



Krav til klima hos sorter av viktige frukt- og bærslag og kritiske faktorer for adaptasjon

Dag Røen og Anita Sønsteby

Njøs næringsutvikling AS - Rapport No. 9

Forord

Dette er en sammenstilling av kunnskap om krav til klima hos arter og sorter av våre vanligste frukt- og bærslag. Den er utarbeidet i prosjektet Klimafrukt (2016-2018), finansiert av Landbruksdirektoratet over Klima- og miljøprogrammet. Prosjektet har vært et samarbeid mellom Njøs næringsutvikling AS v/ Dag Røen (prosjektleder) og NIBIO v/ Anita Sønsteby.

Anita Sønsteby (NIBIO) og Ola M. Heide (NMBU) med studenter og samarbeidspartnere har gjennom en årrekke foretatt en omfattende gjennomgang av litteratur knyttet til reaksjoner på ulike klimafaktorer hos våre frukt- og bærslag. De har også gjennomført mange forsøk for å få fram ny kunnskap på dette området. Denne rapporten er i hovedsak en sammenstilling basert på deres publikasjoner. Det er da dels brukt formuleringer fra disse publikasjonene uten særlig omskriving. Det er også omtalt resultat fra litteratur som de har referert til og kommentert i sine publikasjoner, uten at det er gått til originalreferansen på nytt i denne sammenhengen. Enkelte resultat fra forsøk i prosjektet Klimafrukt er også inkludert i sammenstillingen.

En stor takk til Ola M. Heide for gjennomlesing og korrigeringer.

Leikanger/Kapp 01.03.19

Viktige faktorer for adaptasjon til lokalt klima og klimaendringer

Miljøfaktorene lys og temperatur er sterke styresignal for planter i prosesser som knoppsprett, blomstring, skuddvekst, vekstavslutning, blomsterknoppdannning, kviledanning, herding, avherding og kvilebryting. Ulike plantearter kan ha ulik reaksjon på miljøfaktorer og ulike sorter innenfor en art kan også reagere forskjellig.

Ved all dyrking er det en forutsetning for et godt resultat at det blir brukt plantesorter som er godt tilpassa klimaet på dyrkingsstedet. En sort vil i utgangspunktet være spesielt godt tilpassa normalklima på det stedet der den ble selektert. Noen sorter fungerer optimalt bare innenfor et relativt snevert klimaområde mens andre sorter yter bra i flere ulike klima. Sorter med slik vid adaptasjon vil fungere godt ved store årlige variasjoner i været, over et større dyrkingsområde, på friland og i regulert klima, og i større grad være tilpasset en endring i klima.

Våre frukt- og bærarter er flerårige planter der avlingspotensialet blir avgjort om høsten i året før vi høster avlinga. I tillegg til været i vekstsesongen er vi derfor avhengige av gode høst- og overvintringsforhold for å få årvisse avlinger av god kvalitet. Stabilitet i produksjonen hos disse vekstene kan derfor være spesielt utsatt ved endringer i klima høst, vinter og tidlig vår.

God adaptasjon til et definert klima hos en sort omfatter god tilpassing til daglengde, total innstråling, temperatur og temperaturvariasjoner ved overvintring og i vekstsesongen, nedbør og vindforhold. Endring i temperatur og / eller daglengde er avgjørende for at plantene skal avslutte veksten, og starte blomsterknoppdannning utover ettersommeren og høsten. Under våre klimaforhold er det ønskelig at plantene avslutter veksten tidlig, for å få en lang periode for blomsterknoppdannning og -utvikling, samt god tid for skuddmodning og vinterherding. Temperaturen er viktig for kviledanningen om høsten, og er med på å bestemme hvor djup kvila blir, og dermed hvor mye kjøling som trengs for å bryte knoppkvila. Temperatur er også med på å bestemme tidspunkt for knoppbryting om våren.

Jordbær

Vekstavslutning og blomsterinduksjon

Blomsterknoppdannning i jordbær er styrt av daglengde og temperatur. Under naturlige forhold vil blomsterknoppdannning skje i perioden sensommer til tidlig høst. Lang dag og høg temperatur stimulerer jordbærplanta til vekst av utløpere og bladvekst. Engangsbærende sorter trenger kort dag (< 15 t) for å danne blomsteranlegg når døgnmiddeltemperatur er i området 15-25 °C. Når temperatur er under 15 °C er det en del sorter som danner blomster i både kort og lang dag. 'Saga', 'Sonata', 'Korona', 'Florence', 'Elsanta', 'Rumba' og 'Senga Sengana' er obligate kortdagsorter som bare danner blomster ved kort dag uansett temperatur. Det er først og fremst tidlige sorter ('Glima', 'Jonsok', 'Zephyr', 'Frida', 'Polka', 'Honeoye', 'Blink') som kan danne blomsteranlegg også i lang dag ved låg temperatur.

Ved temperaturer over 25 °C blir det normalt ikke dannet blomster uansett daglengde. De nye norske sortene 'Nobel' og 'Saga' har imidlertid i forsøk også dannet blomster ved kort dag ved så høg temperatur som 27 °C, mens 'Sonata', 'Florence' og 'Rumba' i samme forsøk ikke dannet blomster. 'Nobel' skilte seg fra de andre i forsøket ved at den også dannet noen blomster ved lang dag, og da mest ved 21 °C. Blomstringen var forsinket etter induksjon ved lang dag. 'Nobel' er fra ei kryssing mellom 'Korona' og en remonterende sort. 'Nobel' er da å regne som dagnøytral ved de fleste temperaturer, men den er ikke remonterende.

Tabell 1. Blomsterinduksjon hos jordbærsorter med ulik reaksjon på daglengde og temperatur. KD = kort dag (< 15 timer), LD = lang dag (> 15 timer); 0 = ingen planter som blomstrer, <100% = ikke alle plantene blomstrer, og de har seinere blomstringstidspunkt (går flere dager til åpen blomst), 100% = optimal blomstring, alle planter har blomster, og kort tid til åpen blomst

a. 'Elsanta', 'Florence', 'Korona', 'Rumba', 'Senga Sengana', 'Sonata'. Fra Sønsteby & Heide, 2018.

Daglengde/Temperatur	9-14 °C	15-20 °C	> 24 °C
KD (<15 t)	< 100 %	100 %	0
LD (>15 t)	0	0	0

b. 'Blink', 'Frida', 'Glima', 'Honeoye', 'Jonsok', 'Polka', 'Zephyr'. Fra Sønsteby & Heide, 2018.

