



Faktorer som påverkar övervintringen i vall med fokus på skördestrategi

En litteraturstudie

Linnea Månsson

Examensarbete/Självständigt arbete • 15 hp
Sveriges lantbruksuniversitet, SLU
Institutionen för växtproduktionsekologi
Växtodlingsprogrammet
Uppsala 2025



Faktorer som påverkar övervintringen i vall med fokus på skördestrategi – en litteraturstudie

Factors affecting winter survival in ley with a focus on harvesting strategy – a literature review

Linnea Månsson

Handledare:	Nilla Nilsson-Linde, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för växtproduktionsekologi
Bitr. handledare:	Magnus Halling, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för växtproduktionsekologi
Examinator:	Sigrun Dahlin, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för växtproduktionsekologi

Omfattning:	15 hp
Nivå och fördjupning:	Grundnivå, G2E
Kurstitel:	Självständigt arbete i biologi
Kurskod:	EX0894
Program/utbildning:	Växtodlingsprogrammet
Kursansvarig inst.:	Institutionen för vatten och miljö
Utgivningsort:	Uppsala
Utgivningsår:	2025
Omslagsbild:	Andreas Johansson
Upphovsrätt:	Alla bilder används med upphovspersonens tillstånd.

Nyckelord:	Bete, gödsling, härdningsprocess, klimat, kolhydrater reservnäring, skördestrategi, stubbhöjd, utvintringsskador, vall, övervintring
-------------------	--

Sveriges lantbruksuniversitet

Fakulteten för naturresurser och jordbruksvetenskap
Institutionen för växtproduktionsekologi

Sammanfattning

De pågående klimatförändringarna har bidragit till en gradvis förlängd växtsäsong i Sverige. Mellan åren 2011 och 2024 var växtsäsongen i genomsnitt 12 dagar längre jämfört med för 100–150 år sedan. Temperaturökningen har främst skett under vintern och våren, vilket har resulterat i färre och kortare köldperioder. Vintern är en kritisk period för svenska vallar, eftersom de riskerar att utvintra. Detta minskar vallens uthållighet och leder till att den måste läggas om oftare, vilket innebär ökade kostnader i form av både tid och resurser. Syftet med denna litteraturstudie är att öka förståelsen för hur olika faktorer påverkar vallens övervintring. Vall är den gröda som odlas på störst areal i Sverige, och för att den ska klara vintern och återuppta tillväxten på våren är inlagrad reservnäring, bestående av kolhydrat- och kväveföreningar, en avgörande faktor.

Under hösten inleds härdningsprocessen som respons på sjunkande temperaturer och kortare dagar. Denna process innebär flera fysiologiska förändringar som ökar växternas motståndskraft mot kyla. Trots detta kan vallen drabbas av utvintringsskador, dessa delas in i abiotiska och biotiska skador. Flera skötselfaktorer påverkar vallens övervintring, däribland tidpunkt för sista skörd, antal skördar, bete, stubbhöjd, gödsling och klimat. Resultatet tyder på att det finns en kritisk period, som ofta infaller i september, då skörd är olämplig. Därför bör skörden ske antingen tidigare eller senare. Den kritiska perioden för sista skörd är kopplad till när växtens tillväxt upphör, vilket varierar mellan år och plats. Valet av skördetidpunkt innebär dock både för- och nackdelar. En tidig skörd kan leda till allvarigare angrepp av utvintringssvampar eftersom mer förna lämnas kvar, men samtidigt kan den kvarvarande biomassan fungera isolerande och skydda tillväxtpunkten mot kyla. En sen skörd kan däremot orsaka markpackning, eftersom tunga maskiner körs på blöt mark.

Hög stubbhöjd, minskad kvävegödsling och ökad kaliumgödsling har visat sig gynna vallens övervintring. Samtidigt väntas klimatförändringarna påverka förutsättningarna för övervintring. Varmare höstar gör att härdningsprocessen sker vid kortare dagslängd och således vid en lägre fotosyntesaktivitet, vilket kan leda till sämre frosttålighet.

Det finns ett behov av fortsatt forskning inom området, eftersom många av de studier som ligger till grund för nuvarande rekommendationer är gamla och inte tar hänsyn till pågående klimatförändringar. För att ge lantbrukare aktuella och relevanta råd behövs ny forskning om hur vallens övervintring påverkas av förändrade odlingsförutsättningar.

Nyckelord: Bete, gödsling, härdningsprocess, klimat, kolhydrater, reservnäring, skördestrategi, stubbhöjd, utvintringsskador, vall, övervintring

Abstract

The ongoing climate change has led to an extended growing season in Sweden. Between 2011 and 2024, the growing season was on average 11 days longer compared to 100–150 years ago. The temperature increase has primarily occurred during winter and spring, resulting in fewer and shorter cold periods. Winter is a critical period for Swedish leys, as they are at risk of suffering winter damage. This decreases the persistence and increases the need for resowing, which in turn leads to higher costs in terms of both time and money. The aim of this literature review is to enhance the understanding of how different factors influence the overwintering of ley. Ley covers the largest agriculture area in Sweden, and in order to survive the winter and resume growth in spring, stored reserves are crucial. These reserves consist of carbohydrates and nitrogen compounds. During autumn, the hardening process begins in response to decreasing temperatures and shorter days. This process involves several physiological changes that increase the plants' resilience to low temperatures. Despite this, ley can still suffer from winterkill damage, which can be classified as either biotic or abiotic.

Several factors affect the overwintering of ley, including the timing of the last harvest, the number of harvests, grazing, stubble height, fertilisation, and climate conditions. The results indicate that there is a critical period where harvesting is unsuitable, most often occurring in September. The period is associated with the cessation of plant growth, though the exact timing of its end varies by year and location. However, both early and late harvesting have advantages and disadvantages. An early harvest can increase the risk of severe infections by overwintering fungi due to a higher amount of dead plant material. On the other hand, the remaining biomass can act as insulation and protect the growing point from cold spells. A late harvest, however, can cause soil compaction, as heavy machinery operates on wet ground. Taller stubble, decreased nitrogen fertilisation, and increased potassium fertilisation have been shown to promote the overwintering of ley. At the same time climate change is expected to further affect the conditions for overwintering. Warmer autumns result in the hardening process occurring at shorter day lengths and thus at a lower photosynthetic activity, which may lead to reduced frost tolerance.

There is a need for continued research in this field, as many of the studies forming the basis of current recommendations are outdated and do not account for the ongoing climate changes. In order to provide farmers with relevant and up-to-date recommendations, further studies are needed to investigate how ley is affected by changing farming conditions.

Keywords: Carbohydrates, climate, fertilising, grazing, hardening process, harvesting strategy, ley, overwintering, stored reserves, stubble height, winterkill damage

Innehållsförteckning

Figurförteckning	6
Tabellförteckning	7
Förkortningar	8
1. Inledning	9
1.1 Bakgrund	9
1.2 Syfte	9
1.3 Avgränsningar	10
1.4 Metod	10
2. Resultat	11
2.1 Vallodling i Sverige	11
2.2 Övervintring av vall	12
2.2.1 Härdningsprocessen	13
2.2.2 Avhärdning	14
2.3 Utvintringsskador	15
2.3.1 Abiotiska skador	15
2.3.2 Biotiska skador	17
2.4 Skötselfaktorerers inverkan på vallens övervintring	19
2.4.1 Skördetidpunkt	19
2.4.2 Antal skördar	23
2.4.3 Stubbhöjd	25
2.4.4 Gödsling	26
2.4.5 Bete	27
2.4.6 Klimat	28
3. Diskussion	30
4. Slutsatser	35
Referenser	36

Figurförteckning

Figur 1: Blandvall med klöver och gräs i Sverige inför första skörd.....	11
Figur 2: Illustration över hur blåusers innehåll av reservnäring påverkas av en avslagning (Roland 1976).....	12
Figur 3: Bete kan påverka övervintringen mer negativt jämfört med en motsvarande avslagning.....	28

Tabellförteckning

Tabell 1. Effekten av olika skördetidpunkter på torrsubstansavkastning i efterverkansskörden, reservnäringssinnehåll, skottdensitet och sjukdomstryck. <i>Efterverkansskörden defineras som första skörd året efter att vallen har skötts på ett visst sätt. *Ej statistiskt prövade resultat</i>	23
---	----

Förkortningar

SLU	Sveriges lantbruksuniversitet
ts	torrsubstans
ROS	Reactive Oxygen Species
ha	hektar

1. Inledning

1.1 Bakgrund

Den globala medeltemperaturen har ökat med cirka en grad sedan slutet av 1800-talet, och om utsläppen inte minskar beräknas den stiga till två grader inom de kommande 20–30 åren (Schultze et al. 2022). Denna temperaturökning påverkar redan nu klimatet och ekosystemen världen över genom fler och intensivare extremväderhändelser som skogsbränder, översvämningar och värmeböljor.

I Sverige har temperaturökningen främst skett under vintern och våren, vilket har bidragit till en förlängd växtsäsong (Schultze et al. 2022). Enligt Langvall (2025) var växtsäsongen mellan 2011 och 2024 i genomsnitt sex dagar längre än för 100–150 år sedan, och under 2024 var den ytterligare sex dagar längre än snittet för perioden. Samtidigt har perioden med snötäcke i Götaland och Sveland minskat med ungefär en månad, och årsmedelnederbörden har ökat.

Dessa förändringar har också lett till att antalet köldperioder i Sverige har minskat, och de som fortfarande inträffar är mindre stränga (Schultze et al. 2022). Konsekvenserna av klimatförändringarna är redan påtagliga och kommer att påverka jordbruket, vilket understryker behovet av anpassningsåtgärder. För att säkerställa ett hållbart och konkurrenskraftigt jordbruk är det därför viktigt att förstå hur vallen påverkas av de förändrade förutsättningarna.

Perenna grödor, såsom vall, utsätts för stora påfrestningar under vintern. Halling (1994) beskriver att vintern i Sverige utgör en kritisk period för vallen, då den riskerar att utvintra. Om vallen utvintrar, behöver den läggas om, vilket medför ökade kostnader i form av både tid och resurser. Vallens uthållighet och övervintringsförmåga i det rådande klimatet är därför viktiga parametrar för att säkerställa ett hållbart och produktivt svenskt jordbruk.

1.2 Syfte

Syftet med arbetet är att genom en litteraturstudie bidra till ökad förståelse för olika faktorerens påverkan på övervintring av vall med fokus på skördestrategi, som grund för kommande forsknings- och försöksverksamhet. Utifrån syftet har följande frågeställning formulerats:

- Hur påverkar tidpunkt för sista skörd, antal skördar, gödsling, bete, stubbhöjd och klimat övervintring av vall?

1.3 Avgränsningar

Denna litteraturstudie undersöker övervintring av vall och vilka skötselfaktorer som påverkar denna. Endast nordiska och liknande klimatförhållanden behandlas. Detta arbete kommer inte att omfatta ekonomiska perspektiv, och inte heller avslagningsteknikens påverkan på övervintring.

1.4 Metod

Denna rapport är en litteraturstudie som genomförs utifrån en systematisk sökning av relevant vetenskapligt granskad litteratur som omfattar faktorer som påverkar vallens övervintring. Artiklar och publikationer har samlats in från databaser som Google Scholar, Web of Science och SLU:s bibliotekstjänst Primo. Genom rekommendationer från handledare inkluderades, utöver vetenskapliga artiklar, även rapporter och konferensartiklar.

