatursoner på omlag samme måte som høyere breddegrader.

B. Klima- og vegetasjonssoner.

I avsnittet foran er det i store trekk gjort rede for hvorfor klimaet er ulik for de forskjellige deler av jordkloden. For å studere kulturvekstenes økologi er det imidlertid behov for en nærmere klassifisering av klimaet. Dette kan enten gjøres ut fra rent meteorologiske data som temperatur, nedbør, luftfuktighet, vindstyrke o.s.v., eller den kan baseres på den virkning som disse meteorologiske forhold (tildels også andre) har på planteveksten.

Inndelingen i klimasoner etter meteorologiske data har særlig vært basert på forholdet mellom nedbørmengder og fordunstning av vann, eventuelt også evapotranspirasjon. Transeau (1905) som en av de første brukte forholdet mellom nedbør og fordampning fra åpen vannoverflate. Senere er det foreslått mange formler for å beregne humiditetsindeksen eller lignende for å få et uttrykk for nedbørens effektivitet ved forskjellige kombinasjoner av andre klimatiske faktorer. Den mest brukte av disse humiditetsindekser er Thornthwaite's moisture index som bereknes basert på forholdet mellom evapotranspirasjon og nedbørmengder, pr. måned eller pr. år. Denne og lignende

indekser har imidlertid til nå bare fått begrenset anvendelse ved klassifisering av klima, fordi data for evapotranspirasjon for store områder av jorden ikke foreligger. En indirekte beregning av evapotranspirasjonen er også usikker.

En inndeling i klimasoner kan også foretas etter hovedtyper av naturlig vegetasjon. Hovedtypene av naturlig vegetasjon bestemmes alt overveiende av temperatur, nedbør og den årlige variasjon i disse faktorer. De kritiske verdier for temperatur og nedbør og deres årsvariasjon kan derfor finnes for de enkelte vegetasjonssoner og danne grunnlag for en inndeling av større områder i klimasoner. Köppen's klassifisering (Köppen 1918¹⁹²³ og Köppen-Geiger 1936) er utarbeidet på dette grunnlag. Köppen's klassifisering er senere bearbeidet og endret noe av Trewartha (1954) og dette modifiserte system anses for tiden mest hensiktsmessig for en inndeling i klimasoner og for å klarlegge forholdene mellom klima og plantevekst, både den naturlige vegetasjon og kulturplantenes tilpasning og utbredelse.

Den naturlige vegetasjon og vilkårene for plantedyrking i de viktigere klimasoner er i hovedtrekkene følgende: (Klimasoner noe forenklet og modifisert etter Trewartha 1954):

- Tropisk (megathermal) humid sone har nedbør større enn evapotranspirasjon. Temp. for kjøligste måned over 18°C eller årets gjennomsnittstemperatur over 23°C . Tropisk humid sone dekker 36% av landarealet, vesentlig i området $0-20^{\circ}\text{N}$ og S Br. Tropisk humid klima kan forekomme i inntil 1000 m høyde over havet under ekvator.

Den tropiske humide sone deles i tre:

- a. Tropisk regnskog hvor tørreste måned har over 60 mm nedbør. Årsnedbøren er vanlig 2500 mm eller mer. Gjennomsnittstemperatur for året vanlig $25-27^{\circ}\text{C}$ med små sesongvariasjoner. Regnet faller mest i kraftige skurer med tordenvær midt på dagen.

Tropisk regnskog finnes vanlig i et belte $5-10^{\circ}\text{N}$ og S for ekvator, unntakelsesvis opptil $15-20^{\circ}\text{N}$ og S Br.

Tropisk regnskog dekker omlag 10 % av jordoverflaten.

Det helt typiske regnskogklima har en bare i Amasonområdet i Syd-Amerika og i de lågest liggende deler av Kongo: I Afrika forøvrig ligger storparten av landet under ekvator i større eller mindre høyde over havet. Effekten av den større høyde gjør at klimasonene blir mindre utpreget eller helt mister karakteren av tropisk regnskog i de

høgest liggende strøk.

Den naturlige vegetasjon i tropisk regnskog er plantesamfunn i flere etasjer, bunnsjikt, to eller flere mellomsjikt samt et toppsjikt 40-50 m over marken.

P.g.a. høy temperatur og rikelig fuktighet er det en meget høy vekstintensitet hos alle levende organismer, ikke bare hos høyere planter, men også hos sopper og insekter som det er en overflod av. Nedbrytingen av dødt organisk materiale går meget hurtig og er så fullstendig at det ofte ikke blir dannet moldstoffer i jorda i det hele tatt. De store nedbørmengder gjør videre at frigjorte plantenæringsstoffer hurtig vaskes ut.

Jord som ryddes for naturlig vegetasjon og derfor ikke til stadighet får jevn tilførsel av plantemateriale som kan nedbrytes, blir derfor på kort tid meget fattig på humus (under 1,0%) og plantenæring. En full utnyttelse av det produksjonspotensial som klimatypen har, vil betinge

1. at en har kulturplanter som i voksemåte og vekstkrav ikke avviker for mye fra den naturlige vegetasjon. Slike kulturplanter er det imidlertid få av. De kulturplanter som passer best er gummitre, oljepalme, bananpalme og kakao;
2. at det må føres en meget hardhendt kontroll med ugras, sjukdommer og skadedyr og at det nyttes kunstgjødselslag, særlig av nitrogen, som kan motstå den meget sterke utvasking. Dyrking av kulturvekster som avviker mere fra den naturlige vegetasjon er da mulig, men er bare gjennomført i meget begrenset utstrekning.

Oppbevaring av planteprodukter er vanskelig i tropisk regnskogklima. Grønnsaker og frukt har liten holdbarhet i frisk tilstand. Planteprodukter som vanlig gjøres holdbare ved tørking, f.eks. alle sorter frø, vil i den høye luftfuktighet ikke nå en tørrhetsgrad som er tilstrekkelig for lagring ved den høge temperatur. Såfrø må derfor tørkes kunstig og oppbevares i lufttette beholdere eller siloer.

- b. Monsunklima kan ha regnmengder som tildels overstiger årsnedbøren i tropisk regnskog, men det er en tørrere periode om vinteren og dette letter jordbruksproduksjonen betraktelig. Den naturlige vegetasjon i monsun klima er tropisk skog.

c. Tropisk savanna har også mest nedbør om sommeren. Tørreste måned har under 60 mm og nedbørsrikeste måned minst 10 ganger mere nedbør enn den tørreste.

Tropisk savanna har en i et belte på begge sider av tropisk regnskog, vanlig 5-15 eller 10-20° N. og S. for ekvator. Tropisk savanna har mindre nedbør årlig enn tropisk regnskog, men også her er årsnedbøren større enn de potensielle evapotranspirasjon. De fleste tropiske vekster kan dyrkes i monsunklima og i tropisk savanna og det er utmerkete vilkår for intensiv jordbruksproduksjon. De mest fordelaktige kulturplanter er kaffe, sukkerrør, bomull og ris der det er vann nok. Utvaskinga av jorda er mindre og den tørrere periode gjør det mulig å oppbevare planteprodukter som konserveres ved tørking.

Muligheten for jordbruksproduksjon er imidlertid dårlig utnyttet de fleste steder. Det er derfor store muligheter for utvidelse av jordbruk i disse klimaområder.

Tropisk arid klimasone har potensiell evapotranspirasjon høyere enn årsnedbøren. Denne sone dekker meget store landområder og utgjør ca. 2% av landarealet fordelt på 14% på stepper og 12% ørken.

Den tropisk aride klimasone deles i to etter årsnedbøren.

Ørken

Ørken

Ørken forekommer av to prinsipielt forskjellige årsaker meteorologisk sett. Den regelmessige forekomst av ørkenområder er i et belte 20-30° nord og syd. De forekommer under og skyldes de subtropiske høytrykksbelter som er omtalt foran. Sahara og Kalahari henholdsvis nord og syd for ekvator i Afrika, Thar i India, den australske ørken og Sonora i N.Amerika er forårsaket av de subtropiske høytrykksbelter.

Ørkenområder med høyere breddegrader skyldes topografiske forhold. De er omgitt av fjellkjeder på alle kanter. Luftmasser som tilføres slike landområder har avgitt fuktighet ved å passere fjellkjedene og blir tørre når de synker ned igjen.

Stepper forekommer som overgangsbelter mellom ørkenstrøk og humide klimasoner unntatt der hvor ørken begrenses av høye fjell. Stepper på låge breddegrader hvor det er tropisk varmt har stort nedbørsunderskudd og er derfor lite produktive. Stepper på ekvatorsiden av subtropisk hog har mest regn i sommertiden, mens stepper på polsidene oftest har mest regn i vintertiden. Stepper på høyere breddegrader kan ha mesteparten av nedbøren til forskjellige årstider avhengig

av mange forhold. Stepper på høyere breddegrader utgjør store landområder i USA, Russland og Asia. De regnrikere deler av disse stepper kan nyttes til vanlige jordbruksvekster. En betydelig del av kornproduksjonen foregår under slike klimatrøk, fordi det der er store vidder av fruktbar jord. De tørreste stepper derimot kan bare nyttes til beiter.

Subtropisk (mesothermal) sone har temperatur i kjøligste måned mellom 18 og 0°C. Denne klimasone finnes vesentlig mellom 30 og 40° nord og syd. Den kan deles i tre etter temperatur- og nedbørsfordeling.

- a. Subtropisk tørr, varm sommer. Denne klimasone utvikles nord (henholdsvis syd) for de subtropiske høytrykksbelter omkring 30° N. og S. Br. I sommertiden trekker det subtropiske høytrykksbelte nordover (henholdsvis sydover) og gir varmt, tørt vær. Om vinteren, da høytrykksbeltet trekker mot ekvator, følger den kjølige, ustabile og regnrrike klimatype fra det subpolare lågtrykksbelte etter sydover og gir regn i den kjølige årstid. Mest typisk er denne klimatype i Middelhavsområdet, og i den nære Orient og i sydlige deler av USA. I store områder av denne klimasone er det for lite nedbør om sommeren til plantedyrking (unntatt i kyststrøkene). Plantedyrkinga foregår da i de kjøligere og regnrikere vintermåned
- b. Subtropisk humid, varm sommer. Denne klimatype er de fleste steder påvirket av sitt naboskap med store havområder. Den er mest typisk utviklet i deler av Kina, Japan, India og Indokina. I denne klimasone er det utmerkede vilkår for dyrking av tropiske og subtropiske vekster. Viktige kulturvekster er bomull, ris, mais, tobakk, citrusfrukter og jordnøtt.
- c. Marint klima, kjølig sommer. Denne klimatype er mest vanlig på vestsiden av kontinentene fra ca. 40° N og nordover. Virkningen av pålandsvind fra store havområder gjør at temp. i kaldeste måned holder seg over 0°C og at sommertemp. ikke blir særlig høy.

Et område med typisk klima av dette slag er Vest-Europa fra Frankrike til Danmark. Vilkårene for jordbruksproduksjon av de mere kjølige værlags kulturplanter er meget gode. Land som ligger i denne klimasone topper derfor avlingsstatistikken for nesten alle vekster som dyrkes.

Pålandsvind (vestavind) i disse områder skyldes at lufta på veg fra Sub-tropisk høy til Sub-polar låg bøyes av (coriolo) østover.

Kalde (microthermale) sone har vinterfrost i kortere eller lengre tid.

Den kalde sone deles i tre etter temperatur i sommertiden.

- a. Humid kontinental varm sommer har minst 4 måneder over 10° C og varmeste måned over 22° C. Denne sone finnes særlig mellom $40-50^{\circ}$ N.Br. i midtre og østre del av Nord-Amerika. (Prerieklima)

Den naturlige vegetasjon i humid kontinental varm sommer er grass av ulik høyde, tildels også lauvskog på de mere nedbørsrike steder. Nedbørsklimaet er subarid til arid, med mest nedbør om sommeren. Med den forholdsvis høge sommertemperatur er nedbørsmengdene likevel utilstrekkelige og avlingene blir låge. Det er også i varmeste laget for mange av de jordbruksvekster som av omsyn til veksttidens lengde eller den låge vintertemperatur må dyrkes der.

Jordbunnen er utmerket, mest bronjord og chernozem, ofte med humussjikt i meters djupne.

Klimatypen kontinental varm sommer kan i sommertiden likne mye på tropisk steppe, men temperaturen er ikke så høg og det er ikke så stor forskjell på nedbørsmengdene i de ulike årstidene.

- b. Humid kontinental, kjølig sommer har også 4 måneder over 10° C, men varmeste måned under 22° C. Denne sone har en i Sør-Norge til ca. 63° N.Br. ved havflaten. Sonen strekker seg østover og dekker store deler av Russland og Asia mellom 50 og 60° N.Br. Den nat. vegetasjon i H.K. kjølig sommer, er barskog eller blandet skog.

- c. Subarktisk sone har 1-4 måneder med temperatur over 10° C. I Norge har en denne klimasone mellom $63-71^{\circ}$ N.Br. i låglandet. Østover blir sonen breiere og dekker områder mellom 55 og 65° N.Br. På det amerikanske kontinent er den mest mellom 50 og 60° i østre del og nord til ca. 65° i vestre del (Alaska).

Nordgrensa for subarktisk sone (juliisotermen for 10° C) faller sammen med nordgrensa for barskogbeltet.

Jordbruk i denne sone er sterkt hemmet av kort vekstsesong og låg temperatur.

Arktisk sone har temperatur under 10° C i varmeste måned. Denne sone deles i to.

- a. Tundra. Varmeste måned $0-10^{\circ}$ C. Det er lite jordbruksdrift i denne klimasone.

- b. Frostsone har varmeste måned under 0° C. Det vil si at jorda er frossen hele året rundt

C. De naturbestemte vekstfaktorer.

Plantedyrking i det fri er en produksjon som i meget høg grad er avhengig av naturgitte dyrkingsvilkår. Bare det rene høstingsbruk, som ekstensivt beitebruk, fiskerier m.v., kan sies å være mere avhengig av naturens luner. For disse produksjoner er det bare ved høsteteknikken at produksjonsutbyttet kan påvirkes.

Ved vel planlagt planteproduksjon kan det videre bestemmes over plantevalg og dyrkingsteknikken, men de naturgitte vekstfaktorer er også her utenfor kontroll. Det eneste som i denne forbindelse kan gjøres, er å tilpasse produksjonen og produksjonsteknikken i videste forstand til de naturgitte forhold. Dette krever et inngående kjennskap til de naturbestemte vekstvilkår og vekstfaktorer på steder. Det krever også et inngående kjennskap til hvordan kulturplantene reagerer på denne gruppe av vekstvilkår og på sesongmessige og årlige variasjoner i disse.

Det fagområde som kreves for en rasjonell plantedyrking i det fri, må derfor være langt videre enn f.eks. plantedyrking i veksthus eller for husdyrproduksjon hvor virkningen av de naturlige vilkår i det vesentlige er eliminert ved at produksjonen foregår innendørs. Jordbruksproduksjonen i sin helhet er dog langt mer risikobetont og variabel enn f.eks. industriproduksjonen som bare i liten grad er avhengig av naturbestemte eller biologiske produksjonsfaktorer.

De naturbestemte vekstfaktorer som er viktigst for planteproduksjonen, er i første rekke de klimatiske vilkår og jordbunnsforholdene. De siste kan bestemmes en gang for alle på et sted og er ikke gjenstand for sesong- eller årsvariasjoner, men de kan gi samspilleffekter med andre vekstfaktorer.

De fleste klimatiske forhold som er viktig for plantevekst, særlig da temperatur og nedbør, varierer mye både innen sesongene, fra år til år og mellom steder. For å kunne tilpasse planteproduksjonen på best mulig måte til disse forhold, er det nødvendig at disse vekstfaktorer registreres nøyaktig, og at planteslagenes reaksjon på ulikt nivå, ulike kombinasjoner og på variasjon i disse er kjent.

Registrering av klimatiske forhold kan dels foregå som såkalte makromålinger som utføres ved det ordinære nett av meteorologiske stasjoner. De registrere

klimatiske forhold i de store trekk. De klimatiske forhold kan imidlertid variere betydelig innen geografiske begrensede områder, særlig kan temperatur og luftfuktighet i plantesonen avvike betydelig fra målinger utført i 2-meters høyde. Dette gjelder særlig i hellende og i kupert terreng. Disse avvikelser og variasjoner i klimatiske forhold som ikke registreres på de ordinære meteorologiske målesteder, kan ofte være så store at de er av vesentlig betydning for planteveksten. Dels kan de ha virkning på plantene direkte og dels virker de på vekst og utbredelse av sjukdomsorganismer eller parasitter som kan være av stor betydning for det endelige avlingsresultat. Like viktig som å kjenne mikroklimaet på et sted, er det å kjenne de ulike planteslags reaksjon på de klimafaktorer som registreres.

a. Temperatur.

Solstrålingen (insolasjon) er den primære kilde til både lys og varme, som er nødvendig for plantenes vekst og utvikling. Solstrålingen er elektromagnetiske bølger som tilfører jorda og plantene energi over et ganske stort bølgelengdeområde. Både ultrafiolett stråling med bølgelengder under ca. 390 mmy, lys med bølgelengde ca. 390-750 mmy og infrarødt stråling med bølgelengde over 750 mmy tilfører energi. Det reknes med at omlag halvparten av den totale strålingsenergi tilføres med bølgelengder innen lysspekteret og at størsteparten av den andre halvpart tilføres ved de lengste bølger. De ultrafiolette bølger betyr mindre som energikilde, bare omlag 2 %.

Den totale strålingsenergi fra solen, solkonstanten, er 1.94 gramkalorier pr. kvadratcentimeter pr. minutt (strålingsenergien målt utenfor atmosfæren med sola i senit og i middels avstand fra sola). Under de samme forhold vil lysstyrken være omlag 140000 lux (ca. halvparten av den totale strålingsenergi). Ved havoverflaten i klarvær under de samme forhold er insolasjonen ca. 1,5 gramkalorier pr. kvadratcentimeter pr. minutt, svarende til en lysstyrke av ca. 105000 lux. På 60° nord vil insolasjonen midt på dagen i klarvær midtsommers være knapt 1,0 gramkalori pr. kvadratcentimeter pr. minutt og lysstyrken omlag 70000 lux, men med adskillig variasjoner. I skyet vær eller om vinteren er den vesentlig lågere.

Den strålingsenergi pr. arealenhet som rekker jordoverflaten, avhenger særlig av breddegrad, årstid, skydekke, høyde over havet etc. Ved ekvator er den hog og varierer lite med årstidene. Insolasjonen avtar med høyere (i gjennomsnitt for året

breddegrader på grunn av den lågere solhøyde. I vekstsesongen derimot avtar insolasjonen lite med breddegradene nordover, fordi den nedsatte intensitet ^{p.g.a. innfallvinkelen} i det alt vesentlige kompenseres av den lengre dag.

Av den totale strålingsenergi fra sola reflekteres ca. 25% av skylaget, men med vide variasjoner etter skydekkets beskaffenhet. Omlag 8-10% reflekteres fra jordoverflaten, og 25-30% blir absorbert av jordoverflaten, også med vide variasjoner etter overflatens beskaffenhet. Omlag 35-40% av den totale strålingsenergi blir disponibel for plantene, dels som direkte lys og dels som reflektert lys (fra støv, røk o.l.)