Daglengde/Temperatur	9-14 °C	15-20 °C	> 24 °C
KD (<15 t)	< 100 %	100 %	0
LD (>15 t)	100 %	0	0

c. 'Nobel'.

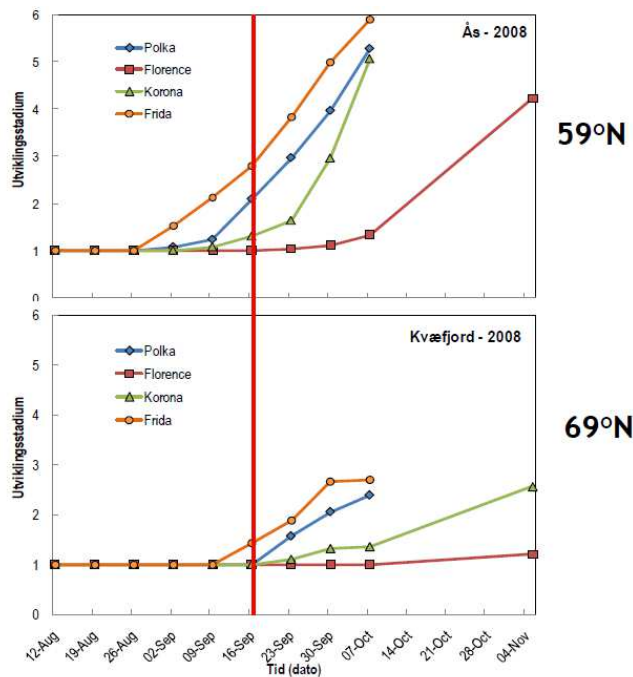
Daglengde/Temperatur	9-14 °C	15-20 °C	> 24 °C
KD (<15 t)	100 %	100 %	100 %
LD (>15 t)	< 100 %	< 100 %	0

d. 'Saga'.

Daglengde/Temperatur	9-14 °C	15-20 °C	> 24 °C
KD (<15 t)	100 %	100 %	< 100 %
LD (>15 t)	0	0	0

Remonterende (gjenblomstrende) sorter er dagnøytrale ved låge temperaturer og obligate langdagsplanter ved høgere temperaturer. Det blir indusert blomster i disse ved låge temperaturer om høsten som gir blomstring samtidig med engangsbærende sorter neste vår. De monterende sortene fortsetter så med blomstring i flere omganger utover sommeren etter blomsterinduksjon i lang dag samme sesong. Hos monterende sorter ser det ut til at utløperdanning blir fremmet av høg temperatur og kort dag.

Under naturlige vekstforhold starter blomsterinitieringen seinere ved høgere breddegrader, og utviklingen av blomsterknoppene går seinere på grunn av lågere temperatur. Knoppene er derfor kommet kortere i utvikling før vinteren. Blomstringstidspunktet er betydelig senere når temperaturen er lågere høst og vår (lenger mot nord eller høgere over havet). Temperatur er den faktoren som påvirker blomstringstidspunktet mest. Det er også stor forskjell på sorter i tidspunkt for blomsterinitiering. I et forsøk med fire sorter var 'Frida' tidligst ute, fulgt av 'Polka' og 'Korona', med 'Florence' som den desidert seineste. Den sene sorten 'Florence' har i praksis gitt låge avlinger nordover og i innlandsområder med tidlig og kjølig høst, noe som har sammenheng med at sorten krever relativt lang kortdagsperiode og høg temperatur for å utvikle mange blomster. 'Sonata' og 'Rumba' har også sterkt redusert blomsterinduksjon når temperaturen er låg, og er lite egna for nordlige og høgereliggende strøk.



Figur 1. Blomsterknoppdannning hos 4 jordbærsorter dyrka på Ås (59 °N) og i Kvæfjord (69 °N). Figur fra Sønsteby & Heide, 2018.

Optimal temperatur for kortdagsindusert blomsterdanning hos våre vanligste jordbærsorter er ca. 18 °C. Sortsforskjeller i avling mellom ulike distrikt kan i stor grad forklares med ulik høsttemperatur. Både dag- og natt-temperatur har betydning, da det er godt samsvar mellom blomstring og døgnmiddeltemperatur. For låg temperatur vil hos noen sorter medføre behov for en lengre periode med kort dag. I forsøk med sortene 'Frida', 'Korona' og 'Florence', ble det tidligst blomstring hos 'Korona' og 'Florence' når kortdagsbehandlingen skjedde ved 18 °C døgnet rundt, mens 'Frida' blomstret tidligst når natt-temperaturen var 15 °C (dagtemperatur 18 °C). Spesielt hos 'Korona' ble blomstringen mer og mer forsinket når natt-temperatur ble redusert fra 18 °C via 15 °C og 12 °C til 9 °C. Stigende natt-temperatur opp mot 18 °C ga flere blomster hos 'Korona' og 'Florence', mens 'Frida' fikk mest blomster ved 15 °C om natta. 'Florence' har behov for lenger kortdagsperiode enn 'Korona' og 'Frida' for å få maksimalt med blomster. 'Polka' reagerer like raskt som 'Frida'. 'Malwina' er en ekstra sein sort som trenger særlig lang tid for å initiere blomsteranlegg.

Den relativt høge optimumstemperaturen for blomsterknoppdannning gjør at en utvikling mot mildere høster snarere er til fordel enn ulempe for å få god blomstring i jordbær. Dekking med fiberduk i september og oktober vil også heve temperaturen og gi bedre blomsterknoppdannning. Høsttemperaturen vil være en begrensning for produksjon av produksjonsklare planter hos oss, og det kan være nødvendig å flytte plantene inn i veksthus fra starten av september for å få dannet nok blomster.

Vinterkvile og kvilebryting

Ved lengre perioder med kort dag, slik det naturlig er om høsten, går jordbærplanta gradvis inn i kvile. Det kreves relativt høg temperatur (14-15 °C) sammen med kort dag for å indusere vinterkvile. Kvila hos jordbær er ikke fullstendig, slik at planta kan starte å vokse igjen selv når kvila er på det djupeste, dersom temperaturen stiger. Det er likevel bare snakk om en avgrensa vekst med små blad, korte bladstilker og lite danning av utløpere. For full bryting av kvila hos jordbær er det nødvendig med flere uker ved låg temperatur (-2 °C til 6 °C). Kjølekravet vil imidlertid variere mellom sorter idet sorter fra

sørligere breddegrader generelt har en kortere kvile enn nordlige sorter. Låge temperaturer som er effektive for å bryte vinterkvila virker hemmende på blomsterknoppdanningen. Kortdagsvilkår tidlig vår vil derfor ikke medføre danning av flere blomster. Vinterkvila er hos oss på det djupeste midt i november, men kan være fullstendig brutt sist i desember. Med klimaendring er det forventet høgere temperaturer høst og vinter, noe som kan gi djupere kvile og samtidig dårligere vilkår for bryting av vinterkvila.