2. Resultat

Resultaten från litteraturstudien presenteras nedan och är uppdelade i de fyra avsnitten: vallodling i Sverige, övervintring av vall, utvintringsskador samt skötselfaktorers inverkan på vallens övervintring.

2.1 Vallodling i Sverige

År 2024 odlades vall, bestående av brukad slåtter- och betesvall, på 1 050 600 ha i Sverige, vilket motsvarar 35 % av åkermarken (Olsson 2024). Vall är således den gröda som odlas på störst areal i Sverige 2024. Jordbruksverket (2011) anger att år 1944 uppgick vallodlingsarealen till 1 622 267 ha vilket motsvarar 45 % av den totala odlingsarealen. Odling av vall kan bidra till förbättrad markstruktur, ökad mullhalt, samt fungera som en god avbrottsgröda med god förfruktseffekt (Tidåker et al. 2016). Figur 1 visar en blandvall med klöver och gräs på våren.



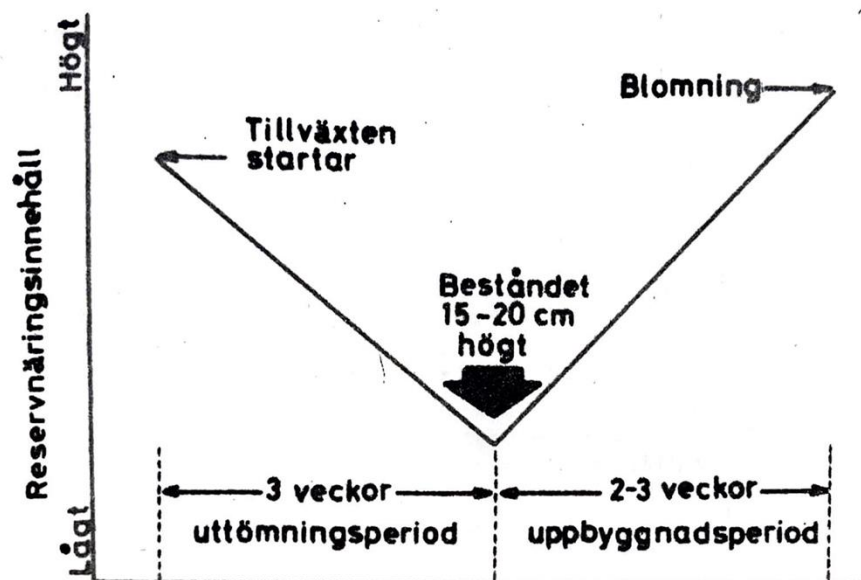
Figur 1: Blandvall med klöver och gräs i Sverige inför första skörd.

2.2 Övervintring av vall

För perenna grödor innebär vintern en utsatt period, då de kan utsättas för stress och skadas (Halling 1994). Förmågan hos perenna grödor att överleva vintern och återuppta tillväxt under våren, beror på deras kapacitet att lagra in kol- och kvävereserver i de vegetativa organen (Bélangier et al. 2006). Kolet lagras in genom fotosyntes, och när temperaturen sjunker och dagarna blir kortare minskar växtens tillväxt och det överskott av kol som bildas under denna tid lagras in i växten (Ward & Blaser 1961; Smith 1974). Kolhydraterna är viktiga för en tillfredsställande övervintring av vallen. Bélangier et al. (2006) framhåller att även kvävereserverna är viktiga för en tillfredsställande övervintring av vallen.

Reservnäringssinnehåll

Graber (1927) beskriver växters näringsreserver som föreningar, t.ex. kolhydrater eller kväveinnehållande föreningar. Dessa föreningar används som näring för växten i samband med energikrävande processer, såsom tillväxt och underhåll. I figur 2 illustreras hur en avslagning påverkar blåluserns reservnäringssinnehåll men enligt Höglind (1996) gäller denna princip för vallväxtarter generellt. När vallen slås av, minskar halten av reservnäring eftersom det inte finns tillräckligt med bladyta för att fotosyntesen ska kunna producera näring för återväxten. Reservnäringsförrådet byggs upp när plantan, genom fotosyntesen, producerar mer näring än den förbrukar.



Figur 2: Illustration över hur blåluserns innehåll av reservnäring påverkas av en avslagning (Roland 1976).

Halten av reservnäring minskar under vintern på grund av respirationen (Jönsson 1976; Sunde u.å.). För timotej och hundäxing har det visat sig att mängden ackumulerad reservnäring i nedre delen av stambasen sjunker med 50 % från föregående höst till april (Jönsson 1976). Även Halling (1988) har visat i försök att halten av reservnäring hos timotej i skott och stambas efter vintern har minskat med 50 %. Samma minskning av reservnäring uppvisades även i rödklövers rötter och skott. Under våren används reservnäringen för tillväxt (Frankow-Lindberg et al. 1997). Tillväxthastigheten påverkas av både mängden reservnäring och bladens area tillgänglig för fotosyntes något som Smith (1974) påvisat i försök. En avslagning med låg stubbhöjd på vallen medför en större uttömning av reservnäringen jämfört med avslagning med högre stubbhöjd (Ward & Blaser 1961). Både mängd reservnäring och växtens bladyta är viktiga faktorer som påverkar dess avkastning och återväxt (Ward & Blaser 1961; Smith 1974). En växt med liten bladyta är därför mer beroende av sin reservnäring för återväxt, medan en växt med en större bladyta är mindre beroende av denna.

För att säkerställa en god första skörd av vitklöver är en av de viktigaste parametrarna andelen inlagrad reservnäring från höst till vår, där en stor mängd är fördelaktigt (Frankow-Lindberg et al. 1997). Hos vitklöver ansamlas reservnäringen främst i form av kolhydrater i stolonier och rötter (Baur-Höch et al. 1990). Det har visats i försök att svenska sorter av vitklöver har en god förmåga att ackumulera reservnäring under hösten, vilket beror på att deras tillväxt upphör tidigt (Frankow-Lindberg et al. 1997).

2.2.1 Härdningsprocessen

Chen (1994) beskriver hur övervintrande växter genomgår en härdningsprocess under hösten, och förmågan till härdning är en av de viktigaste faktorerna för att säkerställa överlevnad under vintern. Härdningsprocessen är en process som medför förändringar, bland annat en ökad frosthärdighet.

Härdningsprocessens två steg

Härdningsprocessen kan delas in i två olika steg (Steponkus 1971). Dessa kan ske oberoende av varandra men genomförandet av båda krävs för en förbättrad härdning. I det första steget binds en förening, vanligtvis någon form av socker in, som bildas genom fotosyntesen. Den första delen är således beroende av ljus för att fortskrida. Denna förening kan sedan translokteras till en annan plats i växten. I det andra steget svarar växten på närvaron av sukros genom en mörkerreaktion, som kräver kalla temperaturer. Växten reagerar genom att sukros binds till frostkänsliga proteiner, vilket resulterar i att proteinerna stabiliseras och blir mindre känsliga och därmed förbättras växtens härdighet.

Dehydrering

Skador på växter orsakade av låga temperaturer kan bero på dehydrering, där cellens vatteninnehåll minskar och vattnet lämnar cellen (Boswell 1923). Det fria vattnet försvinner först, medan det vatten som förloras långsammare är bundet i kolloidial blandning. Växtens förmåga att motstå dehydrering är en viktig faktor som påverkar dess köldtålighet, eftersom en växt som kan behålla sitt vatten är mer köldtålig än en växt som snabbt förlorar det. Växter som genomgått en härdningsperiod dehydreras långsammare jämfört med växter som inte genomgått en sådan process. Köldhärdigheten har visat sig vara nära kopplad till växtens vattenhalt, och en högre vattenhalt leder till en högre vinteröverlevnad (Gusta & Fowler 1976).

Faktorer som påverkar härdningen

Härdningen ökar växtens tålighet mot temperaturer under noll grader och induceras när växten utsätts för temperaturer mellan 0 och 10 grader (Levitt 1980). Enligt Sunde (u.å.) ökar växters frosthärdighet som svar på låga temperaturer. Under hösten när dagarna blir kortare och temperaturen sjunker, inleds härdningen (Dalmannsdottir et al. 2012).

I försök av Eagles och Williams (1992) visades det att kalla, fluktuerande temperaturer leder till en förbättrad härdighet hos engelskt rajgräs. En fluktuerande temperaturcykel, med lägre temperaturer under natten och högre under dagen, resulterar i en ökad härdighet jämfört med en konstant mild väderlek. För att stärka övervintringen krävdes en sammanhängande period på minst 4 till 8 timmar med temperaturer under 6 grader Celsius.

Junttila et al. (1990) visade att en kort fotoperiod också tydligt ökar härdigheten hos vitklöver. En kort fotoperiod leder också till en minskad elongering av vitklöverns stolonier och bladstjälkar. Endast en liten del av den totala mängden socker som bildas under fotosyntesen används i härdningsprocessen (Steponkus 1971), men kolhydraterna spelar ändå en avgörande roll för härdning och övervintring (Smith 1974).

2.2.2 Avhärdning

Avhärdning initieras av högre temperaturer, och högre temperaturer leder till en ökad hastighet av avhärdningen (Eagles & Williams 1992). Vid 20 grader avhärdas plantorna snabbare än vid 15 och 10 grader. Kalla nätter och varma dagar leder till mindre avhärdning jämfört med konstant höga temperatur. Avhärdningen leder till en ökning av växtens vattenhalt (Gusta & Fowler 1976).

Enligt Gusta och Fowler (1976) kan avhärtningsprocessen reverseras av en kallperiod, vilket gör att växtens hårdighet återgår till sin ursprungliga nivå. Detta står i kontrast till resultatet från Howell och Weiser (1970), som visar att så kallad återhärdning endast delvis är möjlig. Enligt dem kan full härdning inte uppnås efter avhärtning, inte ens efter en ny köldperiod. Dessutom påpekas att för varje dag avhärtning sker begränsas den maximala hårdighetsnivån som kan återfås vid en efterföljande köldperiod.

2.3 Utvintringsskador

Nedan behandlas utvintringsskador som påverkar vallens övervintring, vilka delas in i biotiska och abiotiska faktorer. De abiotiska skadorna som behandlas är följande: uppfrysning, frysskador, uttorkning och skador orsakade av långvarigt is- eller vattentäcke. De biotiska skadorna omfattar utvintringssvampar och följande svampsjukdomar presenteras: klöverröta, rotröta, svart trådklubba och gräsröta.

2.3.1 Abiotiska skador

Uppfrysning

Uppfrysning är en typ av utvintringsskada som uppstår på grund av att vattnets volym förändras beroende på om det är i fast eller flytande form (Collins et al. 2018). Vinterns upprepande frysningar och upptiningar leder till att marken expanderar och krymper. Plantorna lyfts upp när marken fryser och för varje frysomgång höjs de ytterligare, vilket kan leda till att rötterna går av. Detta fenomen är särskilt kritiskt för växter med pålrötter, såsom rödklöver och blålusern. Öhberg et al. (2008) visar att rödklöver kan påverkas negativt av uppfrysning. Vid uppfrysning trycks rödklöver upp ur jorden, vilket resulterar i att en del av pålroten exponeras. Exponering av pålroten resulterar i minskad produktivitet och vitalitet hos klöverplantan. Tillväxtpunkten hos växter som trycks upp ur marken blir utsatt för kyla och torka. För växter med förgrenade rötter är inte uppfrysning lika kritiskt, då de i större utsträckning kan följa med markens fluktuationer och rötterna riskerar då inte att i lika stor utsträckning slitas av.

