



Slutrapport

Förbättrad lönsamhet i veteproduktionen genom förbättrad kvävestrategi

Projektnummer: O-16-20-761

Projekttidsperiod: 2017-01-01 – 2020-12-31

Huvudsökande:

Karin Hamner, Institutionen för mark och miljö, Sveriges Lantbruksuniversitet (SLU),
karin.hamner@slu.se

Medsökande:

Holger Kirchmann, Institutionen för mark och miljö, SLU

Martin Weih, Institutionen för växtproduktionsekologi, SLU

Ola Sixtensson, Hushållningssällskapet Skåne (medverkat i projektet t.o.m. 2017-04-01)

Anita Gunnarsson, Hushållningssällskapet Skåne (ersätter Ola Sixtensson i projektet fr.o.m.2017-04-01)

Gunilla Frostgård, Yara

Del 1: Utförlig sammanfattning

The objectives with the project was 1) to systematically investigate the effect of late nitrogen fertilization on yield and quality of winter wheat and 2) to investigate how much moisture or precipitation that is needed for dissolution of N fertilizers. The aim was to deepen the understanding of winter wheat potential to accumulate and translocate nitrogen (N) in late developmental stages, thereby enhancing the possibility to an optimized fertilization. The methods used in the project were a pot trial, a laboratory study and a two-year field trial. Results from pot- and field trials showed that winter wheat has the ability for efficient accumulation of N even in very late developmental stages (DC73-77), both for yield and protein formation, and that crop can compensate over time depending on N availability in soil. Under controlled and optimal conditions in greenhouse, 15N fertilization could clearly show that the crop could utilize a large proportion of added N, even if fertilization was made at or after

Projekt har fått finansiering genom:



flowering. Also in field trials, efficient use of late nitrogen applications was detected which indicates that results could be used also practical conditions. A lab study showed that N fertilizers requires 6-7 mm of precipitation for complete dissolution, but where more rain or soil moisture is needed to dilute and transport N to the root zone. It could also be shown that N fertilizers could be dissolved by only air moisture (hygroscopicity) if the relative humidity is high (>90%). In conclusion, N fertilization to winter wheat can be performed in an efficient way at or even after flowering, if followed by enough precipitation. This, together with weather forecasts, gives a basis for late decisions regarding additional fertilization. With increased possibilities to make a decision of complementary fertilization closer to harvest implies a better possibility for a more correct yield and protein assessment. The possibility to fertilize later in the growing season also increase the flexibility for the farmer. Together the results have contributed to improved possibility for optimized N addition and increased profitability.

Del 2: Rapporten (max 10 sidor)

Inledning

Kväve är oftast det mest begränsande växtnäringsämnet och tillförsel spelar en avgörande roll för att möjliggöra en hög skörd och för att få fram produkter av hög kvalitet. Tillförseln är också förenad med stora kostnader för lantbrukaren samt med risk för förluster. Att optimera kvävegödslingen är därför av stor vikt för att förbättra det ekonomiska utfallet för lantbrukaren och samtidigt minimera den negativa miljöpåverkan. Att delade kvävegivor kan vara ett effektivt sätt att öka skörd och framförallt proteinhalt i veteproduktionen har visats i många olika fältförsök i Sverige och också i internationella studier (e.g. Ottman et al., 200; Fuertes-Mendizabal, 2012). Medan de flesta av dessa tidigare försök har koncentrerat sig på tilläggsgödsling i samband med axgång eller tidigare i grödans utveckling så har försök och studier de senaste åren också visat att även gödslingar så sent som fram till blomning kan vara effektiva (e.g. Hansson, 2020). Fokus i dessa försök ligger ofta på att hitta optimala kvävenivåer och det har saknats systematiska studier som kan öka förståelse för grödans potential att ackumulera kväve i sena stadier och omvandla detta till skörd eller protein. En utökad kunskap kring detta kan förbättra lantbrukarens beslutsunderlag gällande tilläggsgödsling i sena stadier. Om vi kan gödsla närmare skörd så kan vi också på ett bättre sätt förutsäga skördepotentialen och därmed öka möjligheterna att optimera gödslingen. Vid sena gödslingar är det särskilt betydelsefullt att den tillförda näringen snabbt kan bli tillgängligt och kunna tas upp av grödan. Även om dagens kvävegödselmedel är lösliga så har det saknats kunskap kring mer exakta mått på hur mycket fukt och nederbörd som behövs för att kunna lösa upp och transportera ner kväve till rotzonen. Förbättrad kunskap kring detta gör att det bli enklare för lantbrukaren att, tillsammans med väderprognoser, veta när en tilläggsgödsling är motiverad och ger ett bättre underlag för att bedöma mängden restkväve i marken vid torrperioder.