Sorter med vid adaptasjon

Sorten 'Frida' reagerer raskt på kortdagsbehandling og har lågere temperaturoptimum for blomsterinduksjon enn f.eks. sortene 'Korona' og 'Florence'. Den er derfor spesielt godt tilpasset kjøligere vekstforhold, men den har også god blomsterknoppdanning ved høgere temperaturer. Den har derfor videre adaptasjon til våre varierende vokseforhold enn f.eks. 'Florence' som oppnår mindre avlinger i område med tidlig og kjølig høst. Blomsterknoppdanningen blir da for dårlig og bærene blir sent modne.

Sortene 'Saga' og 'Nobel' har brei klimatilpassing ved at de gir rik blomstring ved kort dag over et bredt temperaturområde under blomsterinduksjonen. De kan da sies å ha vid adaptasjon for denne egenskapen. På den andre siden er det hos disse sortene i forsøk i innlandet registrert at en ganske stor del av de blomsterknoppene som blir dannet går tapt i løpet av vinteren, noe som har gitt betydelig avlingsreduksjon der.

En jordbærsort med vid adaptasjon må ha evnen til å danne rikelig med blomsterknopper ved både låg og høgere temperatur, og aller helst også ved lang dag når temperaturen er låg. Det kan også være ønskelig at sorten behøver en relativt kort periode med kort dag for god blomsterknoppdanning, slik at blomsterknoppene blir godt utvikla før vinteren. Men dette kan være vanskelig å kombinere med sen modning for utvidet sesong.

De remonterende sortene virker generelt godt tilpassa våre nordiske lange sommerdager.

Bringebær

Vekstavslutning og blomsterinduksjon

Også hos bringebær er vekstavslutning og blomsterinduksjon styrt av et samspill mellom temperatur og daglengde. I forsøk med bringebærsortene 'Glen Ample' og 'Malling Promise' er det vist at skuddene må ha 15 eller flere blad før det kan induseres blomsterknopper. Ved temperatur 18 °C og høgere vokser planten vegetativt uavhengig av daglengden, mens ved temperaturer 9-12 °C stanser veksten raskt og det blir indusert blomsterknopper ved både kort og lang dag. Ved 15-16 °C får vi vekststans og blomsterinduksjon bare ved kortdagsforhold, mens plantene fortsetter veksten ved lang dag (> 15 t). Sommerbærende bringebærsorter er altså dagnøytrale ved låge temperaturer, men er kortdagsplanter ved 15-18 °C. Ved høgere temperaturer vokser de vegetativt uavhengig av daglengde (ingen vekstavslutning eller blomsterinduksjon). Noen sorter (f.eks. 'Glen Ample', 'Balder' og 'Vene') kan danne noen blomsterknopper også ved 18 °C og kort dag.

Tabell 2. Blomsterinduksjon hos sommerbærende bringebær ved ulike daglengder og temperaturer. KD = kort dag, LD = lang dag; 0 = ingen planter som blomstrer, 100% = alle planter har blomster. Fra Sønsteby & Heide, 2018.

Daglengde/Temperatur	≤ 12 °C	15-16 °C	≥ 18 °C
KD (<15 t)	100 %	100 %	0
LD (>15 t)	100 %	0	0

Utviklingen av blomsterknopper starter samtidig med at skuddveksten begynner å avta, når middeltemperatur går ned mot 15 °C og daglengde er ca. 15 t. Dette skjer normalt i august på friland i Sør-Norge. Fullstendig vekststans forventes da 2-3 uker seinere. Tidspunkt for vekststans er sortsavhengig. Blomsterinitieringen starter 7-8 knopper nedenfor toppen og brer seg derfra oppover og nedover skuddet. I et frilandsforsøk på Ås hadde 'Glen Ample', 'Cascade Delight' og 'Malling Juno' tidligst vekststans, mens 'Anitra' avsluttet veksten senest. 'Veten' var da i en mellomstilling. 'Glen Ample' starta blomsterknopp utviklingen tidligere enn de andre sortene og utviklingen av knoppene gikk også raskere. Synlig endring i vekstpunkt startet 17.-24. august og de fleste sorter hadde tydelige blomsteranlegg 31. august. 'Ninni' og nummersorten RU044 03090 var spesielt seine. I et forsøk i klimarom (naturlig avtakende daglengde) med 6 sorter hadde alle sorter fullt utvikla blomsteranlegg i øvre del av skuddet etter 8 uker ved 9 °C. Ved 15 °C var blomsterknoppene mest utviklet midt på skuddet. Hos sorten 'Tulameen' var da knoppene mindre utviklet enn hos 'Anitra', 'Balder', 'Glen Ample', 'Vene' og 'Veten'. Ved 18 °C var det bare 'Glen Ample', 'Balder' og 'Vene' som danna blomsteranlegg og det skjedde da sterkt forsinket. 'Tulameen' trenger kortere dag og / eller lågere temperatur for å avslutte veksten og danne blomster enn de andre sortene som var med i dette forsøket. I feltforsøk i Sogn over 3 år (prosjektet Klimafrukt) var vekstavslutning og blomsterknoppdannning hos 'Tulameen' og 'Varnes' betydelig senere enn hos de 9 øvrige sortene i forsøket ('Agat', 'Anitra', 'Asker', 'Balder', 'Glen Ample', 'Ninni', 'Stiora', 'Vene' og 'Veten').

Høstbærende bringebærsorter trenger ikke kort dag og låg temperatur for å danne blomsterknopper, men danner derimot blomsterknopper tidligst ved lang dag og temperaturer over 20 °C. Disse utvikles direkte til blomster og bær uten noen kvile først. Noen sommerbærende sorter (f.eks. 'Anitra', 'Vene', 'Glen Moy' og 'Lloyd George') kan enkelte år blomstre i toppen av årsskuddet (toppblomstring) samme år som skuddet blir danna, mens knoppene lenger nede på skuddet går inn i kvile som normalt. Dette skjer vanligvis i år med en varm høst. Det er en glidende overgang mellom rent sommerbærende sorter via sorter med toppblomstring enkelte år, og til rent høstbærende sorter.