Växterna kan skadas genom uppfrysning, och risken ökar på dåligt dränerade jordar som utsätts för cykler med upprepad frysning och upptining (Russell et al. 1978). Det är enligt Halling (1994) vanligare att denna utvintringsskada uppkommer på mjälajordar..

Frysskador

Frysskador hos växter kan uppstå genom både intra- och extracellulär nedfrysning (Siminovitch & Scarth 1938). Intracellulär nedfrysning, som orsakas av bildandet av iskristaller i protoplasman och senare i vakuolen, leder alltid till celldöd (Siminovitch & Scarth 1938; Levitt 1980). För att detta ska inträffa krävs en mycket snabb nedfrysning (Guy 1990). Växter som genomgått en härdningsprocess undviker intracellulär nedfrysning genom att öka cellernas genomsläpplighet för vatten, vilket leder till att is bildas utanför cellen istället för inuti (Siminovitch & Scarth 1938). Extracellulär nedfrysning, som uppstår vid långsam temperaturminskning, sker mellan cellerna och orsakar inte skada på härdade växter. Däremot kan fenomenet orsaka skada för ohärdade växter.

Uttorkning

Under varma och blåsiga dagar transpirerar växterna vatten genom sina klyvöppningar, men vattnet kan ofta inte tas upp av rötterna i samma takt (Smith 1964). Under vintern kan rötterna vara oförmögna att ta upp tillräckligt med vatten om jorden är frusen. Uppfrysning kan också ha skadat rötterna vilket gör dem oförmögna att ta upp vatten, vilket i sin tur leder till uttorkning. Ett snölager kan dock skydda övervintrande gräs och baljväxter från uttorkning.

Sakai (1970) beskriver hur tallplantor i Japan skadades allvarligt av uttorkning under vintern. Vinterförhållandena var kalla, och marken frusen i 3,5 månader. Under dagarna steg temperaturen, särskilt på de sydliga sluttningarna, där temperaturen på stammar och blad kunde stiga till cirka 17 grader. Dessa förhållanden ledde till att tallplantorna torkades ut. Det är främst växter som inte tappar sina blad under vintern, vilka utsätts för skador orsakade av uttorkning (Smith 1964).

Skador orsakade av långvarigt is- eller vattentäcke

När marker täckts av ett lager med is eller vatten försvåras gasutbytet mellan växt och atmosfär, vilket leder till att syre och koldioxid inte kan utbytas effektivt (Parent et al. 2008). Marken riskerar att hamna i ett anoxiskt tillstånd, vilket beror på mikroorganismernas och växternas rötters respiration (Crawford 2003). Växten måste då respirera anaerobiskt och till följd av denna process bildas och ansamlas de tre potentiellt giftiga metaboliterna: koldioxid, laktat och etanol (Andrews & Pomeroy 1979). I en studie, genomförd i Norge mellan åren 1969 och 1971 visades det att is- och vattenskadorna är en betydande orsak till vinterrelaterade skador (Årsvoll 1973). De anaeroba förhållanden som uppstår resulterar även i en minskad produktion av ATP, vilket leder till energibrist hos växten. Stående vatten kan också leda till uttömning av växtens näringsreserver, och en försämrad vinteröverlevnad (Crawford 2003). Dåligt dränerade jordar ökar risken för stående

vatten, särskilt under vinterhalvåret då snösmältning sker och marken är frusen (Thorsen et al. 2010). Detta gör att infiltrationshastigheten blir låg och att risken för syrebrist ökar.

2.3.2 Biotiska skador

Utvintringssvampar

Utvintringssvampar är skadegörare som angriper sina värdväxter under vinterhalvåret (Engqvist 2002). Bland utvintringssvamparna återfinns bland annat klöverröta, rotröta och svart trådklubba. Klöverröta kan dock angripa även under sommaren, om rätt förutsättningar råder, det vill säga en nederbördsrik och kall sommar. Öhberg (2004) beskriver hur motståndskraften mot utvintringssvampar ökar hos växter som har invintrat på ett bra sätt.

Faktorer som påverkar utvecklingen av utvintringssvampar

Långvarigt snötäcke på otjälad mark gynnar utvecklingen av utvintringssvampar (Vestman 1992). Snötäcket påverkar växterna och svamparna på flera sätt. För det första fungerar snön som ett skyddande lager mot de omgivande temperaturerna, vilket gör att marktemperaturen hålls effektivt runt 0 grader. Samtidigt trycks växterna mot marken, vilket leder till kontakt mellan svampmycel och växt, något som kan underlätta infektion, i de fall då svampmycel finns i jorden. Snötäcket försvagar också växterna, eftersom respirationen fortsätter medan fotosyntesen har avstannat, vilket leder till en minskning av näringsreserverna. Mörkret som snötäcket skapar gynnar dessutom utvecklingen av svamparnas mycel.

Klöverröta

Svampen *Sclerotinia trifoliorum* orsakar klöverröta, en sjukdom som drabbar baljväxter (Öhberg 2008). Den angriper växterna särskilt under vintern, när de är extra känsliga för infektion. *Sclerotinia trifoliorum* är utbredd i de delar av Sverige där rödklöver odlas.

Enligt Öhberg (2008) orsakar klöverröta betydande skördeförluster, då angreppen leder till minskad tillväxthastighet eller död hos plantorna. Angreppen syns ofta som fläckar av döda klöverplantor, och på våren kan plantorna vara täckta av grått mycel samt svarta sklerotier (Öhberg et al. 2008; Öhberg & Bång 2010).

Rotröta

Rotröta orsakas av ett komplex av mikroorganismer som huvudsakligen angriper rödklöver (Ylimäki 1967). De patogener som ofta förknippas med rotröta inkluderar *Phoma medigaginis*, *Pythium spp.*, *Cylindrocarpo destructans* och

Fusarium avenaceum. Det patologiska komplexet kan påverka hela rotsystemet, eller endast delar av det. Infektionen inleds med missfärgningar längs den vaskulära vävnaden i de primära och sekundära rötterna, vilket sedan följs av en gradvis röta i vävnaderna. Detta leder till att rötterna blir ihåliga och till slut förstörs. Färgen på den skadade vävnaden varierar beroende på vilken patogen som orsakar förstörelsen. Både symptomen och allvarligheten av rotröta varierar.

Wallenhammar et al. (2014) genomförde försök för att undersöka hur angrepp av rotröta påverkar vallproduktionen. Resultaten visade att rödklöver drabbades signifikant hårdare av rotröta än blåusern, vitklöver och käringtand. Trots rödklövers känslighet uppvisade rödklöver den största totala avkastningen över tre vallår, jämfört med övriga baljväxtarter. Under det andra vallåret då omfattande angrepp av rotröta kunde observeras i rödklöverbestånden, var baljväxtandelen fortsatt högst i dessa bestånd jämfört med i övriga baljväxtarter

Angreppens allvarlighetsgrad ökar med vallens ålder. Redan under insåningsåret kan angrepp påvisas och under vallår två kan angrepp ses på i princip alla rödklöverplantor uppger både Rufeldt (1979) och Wallenhammar et al. (2014). Dock framhåller Rufeldt (1979) att symptomen vanligtvis är ringa. Ylimäki (1967) beskriver hur rödklövern är försvagad efter vintern till följd av att dess näringsreserver har förbrukats, vilket ökar risken för angrepp av rotröta. Angrepp tyder således på att växten är i dålig kondition (Rufelt 1979; Wallenhammar et al. 2006). Försök från östra Kanada visar att angripna plantor av blåusern ansamlar mindre mängd kolhydrater i växten, jämfört med friska plantor (Richard & Martin 1993). Den minskade kolhydratinlagringen leder i sin tur till minskad vinterhärdighet.

Enligt Ylimäki (1967) är rotröta även utbredd i Finland. Av nära 6000 insamlade prover av rödklöver från vallar över hela landet påvisas endast 10,8 % vara helt friska. Rotröta utgör en betydande faktor som bidrar till den ringa uthålligheten hos rödklöver i finska vallar.

Svart trådklubba

Svart trådklubba är en utvintringssvamp som kräver ett varaktigt snötäcke för att kunna utvecklas (Engqvist 2002). Svamparten *Typhula ishikariensis* leder enligt Vestman (1992) till stora skador i Norrlands inland. Den drabbar främst vallgräs men kan också påverka vallbaljväxter (Vestman 1992; Engqvist 2002). På våren, efter snösmältning, syns skadorna av svampen genom gråvitt mycel på angripna döda blad (Vestman 1992).

Gräsröta

Gräsröta (*Myriosclerotinia borealis*) är en annan utvintringssvamp som, likt svart trådklubba, kräver ett långvarigt snötäcke för att utvecklas (Nissinen 2000; Engqvist 2002). Därför förekommer den främst i Norrlands inland. Angripna plantor vars tillväxtpunkt inte har drabbats, kan överleva och skjuta nya skott, vilket dock leder till att första vallskörden blir försenad (Vestman 1992).

2.4 Skötselfaktorers inverkan på vallens övervintring

Det följande avsnittet presenterar resultat från litteraturstudien angående skötselfaktorers inverkan på vallens övervintring, med särskilt fokus på skördetidpunktens betydelse. Vidare presenteras effekterna av andra skötselåtgärder vilka inkluderar antal skördar, stubbhöjd, gödsling och bete, följt av en genomgång av klimatförhållandenas påverkan på övervintringen.

2.4.1 Skördetidpunkt

Effekt av skördetidpunkt på växters reservnäringsinnehåll

Tidpunkten för sista skörd under hösten påverkar växternas förmåga att övervintra (Andersson 1984). En skörd vid en olämplig tidpunkt under hösten kan hindra växten från att lagra in tillräckligt med reservnäring inför vintern (Andersson 1984; Höglind 1996; Jönsson 1976). Därför bör sista skörden antingen ske tidigt, så att växten hinner lagra in reservnäring efter sista skörd eller så pass sent att ingen ny tillväxt hinner ske innan vinterns inträde (Andersson 1984; Höglind 1996). Det finns således en ogynnsam period för skörd som har beskrivits av bland annat Andersson (1984) och Halling (1986). Enligt Andersson (1984) infaller denna period under september månad, även om exakta tidpunkter kan variera beroende på väderförhållanden. Växtens förmåga att lagra reservnäring inför vintern är en avgörande faktor vid valet av tidpunkt för sista skörd, men även väderförhållanden och tidsintervallet mellan skördarna är viktiga faktorer att ta hänsyn till (Höglind 1996).

Halling (1988b) undersökte effekten av avslagning på reservnäringen och visade att mängden lagrad reservnäring i timotej påverkades av tidpunkten för sista skörd under hösten. Däremot kunde ingen signifikant skillnad i reservnäringskoncentration eller mängd påvisas för rödklöver. För blåusern är halten av ackumulerade aminosyror positivt korrelerade med torrsubstansavkastningen efterverkansåret (Dhont et al. 2006a)

Effekt av skördetidpunkt på torrsubstansavkastning i efterverkansskörden

Efterverkansskörden fungerar som ett indikatormått på växternas övervintring (Halling 1993). Det definieras i detta arbete som den första skörden året efter vallen har sköts på ett visst sätt, och därmed som en effekt av den föregående skötseln.