Syftet med projektet har varit: 1) Att systematiskt samt under praktiska förhållanden undersöka om tillförsel av kväve i sena utvecklingsstadier hos vete kan öka skörden, förbättra kvaliteten och öka kväveeffektiviteten samt 2) att undersöka hur olika regnintensitet och markfukt påverkar upplösningen av kvävegödselmedel

Målet med projektet är att förbättra det ekonomiska utfallet i svensk höstveteodling (och i förlängningen även i andra grödor) genom att möjliggöra ytterligare optimering av kvävegödslingen. Genom att ta fram ny kunskap kring hur grödan svarar på kvävegödsling vid olika tidpunkter, kan lantbrukarens beslutsunderlag förbättras.

Material och metoder

Projektet har genomförts i tre delar: Systematiskt studie av olika kvävestrategier under optimala förhållanden i växthusförsök (del 1), ett labbexperiment för att studera upplösning av kvävegödselmedel (del 2) samt utvärdering av kvävestrategier och sena gödslingsgivor under praktiska förhållanden genom tvååriga fältförsök (del 3).

Del 1: Växthusförsök – potential för kväveupptag i sena utvecklingsstadier

I denna del var avsikten att systematiskt studera höstvetes potential till kväveupptag i sena utvecklingsstadier och utvärdera responsen (avkastning-och proteinhalt) under förhållanden där vatten eller andra faktorer inte begränsar N-upptaget. Kvävesorterna Praktik och Brons ingick och dessa sorter valdes ut p.g.a. sina delvis kontrasterande egenskaper och också efter resultat från en tidigare studie i ett relaterat projekt där olika sorter studerades specifikt (Lantmännen, projektnr 2016H041). De olika kvävebehandlingarna visas i Tabell 1 där kompletterande N-givor gavs vid olika utvecklingsstadier: innan axgång (DC45), full blomning (DC65), begynnande mjölkmodnad (DC73) respektive sen mjölkmodnad (DC77), led 2-5. Även led där kvävet delades upp i mindre delgivor (led 6) samt led med utökade givor i sena stadier ingick (7-8). För att specifikt kunna följa upptag och translokering av kväve i grödan från den sista gödslingen gjordes ¹⁵N-inmärkning vid det gödslingstillfället. Varje led bestod av fyra upprepningar och klippningar genomfördes i form av destruktiv provtagning vid olika tillfällen under grödans utveckling. Även klorofyllhalten i bladen (blad 1 och 2) mättes kontinuerligt med en SPAD-mätare för att på detta sätt få ytterligare information om plantornas N-status

Tabell 1. Gödslingsplan för krukförsök i sorterna Praktik och Brons. Gödsling skedde i form av näringslösning av NH_4NO_3 (DC13-37) resp. CaNO_3 (DC45-77). Mängderna är omräknade till kg N/ha

Led	DC13	DC30	DC37	DC45	DC65	DC73	DC77	Totalt
1	-	-	-	-		-		0
2	60	60	60	60*				240
3	60	60	60		60*			240
4	60	60	60			60*		240
5	60	60	60				60*	240
6	60	60	60	20	20	20*		240
7	60	60	60	60	60*			300
8	60	60	60	60	60	60*		360

*=inmärkning med N^{15}

Del 2: Laborationsexperiment – upplösning av kvävegödselmedel vid hög luftfuktighet samt vid nederbörd

Syftet med denna del var att studera upplösning av kvävegödselmedel när de utsätts för fuktig luft samt nederbörd. Studien genomfördes i form av ett examensarbete (Sigtryggsson, 2018). Upplösningshastigheter för mineralgödselmedel baserade på ammoniumnitrat (AxanTM) och kalciumnitrat (KalksalpeterTM) samt två rena referenssalter studerades i en hygroskopimätning samt genom regnsimulering. Hygroskopimätningen genomfördes i ≥ 90 % relativ luftfuktighet vid 25°C där hygroskopisiteten och gödselmedlens upplösning kunde mätas. Upplösning genom nederbörd studerades genom regnsimulering där vägning och salthaltsmätningar av passerat vatten möjliggjorde beräkningar av upplösningdynamiken.