Vinterkvile og kvilebryting

Vinterkvile i bringebær blir indusert av avtakende temperatur og daglengde i august/september og er hos oss på sitt djupeste i midten av oktober. Det kreves så en periode med kjøling ved temperatur rundt 0 °C (-5 °C til + 5 °C) for kvilebryting og utvikling av blomsteranlegga i knoppene. Blomsterutviklingen har faktisk større kjølebehov enn selve brytingen av vinterkvila hos knoppene.

Bringebær er relativt lite vinterherdig. Sorter i bringebær ser ut til å være ulike i krav til lengde av kjøleperiode for å bryte kvila mens optimalt temperaturområde ser ut til å være ganske likt. Sorter med lite kjølebehov går tidlig ut av kvila og er da utsatte for frostskaade på seinvinteren. De eldre sortene 'Asker' og 'Preussen' har relativt djup kvile med langt kjølebehov og disse sortene er også kjent for å være vinterherdige. Den tidligere hovedsorten 'Veten' har derimot en kortvarig kvile (mindre kjølebehov for å bryte kvila) og den er erfaringsmessig mer utsatt for vinterskaade. Hovedsorten i dag, 'Glen Ample' ser ut til å ha middels lang vinterkvile. Sein vekstavslutning hos enkelte sorter (f.eks. 'Tulameen') kan også gjøre disse mindre vinterherdige hos oss. Vinterskaade i bringebær har flere årsaker, og kan skje til ulike tidspunkt gjennom vinter og vår. Både knopper og ledningsvev i skuddene kan bli skadet. Mangelfull herding (raskt temperaturfall) kan medføre at knoppene dør i perioder med ekstra låge temperaturer sent på høsten eller om vinteren. I mildværsperioder om vinteren kan knoppene bli avherdet og starte brytingen, for så å bli skadet av frostperioder senere. Varmt vær mens det fortsatt er tele i jorden kan gi uttørking av knopper / skudd.

God herding hos plantene er en forutsetning for å tåle låge vintertemperaturer. Det kreves temperaturer ned mot 0 °C i flere uker for full herding og med det god frosttoleranse. Blir det mildværsperioder starter avherdingen slik at frosttoleranse tapes, men i en ny periode med låg temperatur kan det skje en reherding. Er det kontinuerlig låg temperatur etter at kvila er brutt vil frosttoleransen fortsatt være der, men blir det en mildværsperiode kan knoppene bryte og begynne å vokse, og da er frosttoleransen tapt.

I et forsøk med 'Glen Ample' var det nødvendig med kjøling ved -5 °C til + 5 °C i minst 20 uker for å få full bryting av kvila hos knopper i hele skuddets lengde og full utvikling av blomsterknoppene. Bryting av knopper ned mot basis av skudda var best ved kjøling ved -5 °C. God bryting i hele skuddets lengde er viktig for å oppnå høge avlinger. Vilkår som ga best bryting av knopper ga også tidligst bryting når temperatur ble hevet, lengste sideskudd og flest blomster på skuddet totalt (på grunn av flere sideskudd). I et annet forsøk (Klimafrukt) var det hos 'Glen Ample' tilnærma 100 % bryting av knopper etter 12 uker ved temperaturer i området -5 °C til 10 °C, men dager fra start driving til knoppsprett ble ytterligere redusert ved kjøling i 18 uker.

Når temperaturen er høg på ettersommer / tidlig høst, er det nødvendig med kortere dag for at knoppene skal gå inn i kvile. Kviledanninga skjer da senere og samtidig blir kvila djupere slik at det skal lenger kjøleperiode til for kvilebryting.

Ved klimaendring som medfører høgere vintertemperaturer kan sorter som er spesielt vinterherdige (krever langvarig kjøling for kvilebryting) være utsatt for mangelfull kvilebryting med dårlig knoppbryting som resultat. Dette gjelder da spesielt i områder som i utgangspunktet har milde vintrer. Dessuten vil en forventet høgere temperatur under kvileinduksjon sensommer / høst kunne gi senere kvileinduksjon og djupere kvile i knoppene, noe som kan forsterke dette problemet. Dette er likevel et problem som ved observert og varsla klimaendring vil oppstå tidligere hos solbær enn hos bringebær. Langvarig frost med temperaturer under det som er optimalt for kvilebryting kan også gi dårlig bryting av knopper. Områder med slike problemer i dag kan ved en heva vintertemperatur da oppnå bedre kvilebryting.

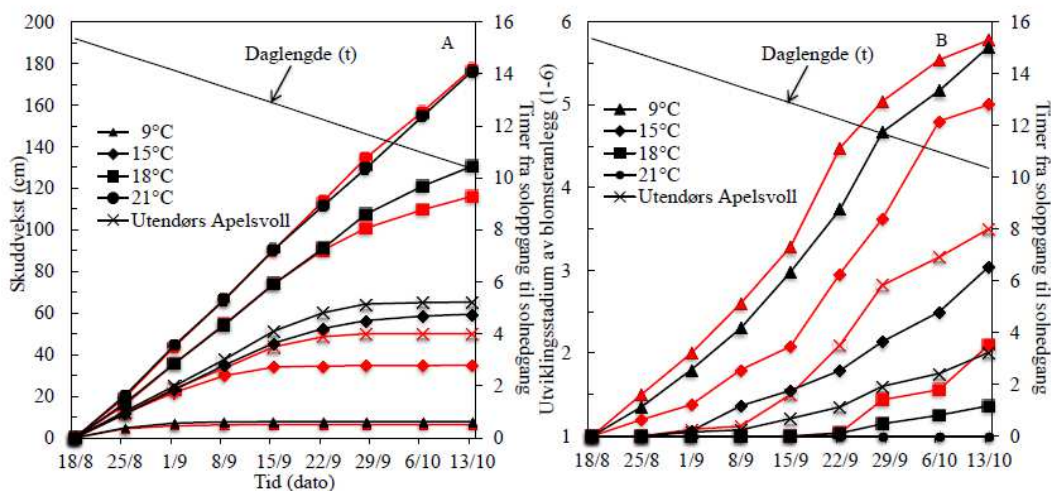
Sorter med vid adaptasjon

Sorten 'Glen Ample' har vist seg å fungere godt ved et vidt spekter av vokseforhold, både sør og nord i landet, på Vestlandet og Østlandet, på friland, i tunell og veksthus, med gode og årvisse avlinger og relativt god overvintring. Den har altså vid adaptasjon. Det kan ha sammenheng med at den avslutter veksten og danner blomsterknopper tidlig om høsten og har rask utvikling av blomsteranleggene. Den har også evne til noe blomsterdanning ved så høg temperatur som 18 °C. Tidlig vekstavslutning medfører også god vinterherdighet. Til sammen medfører dette tidlig og god blomsterdanning og god overvintring ved varierende vær- og klimaforhold.