Andersson (1984) undersökte mellan åren 1980 och 1983 hur tidpunkten för sista skörd påverkade torrsubstansskörd och beståndets slutenhet på sex platser i Norrland. De arter som ingick i studien var timotej, ängssvingel och rödklöver. Försöken visade att ingen nettotillväxt sker efter början av september på dessa platser. I stället leder frost och svampangrepp till att nedbrytningen sker snabbare än vad ny biomassa kan tillväxa. Andersson (1984) framhåller att detta är en anledning till att sista skörden bör tas tidigt, ungefär i mitten av augusti. En tidig sista skörd kan dock leda till mer förna, särskilt under år med varma höstar vilket leder till ökad risk för svampangrepp, med försämrad övervintring som följd (Andersson 1984; Halling 1996).

En sista skörd i september visade sig ha störst negativ inverkan på efterverkansskörden, jämfört med skörd i mitten av augusti eller mitten av oktober (Andersson 1984). Minskningen i avkastning uppgick till 200 kg ts/ha för timotej, 500 kg ts/ha för ängssvingel och 700 kg ts/ha för rödklöver när skörden försenades från 7 augusti till 7 september. Liknande resultat rapporterades av Hagsand och Landström (1981), med en genomsnittlig minskning på 200 kg ts/ha efter en skörd i september.

Halling (1986) bekräftade att timotej är känslig för en sen skörd. När sista skörden togs den 4 oktober, i stället för sex veckor tidigare, blev torrsubstansavkastningen under efterverkansåret 2100 kg ts/ha mindre. Denna studie identifierade en kritisk tidsperiod för timotej under hösten, mellan mitten av augusti till början av oktober, då avslagning är olämpligt och bör undvikas. För rödklöver kunde däremot ingen signifikant skillnad påvisas.

Svensson (1973) rapporterade dock ett avvikande resultat där en skörd i september gav den största torrsubstansavkastningen i efterverkansskörden för gräsvallar dominerade av ängssvingel. Skörd i augusti ger den näst största torrsubstansavkastningen, medan skörd i oktober resulterade i en minskning av avkastningen med 120 till 160 kg ts/ha. Det är dock viktigt att notera att dessa resultat inte är statistiskt prövade, vilket innebär att de bör tolkas med försiktighet.

Halling (2010) undersökte hur engelskt rajgräs påverkas av en sista skörd under olika tidpunkter under höstens. Försöken genomfördes på nio olika platser, från

södra Skåne till mellersta Norrland. Resultaten visade att fyra skördar av engelskt rajgräs, där sista skörden skedde i oktober ledde till minskad bladytta och försämrat skydd för tillväxtpunkten. Den sena skörden resulterade inte i någon väsentlig ökning av avkastningen samma år, men däremot i en kraftigt minskad torrsubstansavkastning i efterverkansskörden. I ett treskördesystem ledde en senareläggning av den sista skörden med två veckor, till den 19 september, också till en kraftigt minskad torrsubstansavkastning efterverkansskörden (ibid.).

Även Frankow-Lindberg (1985) har visat att en sista skörd i september leder till en minskad torrsubstansavkastning i efterverkansskörden jämfört med en avslagning i oktober eller augusti. De led som skördades i oktober visade även de en reducerad torrsubstansavkastning, men påverkan på övervintringen var inte lika kraftig som vid skörd i september.

Även för blåusern har negativa effekter av en sen skörd dokumenterats. I ett kanadensiskt försök av Dhont et al. (2006b), minskade torrsubstansavkastning i efterverkansskörden med 34 % när en tredje skörd togs i mitten av september jämfört med försök där andra och sista skörden togs i början av augusti. Dhont et al. (2006b) framhåller även att om en höstskörd inte tas, kan sorter med en svag vinterhärdighet överleva vintern. Även Svensson (1973) framhåller att blåusern påverkas negativt av en skörd i september.

En sen skörd, efter september, kan orsaka markpackning till följd av tunga maskiner som körs på blöt mark (Halling 1993). Ett ytterligare problem med en sen skörd är att risken för frysskador ökar när den isolerande biomassan försvinner (Höglind 1996). Halling (1993) påpekar också att den extra torrsubstansavkastning som erhålls vid en höstskörd går förlorad under den efterföljande vårskörden.

Samband mellan skördetidpunkt och förekomst av svampsjukdomar

Halling (1993) undersökte även höstavslagningens effekt på engelskt rajgräs och rapporterade att studier från Skottland indikerar att en sen höstavslagning kan minska risken för snömögel. I Hallings (1993) studie kunde dock ingen sådan effekt bekräftas, eftersom försöksperioden kännetecknades av en ovanligt mild vinter med ett tunt och kortvarigt snötäcke. Inga skador orsakade av snömögel observerades, och den reducerande torrsubstansavkastningen i efterverkansskörd, en minskning med 25 %, bedömdes främst bero på skördetidpunkten.

Påverkan av skördetidpunkt på skottdensitet

Halling (1988a) genomförde fältförsök i Uppsala och Umeå under perioden 1982 till 1985, för att undersöka hur tidpunkten för den andra och sista skörden

påverkade beståndets skottdensitet. Skördetidpunkten varierade från mitten och slutet av augusti till början av oktober. Resultaten visade att en sen skörd, genomförd i slutet av september eller början av oktober, resulterade i den lägsta skottdensiteten följande vår. Dessutom observerades en större skillnad i skottdensitet mellan de olika behandlingarna i Uppsala jämfört med i Umeå.

Artvisa skillnader mellan gräs och klöver

Det finns skillnader mellan hur gräs och klöver reagerar på en höstavslagning enligt Höglind (1996). Vitklöver tolererar en avslagning i september eller oktober bättre än gräsarter, och en avslagning i oktober rekommenderas som en möjlig åtgärd för att höja klöverhalten i vallen. Även rödklöver har visat god tolerans mot en avslagning i september eller oktober, men en avslagning i oktober rekommenderas i stället för i september. De tomma ytor som har uppstått efter utvintrade gräsplantor har kunnat utnyttjas av rödklövern.

Sammanfattningsvis visar litteraturen att torrs substansavkastningen i efterverkansskörden minskar när skörden senareläggs till september, men att den negativa effekten blir mindre om den skjuts upp till oktober (tabell 1). Växtens innehåll av reservnäring påverkas också negativt av en skörd i september, medan skörd i oktober eller augusti inte har samma negativa inverkan. Även skottdensiteten påverkas negativt vid skörd i både september och oktober. De få studier som undersöker skördetidpunktens inverkan på sjukdomstrycket ger ingen entydig bild. Observera att underlaget för parametrarna reservnäringssinnehåll och skottdensitet är begränsat till en rapport per parameter.

Tabell 1. Effekten av olika skördetidpunkter på torrsubstansavkastning i efterverkansskörden, reservnäringsinnehåll, skottdensitet och sjukdomstryck. Efterverkansskörden definieras som första skörd året efter att vallen har skötts på ett visst sätt. *Ej statistiskt prövade resultat

Skördetidpunkt	Studie	Torrsubstansavkastning i efterverkansskörden	Reservnäringsinnehåll	Skottdensitet	Sjukdomstryck
Augusti	Andersson (1984)	Positiv inverkan	Positiv inverkan		
	Dhont et al. (2006b)	Positiv inverkan			
	Frankow-Lindberg (1985)	Positiv inverkan			
	Hagsand och Landström (1981)	Positiv inverkan			
	Halling (1988a)			Positiv inverkan	
	Halling (1986)	Positiv inverkan			
	Halling (1993)				Neutral inverkan
	Halling (2010)	Positiv inverkan			
	Svensson (1973)*	Positiv inverkan			
September	Andersson (1984)	Negativ inverkan	Negativ inverkan		
	Dhont et al. (2006b)	Negativ inverkan			
	Frankow-Lindberg (1985)	Negativ inverkan			
	Hagsand och Landström (1981)	Negativ inverkan			
	Halling (1988a)			Negativ inverkan	
	Halling (1986)	Negativ inverkan			
	Halling (1993)				Neutral inverkan
	Halling (2010)	Negativ inverkan			
	Svensson (1973)*	Positiv inverkan			
Oktober	Andersson (1984)	Positiv inverkan	Positiv inverkan		
	Dhont et al. (2006b)				
	Frankow-Lindberg (1985)	Positiv inverkan			
	Hagsand och Landström (1981)	Positiv inverkan			
	Halling (1988a)			Negativ inverkan	
	Halling (1986)	Positiv inverkan			
	Halling (1993)				Neutral inverkan
	Halling (2010)	Negativ inverkan			
	Svensson (1973)*	Negativ inverkan			

Positiv inverkan
 Negativ inverkan
 Neutral inverkan
 Inte undersökt i den aktuella studien

2.4.2 Antal skördar

Indelning av vallgräs

Effekten av avslagning på växten beror på om tillväxtpunkten avlägsnas eller inte (De Booysen et al. 1963). Om tillväxtpunkten tas bort upphör skottets tillväxt, och nya skott måste i stället utvecklas från stråbasen.

Hedlund (1936) delar in vallgräs i två grupper baserat på deras skottutveckling i återväxten; strågräs och bladgräs. Två exempel på strågräs är foderlostas och rörflen där många skördar leder till att strågräsets näringsreserver utarmas, eftersom deras tillväxt efter avslagning sker genom att plantans skott tillväxer genom knoppar. Tillväxtpunkten kommer därmed att slås av. Bladgräs, som ängsgröe, ängssvingel, engelskt rajgräs och hundäxing, skiljer sig genom att de inte bildar axbärande strån i samma utsträckning som strågräsen i återväxten. Deras tillväxt sker i huvudsak genom bladskott, och eftersom tillväxtpunkten är belägen nära markytan avlägsnas den inte vid skörd. Detta ger bladgräsen en hög

återväxtpotential. Bladgräsen kräver vernalisering för att åter gå upp i ax efter första skörd. Timotej är dock en art som inte helt passar in i någon av dessa grupper. Den räknas ofta som ett strågräs, eftersom den vid avslagning vanligtvis förlorar sin tillväxtpunkt, vilket påverkar dess återväxtförmåga negativt (ibid).

Effekt av antal skördar på torrsubstansavkastning och reservnäring

Frankow-Lindberg (1985) undersökte hur skördeintensiteten påverkar bland annat torrsubstansavkastningen. I studien jämfördes två-, tre-, fyr- och femskördesystem, där tidpunkten för sista skörd varierade. Resultaten visade att tvåskördesystem, där första skörden togs den 20 juni och den andra den 29 augusti, i nästan alla fall resulterade i den största totala torrsubstansavkastningen. I förstaårsvallen ledde en förlängning av den totala skördesäsongen, där andra och sista avslagningen skedde den 19 september till den största torrsubstansavkastningen. I andra årsvallen hade en senare skörd dock en negativ effekt, då torrsubstansavkastningen minskade. Enligt Frankow-Lindberg (1985) kan detta förklaras av en sämre övervintringsförmåga till följd av en sen skörd i september.