Del 3: Fältförsök – sena kväveupptag under praktiska förhållanden

Syftet med denna del av projektet var att studera grödans möjligheter till sena kväveupptag under praktiska förhållanden. Upplägget var liknande som i del 1, men där

försöket flyttat ut i fält. Försök genomfördes på två platser, Hellegården utanför Kristianstad och Lanna försöksgård i Västergötland under två odlingsår, 2019 och 2020. Liksom i växthusförsöket genomfördes fältförsöken med de två vetesorterna Praktik och Brons. Försöken var upplagt som ett randomiserat blockförsök med totalt åtta block där fyra block bevattnades och fyra block lämnades obevattnade. Syftet med bevattningen var att säkerställa snabb tillgänglighet av tillfört gödselmedel och vattning skedde efter varje gödsling vid otillräcklig nederbörd. Gödslingsplan i Tabell 2. Kväveupptaget mättes under säsongen med en handburen N-sensor samt genom klippningar av biomassa. Även markfukten på 0-100 cm djup mättes cirka varannan vecka under säsongen. Vid mogen gröda skördades hela parcellerna samt genom klippningar där kärna och halm separerades. Alla prover analyserades på N/proteininnehåll, rymdvikt, tusenkornvikt etc.

Tabell 2. Gödslingsplan för fältförsök på Hellegården och Lanna år 2019 och 2020. Gödslingar fram till DC45 gjordes med Axan och därefter med Kalksalpeter.

Treatment	~DC24	DC37	DC45	DC65	DC73	DC77	Total N-giva
1	-	-	-	-	-	-	0
2	120	40	40				200
3	120	40		40			200
4	120	40			40		200
5	120	40				40	200
6	120	40	40	40			240
7	120	40	40	40	40		280
8	120	40	40	40	40	40	320

Resultat och diskussion

Del 1: Växthusförsök – potential för kväveupptag i sena utvecklingsstadier

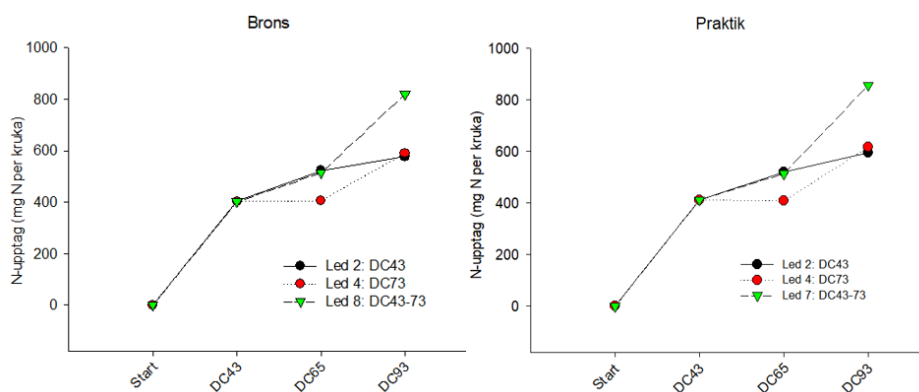
Avkastningsnivåer och kvävehalter vid olika kvävestrategier

Skördenivåerna vid de olika kvävebehandlingarna visade att sorten Brons gav signifikant högre skörd än Praktik och att skördenivån bibehölls på liknande nivå oavsett om sista gödslingen skedde i DC43 (referensled) eller fram till DC77 (inga signifikanta skillnader led 2-6). När totalgivan ökade (led 7 och 8) genom ytterligare tilläggsgödsling i DC65 respektive DC65+73 ökade skörden signifikant. Dessa resultat visar att sena kvävegivor, så sent som fram till sen mjölkmodnad (DC77) kan bidra till skördeupbyggnad under optimala förhållanden. Den ökade skörden kunde åtminstone till en del tillskrivas en högre tusenkornvikt vilket var särskild tydligt i sorten Praktik. Beräkningar av skördeindex visade att gödslingar i sena utvecklingsstadier (DC73-77) gav signifikant högre andel av biomassan i kärnorna (51-52 %) jämfört med referensledet (46 %). Detta indikerar att sena gödslingar innebär att en större andel av grödans biomassa hamnar i kärnan, något som innebär en högre effektivitet i mängd kärnskörd producerad per mängd tillfört N. Dessa skillnader var dock inte så stora att de resulterade i signifikanta öknings av skörd vid sena gödslingar. Analys av N-halterna i kärnorna visade att det vid samma totalgiva inte fanns några signifikanta skillnader i N-halt beroende på när sista tilläggsgödslingen gjordes. Högre total N-tillförsel medförde

tendens till högre N-halter, men dessa var inte signifikant skilda från referensledet (se vidare nedan).