En sommerbærende bringebærsort med vid adaptasjon bør da trolig ha noen tilsvarende egenskaper som 'Glen Ample', dvs. at den avslutter veksten og starter danning av blomsterknopper tidlig om høsten, har rask utvikling av blomsterknoppene og evne til blomsterdanning også ved høgere temperaturer.

KLIMAKRAV FOR BLOMSTERDANNING I BRINGEBÆR

- HVORFOR ER 'GLEN AMPLE' SÅ GODT TILPASSA KLIMAFORHOLDA HOS OSS?



Skuddvekst (A) og blomsterknoppdannings/- utvikling (B) i 'Glen Ample' (i rødt) og middel av 6 andre sorter (i svart) ved dyrking i dagslys-klimarom

Figur 2. Skuddvekst og blomsterknoppdannings/- utvikling hos 'Glen Ample' sammenliknet med middel av 6 andre sorter. Fra Sønsteby & Heide, 2018.

Solbær

Vekstavslutning og blomsterinduksjon

Solbær er en kortdagsplante som danner blomsteranlegg på sensommeren samtidig med at skuddveksten avsluttes. Skuddene må ha minst 15-16 blad før det kan induseres blomsterknopper. Sortene er tilpasset daglengden på den breddegraden de kommer fra. Sorter med opphav fra nordlige breddegrader (nordlige Norge, Sverige og Russland) trenger da nesten kontinuerlig lys (midnattssol) for å vokse vegetativt. Ved dyrking i Sør-Norge vil de avslutte veksten og starte blomsterdanningen allerede i juni, og årlig skuddvekst blir derfor liten. 'Imandra' fra Kola-halvøya og 'Sunderbyn' fra Nord-Sverige er eksempel på slike sorter. Kritisk daglengde for vekststans hos 'Imandra' er om lag 20 timer. Sortene 'Öjebyn', 'Sunniva' og 'Hedda' avslutter veksten i Sør-Norge fra midt i juli. 'Öjebyn' er også en sort fra Nord-Sverige, men har trolig sørligere sorter i sin stamtavle, mens 'Sunniva' og 'Hedda' er avkom av 'Öjebyn' kryssa med en nord-finsk sort. 'Kristin', 'Ben Tron' og 'Ben Alder' starter vekstavslutningen i månedsskiftet juli-august i Sør-Norge. De er godt tilpassa dyrking der. Vekstavslutning hos sortene 'Ben Avon', 'Ben Hope', 'Ben Dorain', 'Ben Tirran' (skotske), 'Intercontinental' (sørsvensk), 'Narve Viking' (sørnorsk) og 'Tiben' (polsk) var i det forsøket det her refereres til, en uke ut i august. 'Ben Tron' og 'Narve Viking' har en kritisk daglengde for vekststans på rundt 16 timer.

Både blomsterdanning og vekstavslutning i solbær blir induisert av kort dag. Blomsterinduksjonen skjer typisk et par uker etter at reduksjonen i vekst starter, dvs. ved en noe kortere daglengde enn induksjon av vekststans. Ved avtrappende daglengde utover ettersommer og høst vil det hos solbær være vekstavslutning, blomsterinduksjon og kvileinduksjon i tur og orden. I forsøk der planter dyrket ved

lang dag ble plassert direkte på 10 timer daglengde, var det umiddelbar vekststans og det ble for liten tid til blomsterinduksjon. I noen tilfeller kan da knoppene gå direkte i kvile før det er indusert blomster. I solbær blir det best blomsterinduksjon ved daglengder like under den kritiske daglengden for sorten. Det er ikke nødvendig med låg temperatur for å få blomsterdanning i solbær. Tvert imot blir blomsterdanningen bedre ved relativt høy temperatur i denne fasen (optimum ved 18-20 °C). Høg temperatur på ettersommeren gir tidligere vekst avslutning og rikere blomstring året etter, både på grunn av økt andel blomsterknopper og økt antall blomster per blomsterstand.

Vinterkvile og kvilebryting

Vinterkvila hos solbær er i Sør-Norge normalt på sitt djupeste i slutten av oktober. Solbær har stort kjølebehov for å bryte vinterkvila. Mangelfull kjøling medfører sein og ujevn knoppsprett og blomstring, og dermed reduserte avlinger. Økende vintertemperatur har medført økende problem med mangelfull kvilebryting i solbær i Storbritannia og i kystnære områder på kontinentet. Vi kan forvente at dette kan bli et problem i enkelte solbærsorter også hos oss med de skisserte klimaendringene. Dette blir forsterket av at økt temperatur om høsten som gir ekstra djup kvile som krever enda mer kjøling for å bli brutt. Optimal temperatur for kvilebryting i solbær ser ut til å være noe lågere enn i andre frukt- og bærarter, nemlig -5 °C. Er temperatur så låg som -10 °C vil brytingen bli redusert ved kjøleperiode ut over 8 uker, noe som kan skyldes induksjon av sekundær kvile. Optimal temperatur for utvikling av blomsterknoppene ser derimot ut til å være så låg som -10 °C. Kjølebehovet er også større for utvikling av blomsterknoppene enn for bryting av vinterkvila.

Ved for lite kjøling vil bare enkelte knopper i toppen av skudda bryte og blomsteranlegg aborterer, mens optimal kjøling gir knoppbryting i hele skuddets lengde og god utvikling av blomsterknopper, noe som er en forutsetning for full avling.

Det er store sortsforskjeller i kjølekrav for å bryte vinterkvila. 'Ben Tron' har et relativt lite kjølekrav, mens 'Narve Viking' har et stort kjølebehov. Det arbeides med å utvikle solbærsorter med mindre kjølekrav for å bryte knoppkvila, som en tilpassing til mildere vintre. Samtidig er dette en balansegang, da sorter med kort vinterkvile kan være mer utsatte for vårfrost.

Som nevnt gir en varm høst djupere knoppkvile. I forsøk medførte stigende temperatur i området 9-24 °C under kvileinduksjonen om høsten forsinka knoppbryting om våren. Dersom temperaturen om våren var høg (15-20 °C) var det bare 2-3 dager forskjell i knoppbryting mellom ulike høsttemperaturer, mens ved låg vårtemperatur (mer normalt) kan knoppbrytingen bli forsinket så mye som 1-2 uker når temperatur hadde vært høg om høsten. Forsinkelsen i knoppbryting er mest uttalt for knopper øverst på skuddene.

Sorter med vid adaptasjon

Sorten 'Ben Tron' har relativt lågt kjølebehov for å bryte vinterkvila og bryter kvila ved et relativt vidt temperaturområde og synes derfor godt tilpassa et mildt vinterklima.