Den strålingsenergi som absorberes av jordoverflaten konverteres til varme og gir temperaturstigning i det øverste jordlag. Hvis energitilførselen ved insolasjonen er større enn varmetapet fra jordoverflaten, plantenes utstråling, bortledning av varme, fordunstning etc., stiger temperaturen i jorda. Fra det øverste jordsjikt ledes temperaturen nedover og gir en døgnrytme som er merkbar ned til 20-25 cm djupne, men maksimum og minimum temperatur er forsinket med omlag 1 time for hver tre cm djupne. Den sesongmessige variasjon i insolasjonen bevirker på samme måte en årlig temperaturkurve i jorda, men merkbar til mye større dyp.

Varme fra det øverste jordlag varmer også opp lufta over ved stråling, ledning og luftstrømmer. Kurven for lufttemperatur er også forsinket i forhold til insolasjonen. Den høyeste lufttemperatur har en 2-3 timer etter maksimal insolasjon, mens lufttemperaturen er lågest ved soloppgang.

Hvor sterkt og hurtig jorden oppvarmes avhenger særlig av farge, tekstur, vanninnhold, graden av skygging, hellingsforhold osv. Mørkfarget, grovkornet, tørr mineraljord oppvarmes hurtigst, men avkjøles også hurtigst. Utsatt for direkte solstråling kan grovkornet mineraljord bli så sterk oppvarmet at plantene får brannskader i rothalsen.

Både middeltemperaturen for året og temperaturen i vekstsesongen avtar med høyere breddegrader. Det er ingen jevnt avtakende kurve idet den påvirkes av klimasonene og geografiske forhold. I området omkring 60° nord avtar gjennomsnittstemperaturen både for året og for vekst-

sesongen (mai-sept.) med omlag $0,5^{\circ}\text{C}$ pr. 1° nordligere bredde.
I Norge avtar den noe mindre. For mai-sept. $0,40^{\circ}\text{C}$ pr. breddegrad.

Temperaturen avtar også med tiltakende høyde over havet. I gjennomsnitt omlag $0,6^{\circ}\text{C}$ pr. 100 m større høyde. For mai-sept. er den i Norge $0,56^{\circ}\text{C}$ pr. 100 m.

1. Temperaturnormaler. Da temperaturen varierer adskillig fra år til år på samme sted, er det nødvendig å nytte gjennomsnittet for en lengre periode for å få et pålitelig uttrykk for temperaturen.

Følgende temperaturnormaler brukes i Norge:

1. Normalen 1861-1920 = 60 år
2. Den 1. internasjonale temperaturnormal 1901-30 = 30 år
3. Den 2. " " " 1931-60 = 30 år

Av de temperaturnormaler som er nevnt, gir 1861-1920 normalen det riktigste uttrykk for den gjennomsnittlige temperaturen i mai-sept. da den nær på er identisk med gjennomsnittet for 100 års perioden 1861-1960. Den 1. internasjonale temperaturnormal ligger noe under og den 2. int. temp. normal vesentlig over (ca. $0,7^{\circ}\text{C}$). 100 års gjennomsnittet som må ansees for å være det riktigste. Når de to 30 års normaler tildels viser betydelige avvikelser, skyldes det at tidsrommet 1901-30 omfatter en periode med overveiende kjølige somre og at det i tidsrommet 1931-60 var perioder med overveiende varme somre. Dette gjelder sommertemperaturen (mai-sept.) som en i denne forbindelse er mest interessert i.

2. Meteorologiske uttrykk for temperaturklimaet.

Det er laget og bereknet mange uttrykk eller formler til å karakterisere temperaturklimaet. Formålet har dels vært å gi en rent meteorologisk beskrivelse av temperaturklimaet, men dels har det også vært hensikten å finne fram til uttrykk som tallmessig stemmer overens med den virkning temperaturen har på planteveksten. En del av uttrykkene er meget enkle som f.eks. gj.sn. temp. pr. måned, pr. år eller for en vekstsesong av ulik lengde. De mere kompliserte uttrykk er oftest varmesummer bereknet på forskjellige måter. Et slikt uttrykk er Thorntwhaite's (1931) Temperature Efficiency Index = $T-E =$

$\sum \left(\frac{t-32}{4} \right)$ Farenheit som er brukt til å berekne verdier som

karakteriserer temperaturen i større klimasoner. Seinere (i 1948) brukte Thorntwhaite en Termal Efficiency Index som tallmessig uttrykker potensiell evapotranspirasjon (PET) i tommer nedbør. Dette er samtidig en temperaturindeks fordi temperaturen er den viktigste faktor som bestemmer den potensielle evapotranspirasjon på et sted.

Beregningsen av PET vesentlig på grunnlag av temperaturen er av mange grunner ikke særlig nøyaktig. Da PET ikke måles på vanlige meteorologiske stasjoner i Norge, har det liten hensikt å nytte systemet i et så klimatisk uensartet land som Norge.

Ellers er varmesummer for ulike tidsrom bereknet med 0°C eller med $+5-6^{\circ}\text{C}$ som basis mye brukt som mål for hvordan temperaturklimaet egner seg for plantevekst.

En del meteorologiske uttrykk for temperaturklimaet skal omtales og defineres. Disse angir temperaturens høyde, lengden av veksttiden, formen på temperaturkurven osv.

På skissen over temperaturkurven for året (gjennomsnitt 1861-1920 for Ås) er de viktigste av disse data inntegnet.

Hvis det foretas en todeling av året får en :

Sommerhalvår eller varm årstid som er den tiden av året da middeltemperaturen er over årsgjennomsnittet. (På Ås 24/4-18/10)

Vinterhalvåret eller kald årstid som er den delen av året da middeltemperaturen er under årsgjennomsnittet. (På Ås 19/10-23/4).

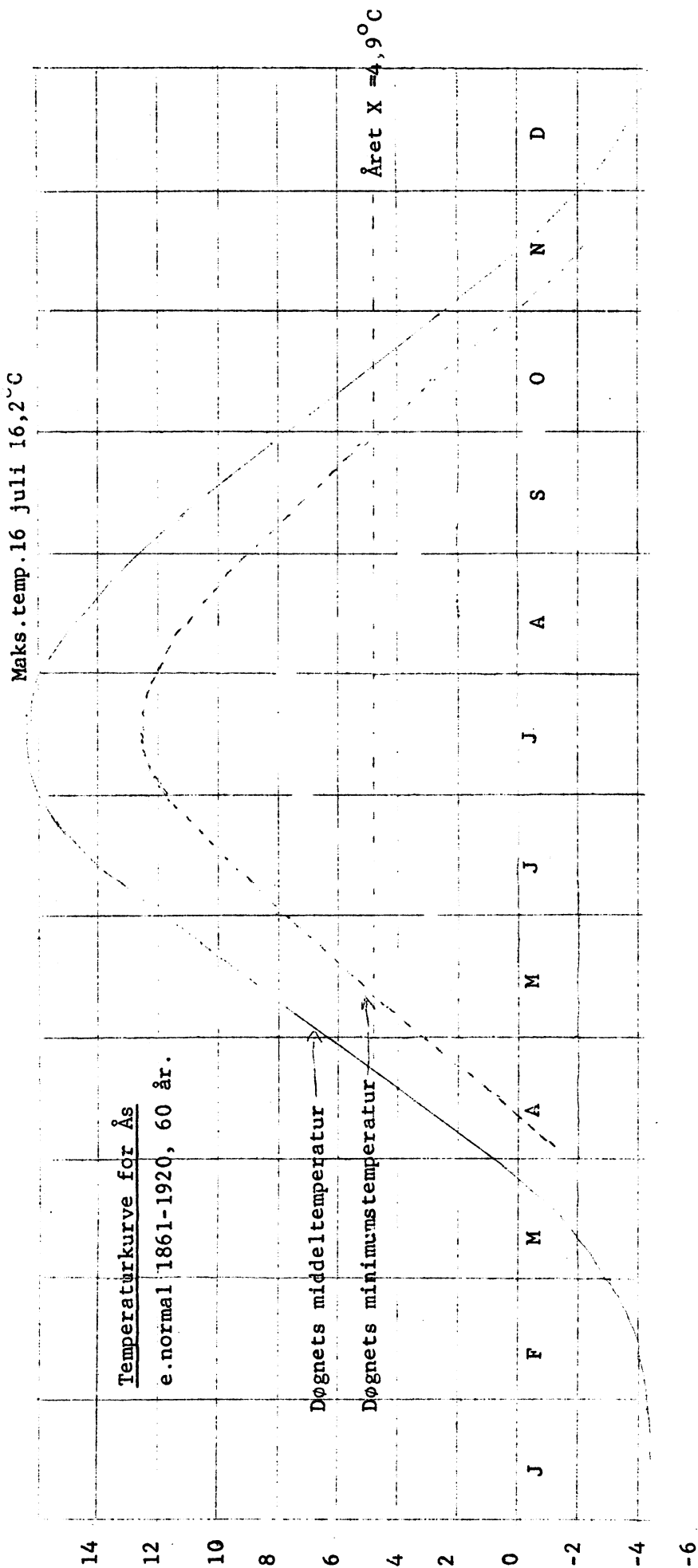
Hvis det foretas en firedeling av året får en følgende:

Vår - som er tiden da døgnets gjennomsnittstemperatur stiger fra 0 til 10°C (På Ås 26/3 - 20/5)

Sommer - den tiden da døgnets gjennomsnittstemperatur er over 10°C (På Ås 21/5-18/9)

Høst - den tiden da døgnets gjennomsnittstemperatur synker fra 10°C og til 0°C . (På Ås 19/9 - 15/11).

Vinter - den tiden da døgnets gjennomsnittstemperatur er under 0°C (På Ås 16/11 - 25/3).



0 - 6°C	26/3 - 28/4 = 33 dager	Vår 55 dager
6 - 10	29/4 - 20/5 = 22 --	Sommer 121 dager
10 - 10	21/5 - 18/9 = 121 --	Høst 58 dager
10 - 6	19/9 - 10/10 = 22 --	Vinter 131 dager
6 - 0	11/10 - 15/11 = 36 --	
0 - 0	16/11 - 25/3 = 131 --	

Frostfri veksttid 13/5 - 27/9 = 136 dager
Teoretisk veksttid (6-6°C) 28/4-10/10 = 165 dager

Tildels brukes også begrepene vår og høst om tidspunktene da temperaturen i henholdsvis stigende og fallende passerer 6°C . (Begynnelse og slutt på teoretisk veksttid).

Frostfri veksttid som er den tiden av året da døgnet minimumstemperatur er over 0°C . Datoen for begynnende frostfri veksttid er bereknet som gjennomsnitt av datoene for siste frost om våren og datoen for slutten av frostfri veksttid er bestemt som gjennomsnitt av datoene for første frost om høsten (På Ås 13/5 - 27/9).

Frostsannsynlighet i % omkring begynnelse og slutt av den frostfrie veksttid.

Teoretisk veksttid er den tid av året da døgnet middeltemperatur er over 6°C (vår og høst som tidspunkt, på Ås 28/4 - 10/10).

Varmesum for året er summen av alle døgnmiddeltemp. over 0°C

Varmesum for frostfri veksttid som er summen av døgnmiddeltemperaturer i den frostfrie veksttid.

Graddagtall bereknes som summen døgnet-middeltemperaturer $\div 6$. (Det reknes ikke med negative verdier).

Varmesum mai-sept.

Gjennomsnittstemp. mai-sept.

Brukbar veksttid.

De meteorologiske uttrykk for temperaturklimaet, som nevnt foran, gir opplysninger om hvordan det egner seg for plantedyrking. Ingen av disse uttrykkene forteller imidlertid med tilfredsstillende nøyaktighet hvor lang den brukbare veksttid er på et sted. Med betegnelsen brukbar veksttid menes den del av et gjennomsnittsår som er egnet for dyrking og vekst av de forskjellige kulturplanter.

De meteorologiske uttrykk for temperaturklimaet som alene er det beste mål for brukbar veksttid, er antakelig frostfri veksttid. Den vil dog angi for lang veksttid i kystklima og forholdsvis for kort veksttid i innlandet. Den vil videre gi lik veksttid for alle grupper av vekster og det er lite i overensstemmelse med forholdene i praksis. Ved å kombinere flere meteorologiske uttrykk kan en imidlertid berekne lengden av brukbar veksttid med god nøyaktighet.

Tidspunktet for begynnelsen av brukbar veksttid om våren avhenger av:

1. Meteorologiske forhold, i første rekke av temperaturen, men nedbøren betyr også en del, særlig på stiv jord når denne skal våronnarbeides.
2. Planterlag som har et etablert plantedekke om våren kan starte veksten så snart temperaturen er høy nok. Vanlig regnes det med at vekster av overvintrede planterlag (høstsæd, eng, beite) starter veksten når døgnmiddeltemperaturen er nådd 6°C .

Vekster som skal etableres om våren (ved såing, setting eller planting) er avhengig av tidspunktet for første sådag, d.v.s. når jorda er lagelig for arbeidning. Første sådag om våren tilsvarer ikke noe bestemt meteorologisk tidspunkt, men kan for de viktigere jordbruksdistrikter med god nøyaktighet angis ved gjennomsnittet av datoen for begynnelsen av teoretisk veksttid og begynnelsen av frostfri veksttid.

For utpregede kyststrøk vil den nevnte berekningsmåte gi en noe for tidlig dato for første sådag, f.eks. kystbygder på Vestlandet og i Nord-Norge.

Tidspunktet for slutten av brukbar veksttid er noe ulikt for de forskjellige grupper av vekster. For vekster til frømodning kan slutten av brukbar veksttid settes til den dato da døgnmiddeltemperaturen for nedadgående passerer 10°C . For forvekster, kålrot, formargkål, eng og beite kan det regnes med at veksten er slutt ved døgnmiddeltemperatur på 6°C . For poteter, som er ømtålige for frost, kan brukbar veksttid regnes til første frostnatt om høsten. Dette gir dog noe for lang bereknet veksttid for poteter, fordi skadefrost på poteter i gjennomsnitt opptrer før min. temperaturen er nede i 0°C i 2 meters høyde.

På grunn av variasjoner i temperatur fra år til år og de store økonomiske konsekvenser det har hvis jordbruksvekstene ikke når modning eller andre ønskede utviklingsstadier, kan en imidlertid i praksis ikke basere seg på planterlag som trenger hele den brukbare veksttid i et gjennomsnittså. En utnyttelse av 75-80% av bereknet (gjennomsnittlig) brukbar veksttid gir vanlig en rimelig

sikkerhet mot uår p.g.a. unormalt låg temperatur i veksttiden samt eventuell sein våronn.

I tabellen er brukbar veksttid i dager og den samme ved 80,0 % utnyttelse bereknet på en del steder for de ulike grupper jordbruksvekster.

$$\text{Første sådag} = \frac{\text{Beg. T. v.tid} + \text{Beg. F. fri v.tid}}{2}$$

Vekstgruppe	Veksttid
1. Vekster til frømodning	Første sådag - 10°C
2. Poteter	" " - første frost
3. Rotvekster	" " - 6°C
4. Eng og beite	Teoretisk veksttid (6°C - 6°C)
5. Høstsæd	Beg. teoretisk veksttid - 10°C

Begynnelsen av brukbar veksttid er bereknet ut fra temperaturdata alene. For de vekster hvor brukbar veksttid begynner med første sådag kan denne bli utsatt p.g.a. regnvær. På lettere jord blir forsinkelsen sjelden av lengre varighet, oftest bare få dager. På stiv leirjord, derimot, hender det at våronna kan bli forsinket både 2 og 3 uker. På lettere jordarter kan det derfor med samme risiko nyttes en større del av den bereknede veksttid enn på stiv leirjord.

Ved bruk av vekster som bare trenger 80% av bereknet brukbar veksttid er det imidlertid i en middels varm eller varmere sommer plass til en del forsinkelse. Ved den mest uheldige kombinasjon, sein våronn og kjølig sommer kan det i ekstreme tilfelle kunne knipe med modningen for de seineste vekster. Selv om de nok kan bli modne på et vis, er det ofte så kjølig i den siste delen av modningstiden at overføringen av akkumulert stoff fra vegetative deler til frøet blir ufullstendig med reduserte avlinger som følge. Bergingsforholdene blir også usikre seint på høsten. Det er dog meget sjelden at sorter som bare krever 80 % av bereknet veksttid ikke blir modne.

Brukbar veksttid for de viktigere grupper av jordbruksvekster bereknet for en del steder

Steder	Vekstgruppe	Brukbar vekst- tid i dager.	B.V. i dager ved 80,0 % utnyttelse
Ås	1. Vekster til frø	5/5-18/9 = 136	109
	2. Poteter	5/5-27/9 = 145	116
	3. Rotvekster	5/5-10/10 = 158	126
	4. Eng, beite	28/4-10/10 = 165	132
Hamar	1. Vekster til frø	8/5-10/9 = 125	100
	2. Poteter	8/5-23/9 = 138	110
	3. Rotvekster	8/5- 4/10 = 149	119
	4. Eng, beite	4/5- 4/10 = 153	122
Mandal	1. Vekster til frø	22/4-29/9 = 160	128
	2. Poteter	22/4-21/10 = 182	146
	3. Rotvekster	22/4-28/10 = 189	151
	4. Eng, beite	21/4-28/10 = 190	152
Steinkjer	1. Vekster til frø	11/5-12/9 = 121	97
	2. Poteter	11/5-2/10 = 144	115
	3. Rotvekster	11/5-6/10 = 148	118
	4. Eng, beite	5/5-6/10 = 154	123
Bodø	1. Vekster til frø	14/5-14/9 = 113	90
	2. Poteter	14/5-10/10 = 149	119
	3. Rotvekster	14/5- 4/10 = 143	114
	4. Eng, beite	18/5- 4/10 = 140	112
Tromsø	1. Vekster til frø	26/5-19/8 = 85	68
	2. Poteter	26/5-29/9 = 126	101
	3. Rotvekster	26/5-22/9 = 119	95
	4. Eng, beite	31/5-22/9 = 114	91
Dombås	1. Vekster til frø	30/5-21/8 = 82	66
	2. Poteter	30/5- 4/9 = 96	77
	3. Rotvekster	30/5-19/9 = 111	89
	4. Eng, beite	20/5-19/9 = 121	97

En planmessig utnyttelse av en større del enn 80 % av bereknet brukbar veksttid kan være berettiget i de år da første sådåg kommer tidligere enn normalt. Omvendt bør det utvises forsiktighet med bruk av de seineste sorter i år med sein våronn - i den utstrekning dette er mulig å velge sorter på et så seint tidspunkt.

3. Temperaturer for plantevekst.

Temperaturen er en av de miljøfaktorer som har kraftigst virkning på plantenes utbredelse, vekst og utvikling og på dannelsen av plantesamfunn og økolyter innen planteriket.

Plantevekst foregår bare innen et meget begrenset område på temperaturskalaen, vanlig fra 0-40°C, men innen dette område på maks. 40°C finner en både arktiske planteslag og tropiske vekster med høge varmekrav. Det skal bare noen få grader Celsius forskjell i temperatur til å danne plantesamfunn som består av distinkte ulike økolyter.

Plantenes reaksjon på temperatur blir ofte uttrykt ved de tre kardinaltemperaturer minimum, optimum og maksimums-temperatur, for spiring av frø eller for utvikling av plantene på et seinere stadium. Disse temperaturnivå angir henholdsvis den lågeste, beste og høyeste temperatur som spiring eller seinere vekst kan foregå ved.