Kvävedynamik under grödans utveckling – hög förmåga till kompensation

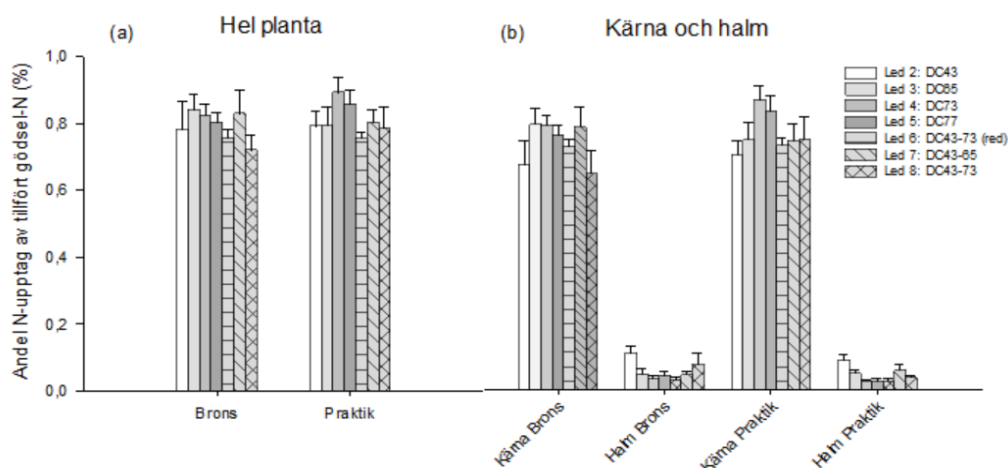
Beräkningar av upptaget N i ovanjordiska delar i olika utvecklingsstadiet visade på skillnader i upptag beroende på gödslingsstrategi, där behandlingar med gödning efter blomning hade ett signifikant lägre N-upptag vid blomning, men där istället mer kväve ackumulerades efter kompletteringsgödslingen och kompenserade då för det mindre upptaget tidigare under utvecklingen (Figur 1). Vid mogen skörd låg upptaget på ungefär samma nivå oavsett tidpunkt för N-tillförseln. Vid utökad total N-giva där tilläggsgödning skedde kontinuerligt under utvecklingen så visade också resultaten tydligt att N-upptaget fortsatte även efter blomningen och att det totala upptaget här blev signifikant större än för övriga led. Dessa resultat visar på att vetegrödan är opportunistisk och kan nyttja kväve vid olika tidpunkter beroende på när det finns tillgängligt.



Figur 1. Utveckling av N-upptag över tid vid kompletteringsgödsling i olika utvecklingsstadiet i krukförsök med sorterna (a) Brons och (b) Praktik. Led 2= sista gödning DC43; led 4=sista gödning i DC73; led 7=komplettering i DC43, 65 och 73 (ökad totalgiva).

Grödans kväveupptag av det sista tillförda kvävet – effektivt nyttjande vid sena givor

Resultaten från den sista gödselgivan, som var inmärkt med 15N, visade att en stor andel togs upp av plantorna oavsett gödningstidpunkt (Figur 2a). Det fanns tendenser till att andelen av gödselkvävet som togs upp avtog när gödningen gjordes så sent som i sen mjölkmodnad, vilket indikerar att gränsen för effektivt upptag går ungefär vid detta utvecklingsstadium. Liknande tendenser kunde även ses vid de riktigt höga gödselgivorna, särskilt i sorten Brons. Vidare kunde man även se att i de fall när sista givan gavs sent så allokerades en större andel av det tillförda kvävet i kärnan, jämfört med referensledet (Figur 2b). Detta stärker de andra resultaten och tydliggör att gödning med kväve i sena stadier är effektiva för att bygga skörd och få in kväve i kärnan. Även här ser man tydligt att vi mycket höga N-givor så blir andelen i kärnan lägre vilket tyder på att kärnan som kvävesänka är ”mättad” och inte förmår lagra in mer N. Detta är särskilt tydligt i sorten Brons som också är känd för att ha sämre förmåga att lagra in N i kärnan än Praktik.