System med flera skördar och därmed korta tillväxtperioder resulterar vanligtvis i mindre total torrsubstansavkastning (Frankow-Lindberg 1985). Fem- och fyrskördesystem resulterar även i en mindre torrsubstansavkastning i efterverkansskörden, jämfört med två- och treskördesystem. Hon påpekar dock att olika arter skiljer sig åt i sin tolerans mot en hög skördeintensitet. För timotej ledde fler än två skördar per år till en minskad torrsubstansavkastning, medan ängssvingel inte uppvisade någon motsvarande minskning. Femskördesystem med arterna timotej, ängssvingel, hundäxing, ängsgröe, italienskt rajgräs och rödklöver i renbestånd resulterade i en något lägre halt av ackumulerad reservnäring jämfört med treskördesystem både vår och höst, med den tydligaste minskningen under våren (Jönsson 1976).

I försök utförda i Kanada av Bélanger et al. (1999) framkom att ett treskördesystem i genomsnitt ökade torrsubstansavkastningen av blåusern med 1,6–2,3 ton/ha under det första vallåret, jämfört med tvåskördesystem. Denna ökning avtog dock över tid, och under det tredje vallåret kunde ingen signifikant skillnad observeras. För engelskt rajgräs hade fyrskördesystem en negativ påverkan på efterverkansskörden jämfört med treskördesystem. Resultaten visade att treskördesystem, jämfört med tvåskördesystem ledde till en större reduktion av planttäthet och en minskad torrsubstansavkastning. Att öka perioden mellan första och sista skörd visades leda till en ökad torrsubstansavkastning.

Bélanger et al. (1999) beskriver att om ungefär 500 dagsgrader uppnås mellan den andra och sista skörden, leder en tredje skörd i september inte till minskad torrsubstansavkastning i efterverkansskörden. För att minska riskerna förenade med flera skördar är det viktigt att perioden mellan skördarna hålls så lång som möjligt.

Samband mellan antal avslagningar och förekomst av svampsjukdomar och övervintringsskador

Intensiva skördestrategier med många avslagningar kan även öka risken för svampangrepp (Lukezic et al. 1969). Det har visats i försök att intensiva avslagningar av blåusern kan leda till att växten dör på grund av att näringsreserverna tar slut men även till följd av angrepp av patogener. Intensiva skördesystem, där växten skördas flera gånger i ett tidigt utvecklingsstadium, leder till att växten försvagas och utarmas, vilket gör den mer sårbar för övervintringsskador (Smith 1974). Bélanger et al. (1999) stödjer Smiths (1974) resultat och framhåller att odlingssystem med flera skördar generellt ökar risken för utvintringsskador, men under år med mildare vintrar kunde ingen sådan effekt observeras. Under de år då omfattade utvintringsskador förekom var skadorna på två av försöksplatserna störst i de led där tre skördar hade tagits föregående år. På en annan försöksplats kunde dock ingen tydlig koppling mellan antal skördar och utvintringsskador påvisas.

2.4.3 Stubbhöjd

De Booysen och Nelson (1975) menar att både växtens näringsreserver och den tillgängliga bladytan påverkar dess förmåga till återväxt. En låg stubbhöjd innebär därför ett större beroende av den inlagrade reservnäringen jämfört med en högre stubbhöjd.

Hagsand och Landström (1981) undersökte stubbhöjdens inverkan på övervintring. Återväxtskörden togs vid två olika tidpunkter, 20 augusti, och 15 september, med varierande stubbhöjd. De undersökta arterna var timotej och rödklöver eller timotej, ängssvingel och rödklöver. Syftet var att undersöka hur övervintringen påverkas av både skördetidpunkt och stubbhöjd. Övervintringsförhållandena var dock ovanligt gynnsamma under försöksåren, och få statistiskt säkerställda skillnader mellan efterverkansskördarna kunde påvisas, framhåller Hagsand och Landström (1981). Emellertid kunde vissa trender urskiljas. Försöken indikerade att en hög stubbhöjd har en positiv effekt på övervintringen. För de led där sista skörden togs i augusti och stubbhöjden var hög, observerades en genomsnittlig merskörd på 100 kg/ts per ha i efterverkansskörden. Hagsand och Landström (1981) påpekar dock att den

positiva effekten på övervintringen endast uppstår när årets sista skörd tas med hög stubbhöjd, medan en hög stubbhöjd vid tidigare skördar inte leder till någon torrsubstansökning i återväxtskörden.

Fagerberg (1979) samt Andersson (1973) visade att gräs- och blandvallar som skördas på hösten med hög stubbhöjd leder till en ökad torrsubstansavkastning efterverkansåret, jämfört med en kort stubbhöjd. Vid skörd av blåusern i renbestånd uppmättes dock ingen motsvarande trend, och någon merskörd kunde inte påvisas (Fagerberg 1979).

2.4.4 Gödsling

Kvävegödsling

Kvävegödsling påverkar vallväxternas förmåga att övervintra. Stora kvävegivor minskar inlagringen av socker i växten, vilket kan leda till minskad planttäthet på våren (Andersson 1973). Däremot ökar kvävegödslingen avkastningen i återväxten, vilket enligt Andersson (1973) kompenserar för dess negativa effekt på övervintringen. Även Jönsson (1976) beskriver hur halten reservnäring påverkas av kvävegödslingen. Kvävegödsling på hösten kan tillfälligt leda till att näringsreserverna minskar, vilket resulterar i minskad övervintringsförmåga eftersom växterna då har försvagade näringsreserver inför vintern. Jönsson (1976) visade också att de led som mottog den största kvävegivan uppvisar den största avkastningen i första skörden efterföljande år, medan de led med mycket reservnäring inte visar en lika stor skördeökning. Detta leder till slutsatsen att kvävegödslingens effekt på skörden är mer betydelsefull än växtens innehåll av reservnäring under år med god övervintring.

Steineck et al. (1991) beskriver hur en sen gödselgiva med flytgödsel under hösten minskade avkastningen i första skörd året därpå för förstaårsvall, jämfört med vårgödsling. För andraårsvall uppvisades däremot motsatt effekt, då en sen höstgödsling ledde till större avkastning i första skörd året därpå. Författarna drar slutsatsen att stallgödsel som sprids direkt efter sista vallskörd kan försämra växternas övervintring. För att minimera risken för negativa effekter bör stallgödsel i så fall spridas senare under hösten.

Webster och Ebdon (2005) undersökte kvävegödslingens effekt på övervintringen av engelskt rajgräs under tidpunkten sen vinter och tidig vår. Resultaten visade att de led som mottog den största kvävegivan (441 kg/ha/år) hade den sämsta övervintringsförmågan samt en större förekomst av utvintringssvampar. En liten kvävegiva resulterade i maximal härdning.

Kaliumgödsling

Cakmak (2005) menar att kalium fungerar skyddande mot låga temperaturer genom att skydda från oxidativ skada orsakad av frost eller kyla. Denna oxidativa skada uppstår till följd av bildandet av reaktiva syreföreningar (ROS), vilka är nyckelfaktorer i försämrad cellfunktion och tillväxthämning under stressförhållanden (Cakmak 2005).

Webster och Ebdon (2005) undersökte kaliumgödslingens effekt på övervintringen av engelskt rajgräs under sen vinter och tidig vår. Resultatet visade att höga till medelhöga kaliumgivor på 245–441 kg/ha och år förbättrade växternas övervintring. Författarna drar slutsatsen att kaliumgödsling i högre nivåer än de nuvarande rekommenderade kan bidra till en bättre vinterhärdighet.

2.4.5 Bete

Att utnyttja återväxten på vallarna som bete är enligt Frankow-Lindberg (1985) ett sätt för att nyttja betesarealen och upprätthålla fodertillgången under tider när vallens tillväxttakt är begränsad. Frankow-Lindberg (1985) undersökte hur effekten av betning skiljer sig från slåtter samt hur intensiteten och tidpunkten för avbetning och avslagning påverkar vallens avkastning och framtida produktionsförmåga. I försöket ingick renbestånd av timotej, ängssvingel och rödklöver samt en blandvall med rödklöver och olika gräs. Resultaten visade att betning kan ha en negativ påverkan på vallens övervintring, jämfört med slåtter (figur 3). Rödklöver är en art som påverkas särskilt negativt av bete (Frankow-Lindberg 1985; Halling 1988).

En orsak till betets negativa påverkan på övervintringen är de trampskador som kan uppstå, vilket leder till att vallväxterna skadas och blir mer mottagliga för sjukdomsangrepp (Frankow-Lindberg 1985). Däremot anser Frankow-Lindberg (1985) att ett anpassat betestryck i kombination med gynnsamma väderförhållanden inte nödvändigtvis behöver ha en negativ effekt på vallens produktivitet och övervintring.



Figur 3: Bete kan påverka övervintringen mer negativt jämfört med en motsvarande avslagning.

2.4.6 Klimat

I framtiden kan växters förutsättningar för härdning och vinteröverlevnad förändras i och med de förväntade klimatförändringarna (Dalmannsdottir et al. 2017). Temperaturökningen under hösten kommer, enligt Nissinen (2000), leda till att tidpunkten för växternas härdning försenas. Dalmannsdottir et al. (2017) visar att kortare dagar och temperaturer över det normala resulterar i sämre frosttålighet och minskad fotosyntesaktivitet. I försöket observeras även skillnader mellan sorter anpassade för nordliga respektive sydliga förhållanden. De nordliga sorterna uppvisade störst frosttålighet under samtliga förhållanden, med undantag för de högsta temperaturerna och den kortaste fotoperioden. Slutsatsen var att de nordliga sorterna i framtiden kan förlora sitt övertag gentemot de sydliga sorterna.

Däremot visar Qian et al. (2024), med hjälp av en datormodell, att perioden med lämpliga förhållanden för härdning kan komma att öka med 2–22 % i Kanada under perioden 2050–2070, eftersom antalet dagar med temperaturer under 5 grader under höstens härdningsperiod beräknas öka. Antalet dagar med kallt väder under samma tidsperiod beräknas minska med 29–46 dagar. Å andra sidan väntas perioder med töväder och regn öka, vilket kan innebära en större risk för skador orsakade av uppfrysning, långvariga istäcken och en minskad härdighet av växter.

Sunde (u.å.) har undersökt temperaturens effekt på frosthärdighet och reservnäring i timotej och rödklöver. Perioder med högre medeltemperaturer leder till större nedbrytning av reservnäringen jämfört med perioder med lägre temperaturer.

3. Diskussion

Arbetets diskussion är uppdelad i sju underrubriker där olika skötselåtgärders påverkan på övervintringen presenteras. Därefter följer praktiska implikationer och framtida forskning, samt en reflektion över arbetet.

Skördetidpunktens påverkan på övervintringen

Studien visar att tidpunkten för sista vallskörd har stor betydelse för vallens övervintringsförmåga. Flera studier, främst från norra Sverige visar att en skörd i september kan ha en negativ inverkan på övervintringen (tabell 1). Detta beror främst på att växten inte hinner lagra in tillräckligt med reservnäring inför vintern då skörden sker vid denna tidpunkt. Den kritiska perioden för sista skörd är således kopplad till när perioden för tillväxt upphör. Andersson (1984) fann att en skörd i september resulterade i den minsta efterverkansskörden, och framhåller att nettotillväxten av vallen i princip har upphört i början av september. Enligt Andersson (1984) bör därför sista skörden tas tidigare för att minska risken för en försämrad övervintring och återväxt. Även Hagsand och Landström (1981) bekräftar att september är en olämplig skördemånad.