Plantart	Spiretemperaturer °C		
	Minimum	Optimum	Maksimum
Rødkløver	2°	30°	37°
Erter	3°	30°	35°
Havre og hvete	4-5°	25°	31°
Bygg	4-5°	20°	28°
Sukkerbete	4-5°	25°	28°
Mais	9°	33°	41°
Ris	11°	31°	37°

Tallene viser at de forskjellige planteslag har ulike krav til temperaturen for å spire. Seinere i veksttiden kan de ha andre krav til temperaturnivået, og det er vanlig at de også vil ha en bestemt temperaturkurve i veksttiden for å yte sitt beste,

f.eks. kjølig i vekstfasen og stigende temperatur under modninga.

Den temperatur (optimale) som gir den største veksthastighet i gj.sn. for flere dager er vanlig lågere enn den som er optimal for et tidsrom på få timer. For de fleste plantearter er også den optimale temperatur for fotosythesen vesentlig lågere enn den som gir høgest åndingsintensitet.

De fleste planter tilpasset vekstvilkårene i den tempererte sone, viser sterkest vekst ved 24-30°C, mens maks. temp. for vekst og utvikling er 35-40°C.

4. Temperaturer og avlingsstørrelse.

Hvis de optimumstemperaturer som er nevnt foran sammenliknes med de aktuelle temperaturer i veksttiden på steder hvor de enkelte kulturplanter har sitt økologiske optimum, d.v.s. hvor de gir de største avlinger og viser minst årsvariasjon, vil en finne at de siste er vesentlig lågere enn de første.

Det er flere årsaker til dette:

En av de viktigere er utvilsomt at i det ene tilfelle måles tilveksten på enkeltplanter eller bare på et skudd av disse. I det andre tilfelle måles tilveksten i en plantebestand og med tilveksten ^{eller total avling} pr. arealenhet som uttrykk for produksjonsevnen.

For å gi størst avling i et bestand (pr. arealenhet) må plantene ha en avlingsstruktur som i størst mulig utstrekning nytter hele vokseplassen. Plantene må da buske seg eller på annen måte bre seg ut og bruke den plass som står til rådighet. Plantene gjør dette best ved forholdsvis låge temperaturer, fordi de da får bedre tid på seg og kan disponere mere akkumulert næring til førtsatt vegetativ vekst.

Da denne positive virkning av den lågere temperatur på avlingsstørrelsen betyr mere enn den noe større nettoproduksjon pr. plantedel ved høgere temperaturer, vil størst avling pr. arealenhet oppnåes ved temperaturer som er vesentlig lågere enn de som vanlig oppgis som optimale.

Følgende tall stilt sammen av prof. K. Vik viser dette for en kornart, som avslutter veksten etter en sortsbestemt varmesum.

Temp. i veksttiden	loavling ialt	Kg pr. da. Loavling pr. dag
Ca. 12 ^o C	734	5,83
12-13	744	6,15
13-14	688	6,10
14-15	631	5,90
15-16	628	6,28
> 16	469	5,40

Tallene viser at produksjonen pr. dag i veksttiden er forholdsvis konstant med alle temperaturer. Den er i dette materiale minst ved lågeste og høgste temperatur. Dette skyldes antakelig at lågeste temperatur har vært for låg for normal vekst og utvikling av vårhvete. Ved høgste temperatur er det antakelig tiltakende tørkevirkning som har vært årsaken til nedgangen i produksjon pr. dag. Ordinært skulle den holdt seg konstant til noe høgere temperatur.

Som følge av at produksjonen pr. dag i veksttiden er forholdsvis konstant oppnåes de største loavlinger ved de lågere temperaturer, fordi veksttiden da blir lengst. Vårhvete trenger jo som kjent en forholdsvis konstant varmesum til å fullføre sin utvikling. Det er flere årsaker til at produksjonen pr. dag i veksttiden er lite påvirket av temperaturen. Under dyrking i praksis forekommer det neppe at assimilasjonen (første trinn i syntesen av organisk materiale) er begrensende for størrelsen av avlingene. (se avsn. om lys som prod. faktor). Den begrensende prosess er oppbyggingen av det primære organiske materiale til ferdige planteprodukter. Til dette kreves vann, jordnæring og gode vilkår forøvrig for plantevekst. Det er vanlig at det skorter på disse vekstfaktorer ved dyrking av planter under jordbruksforhold. Frigjøring av næring i jorda går langsomt, og den kan være ubalansert. Vann er det i store deler av veksttiden også for lite av. Vilråene for vekst og funksjon av røttene er oftest også mindre gode. Underoptimale forhold av denne art gjør at vekst og produksjon blir mindre enn temperaturen skulle tilsi og at tidsfaktoren får auka betydning. Ved plantedyrking i det fri er det derfor en sterk positiv sammenheng

mellom størrelsen av avlingene og lengden av veksttiden. De største avlinger oppnåes ved forholdsvis låge temperaturer som gir lengre veksttid. Den optimale produksjonstemperatur (for størst avling) for planter med en bestemt varmesum er derfor generelt den lågste temperatur hvorved plantene kan fullføre sin utvikling på normal måte.

Størst avling oppnås ved den temperatur hvor produktet av nettoassimilasjonen (total assimilasjon ÷ åndingstap) pr. dag og veksttiden i dager har størst verdi.

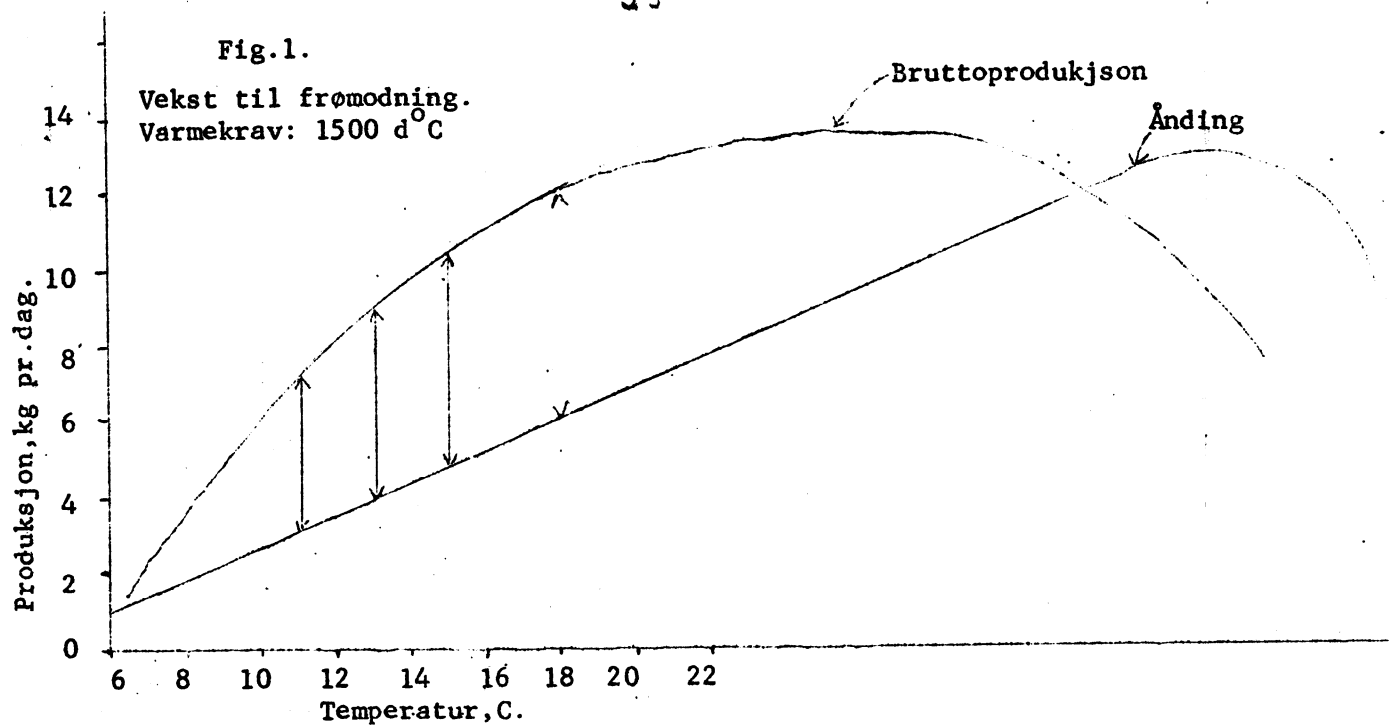
Størst nettoassimilasjon har en ved temperaturer vesentlig lågere enn den som gir maksimal assimilasjon, maksimal ånding eller maksimal strekningsvekst. Åndingen stiger hurtigere med temperaturen og når maksimum like før total temperatur nås. Assimilasjonen stiger ikke så hurtig og når maksimum ved en forholdsvis låg temperatur. Av denne grunn når nettoassimilasjonen maksimum før total assimilasjon.

Følgende to diagrammer illustrerer dette under noe forskjellige forhold (s. 25)

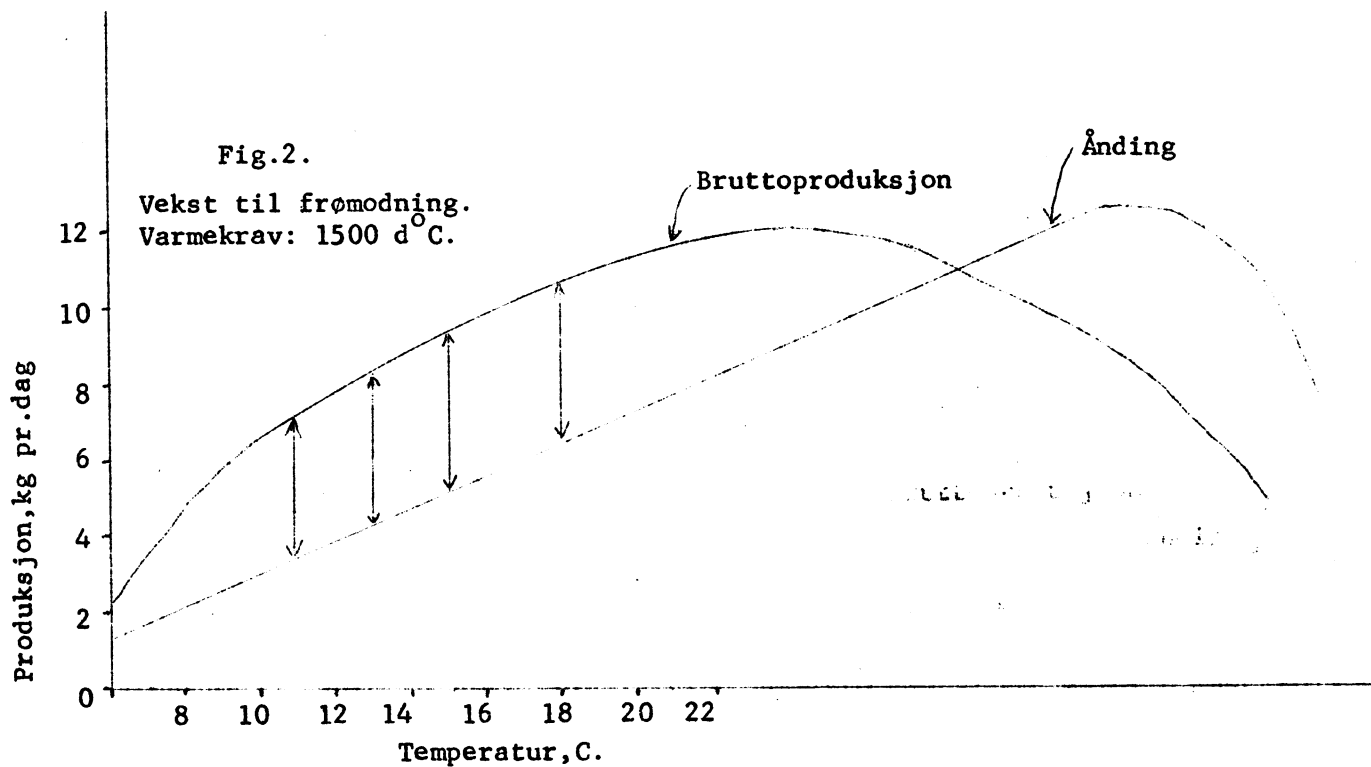
Den første figur viser forholdet når andre vekstfaktorer ikke er nevneverdig i minimum. Den optimale produksjonstemperatur er da forholdsvis høy.

Den andre figur viser forholdet når en eller flere andre faktorer er i minimum og begrenser veksten. Dette virker til at kurven for produksjon stiger langsommere. Fra et forholdsvis lågt produksjonsnivå bestemt av de vekstfaktorer som er tilstede i underoptimale mengder, vil den flates ut og ikke vise ytterligere stigning ved høyere temperatur. Såvel maksimal bruttoproduksjon som maksimal nettoproduksjon pr. dag oppnås da ved en lågere temperatur.

Det er mere eller mindre utpregede vekstvilkår av denne art som er de vanlige i praksis. Planter som avslutter veksten etter en bestemt varmesum vil derfor gi størst avling ved den lågste temperatur hvorved det enkelte planteslag er istand til å utvikles og modne normalt. For planteslag som i alle høve nytter hele vekstsesongen (seine sorter av rotvekster og poteter, eng ved flere ganger slått m.v.) vil avlingsstørrelsen være lite påvirket av temperaturens høyde i veksttiden.



11°C,	136 dager	x 4,0	= 544	kg tørrstoff
13 -	115 --	x 5,0	= 575	-- --
15 -	100 --	x 5,5	= 550	-- --
18 -	83 --	x 6,0	= 498	-- --



11°C,	136 dager	x 4,0	= 544	kg tørrstoff pr da.
13 -	115 --	x 4,0	= 460	-- --
15 -	100 --	x 4,0	= 400	-- --
18 -	83 --	x 4,0	= 332	-- --

Virkingen av temperaturen på størrelsen av avlingene er likevel langt mere komplisert enn den hovedeffekt som er diskutert foran. Temperaturen virker bl.a. på plantenes disponering av produsert materiale, slik at avlingsstrukturen endres. Lågere temperatur virker f.eks. hos korn til sterkere busking. Samspilleffekter mellom temperatur og daglengde, vann og næringstilgang virker også på plantenes avlingsstruktur og derved på det endelige avlingsresultat.

5. Varmesum.

Varmesummen for en vekst er summen av døgnmiddeltemperaturene fra såning til modning eller til andre nærmere angitte utviklingsstadier. Varmesummen burde kanskje heller kalles en temperatursum, fordi det er temperaturen som måles. Hvor mye varme som tilføres plantene på den måten, kan ikke måles.

De forskjellige planteslag krever som kjent ulik lang tid fra såning til modning eller til andre utviklingsstadier da de høstes. Under norske forhold er det særlig vekster hvor det verdifulle produkt er modent frø at varmesummen har størst interesse, men også for eks. poteter og rotvekster er varmesummen vel egnet som et uttrykk for deres krav til temperaturklimaet.

Et tidligere galt varmenåvnde første som fant ut at et planteslag trengte en konstant varmesum for å fullføre sin utvikling. Han trodde at varmesummen var en universell konstant for hvert planteslag, og at de små avvikelser som ble funnet bare skyldtes uøyaktige bestemmelser av temperatur og veksttid.

Det er imidlertid blitt klart at varmesummen ikke er helt den samme under alle vekstvilkår. Den påvirkes av flere forhold, hvorav de viktigste skal nevnes: Dagleiigde, nedbør, lysintensitet, jordart, tung- eller lett jord, gjødslingsstyrke og gjødselslag, særlig forholdet mellom fosfor og nitrogen, drenering, ekstreme temperaturer m.v. Ellers må det reknes med at en ^{del} forhold som sinker veksten (en eller flere vekstfaktorer i minimum) ^{kan} vauke varmesummen. En del av uoverensstemmelsene skyldes utvilsomt også mere eller mindre tilfeldige feil, f.eks. at temperaturen ikke er observert i plante-høgde eller at beregningen av døgnmiddeltemperaturen ikke er helt nøyaktig. De kan også skyldes mindre feil ved bestemmelse av tids-punkt for modning, forskjellige dyrkningstekniske forhold som

f.eks. sådjupne, såmengde mv.

Daglengden er en av de faktorer som virker sterkest på varmesummens størrelse. Lang dag reduserer og kort dag auker varmesummen for langdagsplanter. Størrelsen av utslagene pr. time daglengde eller for hver breddegrad er ikke særlig nøyaktig bestemt, men det kan anslagsvis settes til omlag 20 døgngader pr. breddegrad nordover til polarsirkelen eller omlag 30 døgngader pr. time lengre dag. Følgende tall etter professor Vik viser dette:

Sted	Breddegrad	Havre d C	Bygg d C
Ås	60	1497	1338
Voll	63	1445	1310
<u>Vågønes</u>	<u>67</u>	<u>1328</u>	<u>1235</u>
<u>Differens Ås-Vågønes</u>	<u>7</u>	<u>169</u>	<u>103</u>
Differens pr. breddegrad		24	15
Gjennomsnitt		Ca. 20	

Gjennomsnittet av de to tallene 169 og 103 gir 136 døgngader. Dette tall dividert med 7 som er forskjellen på breddegradene på Ås og Vågønes gir 20 døgngader pr. breddegrad, det svarer til omlag 30 døgngader mindre varmesum pr. time lengre dag nordover. For andre vekster har en få eller ingen tall for aukningen av daglengden på plantenes vekst og utvikling. Nedbøren virker også på størrelsen av varmesummen. Det reknes med at varmesummen øker med 60-70 døgngader pr. 100 mm nedbør i veksttiden innen rimelige variasjoner i nedbøren. Det svarer til 5-6 dager i veksttid for halvseine kornslag. For andre vekster må det også regnes med at store nedbørsmengder auker varmesummen. Dette er den skilnad en finner i forsøkene når en går ut fra lufttemperatur i 2 meters høyde. Den reelle virkning av nedbøren er nok ikke så stor, fordi det i regnvær observeres en forholdsvis høyere temperatur enn den som er i høyde med plantene. Jordtemperaturen går også ned ved større nedbørsmengder. Det gjør også at plantene har det relativt kjøligere i regnvær enn det termometeret i 2 meters høyde viser. En del av den observerte stigning i varmesummen på grunn av større nedbørsmengder er derfor ikke reell. Mere nedbør virker også til mindre lysmengde som under visse forhold også kan sinke veksten og øke varmesumbehovet. Mye nedbør

kan også gi mere legde som sinker modningen ytterligere og derved øker den nødvendige varmesum. Den reelle virkning av nedbøren på varmesummen er derfor ikke stor, hvis det er noen i det hele tatt.

Innen rimelige grenser virker ikke lysintensiteten merkbart på størrelsen av varmesummen, men ekstrem lav lysintensitet vil virke til å øke varmesumbehovet. Det er neppe ofte at dette forekommer ved dyrking av planter i det fri, men det hender ofte at plantene i veksthus bruker lenger tid til modning enn de gjør ute, til tross for at temperaturen inne i veksthuset er høyere. Dette skyldes utvilsomt et misforhold mellom lysintensitet, varme og andre vekstfaktorer.