Det kan være vanskelig å utvikle solbærsorter med vid adaptasjon til både nordlige og sørlige daglengder. Kanskje må en heller tenke adaptasjon over et spekter av klimaforhold innenfor et snevrere breddegradsområde, f.eks. evne til rik blomsterdanning ved både høge og lågere høsttemperaturer. Samtidig er det også utfordrende å få fram sorter som er tilpasset både milde, vekslende og kalde vintre, da lågt kjølekrav for kvilebryting kan gi økte problemer med frostskafer i blomstringa.

Eple

Til tross for at det er mye undersøkt, er ikke blomsterknoppdannning hos eple fullt ut forstått. Det ser ut til at skuddene må ha dannet et visst antall blad før de er mottakelige for signal som gir blomsterinduksjon. Fordi skuddvekst (inkludert danning av nye blad) blir fremmet av stigende temperatur vil det da være gunstig med høg temperatur tidlig på sommeren for å få rik blomstring neste vår, noe som også er funnet i forsøk. Men dette kan også være en effekt av at god skuddvekst på forsommeren gir flere knopper som kan bli blomsterknopper. I en undersøkelse av 'Summerred' og 'Discovery' var blomsterinitieringen bedre og raskere ved 18 og 21 °C enn ved lågere eller høgere temperaturer både hos kortskudd og langskudd. Temperatur på 18 og 24 °C i perioden for blomsterknoppdannning ga flere blomsterklaser og flere blomster per blomsterstand enn 12 °C og 27 °C. I dette forsøket, der temperaturen ble holdt konstant, så det ut til at 18-21 °C var et gunstig kompromiss mellom temperaturer som ga god skuddvekst og temperaturer som ga blomsterinduksjon. Fall i temperaturen på seinsommeren ser videre ut til å fremme blomsterknoppdanninga. Tidspunktet for blomsterinduksjon i eple ser ut til å variere mye mellom sorter og om det er knopper på kortskudd (sporer) eller langskudd. Under våre forhold ser det ut til at blomsterinduksjon hos eple skjer 6-8 uker etter blomstring i kortskudd, og minst 2-3 uker senere hos langskudd. Ved full blomstring i perioden 20.-30. mai betyr det at blomsterinduksjonen i kortskudd typisk vil skje utover mot siste halvdel av juli og på langskudd i august. Etter initiering fortsetter blomsterknopp utviklinga utover høsten og videre fram mot blomstring om våren. Blomsterknopp utviklingen er kommet lenger før vinteren hos knopper på kortskudd enn på langskudd. Blomsterinitiering og blomsterknopp utvikling skjer parallelt med at årets frukter utvikler seg, og det er en periode med vinterkvile før blomstring. Disse prosessene påvirker også blomsterknoppinitiering og blomsterknopp utvikling. Dag lengden har ingen effekt på blomsterknoppdannning i eple.

Under våre forhold er perioden mellom blomstring og ny blomsterknoppdannning langt kortere enn lenger sør, og mindre avlinger og mer vekselbæring hos oss kan da ha sammenheng med kortere periode for skuddvekst før blomsterinduksjon. I varmere klima starter blomsterinduksjonen senere og en periode med låg temperatur i september er nødvendig for å gi rik blomstring året etter.

Skuddveksten hos eple vil under våre forhold avta utover ettersommeren og stopper etter hvert opp. Noen sorter, f.eks. 'Aroma', fortsetter skuddveksten ganske lenge utover høsten. Dag lengden har ingen effekt på vekstavslutning og kvileinduksjon hos eple. Dette er prosesser som blir styrt av temperaturen.

Låge temperaturer gjennom vinteren fører til bryting av knoppkvila. Det er relativt store sortsforskjeller i hvor mye kjøling som trengs for å bryte vinterkvila, og hvilken varmesum som skal til for å få knoppsprett når kvila er brutt. Det blir i områder med milde vintrer foredlet spesielt for å få fram sorter med lite kjølekrav. Høge temperaturer senvinter og tidlig vår (etter at knoppkvila er brutt) gir tidlig knoppsprett og blomstring. Tidlig bryting av knopper kan medføre større fare for blomsterfrost.

I en undersøkelse av blomstringstid hos Gravenstein på Ås over 70 år sammenholdt med meteorologiske data fra samme periode, ble det funnet en sterk sammenheng mellom temperatur i april-mai og blomstringstid. Registrert økning i temperatur april-mai gjennom denne 70-årsperioden resulterte i 16 dager tidligere blomstring. I en annen undersøkelse av blomstringstid hos 12 eple sorter over en 30-årsperiode (1986-2016) var dato for full blomstring 9 dager tidligere ved slutten av perioden. Dette gjaldt både for sorter som blomstret tidlig og sent.

Sorter av eple som vi har regnet som godt tilpassa vårt klima er oftest sorter som årvisst når fullgod fruktutvikling i løpet av vår korte og relativt kjølige vekstsesong. Dette har avgrenset vårt sortsvalg til

tidlige sorter i internasjonalt perspektiv, og dessuten avgrenset hvor langt nordover og høgt over havet det har vært mulig med kommersiell epledyrking hos oss. Kanskje med unntak av innlandsstrøk på Østlandet er det ikke primært vinterherdighet som har avgrenset dyrking og sortsvalg. Noen sorter er regnet som typiske Øst- og Vestlandssorter, f.eks. 'Lobo', 'Åkerø' og 'Julyred' på Østlandet og 'Prins'-typer på Vestlandet. Dette er nok primært knyttet til sommertemperatur og innstråling under modningen om høsten. På Vestlandet er det i midtre og indre fjordstrøk at vi finner epledyrking, og hvor langt utover i fjordene dyrkingen foregår er knyttet både til temperatur og nedbørsmengde i løpet av vekstsesongen. Mye nedbør betyr mindre innstråling, økt problem med regn under blomstring og dessuten langt større utfordringer med sykdommer.

En forlenget vekstsesong vil gjøre det mulig for oss å dyrke seinere sorter, og det vil bli mulig med kommersiell produksjon over større områder. Mildere vintrer innenfor det området som er skissert i klimaprognoiser er ikke forventet å bety noe for bryting av vinterkvila da kjølekravet fortsatt trolig vil være tilfredsstillt med god margin selv om kvila skulle bli noe djupere på grunn av høgere høsttemperatur. Men vi kan få problem med vårfrost enkelte år, noe som normalt har vært et mye større problem lenger sør.