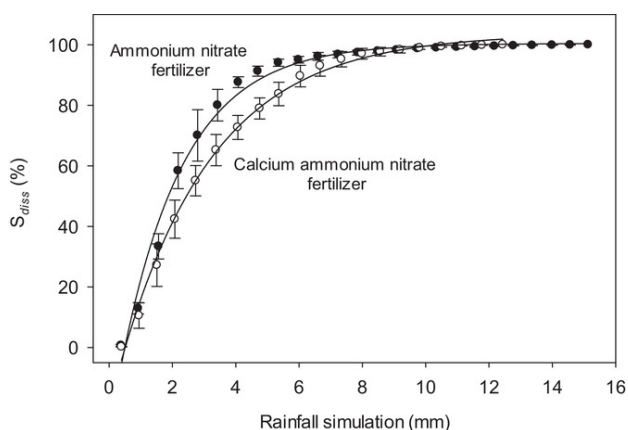


Figur 2a-b. Andel N-upptag av tillfört gödsel-N (%) vid sista gödsling i olika N-strategier för sorterna Brons och Praktik i kärnförsök, (a) Hel planta, (b) kärna respektive halm. Felstaplar indikerar standardavvikelser.

Del 2: Laborationsexperiment – upplösning av kvävegödselmedel

Hygroskopmätningarna visade att upplösningshastigheterna för de olika substanserna (näringsalter och granulerade gödselmedel) varierade och var snabbast för saltet ammoniumnitrat (2,3 h) följt av kalciumnitrat (4,3 h) och Axan, NS 27-4 (5,0 h). Markant längre tid tog upplösningen av kalksalpeter, CAN (21,1 h). Dessa resultat visar kvävegödselmedel har potential att lösas upp relativt snabbt under förhållanden med hög luftfuktighet, även utan nederbörd. Relativ luftfuktighet >90% förekommer stundtals under praktiska fältförhållanden (NOAA, 2016) och kan därmed ha betydelse för tidsuppskattningen för upplösning av kvävegödselmedel. Se Sigtryggsson 2018 och 2020 för detaljerade resultat.

Regnsimulering visade att det krävdes ca 2 mm nederbörd för att 50 % av gödselmedlens vikt skulle lösas upp (Axan och Ks). Fullständig upplösning krävde ca 6 mm (Axan) och 7 mm (Ks) simulerad nederbörd (Figur 3). Upplösning skedde vid så pass låga nederbördsmängder att saltkoncentrationen i markvattnet kan antas bli alltför hög för att möjliggöra växtupptag. Det krävs alltså utspädning med hjälp av befintlig markfukt eller ytterligare nederbörd för att kvävet ska bli växttillgängligt. Vidare krävs också en transport ner till rotzonen för att grödan ska kunna ackumulera det tillförda gödselkvävet. Ett examensarbete som låg utanför detta projekt, visade att ca 15 mm nederbörd till en styv lerjord ledde till att drygt 50% av tillfört nitratkväve återfanns i växttillgänglig form på 5 cm djup ett par dagar efter tillförsel (Lövstaf, 2020). Nederbördsmängden som krävs för att transportera ner kvävet till rötterna är beroende av jordart och fuktighetsförhållanden i marken innan tillförsel, men studierna indikerar att det behövs ca 10-15 mm nederbörd för att dels lösa upp gödselmedlet och därefter späda ut och transporterna ner en merpart till rotzonen.



Figur 3. Upplösning (% av substansvikt; S_{diss}) av Axan (NS27-4) respektive Kalksalpeter (CAN) vid simulerad nederbörd, intensitet 18 mm h^{-1} . Varje punkt motsvarar medelvärdet vid ett mätillfälle och innehåller fyra replikat; felstaplar indikerar standardavvikelse för varje medelvärde.