Jordarten virker på varmesummen på samme måte og av de samme årsaker som den virker på veksttiden. Virkningen av jordarten er alt overveiende en temperaturvirkning, men det kan også tildels være en tørkevirkning på jord med liten vannholdende evne. Ved den samme temperatur i 2 meters høyde har tung leirjord lågere temperatur enn f.eks. sandjord. Dette auker varmesummen, selv om det i virkeligheten skyldes feilaktig temperaturmåling. Tung jord er ofte også tett jord, som kan sinke veksten på grunn av surstoffmangel og derved auke varmesummen. Halvseine kornslag eller andre vekster med tilsvarende veksttid trenger omlag 50°C større varmesum på stiv leirjord enn på lett jord. Ved tørkeskade, som oftest forekommer på skarp jord, og som virker til å nedsette varmesumbehovet kan forskjellene lett bli større. På tett leirjord, som har dårlig struktur, kan veksten sinkes med større varmesum som følge.

Gjødslingen kan også virke på størrelsen av varmesummen. Det er særlig forholdet mellom fosfor- og nitrogen gjødsel som er viktig. Store fosformengder har tendens til å redusere varmesummen og til å gi tidligere modning. Jmført med midlere fosformengder er imidlertid virkningen lite merkbar i praksis.

Sterk nitrogen gjødsling kan derimot sinke modningen betydelig og auke den nødvendige varmesum. Det er forøvrig nokså vanlig at forhold som virker til større avlinger også gjør at varmesumbehovet blir noe større. Dette er særlig tilfelle med nedbør og

nitrogengjødsling. Forhold som nedsetter avlingene kan imidlertid også auke varmesumbehovet, slik som nevnt tidligere.

Temperaturen kan også ha en viss virkning på størrelsen av varmesummen. Innen et midlere temperaturområde omkring den optimale produksjonstemperatur for vekster har temperaturen ingen merkbar virkning på varmesummen, men både svært låge og svært høge temperaturer virker på den. Svært låg temperatur auker varmesummen, fordi plantene da ikke utvikles normalt. Det hender særlig når temperaturen under blomstring eller modning kommer under eller ned mot det fysiologiske minimum for disse utviklingsfaser hos plantene.

Svært høg temperatur kan nedsette varmesummen, fordi plantene forseres sterkt til modning, særlig når det samtidig er tørt i modningstiden.

Svakheter ved varmesummen som uttrykk for plantenes krav til temperaturklimaet er ellers at vekst og utvikling ikke er proporsjonal med temperaturens høgde. Den tar heller ikke omsyn til variasjonen mellom dag- og natt-temperaturer og heller ikke til temperaturkurvens form i veksttiden. Varmesummen er likevel en langt mere konstant størrelse enn veksttiden i dager og er derfor et bedre uttrykk for plantenes krav til temperaturklimaet enn veksttiden alene. Følgende tall e.prof. Vik viser dette.

Temperatur, veksttid og varmesum.

Temp.	Veksttid dager			Varmesum d °C	
	Vårhvete	Bygg	Diff	Vårhvete	Bygg
11,3 °C	137	116	21	1548	1311
12,7 "	123	106	17	1562	1346
13,7 "	114	101	13	1562	1383
14,5 "	105	93	12	1523	1349
15,7 "	97	88	9	1523	1382

\bar{X} = Ca. 1550 Ca. 1350

Dyrkingstekniske forhold som sådjupne, såmengde m.v. kan også ha betydelig virkning på størrelsen av varmesummen.

6. Vernalisering.

Vernalisering kan defineres som en hver behandling av frø eller unge planter som fremskynder den reproduktive fase.

Betingelsene for å oppnå en vernaliseringsvirkning på frø eller planter er:

1. Tilstrekkelig opptak av vann til at vernaliseringsprosessen kan foregå, men ikke så mye at frøet spirer.
2. En aktiveringsperiode av frøet 10-20 timer ved 15-18°C etter at frøet har tatt opp vann.
3. Tilgang på surstoff (luft)
4. En passende tid og temperatur +1 til +5 grader Celsius. Tiden varierer med vernaliseringsbehovet som er ulikt for forskjellige sorter og plantearter.
5. Kort dag kan i enkelte tilfeller delvis erstatte låg-temperatur-effekten.

Vernaliseringsprosessen kan i visse tilfelle på enkelte vekster reverseres ved:

1. Oppbevaring av vernalisert frø ved + 20°C i fuktig, surstoff-fri atmosfære i 1-5 dager eller ved
2. Oppbevaring i fuktig, vanlig luft ved + 35°C i 8-12 dager.

For å virke må devernalisering skje straks etter vernaliseringen. Oppbevaring av vernalisert frø ved 15-20°C i vanlig atmosfære fikserer vernaliseringen i løpet av få dager.

En delvis vernalisering foregår ved meget tidlig såing i kald jord. I enkelte tilfelle kan også vernalisering delvis foregå i akset under meget kjølige modningsforhold.

Ulikheten mellom høst- og vårkorn beror på forskjellig behov for vernalisering. Det samme gjelder andre toårige planter. Stokkløping i en del rotvekster er også et vernaliseringsfenomen. En utilsiktet vernalisering ved tidlig såing eller i kjølig vær kan gi stokkløping hos rotvekster og grønnsaker.

7. Frost og frostskafer

I meteorologisk betydning betegner frost at temperaturen er under 0°C. Skadefrost på planter tilsvare ingen bestemt temperatur. Graden av frostskafe avhenger av både meteorologiske forhold og av forhold ved plantene.

Det som bestemmer temperaturen i plantene i forhold til temperaturen i 2 meters høyde er i det vesentlige styrken eller effekten av to motsatt virkende varmeomsetninger, inn- og utstråling fra plantene, samt av turbulens i luften. I stille, klart vær kan temperaturen i tynne plantedeler være 3-5^oC lågere enn i luften i 5 cm avstand. Varmestrålingen fra plantene er da sterk, og en har den type frost som kalles strålingsfrost. Luftbevegelse vil under slike forhold gjøre at luften kommer i bedre kontakt med plantenes overflate slik at plantedelene får en temperatur som er mere lik temperaturen i luften omkring. Hvis lufttemperaturen under slike forhold (vind) også kommer under 0^oC har vi den såkalte vindfrost. Ved vindfrost er temperaturen ved plantene også noe lågere enn i den omgivende luft, fordi luften ikke utjevner hele temperaturfallet som skyldes utstråling, og fordi sterk vind øker transpirasjonen med temperaturfallet som følge. Forskjellene er imidlertid langt mindre enn under strålingsfrost.

De viktigere meteorologiske forhold som virker på graden av frostskade vurdert ut fra temperatur målt i 2 meters høyde er følgende:

1. Temperatur i plantesonen
2. Skydekke og utstrålingsforhold
3. Frostens varighet
4. Hvor raskt opptiningen foregår
5. Stråling til og fra plantenes overflate
6. Luftturbulens i horisontal og vertikal retning
7. Luftfuktighet som virker på transpirasjon og kondensasjon eventuelt riming eller isdannelse på plantenes overflate
8. Nedbørs- eller fuktighetsforhold i den nærmeste tid før frost opptrer.

De forhold i plantene som er viktigst for den skade frosten gjør er følgende:

1. Planteart
2. Plantenes utviklingsstadium
3. Plantenes kondisjon (dagsform), som i det vesentlige er avhengig av vanninnholdet i de forskjellige plantedeler
4. Herdingsforhold

De vanlige observasjoner av temperatur og andre meteorologiske forhold blir gjort i 1,8 - 2,0 meters høyde over marken, og avstanden mellom observasjonsstedene er ofte stor. De meteorologiske forhold på nærliggende steder eller i plantesonen kan avvike betydelig fra det som er observert på de faste observasjonssteder. Topografiske og mikroklimatiske forhold kan derfor virke sterkt på hvor stor faren er for frostskaide i forhold til observasjoner gjort på de faste steder i 2 m høyde.

For temperaturen er det særlig høydeforskjellen mellom de aktuelle stedene som er viktig. Under forhold som disponerer for strålingsfrost, kan temperaturen være flere grader lågere på lågtliggende steder i forhold til nærliggende høydedrag. Størst blir forskjellen når de lågtliggende steder ligger som i en gryte uten avløp for den kalde luft som stiger ned i forsinkingene fra høydedragene omkring. Frostfaren forverres også ofte på myrer hvor jorda har liten varmekapasitet og liten varmeledningsevne. På mineraljord som har bedre varmeledningsevne blir varmen i de øverste lag ledet til overflaten og avgitt til luften. Dette bremser på temperaturfallet i luftlaget i plantesonen. Ved 0°C målt i 1,8-2,0 meters høyde over marken er temperaturen lågere, til dels vesentlig lågere, ved jordoverflaten eller i plantesonen.

Hvor mye lågere temperaturen er ved jordoverflaten eller i plantesonen avhenger av utstrålingsforholdene (vesentlig skydekke) og av vindstyrken. Temperaturforskjellen i 2 meters høyde og jordoverflaten er størst i stille klart vær.

Noen tall beregnet etter Klimatabeller for landbruket viser dette.

Skydekke	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Temperaturdifferens °C	4,2	3,8	3,6	3,4	3,2	3,0	2,7	2,4	2,1	1,6	0,4

Tallene viser at temperaturen ved jordoverflaten er fra 4,2°C (i klarvær) til 0,4°C (i overskyet vær) lågere enn den observerte minimumstemperatur i 2 meters høyde.

I modningstiden for korn og for potetris f.eks. da faren for skadefrost er størst, står aksa eller bladverket i en høyde av 0,5 - 1,0 m over jordoverflaten. Temperaturen i denne høyde er noe over middelet av temperaturen i 2 meters høyde og ved jordoverflaten, og er derfor sjelden mere enn

2,0°C lågere enn i 2 meters høyde. I legdeåker hvor aksene henger lågere kan temperaturen rundt disse nærme seg temperaturen ved jordoverflaten og således være mere utsatt for skadefrost.

Frostens varighet er viktig for graden av de skader som oppstår. Ved vanlig nattefrost i klarvær om høsten er temperaturen lavest ved soloppgang. Hvor lenge temperaturen er under 0° vil da vesentlig avhenge av hvor mye temperaturen er under 0 på det kaldeste. Ofte er det da frost i bare en kort tid og oppover til 5-6 timer. Ved strålingsfrost auker derfor skadene meget sterkt med lågere temperatur, fordi lågere temperatur medfører at det også blir et lengre tidsrom med skadelig låg temperatur.

Hvor raskt opptiningen foregår er viktig for hvor stor skaden blir. Skaden blir størst ved rask temperaturstigning og opptining fordi cellevevet under slike forhold ikke hurtig nok klarer og absorbere det vann som dannes i cellevevet når det akkumulerte iskrystaller smelter. Langsom opptining som i skyet vær eller under tett røkdekke gjør at skaden av frosten ikke blir så stor fordi opptiningen ikke går fortere enn at vevet kan absorbere det vann som dannes mellom og i cellene under opptiningen.

Luftfuktigheten er også viktig for hvor stor skade det blir ved låge temperaturer. Høg luftfuktighet gir mindre transpirasjon og mindre temperaturfall i plantene av den grunn. En viktigere virkning av høg luftfuktighet er imidlertid at det kan dannes dugg, eventuelt rim eller is på plantene. Under forhold som disponerer for strålingsfrost kan avkjølingen av plantene (på grunn av utstrålingen) bevirke duggdannelse eller rim som motvirker videre temperaturfall ved at kondensasjons- eventuelt frysevarmen og i alle fall delvis kommer plantene til gode. Dugg eller rim kan legge seg på låge planter allerede når luftfuktigheten i 2 meters høyde er 75 %

Ved måling av temperaturer og relativ luftfuktighet i 2 meters høyde når duggdannelsen tar til, kan temperaturen på plantenes overflate lett beregnes. Den farligste strålingsfrost har en derfor når luftfuktigheten er så låg at det ikke blir duggdannelse eller rim på plantene før frostskade oppstår.

Nedbør- og fuktighetsforhold i den siste tid før frosten opptrer, særlig da dagen før, har betydning for frostskadens størrelse. Fuktighetsforholdene virker nemlig på vanninnholdet i plantene, særlig i de tynne

plantedeler. Jo vannrikere plantene er, jo mindre frost tåler de. Vevsaften blir da mindre konsentrert, frysepunktet stiger og det blir mer isdannelse i plantevevet. Dette forhold er av størst betydning og er best undersøkt for poteter som ofte får bladverket skadd eller ødelagt av nattefrost.

Forhold ved plantene. De forskjellige planteslag tåler ulikt mye frost før skader oppstår. Temperaturer i området $+0,5$ til $+5,0^{\circ}\text{C}$ kan forårsake varig skade på varmekjære planteslag. Ris, bomull og lignende tropiske planter drepes av temperaturer over 0°C mens andre som tåler noe mer, kan komme seg igjen av skadene av slikt kjølig vær. De planteslag som dyrkes i nordligere strøk tar ikke skade på vegetative deler av temperaturer ned mot 0°C i kortere tid, men de kan skades eller drepes av frost. En del planteslag skades allerede ved temperaturer straks under 0°C , mens andre tåler adskillig frost. Av de første kan nevnes mais og poteter, mens for eksempel kålrot og formargkål tåler mye frost. Vinteranuelle planteslag som engvekster og høstsæd står i en særstilling når det gjelder frostresistens, men bare på de bestemte utviklingsstrinn som de vanlig er på når de overvintrer.

Av de kulturplanter som dyrkes i nevneverdig utstrekning her i landet er poteter og korn mest utsatt for frostskaader. Potetriset tar skade ved temperaturer straks under 0°C og det er nesten like frostømfindtlig på alle utviklingsstadier. Ved tidlig og sterk frost kan nye stengler utvikles, men også det sinker veksten mye. Skaden av frost seinere i veksttiden er nærmest proporsjonal med den andel av blad og ris som er satt ut av funksjon og selvsagt av tidspunktet for skadefrost i forhold til normal tid for ødeleggelse av riset for opptaking.

For andre planteslag kan utviklingsstadiet være viktig for frostresistens og den skade som oppstår. Korn f.eks. tåler adskillig frost i den første tid etter spiring, mens det under blomstring og modning tåler forholdsvis lite.

Det kan være stor forskjell på frostresistensen i ulike deler av plantene. Strå og blad hos korn tåler forholdsvis mye frost, vanlig ned mot $+5-6^{\circ}\text{C}$ i luften omkring for en kortere tid på alle utviklingsstadier uten å ta varig skade.

De reproduktive organer er imidlertid meget ømtalelige for låge temperaturer. Hos bygg f.eks. kan pollenet ødelegges allerede ved $+2 - +3^{\circ}\text{C}$ i dagene like etter aksskyting, slik at det ikke blir kornavsetning.

Etter at kornet har tatt til å utvikle seg skal det igjen frost til før skade oppstår. Frostresistensen stiger da gradvis fram mot gulmodning. Den kritiske temperatur i tiden før gulmodning er antakelig $+2 - +3^{\circ}\text{C}$ i luften rundt aksene en kortere tid under forhold med strålingsfrost. Når kornet kommer ned i et vanninnhold på omlag 25 % stiger frostresistensen meget raskt.

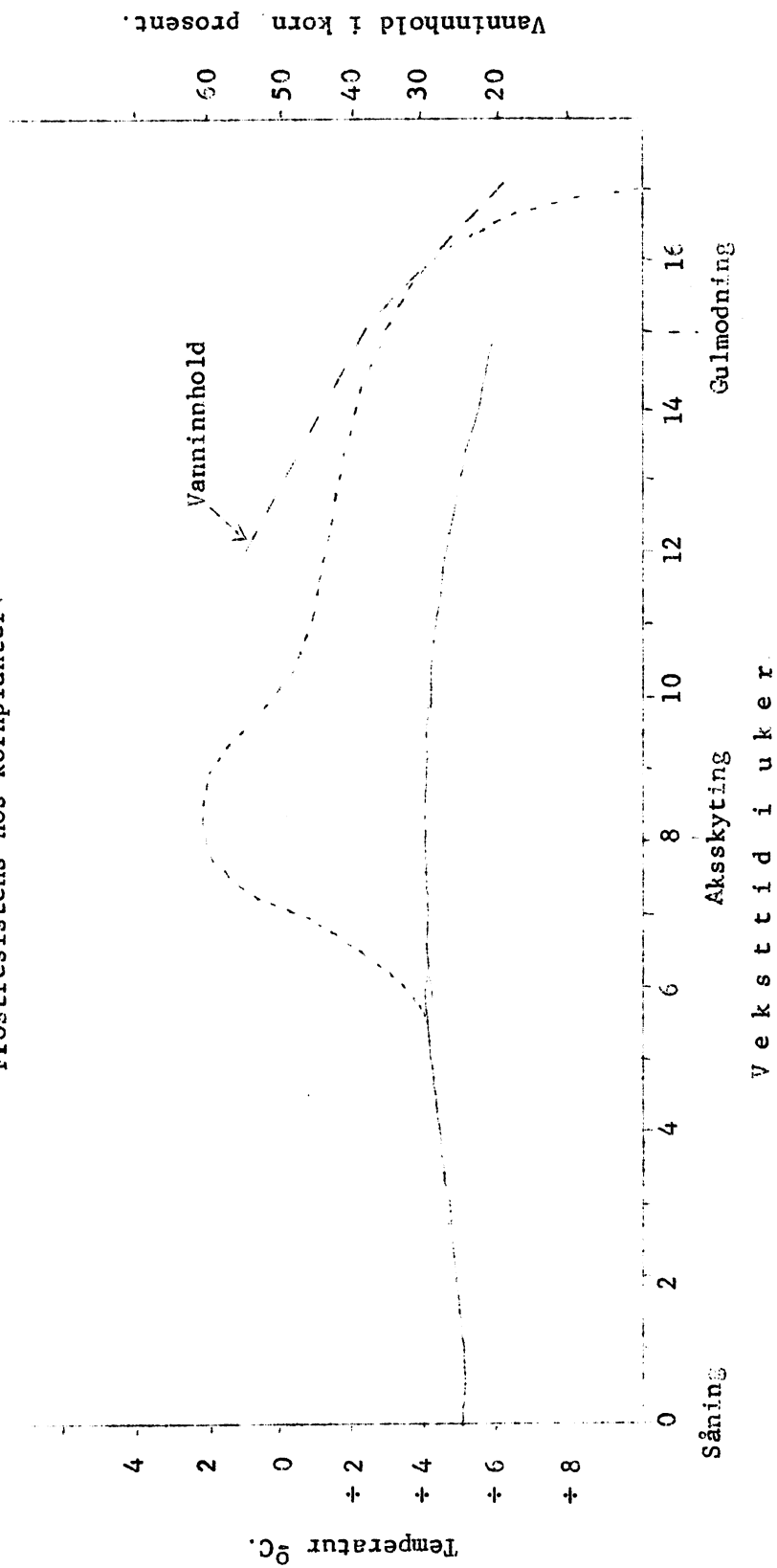
Frostresistens hos kornkjærner under utvikling og modning avhenger vesentlig av vanninnhold og av konsentrasjonen i cellesaften av stoffer som senker frysepunktet (sukker etc.)

Etter gulmodning bestemmes frostresistensen omtrent utelukkende av kornets vanninnhold og av den måten vannet er bundet på (kjemisk bundet, eller ulike former for fysisk bundet vann).