En eplesort med vid adaptasjon sett fra dyrkingsståsted vil være en sort som gir årvisst og fullgod fruktkvalitet (sensorisk og fargemessig) ved både høge og lågere sommertemperaturer. Videre må den ha god vinterherdighet, høg sjukdomstoleranse, og være uten tilbøyelighet til vekselbæring.

Pære

Tilsvarende som i eple har daglengden ingen effekt på blomsterknoppdannning, vekstavslutning og kvileinduksjon hos pære. Det ser ut til at disse prosessene er styrt av temperatur tilsvarende som hos eple, men det er ikke grundig undersøkt i pære. Den sene blomsterinitieringen tyder på at det sannsynligvis også hos pære er slik at skuddene må ha fått et visst antall blad før det kan induseres blomsterknopper.

I en norsk undersøkelse av 7 pæresorter var det nær sammenheng mellom temperatur tidlig vår (akkumulert varmesum) og tidspunkt for blomstring. Det var stor årsvariasjon i tidspunkt for blomsterinitiering og blomstring, men rekkefølgen mellom sorter når det gjelder disse hendelsene var konsistent over år. Blomsterinitiering hos 'Anna' og 'Ingeborg' var 2-3 uker før 'Celina', 'Clara Frijs', 'Fritjof' og 'Kristina'. I denne undersøkelsen over 3 år ble de første tegn til blomsterinduksjon i knoppene observert mellom 24. og 31. juli hos 'Anna' og 'Ingeborg' og mellom 14. og 28. august hos de andre sortene. 'Anna' og 'Ingeborg' blomstret også først med full blomstring 3-4 dager før 'Celina', 'Fritjof' og 'Kristina'. Sortene 'Clara Frijs', 'Ingrid', 'Keiserinne' og 'Moltke' hadde middels tidlig blomstring. I gjennomsnitt for 12 år på Ås, var full blomstring hos 'Anna' og 'Ingeborg' 14. mai, 'Clara Frijs', 'Ingrid' og 'Moltke' 16. mai og 'Celina', 'Fritjof' og 'Kristina' 18. mai. Det var ingen sammenheng mellom tidlig blomstring og tidlig modning hos sortene. Selv om tidligsorten 'Ingrid' blomstret ett par dager etter 'Anna', modnet den likevel cirka en måned tidligere enn denne. Selv om blomstringen hos pære begynner en ukes tid tidligere enn hos eple, starter blomsterinitieringen nesten to uker senere hos pære. Perioden for blomsterinitiering hos sent-blomstrende eplesorter og tidligblomstrende pæresorter overlapper da hverandre. Skuddveksten avtar hos oss typisk fra uti juli en gang, fram mot vekststans en gang i løpet av august eller tidlig i september. Det er her betydelige års- og sortsvariasjoner. Den sene blomsterinitieringen hos pære gjør at en økt høsttemperatur vil medføre at blomsterknoppene vil komme lenger i utvikling før vinteren og gi bedre og sterkere blomstring neste vår.

Som hos eple, trengs det låge temperaturer gjennom vinteren for å bryte vinterkvila hos pære. Tilsvarende er det også en sammenheng mellom akkumulert varmesum senvinter / tidlig vår, og blomstringstidspunkt hos pære. Full blomstring hos en rekke pæresorter på Ås i perioden 1990-2015 ble framskyndet 2,6 dager per tiår på grunn av temperaturøkning i denne perioden knyttet til klimaendring.

Tidlig blomsterinduksjon hos sortene 'Anna' og 'Ingeborg' gjør disse spesielt godt tilpasset et kjølig norsk klima, og disse har rik blomstring hos oss selv om spesielt 'Anna' er utsatt for vekselbæring. Den sene blomsterinitieringa hos 'Celina' og erfaringer med at denne sorten bare har middels mengde blomster hos oss, tyder på at den ikke er like godt tilpasset et kjølig klima. Lenger sør har 'Celina' gitt rik blomstring og høge avlinger. De relativt låge avlingene hos oss er også delvis blitt forklart med feil grunnstammevalg, dårlig kartlagte pollineringsforhold og for dårlig trekvalitet. 'Ingeborg' blomstrer rikt, men har likevel hatt relativt låge avlinger selv i sortsamlinger der dårlig pollinering neppe kan forklare dette. På den andre siden har 'Kristina' relativt lite blomster, men gir høgere avlinger enn blomstermengden skulle tilsi.

Plomme og søtkirsebær

Som i kjernefrukt (eple og pære) skjer blomsterknoppdanningen hos steinfrukt (plomme, søtkirsebær m.fl.) ettersommer og tidlig høst året før blomstring og fruktutvikling. Miljøfaktorene sin effekt på denne prosessen er ikke godt nok undersøkt og forstått. Særlig for plomme er det sparsomt med informasjon rundt dette.

Basert på 40 år med registreringer på plommer fra en gård i Hardanger ble det funnet positiv korrelasjon mellom temperatur i august-oktober og avlinga året etterpå. Det var da 27 % avlingsøkning for hver grads økning av middeltemperaturen for denne perioden. I en annen undersøkelse fra Vestlandet ble det funnet sterk positiv korrelasjon mellom temperatur i juli-august og avling året etterpå.

I ei undersøking av 3 plommesorter over 31 år (1985-2016) på Ås ble det funnet at en økende temperatur for mars-april over disse årene resulterte i ca. 10 dager tidligere blomstring. Det ble ikke funnet noen tilsvarende trend i utvikling av mai-temperaturen. Kvila hos plomme er på Ås normalt fullstendig brutt i midten av mars, og tidligere blomstring ved høgere temperatur i mars-april skyldes da trolig tidligere knoppsprett og raskere utvikling fram mot full blomstring når temperaturen stiger. Over den samme 31-årsperioden var det også en økning i temperaturen i september, som også var korrelert med tidligere blomstring året etter. Dette har trolig sammenheng med at blomsterknoppene da når lenger i utvikling før vinteren. Det ble videre funnet en positiv korrelasjon mellom temperatur i august og september og mengden blomster neste vår, særlig for sorten 'Mallard'. Dette samsvarer med tilsvarende sammenheng mellom temperatur disse månedene og avling året etter fra undersøkelsene på Vestlandet nevnt tidligere. Sammenhengen mellom temperatur i august-september og blomstermengde var svakere hos sorten 'Victoria', noe som tyder på at denne sorten i større grad enn 'Mallard' kan få mye blomster selv om det er lågere temperatur om høsten. Det var ingen klar trend over de 31 årene når det gjaldt modningstid. Det betyr at tiden for fruktutvikling økte med i gjennomsnitt 10 dager i løpet av perioden, noe som har medført økt fruktstørrelse.