Resultaten från Frankow-Lindberg (1985) stärker slutsatsen att september är en olämplig skördemånad. Även en skörd i oktober har visat sig påverka efterverkansskörden negativt, men då i ett fyrskördesystem. Halling (u.å.) visade dessutom att beståndets skottdensitet påverkas negativt av en skörd i slutet av september eller början av oktober. Däremot tyder Belanger (1999) resultat på att en avslagning i september inte nödvändigtvis behöver ha en negativ effekt på torrsubstansavkastningen, så länge ett visst antal daggrader uppnås mellan andra och sista skörd.

Även internationella försök bekräftar att september kan vara en problematisk skördetidpunkt. Dhont et al. (2006b) drar en liknande slutsats och visar att en skörd i september leder till en reducerad torrsubstansavkastning efterverkansskörden.

Å andra sidan har en annan studie rapporterat motsatt resultat. Svensson (1973) fann att en skörd i september resulterade i den största torrsubstansavkastningen efterverkansskörden för gräsvallar. Det bör dock noteras att dessa resultat inte är statistiskt prövade, vilket gör det svårt att dra säkra slutsatser. Dessa motsägelsefulla resultat antyder att faktorer såsom geografiska och meteorologiska skillnader samt klimatvariationer kan påverka hur

skördetidpunkten inverkar på övervintringen. Detta understryker behovet av flera studier som undersöker dessa samband under varierande förhållanden.

Den kritiska perioden för sista skörd verkar således vara kopplad till tidpunkten på hösten då vallens tillväxt upphör. Eftersom denna tidpunkt varierar både geografiskt och mellan olika år, bör skördetidpunkten inte enbart bestämmas utifrån ett specifikt datum utan anpassas till lokala och årsspecifika förhållanden. Detta är viktigt för att undvika att sista skörden sker vid ett tillfälle som leder till utarmning av växtens näringsreserver inför vintern, vilket i sin tur försämrar övervintringen.

En tidig skörd kan däremot innebära andra problem för övervintringen rapporterar både Andersson (1984) och Höglind (1996). Täta bestånd med mycket förna ökar risken för svampangrepp. I framtiden riskerar vintrarna att bli mer och mer snöfattiga. Detta kan vara positivt för förekomsten av vissa utvintringssvampar som gynnas av ett långvarigt snötäcke. Svart trådklubba och gräsröta är exempel på utvintringssvampar som kräver ett varaktigt snötäcke för att kunna utvecklas. Det är därför rimligt att anta att dessa svampar främst kommer att förekomma i Norrland. Å andra sidan ökar snöfattiga vintrar risken för frysskador på vallen, då snön fungerar som ett skyddande lager. I ett framtida klimat, med bland annat en minskad snömängd, skapas därmed nya utmaningar för jordbruket, då snötäcket tidigare har skyddat växterna mot frysskador.

För alla utvintringssvampar gäller att en stark och välmående växt har större motståndskraft mot angrepp, jämfört med en växt i ett nedsatt tillstånd. Skötselåtgärder som bidrar till en stark och välmående planta är därför gynnsamma för att minska risken för angrepp av svampsjukdomar. För rotröta visade Richard och Martin (1993) att då blåusern angripits av rotröta ansamlas mindre mängd kolhydrater, jämfört med friska plantor. Detta leder till en minskad vinterhärdighet och kan bidra till att blåusern inte överlever vintern.

I tabell 1 framgår att de flesta studier enbart använder torrsubstansavkastning i efterverkansskörden som ett mått på skötselåtgärders effekt på övervintringen. En begränsning med detta tillvägagångssätt är att resultatet då kommer att påverkas av både skötselåtgärder men även väderförhållanden under det aktuella året. Därför riskerar olika skötselåtgärder att ge olika resultat under olika år, vilket minskar metodens tillförlitlighet. Därför finns det en osäkerhet med att använda efterverkansskörden som enda indikatormått för övervintring. Att även mäta växters innehåll av reservnäring skulle kunna vara en lösning för att få ett ytterligare indikatormått för övervintringen

Antal skördars effekt på övervintringen

Hur väl ett bestånd tål upprepade avslagningar har visat sig bero på om det domineras av strå- eller bladgräs. Bladgräs tål upprepade skördar bättre, eftersom deras tillväxtpunkt vanligtvis inte avlägsnas vid skörd. Timotej som är ett mellanting av dessa två, har visat sig vara känsligt för upprepade avslagningar. Detta kan jämföras med resultatet för ängssvingel, som räknas till bladgräsen där ingen torrsubstansminskning kunde påvisas vid samma behandling.

Fler än två skördar per år, där första skörden sker i juni och andra i augusti, leder enligt Frankow-Lindberg (1985) till en minskad torrsubstansavkastning. Dock framgår det att tidpunkten då de två skördarna sker har stor betydelse. Då skördesäsongen förlängs och sista skörden tas ungefär tre veckor senare var torrsubstansavkastningen i förstaårsvallen som störst. Dock blev följden av skörd i september att torrsubstansavkastningen i efterverkansskörden minskade. Detta tyder på att vissa skötselåtgärder kan ha positiva effekter på kort sikt men över tid leda till minskad produktionsförmåga. Resultatet från Halling (1993) stödjer detta genom att visa att den extra torrsubstansavkastningen som fås av en höstskörd förloras i efterverkansskörden. Det är även viktigt att ta i beaktande att en senareläggning av skörden påverkar fodrets sammansättning då det leder till minskat energiinnehåll och ökad fiberhalt. Beroende på produktionsinriktning kan detta dock vara önskvärt.

Femskördesystem leder enligt Frankow-Lindberg (1985) till en minskad torrsubstansavkastning i efterverkansskörden, jämfört med två- och treskördesystem. Femskördesystem har också visat sig leda till en lägre halt av inlagrad reservnäring under vår och höst, jämfört med treskördesystem (Jönsson 1976). Detta kan vara negativt för övervintringen och den fortsatta tillväxten under våren, då växten under den tidpunkten är beroende av sin reservnäring för tillväxt då mycket biomassa gått förlorad under vintern. Det är dock viktigt att ta i beaktande att Sverige är ett geografiskt avlångt land med stora variationer i klimat och odlingsförutsättningar. Ett system med flera skördar kan därför vara mer lämpligt i de sydliga delarna av landet, där växtsäsongen är längre, jämfört med längre norrut.

Försök från Kanada har också visat att skördesystem med många skördar generellt sett ökar risken för utvintringsskador. Å andra sidan har inte alla försöksplatser visat på samma trend, och resultaten har dessutom varierat mellan olika år (Bélanger et al. 1999). De otydliga slutsatserna tyder på att det finns stora lokala och årliga variationer, vilket försvårar möjligheten att skapa tydliga riktlinjer som kan tillämpas konsekvent år efter år.

Gödslingens effekt på övervintringen

Både Steineeck et al. (1991) och Webster och Ebdon (2005) beskriver hur hög kvävegödsling under hösten leder till sämre övervintring, jämfört med en lägre kvävegödsling. En stor kvävegiva leder till en lägre härdningsnivå. Däremot fann både Jönsson (1976) och Andersson (1973) att en stor kvävegiva leder till den största torrsubstansavkastningen i efterverkansskörden. Under år med god övervintring anser därför Jönsson (1976) att en stor kvävegiva är viktigare än växtens innehåll av reservnäring för att säkerställa vinteröverlevnad och god tillväxt under våren. Det går dock inte att veta på förhand hur vintern kommer att vara och därför kan det även vara viktigt att ta växtens innehåll av reservnäring i beaktande.

Kaliumgödsling verkar däremot vara betydelsefullt för växternas övervintring då kalium skyddar växterna från oxidativ skada orsakad av ROS (Webster & Ebdon 2006). En större kaliumgiva än den nuvarande rekommenderade skulle därför, med hänsyn till övervintring, kunna bidra till en förbättrad övervintring.

Stubbhöjd och betespåverkan

Hagsand och Landström (1981) fann att en högre stubbhöjd är positivt för övervintringen, vilket skulle kunna förklaras av att en avslagning med lägre stubbhöjd på vallen leder till en större uttömning av reservnäringen än en avslagning med högre stubbhöjd. En växt med liten bladyta är också mer beroende av sin reservnäring för tillväxt (Ward & Blaser 1961). Även Fagerberg (1979) och Andersson (1973) har visat att en hög stubbhöjd kan leda till en större torrsubstansavkastning efterverkansskörden jämfört med en låg stubbhöjd. Däremot fann Fagerberg (1979) ingen motsvarande effekt för blåusern. En hög stubbhöjd bidrar också till att mer biomassa lämnas kvar, vilken kan fungera isolerande och skydda tillväxtpunkten.

Bete påverkar övervintringen negativt gentemot en avslagning enligt Frankow-Lindberg (1988). Vid lämplig betesplanering anses dock inte påverkan vara lika negativ. Detta beror på att det främst är trampsador som uppkommer under bete vid ogynnsam väderlek. Trampskadorna leder till en ökad mottaglighet för sjukdomar, vilket i sin tur orsakar den sämre övervintringen. Rödklöver har visat sig vara särskilt känslig för bete, vilket kan bero på att de potentiella trampskadorna försvagar klöverplantan och skapar ingångar för patogener, såsom rotröta, att angripa växten. Rödklövern har sina tillväxtpunkter koncentrerade vid rothalsen, vilket kan jämföras med vitklöver som tillväxer med hjälp av stoloner och således har tillväxtpunkterna utspridda över en större yta. Därmed har vitklöver en större förmåga att växa ifrån bland annat trampsador, vilket kan förklara dess större tolerans mot bete jämfört med rödklöver.

Klimatförändringarnas påverkan på övervintringen

Ett förändrat klimat väntas förändra förutsättningarna för växternas vinteröverlevnad. En slutsats har varit att då härdningen sker då dagarna är kortare och temperaturen varmare, leder det till en försämrad frosttålighet och minskad fotosyntesaktivitet. Extra intressant att observera är att under dessa förhållanden förlorar de nordliga sorterna sitt övertag gentemot sydliga i fråga om ökad frosttålighet (Dalmannsdottir et al. 2017). Sunde (u.å.) framhåller också att varmare temperaturer leder till att reservnäringen minskar snabbare. I kontrast till detta har Qian et al (2024) funnit att härdningsförhållandena i Kanada förväntas förbättras under perioden 2050–2070, då antalet dagar med temperaturer under 5 grader under höstens härdningsperiod beräknas öka. Samtidigt förväntas skador orsakade av uppfrysning och långvariga istäckan öka, vilket innebär att effekterna av klimatförändringarna kan vara komplexa och regionalt varierande.

Praktiska implikationer och framtida forskning

En stor del av den forskning som refereras till i denna litteraturstudie är från innan 2000-talet. Eftersom klimatförändringarna successivt förändrar odlingsförutsättningarna kan tidigare rekommendationer behöva omvärderas. Nya studier som undersöker skördetidpunktens effekter under dagens klimatförhållanden är därför nödvändiga för att säkerställa att råd till lantbrukare är aktuella och anpassade till förändrade vädermönster. En möjlig strategi för att möta de nya odlingsförutsättningarna kan vara att anpassa sig efter odlingsrekommendationer från länder med ett varmare klimat, såsom Danmark eller Tyskland.