I diagrammet nedenfor er det antydnet hvordan graden av frostresistens hos korn (bygg) endres under de forskjellige utviklingsstadier. Kurven gjelder for hele planter fram til aksskyting og etter dette tidspunkt for de korn som er under utvikling. Den . heltrukne . linje antyder kritisk temperatur for korn-planter når det ikke tas omsyn til spireevne. I diagrammet er det også antydnet hvordan vanninnholdet i plantene og i kornet endrer seg i løpet av vekstsesongen. Det skal ellers bemerkes at kurvene for kritisk temperatur mere må tas som en antydning av hvordan frostresistensen endres i løpet av veksttiden. De nevnte forhold er lite undersøkt under norske forhold og med norsk sortsmateriale. Nøyaktige tall for kritiske temperaturer foreligger derfor ikke. De vil forøvrig måtte variere med forholdene i det enkelte tilfelle og de må sees i forhold til graden av den skade som oppstår.

Frostskade på korn før modning viser seg først på spireevnen, fordi selv små skader i det vannrike, kompliserte og meget delikate vev i kimen lett fører til svekkede vevsdeler og abnormaliteter under frøplantenes spiring og utvikling.

Frostresistens hos kornplanter.



Hvis spireevnen derimot ikke er av betydning for den kornkvalitet eller den anvendelse av kornet, som det tas sikte på, kan kornplantene tåle noe sterkere frost uten at det går nevneverdig ut over avlingens størrelse. Bladverk, stengler og korn ser ut til å tåle $+5 - +6^{\circ}\text{C}$ som min. temperatur under forhold med strålingsfrost uten varig skade på disse plantedeler eller at ledningsbanene for næring til kornet forstyrres nevneverdig. Det skal likevel ikke reknes med at plantene er helt uberørt av temperaturen under 0°C . Småskader og veksthemninger vil kunne forekomme etter svakere grader av frost, selv om disse er lite synlige og ikke setter viktige deler av plantene helt ut av funksjon.

Plantenes kondisjon, særlig da vanninnholdet i plantene er viktig for den frostresistens plantene har.

Graden av herding av plantene er meget viktig for frostresistensen hos planter som kan gjennomgå en slik fase.

Frostskadens natur.

Frostskader på planter forårsakes av dannelse av iskrystaller i plantevevet. Ved forholdsvis langsom temperatursenkning (vanlig nattefrost) dannes iskrystallene først intercellulært, seinere inne i cellene. Den primære skadevirkning av frosten er mekanisk sprengning av cellevev, cellestruktur og protoplasma. Dannelsen av iskrystaller intercellulært virker videre til uttørring av cellene som også av denne grunn kan svekkes eller ødelegges. Det er imidlertid ikke klart hvor stor rolle denne effekt spiller som årsak til frostskadene.

En sekundær virkning kan det også være at cellene drukner i vann fra iskrystallene når opptiningen foregår raskt. Ved den låge temperatur har det mere eller mindre frostskadde vev liten evne til å absorbere overflødig vann. Frostskadde plantedeler er derfor vasstrukne før de visner og tørker ut.

Frostskader på vinteranuelle vekster er en av årsakene til at disse kan gå ut om vinteren. Under norske forhold er det imidlertid andre forhold som oftest er viktigere enn direkte frostskade som årsak til dårlig overvintring av høstsæd og engvekster. Disse forhold vil bli behandlet under de vekster det gjelder.

Herding av plantene er en forbigående tilpasning av disse til å tåle låge temperaturer. Herdingsprosessen foregår ved temperaturer i området 0-6 grader C. Verken høyere eller lågere temperaturer er effektive for denne prosess. Herdingsprosessen vil ellers bli behandlet under omtalen av vinterannuelle og flerårige vekster.

Røking mot frost har en viss beskyttende virkning mot strålingsfrost i stille vær. Røkdekket virker til å nedsette utstrålingen av varme fra plantene og fra jordoverflaten. Røkdekket er mere effektivt jo mere vanndamp det inneholder. Torr røk har forholdsvis liten evne til å redusere utstrålingen.

Under et godt røkdekke er temperaturen ofte ca. 2°C høyere enn over ubeskyttede områder, og det kan ofte være nok til å unngå eller redusere frostskaaden betydelig. Et røkdekke gjør også at opptiningen av plantene foregår langsommere. Denne virkning er kanskje like viktig for å redusere skadene som at temperaturen holdes 1-2 grader C høyere i den mest kritiske tid av natten. For å få best mulig effekt av røking mot frost, er det viktig at røkdekket legges så snart varmebalansen blir negativ om kvelden.

b. Lys.

Lys som vekstfaktor. Det vises til avsnittet om temperatur og til den generelle behandling av lys som vekstfaktor i plantefysiologien. Her skal bare behandles en del sider ved lyset som vekstfaktor av betydning for jordbruksmessig dyrking av planter og ellers bare repeteres det som er nødvendig for sammenhengen.

Sollys er elektromagnetiske bølger med en lengde av omkring 0,5 my eller 500 mmy, vanlig mellom 390 og 750 mmy. Lysstyrken måles i lux. I engelsktalende land ble lysstyrken tidligere angitt i candlefoot, 1 candlefoot er lik 10,764 lux.

Intensiteten og kvaliteten av det lys som når ned til jordoverflaten avhenger av solkonstanten, avstanden fra sola til jorda og av absorpsjon og brytning av lyset i atmosfæren. Solkonstanten er 1,94 gramkalorier pr. kvadratcentimeter pr. minutt svarende til en lysstyrke av ca. 140.000 lux (målt utenfor atmosfæren, sola i senit og i middels avstand fra jorda).

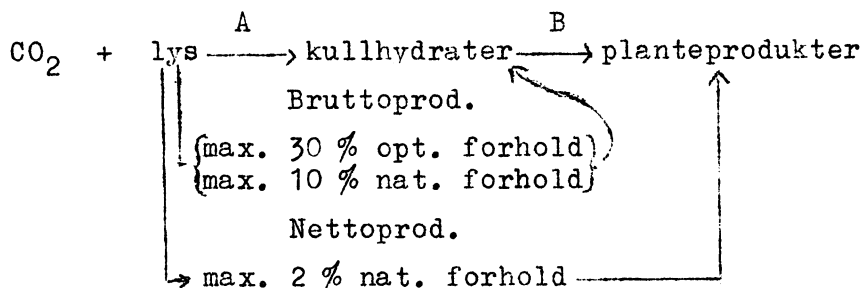
Ved havoverflaten i klarvær under de samme forhold er insolasjonen ca 1,5 gramkalorier pr. kvadratcentimeter pr. minutt, svarende til en lysstyrke på ca. 105 000 lux.

Atmosfæriske forhold virker sterkt på den lysmengde som når fram til jordens overflate. Vanndamp(skyer), røk og støv absorberer eller reflekterer mye av sollyset. Lysintensiteten på jordoverflaten er derfor mindre i humide strøk enn i aride og minst i marine strøk med mye skydekke og høg luftfuktighet. På grunn av den lågere solhøyde i nordlige strøk får sollyset der lengre veg gjennom atmosfæren. Lysintensiteten blir derfor mindre nordover og sydoover fra ekvator under ellers like forhold. Denne lågere lysintensitet ved høgere breddegrader kompenseres imidlertid i det vesentlige av den lengre dag i vekstsesongen i disse strøk. Antall luxtimer (lysstyrke x antall soltimer) er det derfor ikke så stor forskjell på ved de forskjellige breddegrader når en jamfører en 4-5 måneders vekstsesong i de nordlige strøk med det samme tidsrom ved ekvator.

Plantenes effektivitet til å konvertere lysenergien til planteprodukter er forholdsvis låg. Den maksimale bruttoassimilasjon målt i laboratorieforsøk under mest mulig optimale forhold utgjør omlag 30 % av energitilførselen i bølgelengdeområdet 0,4-0,7 μ . Det svarer til ca. 12 % av den totale innstrålte energi i området 0,3-3,0 μ når det reknes med 15 % refleksjon og at 50 % av total innstrålt energi er i området 0,4-0,7 μ .

Under gunstige forhold ved jordbruksmessig dyrking av planter, kan en komme opp i ca. 30 % av dette. D.v.s. at det ved bruttoassimilasjonen kan bindes 9-10 % av energien i området 0,4-0,7 μ eller 3-4 % av energien i totalstrålingen, men med vide variasjoner. Nettoproduksjonen (bruttoassimilasjon-ånding) blir da mindre, sjelden over 2 %, vanlig 1,0 % eller mindre.

Plantenes effektivitet til å binde lysenergi i primært organisk materiale og i ferdige planteprodukter kan illustreres slik:



Årsaken til den låge effektivitet av sollyset i produksjonen av planteprodukter er ikke den primære assimilasjon (Prosess A), men en prosess B som består i oppbygging av de først dannede kullhydrater til ferdig differensiert plantevev.

Den første prosess (A) er proporsjonal med lysstyrken ved låge til midlere lysstyrker. Den er videre avhengig av temperatur og alminnelig kondisjon hos plantene. Den siste prosess (B) begrenses særlig av andre vekstfaktorer, i første rekke tilgang på vann og plantenæring i jorda. Denne prosessen er selvsagt også temperaturavhengig og påvirket av plantenes alminnelige kondisjon. Under praktiske forhold er det nesten alltid en eller flere vekstfaktorer (utenom lysstyrken) i minimum, og det er disse som begrenser plantenes vekst. Denne begrensning er så sterk at det er sjelden at det til veksten (prosess B) er behov for maksimal utnyttelse av den kapasitet som fotosyntesen (prosess A) har. Det er med andre ord lys nok under de aller fleste forhold i praksis. Dette er forklaringen på at en under klimatiske forhold som i Norge får de største avlinger i år med låg lysintensitet (mye nedbør og skyet vær), og også at f. eks. kornplanter ved forholdsvis låg temperatur (12-15°C) kan utvikles normalt og gi normal avling ved lysstyrker som er under en tiendedel av den lysstyrke som det normalt er ute om sommeren.

Den produksjon som plantene i form av ferdige planteprodukter frambringer er videre en nettoproduksjon som er bruttoproduksjon + åndingstap i veksttida. Som det går fram av skissen og talla foran, er åndinga for å skaffe energi til plantenes livsvirksomhet en meget vesentlig faktor som reduserer effektiviteten av produksjonen målt i ferdig oppbygde planteprodukter.

Den observerte effektivitet av produksjonen er også avhengig av det stadium i plantenes utvikling da produksjonen måles. Kornplanter som f.eks. trenger 100 dager til modning, har allerede etter ca. 60 vekstdøgn produsert nesten like mye tørrstoff som det en ved modning finner i de to hovedprodukter korn og halm. I de siste 40 dager er lite av lysenergien nytta til ny produksjon av tørrstoff. Den har i det vesentlige gått til kompensering for ånding og til omdisponering og omdannelse av allerede produsert og akumulert materiale til hovedproduktet som er korn. Dette gjelder i større eller mindre grad alle vekster hvor hovedproduktet er modent frø. I en periode av plantenes utvikling da tørrstoffproduksjonen er størst, er følgelig plantenes effektivitet til å

binde lysenergi adskillig høgere enn det som mengda av sluttproduktet antyder. Det kan da være omlag ca. 2 % under vanlige jordbruksforhold.

Følgende eksempel viser omtrentlig utnyttelse av solenergien ved jordbruksproduksjon.

Bygg: 300 kg korn (tørrst.)
 400 " halm
 200 " røtter

900 kg tørrst. pr. da.

$$900 \text{ kg} \cdot 4000 \text{ kcal} \cdot 1000 = \underline{36 \cdot 10^8 \text{ cal}}$$

Disponibel lysenergi:

$$0,55^1 \text{ cal.} \cdot 60 \text{ min} \cdot 15 \text{ t} \cdot 80 \text{ dager} \cdot 100 \cdot 100 \cdot 1000 = \underline{39,6 \cdot 10^{10} \text{ cal}}$$

$$\text{Effektivitet i \%} = \frac{36 \cdot 10^8 \cdot 100}{39,6 \cdot 10^{10}} = \underline{\underline{0,91 \%}}$$

¹ Ved anslått gj.sn. lysstyrke 40000 lux.

I Norge som strekker seg over 13 breddegrader, fra 58-71, er det stor forskjell på lengden av soldagen i de sydlige og nordlige deler. Soldagens lengde er den tid av døgnet solens øvre rand er over den teoretiske horisont. Den effektive soldag er kortere enn den teoretiske, dels fordi sola ikke får full styrke før hele solskiva er over horisonten, og dels fordi landets vekslende topografi reduserer soldagens effektive lengde ved skygging.

I det følgende gis en del data som karakteriserer lysklimaet i Norge.

Lysintensitet i lux 15. juni.

Breddegrad	kl.	klarvær	skyet
60	12.00	ca. 70 000	10- 30 000
70	12.00	" 65 000	10- 30 000
70	24.00	" 1 300.	ca. 1 000

Ved 60⁰ nord om vinteren kl. 12 om dagen i skyet vær er lysintensiteten omlag 2000 lux.

Det reknes vanlig med at 40-50 000 lux er nødvendig for å få maksimal utvikling av kornplanter i naturlig bestand, men de øverste blad kan neppe nytte mer enn ca. 30 000 lux.

Lysintensiteten er sterkt avhengig av skydekket. Følgende tabell viser sammenhengen mellom skydekke, lysstyrke og strålingsenergi midt på dagen midtsommers. Tallene er bare omtrentlige da resultater av utførte målinger kan variere betydelig.

Skydekke	Lysstyrke i 1000 lux	Strålingsenergi cal/ cm ² / min.
0	70	0,97
1	64	0,89
2	58	0,80
3	52	0,72
4	46	0,63
5	40	0,55
6	34	0,47
7	28	0,39
8	22	0,31
9	16	0,22
10	10	0,14
<hr/>		
	72	1,00
	105	1,50
	140	1,94
<hr/>		

Det er betydelige forskjeller i skydekke og antall dager med skyet vær i vekstsesongen på ulike steder i landet. Følgende sammenstilling viser dette.

Skydekke 0 - 10.

Steder	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Mai- Sept.
Ås	5,1	4,4	4,9	5,8	5,6	5,2
Hamar	5,4	5,0	5,5	6,0	5,5	5,5
Vollen (Slidre)	5,7	5,6	6,2	6,5	6,1	6,0
Mandal	4,9	4,3	4,8	5,4	5,4	5,0
Ålesund	6,1	6,2	6,9	7,1	7,3	6,7
Tr. heim	7,3	7,1	7,8	8,0	7,9	7,6
Bodø	5,7	5,7	6,0	6,1	6,7	6,0
Tromsø	6,7	6,7	6,6	6,8	7,5	6,9
<hr/>						
Gj. sn.	5,9	5,6	6,1	6,5	6,5	6,1
<hr/>						

	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Mai Sept.
<u>Overskyet, dager pr. mnd.</u>						
Ås	6,8	4,7	5,4	8,2	8,2	6,7
Hamar	8,5	5,9	6,4	9,6	8,0	7,7
Vollen (Slidre)	9,1	8,0	7,1	11,0	9,6	9,0
Mandal	7,8	5,7	6,5	8,9	8,6	7,5
Ålesund	12,8	11,6	14,5	15,3	16,2	14,1
Tr.heim	14,6	14,5	17,6	18,6	18,2	16,7
Bodø	9,3	8,7	10,5	9,8	12,3	10,1
Tromsø	14,9	14,7	14,6	14,7	17,1	15,2
Gj. sn.	10,5	9,2	10,3	12,0	12,3	10,9

De største forskjeller en har i tabellen ovenfor er mellom Mandal og Tr.heim med 2,6 enheter for mai- sept. Det skulle svare til en forskjell i lysstyrke på ca. 15000 lux.

Eventuelle virkninger av slike forskjeller i lysintensitet på veksten av kulturplanter er vanskelig å påvise. Det er godt mulig at en høyere lysintensitet under enkelte forhold ville gitt større avlinger, men noe bevis for dette har en ikke.

På grunn av låg temperatur i veksttiden her i landet og de middels lyskrevende planteslag som dyrkes, er det lite sannsynlig at låg lysintensitet begrenser avlingenes størrelse ved dyrking i det fri. Under tropisk varme forhold og kort dag hender det imidlertid at lysintensiteten for enkelte vekster kan bli for låg i skya vær. Ved plantedyrking i veksthus hvor temperaturen er unormalt høg og lysintensiteten redusert hender det derimot ofte også her i landet at lyset er minimumsfaktorer i produksjonen. Plantene reagerer på dette ved å bruke lengre tid til å fullføre sin utvikling enn det varmesummen skulle tilsi.

Ved berekning av sammenhengen mellom størrelsen av avlingene av forskjellige jordbruksvekster og lysstyrker i vekstsesongene, viser det seg regelmessig at de største avlinger oppnås i år med låg

lysintensitet, d.v.s. mye skyer var. Dette skyldes sjeldent ikke at liten lysintensitet i og for seg er gunstigst for store avlinger, men den lovmessige sammenheng som det er mellom regnvær og låg lysintensitet og at variasjon i nedbørmengden har sterkere virkning på avlingsnivået enn variasjoner i lysintensitet. Eventuelle virkninger av ulik lysintensitet på planteveksten under praktiske forhold er følgelig vanskelig å påvise.

I et naturlig plantebestand blir det atskillig skygging, som er sterkest mot bunnen av bestandet. Følgende tall viser dette:

Høyde av plantebestandet i cm	Relativ lysintensitet ved marken i bestandet.
Uten planter	100 %
25 cm høge planter	65 %
35-40 cm	18 %
Over 50 cm	12 %

Minimum lysstyrke for normal utvikling av frittstående kornplanter oppgis vanlig til 4-5000 lux, men ved låg temperatur ser det ut til at ca. 2000 lux er tilstrekkelig for å oppnå full utvikling.

I forbindelse med skygging i plantebestanden bør en være merksam på at skygging også virker på temperatur og vannforbruket, dermed også på plantenes vannforsyning.

Graden av skygging i kornåker er viktig for vekst og utvikling av gjenlegget. Når gjenlegget blir frodigere i tynn åker skyldes det nok delvis bedre lystilgang, men mindre konkurranse om vokseplass, vann og jordnæring betyr antakelig mer. For utviklingen av gjenlegget er det førøvrig viktig at dekkveksten høstes tidlig, slik at gjenlegget får vokse fritt i lengst mulig tid før vinteren.

Soldagens lengde i timer.

Breddegrad	april	mai	juni	juli	aug.	sept.	okt.
Mandal 58 ⁰	14,3	16,7	18,1	17,5	15,4	12,9	10,4
Oslo 60 ⁰	14,6	17,2	18,8	18,1	15,7	12,9	10,2
Steinkjer 64 ⁰	15,0	18,3	20,9	19,6	16,4	13,3	9,9
Tromsø 69 ⁰	16,0	22,5	24,0	24,0	18,1	13,6	9,1
Differens 58-69 ⁰ = 11 ⁰ Br.	+1,7	+5,8	+5,9	+6,5	+2,7	+0,7	+1,3

Det går fram av tallene at daglengden auker med omlag 1/2 time pr. breddegrad nordover i de to lyseste sommermånedene juni og juli. Fra $66\frac{2}{3}^{\circ}$ nordover (polarsirkelen) har en kontinuerlig lys hele døgnet en tid midt på sommeren. Ved polarsirkelen er det bare en natt med sollys, men antall dager med midnattsol tiltar raskt med breddegradene.