Høgere temperatur i august-september og mars-april på grunn av klimaendring ser ut til å ha vært gunstig for plommedyrkingen hos oss (mer blomster, tidligere blomstring og høgere fruktvekt). Tidligere blomstring kan imidlertid gi økt fare for vårfrost.

Hos ei rekke treslag er det funnet at temperaturer i området -5 °C til 10 °C i flere uker er nødvendig for bryting av knoppkvila, med temperaturer i området 0-5 °C som optimale. Bryting av knoppkvila skjer

gradvis etter hvert som knoppene får mer kjøling. Dette viser seg ved et økende antall knopper som bryter og kortere tid til knoppsprett ved økende kjølemengde. I en studie av flere frukt- og bærslag på Ås ble det funnet at plommeknopper hadde den lengste knoppkvila av alle artene. Kvila var da normalt fullstendig brutt i midten av mars. Når knoppkvila er brutt skjer knoppsprett og videre utvikling raskere når temperaturen er høyere. Midlere temperaturer (5-15 °C) er delvis både kvilebrytende og vekstfremmende, og i en periode skjer begge prosesser parallelt. Dette viser seg i vårt klima ved at knoppsprett er tidligere etter milde vintrer enn etter kalde vintrer.

Litteratur

- Heide, O.M. 1977. Photoperiod and temperature interactions in growth and flowering of strawberry. *Physiologia Plantarum* 40:21-26.
- Heide, O.M. & Sønsteby, A. 2011. Physiology of flowering and dormancy regulation in annual- and biennial-fruiting red raspberry (*Rubus idaeus* L.) – a review. *J. Hort. Sci. & Biotech.* 86:433-442.
- Heide, O.M., Stavang, J.A. & Sønsteby, A. 2013. Physiology and genetics of flowering in cultivated and wild strawberries – a review. *J. Hort. Sci & Biotech.* 88:1-18.
- Heide, O.M. & Sønsteby, A. 2014. Varm høst gir forlenget vinterkvile i solbær og rips. *Norsk frukt og bær* 17(6):18-21.
- Heide, O.M. & Sønsteby, A. 2015. Kvileregulering i bringebærknopper – et oversyn. *Norsk frukt og bær* 18(1):6-11.
- Heide, O.M. & Sønsteby, A. 2015. Simultaneous dormancy induction interferes with short day floral induction in black currant (*Ribes nigrum* L.). *Sci. Hort.* 185:228-232.
- Heide, O.M., Rivero, R. & Sønsteby, A. 2019. Temperature control of shoot growth and floral initiation in apple (*Malus x domestica* Borkh.). Upublisert manuskript
- Hodnefjell, R. 2017. Growth and flower initiation in red raspberry (*Rubus idaeus* L.) cultivars. Master's Thesis 2017, Faculty of Biosciences, NMBU, 62 pp.
- Hodnefjell, R., Heide, O.M., Rivero, R., Remberg, S.F. & Sønsteby, A. 2018. Control of growth cessation and floral initiation in red raspberry (*Rubus idaeus* L.) cultivars of diverse origin in controlled and natural environment. *Sci. Hort.* 233:412-420.
- Opstad, N., Sønsteby, A., Roos, U.M. & Heide, O.M. 2011. Tidspunkt for blomsterknoppdannning og høstgjødsling av jordbær. *Norsk frukt og bær* 14(6):14-18.
- Rivero Casique, R. 2015. Phenology and effect of climate on apple cultivars (*Malus domestica* Borkh.) in Norway. Master thesis, Norwegian University of Life Sciences, 79 pp.
- Sønsteby, A. & Heide, O.M. 2011. Varm høst gir rik blomstring hos solbær. *Norsk frukt og bær* 14(3):12-16.
- Sønsteby, A. & Heide, O.M. 2013. Tidspunkt for veksttans og blomsterknoppdannning hos solbær varierer med sortenes geografiske opphav. *Norsk frukt og bær* 16(6):16-19.
- Sønsteby, A. & Heide, O.M. 2014. Cold tolerance and chilling requirements for breaking bud dormancy in plants and severed shoots of raspberry (*Rubus idaeus* L.). *J. Hort. Sci. & Biotech.* 89:631-638.
- Sønsteby, A. & Heide, O.M. 2014. Chilling requirements of contrasting black currant (*Ribes nigrum* L.) cultivars and the induction of secondary bud dormancy. *Sci. Hort.* 179:256-265.

- Sønsteby, A. & Heide, O.M. 2015. Solbær har stort kjølekrav for å bryte vinterkvila. Norsk frukt og bær 18(2):6-10.
- Sønsteby, A. & Heide, O.M. 2017. Flowering performance and yield of established and recent strawberry cultivars (*Fragaria x ananassa*) as affected by raising temperature and photoperiod. J. Hort. Sci. & Biotech. 92:367-375.
- Sønsteby, A. & Heide, O.M. 2018. Klimaendring og plantefysiologiske reaksjoner hos sorter i frukt og bær. Presentasjon på workshop «Konsekvenser for norsk frukt- og bærproduksjon av endringer i klima», prosjektet «Klimafrukt», Ås, 20.11.18.
- Sønsteby, A., Heide, O.M., Rivero, R., Måge, F. & Remberg, S.F. 2019. Phenology, flowering and fruit-set performance of seven recent pear cultivars of Nordic origin. Upublisert manuskript.
- Sønsteby, A., Myrheim, U. & Heide, O.M. 2008. Høsttemperatur, blomstring og avling hos tidlige og seine jordbærsorter. Norsk frukt og bær 11(6):16-20.
- Sønsteby, A., Rivero, R., Hodnefjell, R., Remberg, S.F. & Heide, O.M. 2018. Relativt små forskjeller i klimakrav for blomsterdanning hos bringebærsorter med ulikt geografisk opphav. Norsk frukt og bær 21(4):12-15.
- Sønsteby, A., Roos, U.M. & Heide, O.M. 2016. Phenology, flowering and yield performance of thirteen diverse strawberry cultivars grown under Nordic field conditions. Acta Agriculturae Scandinavica, Section B – Soil & Plant Science 67:278-283.
- Sønsteby, A., Roos, U.M. & Heide, O.M. 2016. Interessante blomstingsreaksjoner hos nye jordbærsorter. Norsk frukt og bær 19(2):24-27.
- Woznicki, T.L., Heide, O.M., Sønsteby, A., Måge, F. & Remberg, S.F. 2019. Climate warming enhances flower formation, earliness of flowering and fruit size in plum (*Prunus domestica* L.). Upublisert manuskript.