Ett exempel som understryker behovet av ny forskning är resultatet från Hallings (2010) studie, där det framkom att ett fyrskördesystem, där sista skörden av engelskt rajgräs togs i oktober, resulterade i en minskad efterverkansskörd jämfört med ett treskördesystem där sista skörden togs under olika tidpunkter i september. Detta skiljer sig från äldre studier från 1970- och 1980-talet, där september identifierade sig vara en olämplig skördetidpunkt. Beror denna skillnad på klimatförändringar som har påverkat vallens övervintring, eller är det bara en enskild avvikelse i en enskild studie?

Reflektion över arbetet

En utmaning i detta arbete har varit att det fanns begränsat med vetenskapliga artiklar som specifikt undersöker övervintring ur ett svenskt perspektiv. Därför har även rapporter, böcker och konferenssammanställningar använts som komplement till de vetenskapliga artiklarna, i syfte att besvara studiens frågeställning.

4. Slutsatser

- September har generellt varit en kritisk period för vallskörd, då en skörd under denna tid riskerar att försämra övervintringen och minska torrsubstansavkastningen i efterverkansskörden. Den exakta tidpunkten då skörd bör undvikas varierar dock mellan både år och geografiska platser. Den kritiska perioden för vallskörd är kopplad till när växtens tillväxt upphör. För att optimera övervintringen bör skörden ske antingen före eller efter den kritiska perioden, där båda tidpunkterna har sina respektive för- och nackdelar.
- Kraftig kvävegödsling försämrar hårdningen och därmed vallens övervintringsförmåga, men kan under år med god övervintring öka torrsubstansavkastningen i efterverkansskörden.
- Kaliumgödsling ökar växternas övervintringsförmåga.
- Bete kan påverka övervintringsförmågan mer negativt jämfört med en motsvarande avslagning, särskilt under perioder med ogynnsam väderlek då vallen riskerar att drabbas av trampsador.
- En hög stubbhöjd är positiv för övervintringen och kan leda till ökad efterverkansskörd för timotej, ängssvingel och rödklöver. För blåusern har dock ingen sådan trend kunnat påvisas.
- Ett framtida förändrat klimat väntas förändra möjligheterna för hårdning och vinteröverlevnad av vallen. En senarelagd inledning av hårdningsprocessen kan leda till försämrad frosttålighet, vilket ökar risken för vinterskador. Förändrade vädermönster med färre köldperioder och kortare perioder med snötäcke påverkar också växternas vinteröverlevnad.
- Nya studier behövs för att undersöka övervintringen i ett förändrat klimat.

Sammanfattningsvis visar dessa slutsatser att övervintringen påverkas av flera faktorer, där skördetidpunkt, gödsling, bete, stubbhöjd och klimat spelar en central roll. Fortsatt forskning behövs för att säkerställa lämpliga skötselåtgärder av vallen.

Referenser

- Andersson, S. (1984). *Skördetidens inverkan på vallens övervintring*. Sveriges lantbruksuniversitet. Rörbäcksdalen meddelar 10.
- Andersson, S. (1973). *Skördetidens och kvävegödslingens inverkan på vallens övervintring*. Sveriges lantbruksuniversitet. Försöksavdelningen för norrländsk växtodling.
- Andrews, C.J. & Pomeroy, M.K. (1979). Toxicity of anaerobic metabolites accumulating in winter wheat seedlings during ice encasement. *Plant Physiology*. 64(1), 120–125. <https://doi.org/10.1104/pp.64.1.120>
- Baur-Höch, B., Machler, F. & Nösberger, J. (1990). Effect of carbohydrate demand on the remobilization of starch in stolons and roots of white clover (*Trifolium repens* L.) after defoliation. *Journal of Experimental Botany*. 41(5), 573–578. <https://doi.org/10.1093/jxb/41.5.573>
- Bélanger, G., Kunelius, T., McKenzie, D., Papadopoulos, Y., Thomas, B., McRae, K., Fillmore, S. & Christie, B. (1999). Fall cutting management affects yield and persistence of alfalfa in Atlantic Canada. *Canadian Journal of Plant Science*. 79(1), 57–63. <https://doi.org/10.4141/P98-035>
- Bélanger, G., Castonguay, Y., Bertrand, A., Dhont, C., Rochette, P., Couture, L., Drapeau, R., Mongrain, D., Chalifour, F.-P. & Michaud, R. (2006). Winter damage to perennial forage crops in eastern Canada: Causes, mitigation, and prediction. *Canadian Journal of Plant Science*. 86(1), 33–47. <https://doi.org/10.4141/P04-171>
- Boswell, V.R. (1923). Dehydration of certain plant tissues. *Botanical Gazette*. 75(1), 86–94. <https://doi.org/10.1086/333138>
- Cakmak, I. (2005). The role of potassium in alleviating detrimental effects of abiotic stresses in plants. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*. 168(4), 521–530. <https://doi.org/10.1002/jpln.200420485>
- Chen, T.H.H. (1994). Plant adaptation to low temperature stress. *Canadian Journal of Plant Pathology*. 16(3), 231–236. <https://doi.org/10.1080/07060669409500760>
- Collins, M., Nelson, C.J., Moore, K.J. & Barnes, R.F. (2018). *Forages: The science of grassland agriculture*. Seventh edition, Wiley Blackwell.
- Crawford, R.M. (2003). Seasonal differences in plant responses to flooding and anoxia. *Canadian Journal of Botany*. 81(12), 1224–1246. <https://doi.org/10.1139/b03-127>
- Dalmanndottir, S., Østrem, L. & Larsen, A. (2012). Effect of water saturation of soil on winter survival of red clover (*Trifolium pratense*) and timothy (*Phleum pratense*) in Norway. *Grassland Science in Europe*. 17, 103–105. https://www.europeangrassland.org/fileadmin/documents/Infos/Printed_Matter/Proceedings/EGF2012.pdf
- Dalmanndottir, S., Jørgensen, M., Rapacz, M., Østrem, L., Larsen, A., Rødven, R. & Rognli, O.A. (2017). Cold acclimation in warmer extended autumns impairs freezing tolerance of perennial ryegrass (*Lolium perenne*) and timothy (*Phleum pratense*). *Physiologia Plantarum*. 160(3), 266–281. <https://doi.org/10.1111/ppl.12548>
- De Booysen, P.V. & Nelson, C.J. (1975). Leaf area and carbohydrate reserves in regrowth of tall fescue. *Crop Science*. 15(2), 262–266. <https://doi.org/10.2135/cropsci1975.0011183X001500020036x>
- De Booysen, P., Tainton, N.M. & Scott, J.D. (1963). Shoot-apex development in grasses and its importance in grassland management. *Herbage Abstracts*. 33(4), 209–213. <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/pdf/10.5555/20063042594>

- Dhont, C., Castonguay, Y., Avice, J. & Chalifour, F., (2006a). VSP accumulation and cold-inducible gene expression during autumn hardening and overwintering of alfalfa. *Journal of Experimental Botany*. 57(10), 2325–2337. doi:10.1093/jxb/erj204.
- Dhont, C., Castonguay, Y., Nadeau, P., Bélanger, G., Drapeau, R., Laberge, S., Avice, J.-C. & Chalifour, F.-P. (2006b). Nitrogen Reserves, Spring Regrowth and Winter Survival of Field-grown Alfalfa (*Medicago sativa*) Defoliated in the Autumn. *Annals of Botany*. 97 (1), 109–120. <https://doi.org/10.1093/aob/mcj006>
- Eagles, C.F. & Williams, J. (1992). Hardening and dehardening of *lolium perenne* in response to fluctuating temperatures. *Annals of Botany*. 1992(70), 333–338. <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.aob.a088482>
- Engqvist, G. (2002). *Sjukdomar på vallbaljväxter*. [Broschyr]. Faktablad om växtskydd. Sveriges lantbruksuniversitet. https://pub.epsilon.slu.se/4788/1/Faktablad_om_vaxtskydd_113J.pdf [2025-03-13]
- Fagerberg, B. (1979). *Blad- och stjälktillväxt hos vallbaljväxter samt stubbhöjdens betydelse vid vallskörd: Leaf and stem development in forage legumes and the effect of cutting height on herbage production*. Sveriges lantbruksuniversitet. Institutionen för växtodling. Rapport 73.
- Frankow-Lindberg, B. (1985). *Betning och slåtter av slåttervallens återväxt: inverkan av intensiteten i utnyttjandet på vallens avkastning, kvalitet samt övervintringsförmåga*. Sveriges lantbruksuniversitet. Institutionen för växtodling. Rapport 146.
- Frankow-Lindberg, B., Salomonsson, L. & Torstensson, A. (1997). Assimilate partitioning in three white clover cultivars in the autumn, and the effect of defoliation. *Annals of Botany*. 79(1), 83–87. <https://doi.org/10.1006/anbo.1996.0306>
- Graber, L.F. (1927). *Organic food reserves in relation to the growth of alfalfa and other perennial herbaceous plants*. Agricultural Experiment Station of the University of Wisconsin. Research bulletin 80.
- Gusta, L.V. & Fowler, D.B. (1976). Effects of temperature on dehardening and rehardening on winter cereals. *Canadian Journal of Plant Science*. 56(3), 673–678. <https://doi.org/10.4141/cjps76-107>
- Guy, C.L. (1990). Cold acclimation and freezing stress tolerance: role of protein metabolism. *Annual review of plant physiology and plant molecular biology*. 41(1), 187–223. <https://doi.org/10.1146/annurev.pp.41.060190.001155>
- Hagsand, E. & Landström, S. (1981). *Slåtterteknikens inverkan på vallens avkastning och övervintring i norra Sverige*. Sveriges lantbruksuniversitet. Institutionen för växtodling. 92.
- Halling, M. (1986). Growth of timothy and red clover in relation to weather and time of autumn cutting 1. Yield and initial relative growth rate subsequent spring. *Swedish Journal of Agricultural Research*. 153–160.
- Halling, M. (1988b). Growth of timothy and red clover in relation to weather and time of autumn cutting 2. Storage carbohydrates in autumn and spring. *Swedish Journal of Agricultural Research*. 18, 1–9.
- Halling, M. (1993). *Autumn treatment of perennial ryegrass (Lolium perenne L.)*. (Lantbruksväxternas övervintring, teorier och testmetoder). Sveriges lantbruksuniversitet. Institutionen för norrländsk jordbruksvetenskap. 11.
- Halling, M. (1994). *Övervintring av jordbruksgrödor*. [Faktablad Mark/växter] Sveriges lantbruksuniversitet. Institutionen för växtodlingslära. 15.
- Halling, M. (2010). *Slutrapport över projektet H0541183, Samband mellan skördetid och övervintring i engelskt rajgräs*. Sveriges lantbruksuniversitet. Institutionen för Växtproduktionsekologi.