Antall timer dagslys (sola over den teoretiske horisont) i de viktigste vekstmånader Juni +Juli +August:

Breddegrad	Antall t. dagslys	Rel. tall
Mandal 58° N	1563	100,0
Oslo 60° N	1612	103,1
Steinkjer 64° N	1743	111,5
Tromsø 69° N	2025	130,0

Tallene viser at antall timer dagslys tiltar med breddegraden. I de tre viktigste vekstmånader juni-august har Tromsø på 70° N 30 % flere timer dagslys enn Mandal på ca. 58° N. Det svarer til omlag 2,7 % pr breddegrad. Lysmengden målt i luxtimer(lysstyrketid i timer) er imidlertid ikke tilsvarende stor. Tabellen nedenfor viser dette.

Lysmengde i millioner lux- timer(MLH) i klart solskinn(etter Pojakallio 1952)

Breddegrad	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Juni-Aug.	Mai-Sept.
60° N	23,9	26,4	25,9	20,2	12,4	72,5	96,4
67° N	22,9	25,9	24,8	18,3	9,9	69,0	91,9
70° N	22,3	25,8	24,3	17,5	8,9	67,6	89,9

Fra 60° N til 70° N går lysmengden i juni- august ned med ca 5 %, eller ca 0,5 % pr. breddegrad. Dette skyldes at lysintensiteten blir vesentlig mindre nordover p.g.a. lågere solhøyde(mere lys blir absorbert i atmosfæren). Midnattsolen spiller liten rolle for lysmengden , fordi lysintensiteten ved midnatt er låg.

Av det som er nevnt foran synes det klart at ulik lysintensitet i vekstsesongen på forskjellige steder neppe virker på størrelsen av avlingene. Andre sider ved lysklimaet er derimot viktigere. I tabellen side 27 er det vist at havre og bygg i gjennomsnitt trenger ca $20 \text{ d}^{\circ} \text{C}$ mindre varmesum pr. breddegrad nordover for å modnes. Det reknes med at dette er en virkning av den lengre dag eller det større antall timer dagslys på nordlige breddegrader. Reduksjonen i varmesum tilsvarer ikke helt aukingen i antall timer dagslys, idet den første er ca $+ 1,5 \%$ og den andre ca $+ 2,3 \%$ pr breddegrad.

Den reduksjon i varmesum som den lengre dag er årsak til, gjør at vekster til frømodning, særlig da korn, kan dyrkes mye lengre nord enn det ellers ville vært mulig. På 67° (Bodø) i forhold til 60° (Ås) forkortes veksttiden med ca 2 uker.

Annet steds er det nevnt at temperaturen i mai- september her i landet avtar med $0,4^{\circ} \text{C}$ pr breddegrad nordover. Det svarer til at varmesummen i brukbar veksttid reduseres med 40- 50 $\text{d}^{\circ} \text{C}$ pr breddegrad nordover. Omlag halvparten av dette, (ca $20 \text{d}^{\circ} \text{C}$ pr breddegrad) kompenseres ved at plantene krever mindre varmesum. Det reelle handikap for korndyrking på nordligere breddegrader er derfor en reduksjon av varmesummen i brukbar veksttid på 20- 30 $\text{d}^{\circ} \text{C}$ pr breddegrad.

For størst mulig masseavkastning er ikke kontinuerlig lys det aller beste, fordi den lange dag (eller kontinuerlig lys) under praktiske forhold korter inn veksttiden mere enn den auker produksjonen pr. dag. Der dagen er meget lang (eller kontinuerlig) er lysintensiteten en stor del av døgnet så låg (1000-1500 lux) at assimilasjonen ikke er stort større enn åndingstapet. En daglengde på 18-19 timer synes derfor å være den mest gunstige for langdagsplanter. Lengre dag korter inn veksttiden uten å auke produksjonen nevneverdig, og ved kortere dag blir tiden for assimilasjon for kort i forhold til tiden for ånding, som foregår kontinuerlig døgnet rundt.

Med omsyn til virkningen av kortere eller lengre dag på plantenes utvikling, må det skilles mellom den daglengde som er mest fordelaktig for maksimal produksjon (18-19 timer) og den som er nødvendig for at plantene skal utvikle seg normalt etter den mest fordelaktige vokserytme. Dette gjelder særlig lengden av den vegetative fase i forhold til lengden av modningsfasen. Lengda av den første fase er av vesentlig betydning for avkastningsevnen. Selv mindre endringer av daglengden under den vegetative fase kan virke sterkt på utviklingsrytmen, og på avkastningsevna.

Dette kan være en viktig årsak til at sortenes avkastningsevne i forhold til hverandre endres med dyrking på ulike breddegrader. For høstsæd spiller nok også daglengden en viss rolle når den ikke går i aks ved såing om våren. For vintersterke sorter med stort vernaliseringsbehov er imidlertid virkningen av låg temperatur den viktigste for en naturlig utviklingsrytme.

Det ser forøvrig ut til at det heller er en lang natt enn en kort dag som gjør at langdagsplanter ikke går over i reproduksjonsfasen.

Det er oftest bare låg lysintensitet og meget kort tids belysning som er nødvendig for å få plantene til å oppfatte natten som meget kort (f. eks. dele den i to) og gi langdagsplanter normal utviklingsrytme når de dyrkes ved kort dag (under ca 14 timer).

Fotoperiodisitet, utviklingsrytme og avlinger. Daglegheten (fotoperiodisitet) i samspill med plantenes genetiske konstitusjon for denne egenskap bestemmer plantenes utviklingsrytme. Under vekstvilkår i sør-Norge ser det ut til at kornsortene bør bruke lengst mulig del av den totale veksttid til vekstfasen og kortere tid til modningsfasen for å kunne gi de største avlinger. Sorter som på grunn av lysklimaet her tvinges til en annen utviklingsrytme vil ikke kunne hevde seg i avling. En forflytning på f. eks. 5 breddegrader kan være nok til at en del sorter får en annen utviklingsrytme enn den som er den mest gunstige. Det er derfor ikke veksttiden som sådan hos en sort som er genetisk bestemt (sortsegenskap), men sortenes reaksjon på endringer i fotoperiodisiteten. Andre faktorer, særlig temperatur, virker nok også med, særlig i samspill med daglengden.

Riktig og hensiktsmessig utviklingsrytme under de gitte vekstvilkår, det vil si hvordan plantene til en hver tid disponerer assimilert næring^{er}, antakelig den viktigste årsak til at sorter gir ulik store avlinger. Differensen i spesifikk netto assimilasjonsevne sortene imellom spiller liten rolle og kan ikke forklare hvorfor en sort gir større totalavling enn en annen eller gir en større produksjon pr. dag og dekar i veksttiden. Dette understøttes også av de store og sikre sort x sted samspill mellom sorter og geografisk nærliggende områder som har ulike klimatiske vilkår f. eks. Østlandet og Sørvestlandet

hvor sortene Forus og Asplund har gitt et stort x sted- samspill av størrelsesorden 70 kg korn pr. dekar. Samspill mellom sort og vekst- vilkår f. eks. ulik reaksjon på gjødslingstyrke, særlig nitrogen, kan heller ikke forklares ut fra forskjeller i netto assimilasjonsevne. Disse forhold gjør seg særlig gjeldene for vekster som skal avslutte veksten med modning av frø og som har en bestemt tidsfrist eller en bestemt varmesum på seg til å fullføre utviklingen, men også for vekster som høstes på et tidligere utviklingsstadium (umodne) betyr disponeringen av assimilert næring mye for den mengde av plantevev som er produsert til et bestemt utviklingsstadium (f. eks. for eng- vekster til aksskyting eller begynnende blømstring). Mest betyr dette for slike vekster når de høstes en gang i sesongen. For eng- og beite- vekster som oftest høstes to eller flere ganger er det totalavlingen som teller og dette kan betinge en annen utviklingsrytme og en annen avlingsstruktur enn for vekster som bare høstes en gang i sesongen.

c. Nedbør.

1. Vannets og nedbørens betydning for plantevekster.

Ved siden av temperatur er nedbøren, eller rettere jordens evne til å forsyne plantene med vann, til dels også luftfuktigheten, den viktigste vekstfaktor for plantene. Den bestemmer art og omfang av planteveksten med like hard hand som temperaturen.

Av det totale landareal i verden er 26 % ørken eller stepper d.v.s. at nedbøren er så liten at vanlig jordbruksproduksjon er usikker og gir for små avlinger.

De nedbørmengder som er nødvendig for vanlig jordbruksproduksjon varierer med temperatur og nedbørsfordeling i året. På ekvator-siden av ørkensone på 25-30°N og S, hvor det er sommerregn, går grensen mellom ørken og steppe ved 350-400 mm årsnedbør, mens den på polsidene av de samme soner (vinterregn) går ved 250-300 mm. I tørre strøk på høyere breddegrader hvor det overveiende er sommerregn går grensen også ved omlag 250 mm.

De tilsvarende grenser mellom stepper og vanlig jordbruksareal er henholdsvis 600-650, ca. 500 og ca. 350 mm.

I tillegg til de 26 % ørken og stepper har ytterligere 29 % av landarealet et semiarid klima hvor et dry farming jordbruk kan drives. I nordlige tørre strøk betyr det under ca. 500 mm årlig. Ca. 20 % av landområdet har subhumid klima med 500-1000 mm nedbør årlig, ca. 11 % har humid klima med 1000-1250 mm og ca. 14 % har meget humid klima med over 1250 mm nedbør årlig. Omlag halvparten av den siste gruppe har så store nedbørmengder at de er sjenerende for vanlig jordbruksdrift. Omlag 2/3 av landarealet har således nedbørmengder som tillater vanlig jordbruksdrift, mens ytterligere ca. 10-15 % korn nyttes til et ekstensivt beitejordbruk.

Tilgang på vann er viktig fordi:

1. Vann utgjør vanlig opptil 85-90 % av vekten av plantevev i vekst. Den nedre grense for vanninnhold i plantevev hvor det foregår stofftransport eller kjemiske omdannelser av noe omfang er 38-40 %. I plantevev hvor verken vekst, stofftransport eller større

kjemiske omdannelser foregår, kan vanninnholdet godt være meget lågt, ned mot 0 % for den saks skyld, uten at frøets livskraft skades eller ødelegges.

2. Vann er transportmidlet i plantene. All overføring og transport av stoffer i plantene fra jorda og all transport av stoffer innen plantene foregår med vann som oppløsningsmiddel.

3. Vann er reagens, som er viktig i alle kjemiske prosesser i plantene.

4. Vann er nødvendig for saftspenning som avstiver plantene slik at de kan holde seg oppe og ha normal form. Bevegelser som åpning og lukning av spaltåpninger i bladene og bladbevegelse etc. utføres hydraulisk på en måte med vann som overføringsmedium av kreftene.

Vann, eller luft med en viss relativ fuktighet, er viktig både omkring røttene og omkring plantenes overjordiske deler. Røttene tar opp den alt overveiende del vann plantene bruker. Derfor er det viktig at vannforsyningen i rotsonen er tilfredsstillende. Fuktigheten i luften er imidlertid også viktig, fordi den virker på den mengde vann som plantene bruker og som de må ta opp gjennom røttene. Meget låg luftfuktighet kan også nedsette assimilasjonen, fordi sterk fordunstning fra plantenes overflate kan gjøre at plantene må lukke spaltåpningene for å redusere vanntapet gjennom disse. Når spaltåpningene lukkes får heller ikke plantene CO_2 til assimilasjonen og denne stanser opp.

Tørr luft øker vannfordunstningen fra plantenes overflate. Dette nedsetter temperaturen og følgelig også livsvirksomheten i de aktuelle plantedeler.

Vann som dugg på plantene og på jordoverflaten betyr en del for plantenes vannbalanse. Det direkte opptak av vann gjennom overjordiske plantedeler er neppe av betydning, men duggfall reduserer plantenes vannforbruk sterkt og en del tilføres det øvre jordsjikt dels ved fukting av overflaten og dels ved at vannmettet luft trenger ned i jorda. Like mye betyr det rimeligvis for vannforsyningen i perioder med duggfall eller luft med meget høy relativ luftfuktighet, at et underskudd av vann i det øvre jordlag (rotsonen) får tid til å kompenseres ved tilførsel neden i fra. Etter en natt med duggfall

er derfor plantene fullt restituert med omsyn til saftspenning og jordfuktigheten i rotsonen har øket en del. Når avlingene reduseres eller kvaliteten kan bli mindre god på grunn av små nedbørmengder skyldes det en generell tørkevirkning som hemmer plantens vekst og utvikling.

Avlingene av jordbruksvekster øker og kvaliteten bedres med stigende nedbørmengder opptil en viss grense. Over denne grense får en vanlig først nedsatt kvalitet og ved ennå større nedbørmengder også reduserte avlinger. I alminnelighet er det slik at de optimale nedbørmengder for maksimale avlinger er en del høyere enn det som er optimale for den beste kvalitet av produktene.

For stor nedbørmengde kan redusere avlinger og kvalitet på forskjellig måte.

1. En direkte virkning av for mye nedbør er at luftmengden og lufttilgangen i jorda blir for liten. En kan få tilslamming på jord med høgt innhold av finmateriale (leirjord eller annen lett jord). I etterfølgende tørrvær kan en da få skorpedannelse som gjør at luftvekslingen hindres og at svake spirer ikke klarer å bryte i gjennom.

2. Ved store nedbørmengder på grissen jord kan det bli utvasking av plantenæring, særlig av nitrogen, slik at veksten hemmes av nitrogenmangel.

3. Store nedbørmengder og kraftig regn kan gi sterk legde som reduserer avlinger og kvalitet av den vekst det gjelder.

4. Store nedbørmengder senker jordtemperaturen og sinker derved veksten. Det kan være uheldig på steder hvor temperaturen fra før er låg. Indirekte virker også mye regn til nedsatt lysmengde, men det er usikkert hva dette betyr for assimilasjon og avlingsstørrelser!

2. Plantenes vannforbruk og forhold som virker på dette.

Jordbruksvekstenes forbruk av vann pr. produsert kg tørrstoff er lite undersøkt i de nordiske land. I Tyskland oppgis følgende tall.

Plantart	e.Hellriegel	e.Surauer	Gjennomsnitt
Havre	400	570	485
Vårhvete	350	450	400
Bygg	330	430	380
Rug	240	370	305

Selv om de absolutte størrelser av disse tall kan variere mye, - av årsaker som seinere skal diskuteres - er nok rekkefølgen av de nevnte planteslag med omsyn til vannforbruk pr. kg tørrstoff produsert noenlunde riktig. For andre planteslag og under andre vekst-vilkår kan vannforbruket avvike mye fra det som er nevnt ovenfor. Andre forsøk over hvilken jordfuktighet de forskjellige planteslag trives best med viser omlag det samme.

Havre 90 % av full mettning

Hvete 80 %

Rug 75 %

Bygg 62 %

Jordbruksvekstenes forbruk av vann (evapotranspirasjon) pr. produsert kg tørrstoff avhenger av mange forhold og kan variere innen vide grenser. De viktigste årsaker til variasjon i vannforbruk er følgende: Insolasjonen d.v.s. innstrålt energi har en dominerende virkning på vannforbruket. Både fordamning fra jordoverflaten og plantenes transpirasjon stiger sterkt med temperaturen. Av det totale vannforbruk i døgnet går 95-97 % med om dagen og bare 3-5 % om natten. Mengden av vann som står til disposisjon for plantene virker på vannforbruket. Plantene bruker mere når det er mye å ta av. De har på en måte et luksusforbruk av vann når det er rikelig av det. Gjødsling virker lite på det totale vannforbruk som plantene har, men forbruket av vann pr. kg produsert tørrstoff går ned, fordi gjødsling virker til at det oppnås større avlinger med samme vannforbruk. Gjødsling har også en tendens til at plantene p.g.a. den bedre rotutvikling som følger av den bedre vekst, klarer å få mere vann ut av jorda f.eks. ved at røttene trenger djupere ned. Luftfuktigheten har betydning for plantenes vannforbruk. Tørr luft auker fordamningen fra jordoverflaten og transpirasjonen fra plantene blir også større. Vind har en tilsvarende virkning på plantenes vannforbruk som tørr luft, idet fordamning og transpirasjon stiger meget sterkt med til-takende lufthastighet. Sjukdomsangrep på plantene kan auke vannforbruket betydelig. Det gjelder særlig sjukdommer som skader overflaten av stengler og blad. Mjøldogg kan auke vannforbruket pr. kg produsert tørrstoff med 30 % og bronrust og svartrust med 100 % og mer. Årsaken til dette er dels at overhuden på plantene ødelegges, dels at sjukdomsorganis-

mene bruker vann, og dels skyldes det at avlingene reduseres slik at det blir færre kg tørrstoff å fordele det totale vannforbruk på.

Ved siden av disse miljøbetingede årsaker til variasjon i vannforbruket, er det stor forskjell på de ulike plantelag med omsyn til den mengde vann de trenger for å produsere en kg tørrstoff.

3. Nedbøren og plantenes vannforsyning.

Den viktigste kilde for plantenes vannforsyning er nedbøren. Det er bare den som lettvindt kan måles og som derfor er mest brukt som mål for den mengde fuktighet som står til plantenes disposisjon i veksttiden. Nedbøren bereknes vanlig som sum pr. år, pr. måned, eventuelt for 5 dagers perioder (pentader).

Observerte nedbørsmengder er imidlertid ikke noe godt mål for den mengde vann som står til plantenes disposisjon i rotsonen. Jorda skal forvalte den nedbør som faller og det gjør den på svært forskjellig vis alt etter vannholdende evne og andre fysiske egenskaper som virker på vannhusholdningen. En nedbørssum f.eks. pr. måned sier heller ikke noe om fordelingen av nedbøren innen det tidsrom det gjelder og den kan ofte være like viktig for planteveksten som nedbørsmengdene.

Nedbøren kan videre ha ulik effekt eller være ulikt nyttig for plantene. Det kan være jevnt pent regn om natten som plantene gjør seg god nytte av. Men det kan også være kraftig slagregn som først gjør skade på plantene f.eks. ved legde og etterpå delvis renner bort som flomvann.

Ved siden av den nedbør som faller i veksttiden er det alltid en større eller mindre vannreserve i jorda når planteveksten begynner. Særlig under tørre forhold er størrelsen av denne vannreserve meget viktig for avlingsutbyttet. På jord med rask og djuptrekkende kapilær ledning av vannet kan også plantene få en betydelig vannforsyning fra grunnvannet.

Av de grunner som er nevnt, er ikke alltid sammenhengen mellom avlingsstørrelse og nedbørsmengder i veksttiden noe godt uttrykk for den dominerende betydning en passende og jevn vanntilførsel har for plantenes vekst og yteevne.

Kulturplantenes vannforbruk i vekstsesongen under norske forhold er lite undersøkt. Under danske forhold oppgis 350 mm nedbør i veksttiden å svare til plantenes forbruk og fordunstingen fra jordoverflaten (=evapotranspirasjon). Tallene er nok mindre under norske forhold på grunn av kortere veksttid og mindre avlinger.

En byggavling på 300 kg korn + 300 kg halm og 150 kg røtter gir tilsammen 750 kg tørrstoff pr. dekar. Ved 400 kg vann pr. kg tørrstoff svarer det til 300 mm nedbør i vekstsesongen.

For andre jordbruksvekster med lengre vekstsesong og større vannforbruk kan det være vesentlig større hvis det er nok å ta av.

De fleste steder her i landet er nedbøren 200-250 mm i tiden fra midten av mai til ut august og omlag 300-350 mm i tiden mai-sept.

En del av nedbøren renner vekk som overflatevann og tapes iallfall i første omgang for plantene. Det er derfor klart at plantene har andre kilder til vannforsyning enn nedbøren i veksttiden. På stiv leirjord er dette særlig vann som er oppmagasinert i jorden etter at ferrige avling ble høstet. På lettere jord med raskere kapilær ledningsevne får plantene dessuten en del forsyning fra grunnvannet. Dette er tilfelle i de semiaride strøk i innlandet - og ennå mere i de tørreste strøk i innlandet f.eks. øverst i Gudbrandsdalen.

d. Andre vekstfaktorer.

I det foranstående er diskutert enkelte viktigere sider ved varme, lys og nedbør som vekstfaktorer ved jordbruksmessig dyrking av planter. Felles for disse tre vekstfaktorer er at de i de aller fleste høve ikke er under dyrkerens kontroll. Men selv om dyrkeren ikke kan regulere eller dosere viktige vekstfaktorer etter plantenes behov, er kjennskapet til deres virkning på planteveksten viktig likevel. Når en del vekstfaktorer ikke kan påvirkes eller endres i ønsket retning for å oppnå et bedre produksjonsresultat, må plantedyrkingen gjennom valg av vekstslag, regulering av andre vekstfaktorer eller ved dyrkingsteknikken tilpasses de naturgitte forhold. Hvis vekstsesongen nå engang er kort og kjølig, nytter det f.eks. ikke å trosse seg fram ved å bruke seine sorter eller sorter som krever høy temperatur. Det gjelder tvertimot å finne fram til de planteslag og den dyrkingsteknikk for disse som tilsammen gir maksimal utnyttelse av de naturbestemte vekstvilkår.

En del andre naturgitte vekstfaktorer enn de som er diskutert foran, f.eks. jordbunnsforholdene er viktige for avlingsresultatet. Disse er imidlertid behandlet under andre fag og skal ikke omtales nærmere her.

Vekstfaktorer som mere eller mindre er under dyrkerens kontroll, f.eks. gjødsling, jordarbeiding og andre dyrkingstekniske forhold er enten behandlet annet steds, eller de vil bli tatt med under omtalen av de enkelte vekster.

D. Kulturplantenes produksjonsevne og det økologiske optimum.

Det avlingsutbytte som oppnåes ved dyrking av kulturplanter bestemmes av to hovedforhold, Det ene er vekstens spesifikke avkastningsevne, d.v.s. dens yteevne under dyrkingsvilkår som er optimale for den. Det andre som bestemmer avlingsutbyttet, er de vilkår som veksten dyrkes under i det aktuelle tilfelle.

Dyrking av jordbrukets kulturvekster foregår nesten alltid under forhold som avviker mer eller mindre fra de optimale. Mange viktige kulturplanter (f.eks. hvete) dyrkes i stor utstrekning i områder hvor vekstvilkårene for den er mindre gode, fordi behovet for produktet ikke kan tilfredsstilles ved dyrking bare innen de forholdsvis begrensede områder som har de beste vekstvilkår, eller fordi veksten på tross av de underoptimale vekstvilkår er mere fordelaktig enn andre aktuelle vekster.

Jordbrukets kulturvekster dyrkes også nesten alltid under forhold hvor bare en del av vekstvilkårene er under dyrkerens kontroll. Viktige forhold som temperatur, nedbør, jordsmonn etc. er det lite å gjøre med bortsett fra det som kan endres eller tas omsyn til ved hensiktsmessig dyrkingsteknikk, valg av planteslag etc. Andre vekstvilkår som jordens næringstilstand, jordarbeiding, ugrastilstand, sjukdommer etc. kan i det vesentligste bestemmes eller påvirkes av dyrkeren.

Jo flere vekstvilkår som ikke er under dyrkerens kontroll og jo mere variable disse er innen vekstsesongen eller fra år til år, jo vanskeligere er det å komme fram til den riktige dyrkingsteknikk, riktig valg av vekster etc. og jo mere variabelt blir avlingsutbyttet.

For å få mest mulig ut av de naturbestemte vekstvilkår på et sted er det viktig å kjenne virkningen av de enkelte vekstfaktorer på planteveksten og hvilken kombinasjoner av disse som gir det beste resultat. Det har i tidens løp vært arbeidet mye med å finne pålitelige uttrykk for sammenhengen mellom vekstvilkår og avlingsutbytte. Både fra forsøk og fra

praktisk erfaring er det kjent at kulturplantene stiller bestemte krav til vekstvilkårene for å utvikles normalt og ennå mere bestemte krav hvis de skal yte sitt beste og gi maksimale avlinger av god kvalitet. Det kan også være stor forskjell på det nivå og den konstellasjon av vekstfaktorer som gir den raskeste vekst og derfor ofte kalles optimale vekstvilkår, og det nivå og den konstellasjon av vekstfaktorer som gir størst avling og best kvalitet under praktisk dyrking. Disse forhold er diskutert tidligere.

Til å finne ut hvilke vekstfaktorer som virker sterkest på plantenes vekst og yteevne, er der særlig to metoder som nyttes. Den ene er å berekne korrelasjon og regresjon mellom en eller flere vekstfaktorer og de avlinger som er oppnådd. Ved forholdsvis små variasjoner i vekstfaktorene hvor sammenhengen med plantenes vekst og yteevne er tilnærmet rettlinjert, gir metoden gode og lett forståelige uttrykk for sammenhengen. Ved store variasjoner i vekstfaktorene, som plantene ofte reagerer på med krumlinjete regresjoner, blir de tallmessige uttrykk for sammenhengen mindre anvendelig, særlig når det er ønskelig å undersøke virkningen av flere faktorer samtidig, og dette er oftest tilfelle.

En annen enklere metode er å berekne såkalte meteorologiske ekvivalenter d.v.s. å finne det nivå, særlig av meteorologiske faktorer, som gir best plantevekst eller størst avling. Det velges da ut steder hvor plante-slaget gir store avlinger i gjennomsnitt for en årrekke og undersøker f.eks. hvordan nedbøren eller temperaturen er på disse steder. Hvis det mellom steder som undersøkes er sterk sammenheng mellom f.eks. nedbørs-mengden og avlingsnivået, gåes det ut fra at de nedbørsmengder og den nedbørsfordeling som er på det sted med størst avling, er den optimale for den vekst som undersøkes.

Den samme undersøkelse utført over en årrekke på steder med maksimale avlinger gir ytterligere opplysninger om hvilke klimatiske forhold som er optimale.

Følgende 3 kriterier nyttes som bevis for at nivå og konstellasjoner av de viktigste vekstfaktorer er nær det økologiske optimum for en vekst.

1. Høgt avlingsnivå.
2. Minst mulig variasjon i avlinger fra år til år.
3. Plantene viser en symmetrisk og jevn tilvekstkurve i takt med rytmen i klimaet.

Ved hjelp av de metoder som er nevnt foran kan de optimale vekstvilkår for en planteart eller en sort bestemmes - i den utstrekning de finnes i naturen.

Den spesifikke avkastningsevne hos arter eller sorter av kulturplantene er ingen universell eller konstant egenskap hos disse. Avkastningsevnen er resultatet av et samspill mellom sortenes avlingsstruktur og vekstvilkårene.

Sort A kan derfor gi større avling enn sort B under bestemte vekstvilkår, mens sort B under andre vilkår kan gi den største avling. Hvorvidt en sort skal betegnes som yterik eller ikke i forhold til andre, avhenger derfor av de vilkår den dyrkes under. Jordbruksvekstenes produksjon av organisk materiale (målt som tørrstoff i planteprodukter) pr. arealenhet og år kan variere innen vide grenser. Den største variasjon skyldes vekstvilkårene og hvor stor del av året de forskjellige planteslag utnytter i sin vekst. Under praktiske forhold kan f.eks. hveteavlinger variere fra 50 til 500 kg pr. da vesentlig p.g.a. ulike vekstvilkår. På årsbasis gir f.eks. sukkerrør dobbelt så store sukkeravlinger som sukkerbeter, mens produksjonen pr. dag i veksttiden er av samme størrelsesorden for de to vekster.

Under optimale vekstvilkår for de forskjellige plantearter er det forholdsvis liten forskjell mellom disse i evnen til å produsere tørrstoff pr. dag i veksttiden. De store forskjeller i avlingsnivå mellom ulike kulturplanter, som går fram av statistikken, er derfor i det vesentlige et uttrykk for vekstvilkår og dyrkingsteknikk. I noen grad skyldes de også lengden av veksttiden på stedet eller den veksttid som plantene bruker.

Dette gjelder når avlingene måles som samla tørrstoffproduksjon. Det økonomiske viktige produkt utgjør imidlertid en meget vekslende andel av den totale tørrstoffproduksjon. For grønnforvekster svarer den til total høstbar tørrstoffavling. Hos kornartene utgjør den 30-50 % av totalavlingen, mens den f.eks. hos fibervekster bare utgjør noen få prosent av totalavlingen. Dette virker selvsagt sterkt på avlingstallene som gjelder for det økonomisk viktige produkt av plantene.

I tabellen nedenfor er det tatt med en del tall for netto produksjon i kg tørrstoff pr. da for en del kulturvekster. Gjennomsnittene gjelder for verdensproduksjonen og "beste" for det land som tar de største avlinger av veksten (Tall e.Odum 1959).

Planteslag	Produksjon pr. år		Produksjon pr. dag	
	gj.sn.	Beste	gj.sn.	beste
Hvete	344	1250	2,3	8,3
Havre	359	926	2,4	6,2
Mais	412	1011	2,3	5,6
Ris	497	1440	2,7	8,0
Høy	420	940	2,3	5,2
Poteter	385	845	2,6	5,6
Sukkerbeter	765	1470	4,3	8,2
Sukkerrør	1725	3430	4,7	9,2
Barskog		3180		6,0
Lauvskog		1560		6,0

Eks. på produksjon under norske forhold.

Middels avling av bygg: 250 kg korn + 350 kg halm = 600 kg pr. da.

Ved 100 vekstdøgn blir det 6,0 kg tørrstoff pr. dag pr. da.

Store avlinger av bygg: 400 kg korn + 500 kg halm = 900 kg tørrstoff som gir ca. 9,0 kg tørrstoff pr. dag og da i veksttiden. Produksjonen pr. dag i veksttiden er derfor like stor i Norge som i sydligere land med høyere temperatur, men på grunn av kortere veksttid blir avlingene pr. sesong mindre under ellers like forhold.

E. Jordens bruksverdi og jordbrukspotensial.

Bruksverdien av ulike landområder vurderes på grunnlag av mulighetene for høg produksjon, billig produksjon, årsikker produksjon og vedvarende produksjon av jordbruksvekster. De enkeltegenskaper som teller mest under denne vurdering er jordtype, topografi, arrondering, klimatiske forhold, plantesjukdommer, utholdenhet i produksjonen, kostnad ved oppdyrking, behovet for vedlikeholdsarbeider m.v. Det tas i denne forbindelse ikke omsyn til nåværende bruk, dyrkingsteknikk, markedsforhold m.v.

Ved den metode som er nevnt kan landarealene klassifiseres etter antatt bruksverdi. Steele (1954) nytter en inndeling i 8 klasser. De 4 første omfatter arealer som er egnet til fulldyrking, eller som det er hensiktsmessig å beholde fulldyrket. De 4 siste omfatter arealer som bare er egnet for høstingsjordbruk. I det følgende gis det en kort karakteristikk av de 8 klasser.

1. Djup, næringsrik, sjøldrenert jord med god vannholdene evne. Den er enkel og dyrke opp, og krever lite eller ikke vedlikehold i form av grøfting, kalking eller tiltak mot erosjon. Den beste preriejord og elvedeltajord kommer i denne klasse.
2. God djup næringsrik jord, men den kan kreve løpende påkostninger til vannregulering, kalking, steinrydding m.v. eller tiltak for å hindre erosjon. Enkelte jordarealer her i landet kan muligens henføres til denne klasse, f.eks. mindre arealer med elvedeltajord, den beste jord i Glomdalen etc.
3. Egnet for fulldyrking bare ved kostbar oppdyrking og kostbart vedlikehold. Mindre godt aronderte arealer, eventuelt også noe bratt og tungdrevet jord. Storparten av de bedre jordbruksarealer her i landet kommer i denne gruppe.
4. Mindre god og meget tungdrevet jord som bare kan nyttes til allsidig jordbruksproduksjon ved store påkostninger og kostbar drift. Storparten av de middels gode jordbruksarealer her i landet kommer i denne klasse. Jord som her i landet betegnes tungbrukt og kostbar å drive vil etter internasjonal vurdering ikke være egnet til jordbruksdrift eventuelt klassifiseres som beite- eller skogsmark.

5. Landarealer med god produktiv jord som uten særlige påkostninger kan nyttes til permanent beite eller til skogsmark, men som ikke er egnet til fulldyrking f.eks. p.g.a. dårlig arrondering, fjellskjær, fare for erosjon m.v.

6.

Landarealer til permanent beite eller skog. Det kreves vedlikeholdsarbeider og det må legges en del restriksjoner på driftsmåtene.

7. Arealer mindre vel egnet til beite og skog. Låg produksjon, eller krever mye vedlikeholdsarbeide eller restriksjon på driftsmåten. De bedre norske fjellbeiter kan henreknes til denne gruppen.

8. Arealer bare egnet til jakt og fiske.

Denne klassifisering av de ulike landområders bruksverdi er basert på nåværende dyrkingsteknikk og mulighetene for lettvindt og billig produksjon av jordbruksvarer. Det er ikke tatt omsyn til produksjonsmuligheter ved annen dyrkingsteknikk, kunstig vatning etc. og heller ikke til avsetningsmulighetene for jordbruksvarer.

En vurdering av bruksverdien eller jordbrukspotensialet for større sammenhengende geografiske områder er foretatt av Visher(1955) Jordbrukspotensialet av de ulike områder er vurdert ut fra følgende forhold.

1. Topografi
2. Jordarealer
3. Temperatur klima
4. Nedbørsmengden
5. Nedbørsfordeling
6. Stabiliteten av været.
7. Avsetningsmuligheter for jordbruksprodukter

Ved å gi tallverdier for hvert av disse 7 produksjonsvilkår etter hvor gunstige de er for jordbruksproduksjon og summere disse er 80 geografiske områder som verdens landareal ble inndelt i, gruppert i 10 klasser.

I klasse 1 kommer Nordsjøkysten fra Danmark til Frankrike, De britiske øyer, områder på østkysten og midt-veststatene i U S A, samt et område ved La Plata i Syd-Amerika. I klasse 2 kommer Syd-Skandinavia, store deler av Mellom europa, områder på østkysten og midt- statene i U S A, Hawaii, De vestindiske øyer, Japan og nordlige deler av India.

Etter denne vurdering kommer de sentrale deler av Russland, Sibir, nesten hele Afrika og Syd-Amerika i klassene 6-7. I klassene 7-8 kommer både ørkenstrøk og regnskogområder som av vidt forskjellige grunner anses lite egnet for jordbruksproduksjon . I klassene 9-10 kommer høgfjellsområder og arktiske strøk.

F. Viktigere typer av jordbruksdrift.

Jordbruksproduksjon drives på mange ulike måter rundt omkring i verden. Den driftsform som nyttes, eller den produksjon som foregår på de enkelte steder, bestemmes hovedsakelig av følgende forhold.

De naturlige vilkår bestemmer hvilke vekster som kan dyrkes eller som er mest fordelaktige. Tildels bestemmer de også dyrkingsteknikken, fordelingen av arealet på ulike vekster og i hvilken utstrekning planteveksling er mulig eller nødvendig for å oppnå et godt resultat.

Markedsforholdene, eller behovet for ulike produkter til sjølforsyning, bestemmer valget av kulturvekster eller produksjonsretning innen den ramme som settes av de naturlige vilkår.

Dyrkernes innsikt i jordbruksproduksjonen og deres dyktighet til å utnytte de muligheter som foreligger, er også bestemmen- de for utformingen av jordbruksproduksjonen.

En del hovedtyper av jordbruksdrift skal omtales.

1. Blandet jordbruk omfatter produksjon både av planteprodukter og av husdyrprodukter til salg. Planmessig dyrking av fôr til vinterforsyning foregår i den utstrekning det er nødvendig.

Blandet jordbruk som driftsform er dominerende i hele Europa, unntatt i Middelhavsområdet. Blandet jordbruk er videre vanlig østover gjennom Russland og Asia omkring $50-55^{\circ}$ NBr. Ved Stillehavskysten strekker det seg sydovert til ca 40° N Br.

Blandet jordbruk finner en også i østre deler av U S A mellom 30 og 50° N Br. innover til midt på kontinentet hvor det går over i kornjordbruk. Det strekker seg videre tvers over kontinentet i et belte nord for kornjordbruket. Den nordere grense for blandet jordbruk faller sammen med nordre barskoggrense og er derfor den av de intensive driftsformer som best kan nyttes under ugunstige klimatiske vilkår, såvidt kort sommer og låg temperatur angår.

Mindre områder på vestkysten av U S A og tilstøtende deler av Kanada har blandet jordbruk som hoveddriftsform. På den sydlige halvkule er det bare mindre områder med blandet jordbruk, nemlig på østkysten av S.Amerika, mellom 25 og 35° S Br., i S.Afrika og på sørkysten av Australia.

2. Kornjordbruk er utstrakt korndyrking overveiende i monokultur. Klimaet i områder med typisk kornjordbruk er semiarid til arid og kontinentalt. I de tørreste strøk er det et dry-forming jordbruk, hvor det er nødvendig at jorda ligger brakk hvert annet eller hvert tredje år for å akumulere nedbør. Den naturlige vegetasjon er grassteppe (kort grass)

De største områder med kornjordbruk er:

Russland- Asia i det indre av kontinentet $45-60^{\circ}$ N Br.

N.Amerika $45-60^{\circ}$ N Br. i det indre av kontinentet

S.Amerika, østre del $30-40^{\circ}$ S.Br.

Australia, søndre del.

3. Vatningsjordbruk er karakterisert ved intensiv planteproduksjon. Områdene med kunstig vatning har forholdsvis liten utstrekning, da de er avhengig av store og lett tilgjengelige vannkilder.

De største arealer finnes i aride strøk av U S A, på vestkysten av S.Amerika, N.Afrika, Den nære orient, samt betydelige områder syd og øst for Aralsjøen i Asia.

4. Beitejordbruk er helårs utnyttelse av jordarealene ved beiting av husdyr vesentlig til ull- eller kjøtt-produksjon.

Driftsformen er vanlig i områder som er i tørreste laget for åpen åker jordbruk. Avkastningen av beiten^e er derfor heller ikke stor. Størst geografisk utbredelse har denn driftsform i vestre deler av USA, mellom kornjordbruket på prerien og de mere humide strøk på vestkysten, i S.Amerika i Venezuela, Bolivia, Paraguay, syd-østre del av Brasil og storparten av Argentina. I storparten av Australia drives beitejordbruk. Det samme er tilfelle i S.Afrika og store områder nord og øst for det Kaspiske hav.

5. Plantasj jordbruk drives i tropiske og subtropiske strøk med meget gode vilkår for plantedyrking-vesentlig mellom 30⁰N og S Br.

Jamført med andre driftsformer er arealene med plantasj jordbruk forholdsvis små, men driften er rasjonell og avlingsnivået meget høgt. Sukkerrør, bomull, gummitrær m.v. er vanlige vekster ved denne driftsform.

Plantasj jordbruk er mest vanlig på de Vest-Indiske øyer, i Mellom-Amerika, østkysten av Brasil, spredte steder i søndre deler av Afrika, i India, i Indonesia og på østkysten av Australia.