- Halling, M. (1988a). Effect of autumn cutting time on shoot density of timothy in autumn and spring. 1: Halling, M. Influence on autumn cutting time and weather on growth potential and growth of timothy (*Phleum pratense* L.) and red clover (*Trifolium pratense* L.). Swedish University of Agricultural Sciences. Dept. of Crop Production Science. Crop Production Science 1, 58-73.
- Hedlund, T. (1936). *Våra vallgräs. Med särskild hänsyn till deras näringsupptagande*. 9-30.
- Howell, G.S. & Weiser, C.J. (1970). Fluctuations in the cold resistance of apple twigs during spring dehardening. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. 95(2), 190–192.
<https://doi.org/10.21273/JASHS.95.2.190>
- Höglind, M. (1996). Övervintring av klöver/gräsvall. Sveriges lantbruksuniversitet. Ekologiskt lantbruk 20, 223–231.
- Jordbruksverket (2011). *Jordbruket i siffror: åren 1866-2007*.
<https://jordbruksverket.se/download/18.7d191a0317b2dcce63388e18/1628781102867/Jordbruket%20i%20siffror%201866-2007.pdf>
- Junttila, O., Svenning, M.M. & Solheim, B. (1990). Effects of temperature and photoperiod on vegetative growth of white clover (*Trifolium repens*) ecotypes. *Physiologia Plantarum*. 79(3), 427–434.
<https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.1990.tb02098.x>
- Jönsson, N. (1976). *Vallgräsens näringsreserver—studium av faktorer som inverkar på upplagring och utnyttjande*. Sveriges lantbruksuniversitet. Institutionen för växtodling. 45.
- Langvall, O. (2025). *Växternas växtsäsong*. Sveriges lantbruksuniversitet.
<https://www.slu.se/centrumbildningar-och-projekt/svenska-fenologinatverket/indikator/> [2025-03-07]
- Levitt, J. (1980). *Limits of low-temperature tolerance. I: Chilling, freezing, and high temperature stresses*. 1, 67–78. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-445501-6.50009-9>
- Lukezic, F.L., Bloom, J.R. & Levine, R.G. (1969). Influence of top removal on the carbohydrate levels of alfalfa crowns and roots grown in a gnotobiotic environment. *Canadian Journal of Plant Science*. 49(2), 189–195.
<https://doi.org/10.4141/cjps69-032>
- Nissinen, O. (2000). *Övervintring av vallar*. Sveriges lantbruksuniversitet. Rapport från 10:e regionala lantbrukskonferensen för norra Sverige den 14-15 mars 2000, Umeå.
- Olsson, Y. (2024). *Jordbruksmarkens användning. Preliminär statistik*.
<https://jordbruksverket.se/om-jordbruksverket/jordbruksverkets-officiella-statistik/jordbruksverkets-statistikrapporter/statistik/2024-05-16-jordbruksmarkens-anvandning-2024.-preliminar-statistik> [2025-03-11]
- Parent, C., Capelli, N., Berger, A., Crèvecœur, M. & Dat, J.F. (2008). An overview of plant responses to soil waterlogging. *Plant stress*,
https://www.researchgate.net/publication/278810941_An_Overview_of_Plant_Responses_to_Soil_Waterlogging
- Qian, B., Jing, Q., Jégo, G., Bélanger, G., Smith, W., VanderZaag, A., Shang, J., Liu, J., Grant, B. & Crépeau, M. (2024). Warmer future climate in Canada—implications for winter survival of perennial forage crops. *Canadian Journal of Plant Science*. 104(4), 320–335.
<https://doi.org/10.1139/cjps-2023-0192>
- Richard, C. & Martin, J.-G. (1993). The influence of *Fusarium oxysporum* f. sp. *medicaginis* on total soluble-sugar concentration of infected alfalfa roots. *Canadian Journal of Plant Science*. 73(2), 647–649.
<https://doi.org/10.4141/cjps93-086>

- Roland, J. (1976). *Skördeteknik i slåttervall: en litteraturöversikt*. Lantbrukshögskolan. Institutionen för växtodling. Rapporter och avhandlingar 50.
- Rufelt, S. (1979). *Klöverns rotröta: förekomst, orsaker och betydelse i Sverige*. Sveriges lantbruksuniversitet. Institutionen för växt- och skogsskydd. Jordbruk 9.
- Russell, W.E., Olsen, F.J. & Jones, J.H. (1978). Frost heaving in alfalfa establishment on soils with different drainage characteristics. *Agronomy Journal*. 70(5), 869–872.
<https://doi.org/10.2134/agronj1978.00021962007000050038x>
- Sakai, A. (1970). Mechanism of desiccation damage of conifers wintering in soil-frozen areas. *Ecology*. 51 (4), 657–664. <https://doi.org/10.2307/1934045>
- Schultze, L., Keskitalo, C., Bohman, I., Johannesson, R., Kjellström, E., Larsson, H., Vulturius, G., Sofie, S. & Elisabet, L. (2022). *Första rapporten från Nationella expertrådet för klimatanpassning*.
<https://klimatanpassningsradet.se/download/18.18f5a56618fc9f08e8344e56/1718356293414/Rapport%20fr%C3%A5n%20Nationella%20expertr%C3%A5det%20f%C3%B6r%20klimatanpassning%202022.pdf>
- Siminovitch, D. & Scarth, G.W. (1938). A study of the mechanism of frost injury to plants. *Canadian Journal of Research*. 16c(11), 467–481.
<https://doi.org/10.1139/cjr38c-043>
- Smith, D. (1964). Winter injury and the survival of forage plants. *Herbage abstract*. 34, 203-209.
- Smith, D. (1974). Growth and development of timothy tillers as influenced by level of carbohydrate reserves and leaf area. *Annals of Botany*. 38(3), 595–606. <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.aob.a084845>
- Steineck, S., Djurberg, L. & Ericsson, J. (1991). *Stallgödsel*. Sveriges lantbruksuniversitet. Speciella skrifter 43.
- Steponkus, P.L. (1971). Cold acclimation of *Hedera helix*: Evidence for a two phase process. *Plant Physiology*. 47(2), 175–180.
<https://doi.org/10.1104/pp.47.2.175>
- Sunde, M. (u.å.). Effects of temperature on frost hardening and carbohydrate content in timothy and red clover. *Jordbruksväxternas övervintring, teorier och testmetoder, Föredrag vid NJF-seminarium nr 22 10–12 maj, Umeå*. s. 11-17.
- Svensson, K. (1973). *Skördemetodens, stubbhöjdens och skördetidens inflytande på slåttervallens återväxt och övervintring*. Sveriges lantbruksuniversitet. Institutionen för arbetsmetodik och teknik.
- Thorsen, S.M., Roer, A.-G. & Oijen, M.V. (2010). Modelling the dynamics of snow cover, soil frost and surface ice in Norwegian grasslands. *Polar Research*. 29(1), 110–126. <https://doi.org/10.1111/j.1751-8369.2010.00157.x>
- Tidåker, P., Rosengqvist, H., Gunnarsson, C. & Bergkvist, G. (2016). *Räkna med vall. Hur påverkas ekonomi och miljö när vall införs i spannmålsdominerade växtföljder?* Institutionen för jordbruks- och miljöteknik. Lantbruk & Industri 445. <http://ri.diva-portal.org/smash/get/diva2:1062177/FULLTEXT01.pdf>
- Vestman, G. (1992). *Trådklubba, gräsröta*. [Broschyr]. Faktablad om växtskydd. Sveriges lantbruksuniversitet.
https://www.slu.se/globalassets/ew/org/inst/ekol/faktablad/faktablad-vaxtskydd/faktablad_om_vaxtskydd_66j.pdf [2025-03-13]

- Wallenhammar, A.-C., Nilsdotter-Linde, N., Jansson, J. & Stoltz, E. (2014). *Rottröta påverkar uthålligheten hos vallbaljväxter*. Sveriges lantbruksuniversitet. Institutionen för växtproduktionsekologi. Rapport 18, 55–59.
https://pub.epsilon.slu.se/11042/7/nilsdotter_linde_n_etal_140306.pdf
- Wallenhammar, A.-C., Adolfsson, E., Engström, M., Henriksson, M., Lundmark, S., Roempke, G. & Ståhl, P. (2006). Field surveys of Fusarium root rot in organic red clover leys. *Grassland Science in Europe*. 11, 369–371
<https://www.cabidigitallibrary.org/doi/pdf/10.5555/20063101317>
- Ward, C.Y. & Blaser, R.E. (1961). Carbohydrate food reserves and leaf area in regrowth of orchardgrass. *Crop Science*. 1(5), 366–370.
<https://doi.org/10.2135/cropsci1961.0011183X000100050021x>
- Webster, D.E. & Ebdon, J.S. (2005). Effects of nitrogen and potassium fertilization on perennial ryegrass cold tolerance during deacclimation in late winter and early spring. *HortScience*. 40(3), 842–849.
<https://doi.org/10.21273/HORTSCI.40.3.842>
- White, L.M. (1973). Carbohydrate reserves of grasses: A Review. *Journal of range management*. (26(1), 13-18. <http://dx.doi.org/10.2307/3896873>
- Ylimäki, A. (1967). Root rot as a cause of red clover decline in leys in Finland. *Journal of the agricultural research center*. 6(1).
- Öhberg, H. (2004). *Klöverröta*. [Broschyr]. Faktablad om växtskydd. Sveriges lantbruksuniversitet. https://www.slu.se/globalassets/ew/org/inst/ekol/faktablad/faktablad-vaxtskydd/faktablad_om_vaxtskydd_123j.pdf [2025-03-13]
- Öhberg, H. & Bång, U. (2010). Biological control of clover rot on red clover by *Coniothyrium minitans* under natural and controlled climatic conditions. *Biocontrol Science and Technology*. 20(1), 25–36.
<https://doi.org/10.1080/09583150903337805>
- Öhberg, H., Ruth, P. & Bång, U. (2008). Differential responses of red clover cultivars to *Sclerotinia trifoliorum* under diverse natural climatic conditions. *Plant Pathology*. 57(3), 459–466.
<https://doi.org/10.1111/j.1365-3059.2007.01822.x>

Publicering och arkivering

Godkända självständiga arbeten (examensarbeten) vid SLU kan publiceras elektroniskt. Som student äger du upphovsrätten till ditt arbete och behöver i sådana fall godkänna publiceringen. I samband med att du godkänner publicering kommer SLU även att behandla dina personuppgifter (namn) för att göra arbetet sökbart på internet. Du kan närsomhelst återkalla ditt godkännande genom att kontakta biblioteket.

Även om du väljer att inte publicera arbetet eller återkallar ditt godkännande så kommer det arkiveras digitalt enligt arkivlagstiftningen.

Du hittar länkar till SLU:s publiceringsavtal och SLU:s behandling av personuppgifter och dina rättigheter på den här sidan:

- <https://libanswers.slu.se/sv/faq/228316>

☒ JA, jag, Linnea Månsson har läst och godkänner avtalet för publicering samt den personuppgiftsbehandling som sker i samband med detta

☐ NEJ, jag/vi ger inte min/vår tillåtelse till att publicera fulltexten av föreliggande arbete. Arbetet laddas dock upp för arkivering och metadata och sammanfattning blir synliga och sökbara.

Tack

Stort tack till mina handledare Nilla Nilsdotter-Linde och Magnus Halling, min
opponent Elin Eliasson samt min examinator Sigrun Dahlin för ert stöd och
vägledning under arbetet med denna uppsats.