6. Middelhavs jordbruk er basert på vinstokk og citrusfrukter som viktigste vekster. Ved siden av disse vekster drives et ekstensivt blandet jordbruk tilpasset de klimatiske vilkår. Middelhavs jordbruk har en i et belte rundt Middelhavet i alle land som grenser til dette, undtatt i Libya og Egypt.

7. Orientalisk ris jordbruk er en intensiv planteproduksjon med ris som dominerende vekst. I de øst-Asiatiske risdyrkingsområder er dyrkingsteknikken primitiv og meget arbeidskrevende. Ris jordbruk kan bare drives hvor det er muligheter for å oversvømme rismarkene i første delen av veksttiden.

Ris jordbruk er vanlig driftsform i Japan, S.Korea, Syd-øst Kina,

deler av India, Øst-Pakistan, Bakindia og Indonesia.

8. Annet orientalsk jordbruk er også en intensiv driftsform under meget gode vekstvilkår i tett befolkede områder. Dyrkingsteknikken er primitiv og arbeidskrevende. Hovedvekten ligger på plante-produksjon til sjølforsyning. Driftsformen er vanlig i syd-øst Asia i distrikter som ikke har vann nok til risdyrking, særlig i Kina nord for risjordbruket, i India og i Bakindia.

9. Primitivt sjølforsyningsjordbruk (hånd til munn jordbruk) er et ekstensivt jordbruk basert på tropiske og subtropiske vekster til sjølforsyning. Denne driftsform er den vanlige i Afrika mellom $10-15^{\circ}$ N Br. til $15-20^{\circ}$ S Br., nordre deler av S.Amerika, der det ikke er plantasjedrift, samt i den nære orient.

10. Nomadedrift er utnyttelse av lågtytende beitestrekninger i aride strøk med flyttbeiting. Nomadedrift er mest utbredt i overgangsområder mellom steppe og ørken. De største strekninger har en i Nord-Afrika fra 15° N Br. til kysten av Middelhavet, store deler av den nære orient og østover. De største områder har en likevel i de aride strøk i det indre av Asia mellom $30-50^{\circ}$ N Br.

11. Ikke jordbruksområder omfatter:

Ørkenområder

Regnskogsområder i S.Amerika

Artiske strøk.

G. Vekstskifte - Omløp.

Fra forsøk og fra praktisk erfaring er det vel kjent at avlingene av de fleste av jordbrukets kulturvekster går ned når de dyrkes i monokultur eller etter visse andre vekster. Årsakene til dette kan være mange. De viktigste av disse er:

1. Sjukdommer og skadedyr
2. Ugunstig jordstruktur
3. Ugunstig mikroflora og mikrofauna
4. Opphoping av kolinesubstanser
5. Negativ humusbalanse i jorda
6. Ugras
7. Mangel på mikronæringsstoffer ev. også makronæringsstoffer.

1. Sjukdommer og skadedyr er blant de viktigste og vanligste årsaker til avlingsnedgang ved dyrking av planter i monokultur eller ved veksling bare mellom mottakelige vertsplanter. Sjukdoms- eller skadeorganismer oppfores og angriper derfor sterkere under ellers like forhold når mottakelige vertsplanter dyrkes på samme skifte eller innen spredningsområde flere år på rad.

Forutsetningene for angrep av sjukdoms- eller skadeorganismer på plantene er følgende:

1. Mottakelighet hos vertsplantene
2. Tilstedeværelse av smittestoff
3. Gunstige miljøforhold for angrep av de organismer det gjelder.

Hvis det skal bli angrep, må alle de tre betingelser være tilstede, og styrken av angrepene vil være bestemt av i hvilken grad betingelsene er tilstede.

Dyrking av vekster i monokultur eller i veksling mellom mottakelige arter, virker på eventuelle sjukdomsangrep ved at mengden av smittestoff har tendens til å auke fra år til år. Etter en tid vil imidlertid mengden av

smittestoff ta til å variere med årene omkring et midlere nivå. Dette nivå bestemmes av plantenes grad av mottakelighet, de naturbestemte miljøforhold og de inngrep som eventuelt gjøres for å redusere smittemengden. Mengden av smittestoff fra år til år og dermed angrepsgraden under ellers like vilkår, vil variere sterkest for de mest mottakelige planteslag, fra meget sterke til meget svake angrep p.g.a. sjølsanering etter meget sterke angrep. Dette siste forutsatt obligate parasitter og at det bare er kulturvekster som er vertsplante for den sjukdommen det gjelder.

Forat akumulering av smittestoff skal kunne foregå og ha betydning, er det videre en betingelse at dette kan holde seg i live fra vekstsesong til vekstsesong på plantedeler eller i jorda enten på stedet eller innen spredningsavstand.

<u>Symptomer eller skadeårsaker</u>	<u>Mottakelige kulturplanter</u>
1. Hveterotdreper	Hvete, bygg, (rug)
2. Stråknekker	Hvete, bygg (havre)
3. Snøskimmel	Høsthvete, høstrug
4. Grå øyeflekk	Bygg, rug
5. Mjølgugg	Bygg /hvete
6. Tyrbula sp.	Høsthvete, høstrug
7. Septoria sp.	Hvete/bygg
8. Kløverråte	Kløver
9. Kløverål	Kløver
10. Havrenematode	Havre, bygg, hvete, rug
11. Potetål	Poteter
12. Potetkreft	Poteter
13. Stengelråte	Poteter
14. Klumprot	Kålrot, nepe, raps, rybs

Det er nevnt foran at forutsetningene for sjukdomsangrep er mottakelige sorter, tilstedeværelse av smittestoff, og vilkår for utvikling av sjukdommene. Av disse er det bare de to første som i større eller mindre grad kan påvirkes av dyrkeren. Vilkårene for sjukdommens trivsel og angrepsevne er det i de fleste tilfelle lite å gjøre med. For en del sjukdommer kan angrepsgraden i større eller mindre utstrekning påvirkes ved dyrkingstekniske inngrep. Det gjelder særlig sjukdoms- og skadeorganismer som angriper under-

jordiske deler av plantene, f.eks. høg pH i jorda mot klumprot, låg pH mot skurv på potet m.v.

Det som ellers kan gjøres er i størst mulig utstrekning å undgå å dyrke meget utsatte vekster på steder hvor sjukdomsangrepene erfaringsmessig blir sterke.

Bruk av resistente sorter av kulturplanter er den mest effektive måte til å undgå angrep av sjukdommer og skadedyr. Slike finnes imidlertid ikke av alle arter. Oftest er de mere eller mindre mottakelige. Det er verd å være merksam på at selv mindre forskjeller i graden av mottakelighet er viktige i denne forbindelse, hvor både direkte angrep og oppformeringen av smittestoff er viktig.

Direkte bekjempelse av sjukdommer og skadedyr har liten betydning for de viktige vekstfølgesjukdommer.

Når det gjelder å hindre opphopning av smittestoff er det mere som kan gjøres ved dyrkingstekniske forholdsregler. Dette gjelder særlig i de tilfeller hvor smitten ligger i overjordiske plantedeler som kan ødelegges f.eks. ved fjerning, brenning eller ved nedpøying.

På lettere jordarter er utvilsomt sjukdommer og skadedyr de viktigste årsaker til nedsatte avlinger i monokultur eller ved veksling bare mellom vekster som angripes av de samme parasitter. En del parasitter kan være meget plagsomme også på stiv jord. Det gjelder for slike som går på vekster som er nøytrale eller som bedrer jordstrukturen, f.eks. kløverråte, kløverål, klumprot m.v.

2. Ugunstig jordstruktur. Jordstruktur er vanskelig å måle, iallfall er det vanskelig å finne enkle uttrykk for den som er korrelert med plantevekst og avlingsstørrelse. Dårlig jordstruktur gjør at jorda blir for tett for planterøttene, slik at de har vanskelig for å komme fram, og dels fordi det blir for dårlig lufttilgang. Lite luft fører også til redusert mikrobiologisk virksamhet i jorda, som derved blir for tung og dau for plantevekst.

Gunstig jordstruktur bygges opp ved frost, laglig jordarbeiding, ved planterøtter som gjennomvever og løser opp jorda, ved virksamhet av lågere dyr,

mikroflora og -fauna i jorda.

Jordstruktur brytes ned av sterkt regn på åpen jord, for mye vann i jorda, ved tung belastning og arbeidning av jorda når den har høgt vanninnhold.

Plantevekstens virkning på jordstrukturen avhenger av dekningssevne mot sterkt regn, av mengde og art av røttene, eventuelt også av andre planterester som ved arbeidning bringes ned i jorda. Flerårige vekster har størst evne til å bevare den jordstruktur som er bygget opp, fordi strukturen stort sett får være i fred for nedbrytende påvirkning og derved kan bygges opp over flere år.

Ugunstig jordstruktur er et problem i monokultur bare for en del vekster. For kløver, rotvekster, oljevekster og poteter er ikke jordstruktur noe problem, fordi disse vekster stort sett har gunstig virkning på jordstrukturen. Unntak kan være for rotvekster hvis disse høstes med tungt maskineri på oppbløtt jord. Skadene på jordstrukturen kan da lett bli større enn den positive virkning som rotvekstene vanlig har.

Det er særlig kornartene som i monokultur eller i innbyrdes veskling virker til ugunstigere jordstruktur. Ved den samme intensitet av korndyrking tar jordstrukturen mest skade på stiv leirjord og jo mere jo moldfattigere den er. Moldrik blandingsjord klarer seg best. Finsand som mjøle, mojord etc. kan reagere nokså forskjellig. Hvis den er moldrik, holder den oftest bra på strukturen, men moldfattige typer som inneholder mye finmaterialer av ensartet størrelse kan bli meget tett og vanskelig når strukturen utsettes for hard påkjenning.

På marin stiv leirjord er dårlig jordstruktur utvilsomt en av de viktigste årsaker til nedsatte avlinger ved utvidet korndyrking eller hvor strukturen utsettes for hard påkjenning av andre årsaker.

3. Ugunstig mikroflora og mikrofauna.

Det ser ut til at dyrking av vekster i monokultur eller dyrking av nærbeslektede arter i veksling med hverandre, kan føre til at det hopas opp en ensidig mikroflora og mikrofauna som hemmer plantenes vekst.

Den eventuelle betydning av dette som årsak til nedgang i avling under de forhold som er nevnt, er vanskelig å bringe på det rene og de er også lite undersøkt. For norske forhold har en ingen undersøkelser å holde seg til, men det er lite rimelig at forholdet er av nevneverdig betydning.

4. Opphoping av kolinestanser.

En del vekster utskiller veksthemmende substanser fra røttene. Disse substanser kan ha hemmende virkning både på veksten av samme planteart og på andre arter som følger etter.

Veksthemmende substanser kan også dannes når røtter og andre plantedeler nedbrytes i jorda. Virkningen av veksthemmende substanser på etterfølgende plantevekst er den klassiske, og i den utstrekning fenomenet forekommer, en uundgåelig årsak til reduserte avlinger når en planteart dyrkes i monokultur eller etter visse andre arter.

Det er stor forskjell på kulturplantene med omsyn til hvor stor avlingsnedgangen blir av denne årsak når de dyrkes i monokultur. Planterlag som viser liten eller ingen nedgang kalles selvfordragelige, f.eks. rug, poteter etc.

De arter som viser stor nedgang kalles ikke selvfordragelige arter, f.eks. hvete, bygg, betar, kålrot, nepe, erter etc. For denne siste kategori av vekster reknes det med at det bør gå 4 år mellom hver gang de kommer igjen på samme skifte, hvis avlingene ikke skal være påvirket av tidligere dyrking av samme vekst på skiftet.

I monokultur går bygg mest ned i avling, mens havre og rug klarer seg best. Tilbakegangen hevdes å være størst på humusrik jord, fordi skadelige mikroflora og -fauna trives og hoper opp hurtigst på slik jord, mindre på skrin jord, fordi de der trives mindre godt.

5. Negativ humusbalanse i jorda.

Negativ humusbalanse eller redusert humusinnhold i jorda anføres ofte som årsak til nedsatte avlinger når humustærende vekster dyrkes i monokultur eller får stor plass i omløpet.

Den totale humusmengde pr. da jord til 20 cm djupne med 5 % humusinnhold er ca. 15000 kg. Den alt overveiende del av dette er en meget stabil humus-

mengde som er resistent mot nedbryting. Det skal under norske forhold (kort periode med tinen jord) lang tid å endre det merkbart.

Ved tilføring av plantemateriale fra avlingsrester vil det aller meste av disse nedbrytes i løpet av et år eller to. Det samme vil i noen grad være tilfelle med organisk materiale fra husdyrgjødsel. Det må imidlertid reknes med at organisk materiale som har motstått påvirkningene under fordøyelsen, er ganske resistent mot nedbryting i jorda og at det derfor pr. kg tilført organisk materiale betyr mere for humusbalansen i jorda enn tilførte plantester.

Når humusmengda i jorda over et lengre tidsrom holder seg konstant, svarer den resistente rest som tilføres, til tæringa på den totale humusmengde. Mindre årlige variasjoner i totalt innhold av organisk materiale forekommer likevel, avhengig av den mengde som i det enkelte år tilføres jorda. Vedvarende endringer i humusinnholdet skjer meget langsomt og har neppe merkbar virkning på avlingsnivået, selv om humustærende vekster har stor plass i omløpet.

Den løpende mengde plantemateriale som hvert år tilbakeføres jorda har utvilsomt større betydning ved den effekt den har på jordstrukturen i nedbrytingstiden. En jevn innblanding av plantemateriale i jorda gjør denne lausere og mere luftig og gjør det lettere for luft og planterøtter å trenge fram i de åpninger som dannes når det organiske materiale råtner. En slik positiv virkning er betinget av at planterestene er jevnt fordelt. Ved ujevn innblanding eller ved innblanding i klumper, som f.eks. ved nedpøying av hel halm, kan ulempene av dette lett bli større enn fordelene. Dels fordi jorda flekkevis kan bli for laus, slik at råmekontakten brytes, og dels fordi nedbrytingen under utilstrekkelig surstofftilgang i tett jord kan danne stoffer som hemmer veksten eller at røttene ikke trenger gjennom til sjiktet under.

Humusbalansen i jorda påvirkes av flere forhold. Sterkest virkning har planteslag, dyrkingsmåte, avlingsnivå, jordart, hvor stor del av avlingene som føres bort, samt eventuell tilførsel av organisk materiale f.eks. ved husdyrgjødsel.

Ved et avlingsnivå svarende til kornavlinger på ca. 300 kg pr. dekar, er de rotmengder som blir igjen i jorda omtrent følgende:

Korn	200 kg tørrstoff pr. da		
Kløver	250 "	"	"
Raps	200 "	"	"
Erter	60 "	"	"
Poteter, rotv. 30-40"		"	"

I tillegg til røtter og eventuell husdyrgjødsel kan det for en del vekster komme ulike mengder plantemateriale fra overjordiske deler, f.eks. halm fra korn og andre vekster til frømodning, potetris, bladavfall fra rotvekster m.v. Halv husdyrgjødsling (ca. 3500 kg pr. da) en gang i et 6 års omløp vil gi ca. 75 kg organisk tørrstoff i gjennomsnitt pr. år pr. da. Ved allsidig drift med husdyrhold vil mengden av organisk materiale fra husdyrgjødsel i gjennomsnitt pr. år og da neppe overstige halvparten av dette. Den mengde humusdannende materiale som tilføres med husdyrgjødsel betyr derfor ikke så mye i forhold til det som tilføres med planterester fra avlingene, men det organiske materiale i den er mere resistent mot nedbryting og den har som kjent også andre gunstige virkninger på avlingsnivået.

Humustæringen i jorda avhenger av flere forhold. Nedbrytingen av humus er minst ved permanent plantedekke som f.eks. ved eng og beite. Vekster på åpen åker uten arbeidning i veksttida, som f.eks. korn, kommer i en mellomstilling, mens vekster på åpen åker og som radrenses i veksttida tærer mest på humusen. Ved brakk er humustæringen minst like sterk som ved radrenste vekster, og da det i et brakkår ikke tilføres organisk materiale foregår i praksis den sterkeste humustæring i jord som brakkes.

For å summere opp kan det sies at eventuelle endringer i humusinnholdet i jorda, iallfall på kortere sikt, har liten virkning på avlingsnivået ved dyrking av planter i monokultur, men at mengden av planterester som tilbakeføres jorda kan ha virkning på jordas fysiske tilstand og vilkårene forøvrig for plantevekst.

6. Ugras som årsak til avlingsnedgang ved dyrking av vekster i monokultur skulle ikke behøve å bety noe når det gjelder enårige ugras, fordi en har effektive midler mot disse. Av flerårige ugras er det særlig kveke og floghavre som er brysomme og ^{Første}disse kan være årsak til betydelig avlingsnedgang f.eks. ved sterkt utvidet korndyrking. Det er likevel årsaker som er vel kjent og som det er mulig å unngå.

7. Mangel på mikronæringsstoffer eventuelt også makronæringsstoffer anføres ofte som årsak til avlingsnedgang ved dyrking i monokultur. Grunnen skulle da være at enkelte vekster bruker særlig mye av bestemte næringsstoffer.

Med de midler som nå står til rådighet, både til å påvise næringsmangel av forskjellig slag og til å bøte på den, skulle avlingsnedgang på grunn av næringsmangel ikke behøve å forekomme.

Foran er omtalt flere årsaker til avlingsnedgang ved dyrking av jordbruksvekster i monokultur. Virkningen av en del av disse årsaker kan avsvettes eller elimineres ved valg av sorter, eller ved dyrkingstekniske tiltak. Ved bruk av de mest sjukdoms- og insektresistente sorter kan avlingsnedgangen reduseres. Ved dyrkingstekniske tiltak kan jordstrukturen bevares bedre, og uheldige virkninger av ugras og næringsmangel har en midler til å unngå, iallfall i det alt vesentlige.

Virkingen av kolinesubstanser, ugunstig mikroflora og -fauna og en del sjukdommer og skadedyr kan imidlertid bare elimineres eller holdes nede på et rimelig nivå ved planteveksling, som alltid har vært og er et effektivt middel til å holde avlingene oppe.

Behovet for planteveksling er ikke like stort alle steder. Det er avhengig av de planteslag som dyrkes, antall og angrepsintensitet av plantesjukdommer som tiltar i monokultur, strukturstabilitet hos de aktuelle jordarter og mange andre forhold. Den praktiske utforming av plantevekslingen eller omlopsformene vil derfor være ulik på forskjellige steder avhengig av de forhold som er nevnt. Dette vil bli behandlet i nærmere i annen sammenheng.

Viktigere Litteratur.

1. Graham, E.H. 1944. Natural principles of land use.
2. Köppen-Geiger, 1936. Handbuch der Klimatologie.
3. Odum, E.P. 1959. Fundamentals of Ecology.
4. Steele, J.G. 1951. The measure of our land Soil.Cons. Serv. Govt. Print. Wash. D.C.
5. Thornthwaite, C.W. 1948. An approach towards a rational classification of climate. Geog. Rev. 38 : 55-94.
6. Trewartha, G.T. 1954. An introduction to climate.
7. Visher, S.S. 1955. Comparative agriculturals of the world's regions. Econ. geog. 31 : 82-86.
8. Wilsie, C.P. 1961. Crop adaptation and distribution.