Del 3: Fältförsök – sena kvävegödslingar fungerar även i praktiken

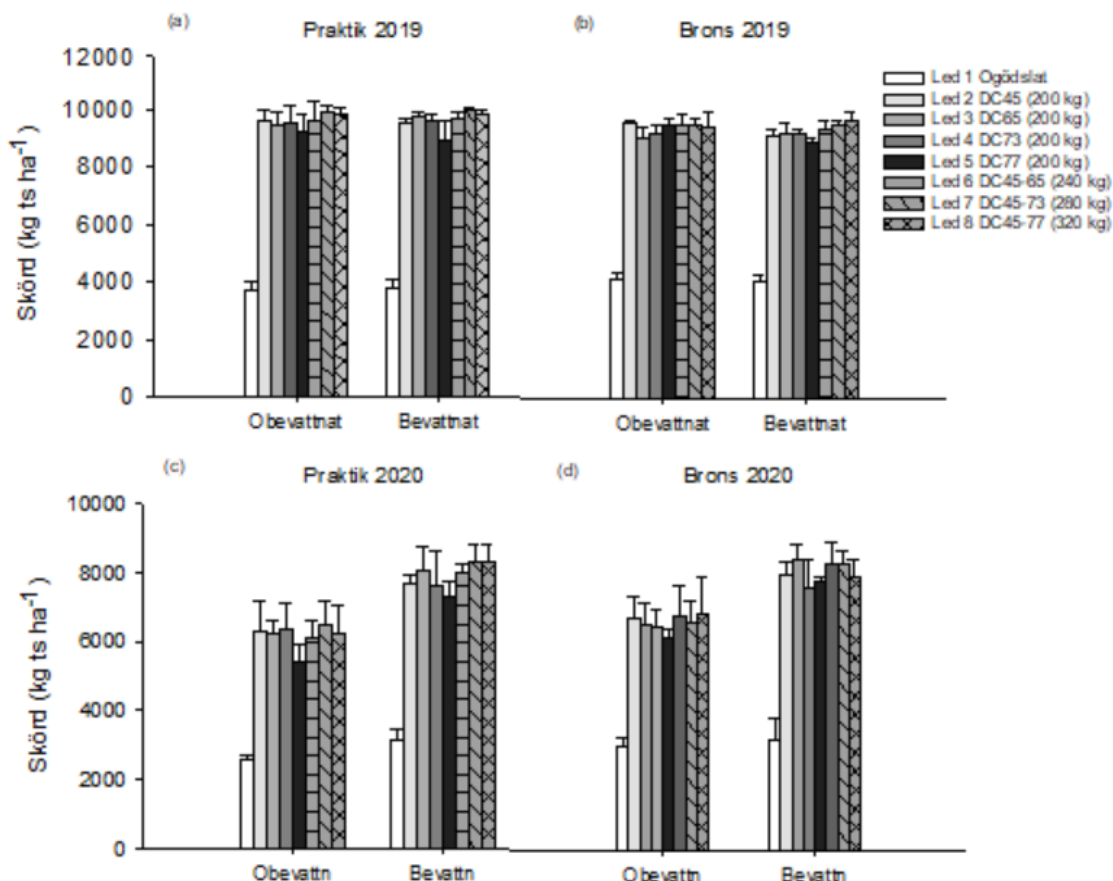
Säsongen 2019 präglades av återkommande nederbörd kontinuerligt under säsongen vilket medförde goda förutsättningar för gödselkvävet att lösas upp och transporteras ner till rötterna. Bevattningen medförde därför inget utslag i resultaten och data presenteras för dessa led ihopslagna. Säsongen var också präglad av höga restkvävenivåer i marken efter den torra och varma säsongen 2018. Under 2020 var det tidvis mindre nederbörd än 2019 vilket resulterade i större utslag för bevattningen. Resultaten redovisas här med obevattnade och bevattnade delar separerade.

Skörderesultat

Resultat från 3-vägs-ANOVA för 2019 visade att det fanns signifikanta skillnader i skörd mellan sorterna och även mellan N-behandlingarna, men inga skillnader mellan obevattnade och bevattnade led. De två vattenregimerna har därför analyserats tillsammans. Skördarna var höga och låg i gödslade led på ca 9 000-10 000 kg ts/ha. Sorten Brons avkastade signifikant mer än Praktik på båda platserna. I försöket på Lanna fanns inga signifikanta skillnader mellan N-gödslade led medan det led med senast N-gödsling (DC77) låg signifikant lägre i skörd än de två högsta N-givorna (9 092 kg ts respektive ca 9 900 kg ts) på Helgegården. För de olika tidpunkterna fanns inga signifikanta skillnader, men det fanns tendens till att ledet med gödsling i DC77 låg lägre än övriga tidpunkter (Figur 4a-b). Att det inte uppmättes större skillnader i skördenivåerna mellan tidpunkterna indikerar att grödan kunnat nyttja kvävet lika bra oavsett gödslingstidpunkt, åtminstone fram till DC73. Eftersom det inte fanns något led med lägre N-giva så är det svårt att helt utvärdera hur stor del av den sista gödselgivan som verkligen har utnyttjats av grödan.

För 2020 låg skördarna på betydligt lägre nivåer än för 2019, med variationer mellan 5 500 och 8 400 kg ts för de två platserna och N-behandlingarna. Liksom för 2019 fanns signifikanta skillnader mellan sorterna där Brons även detta år låg på en högre avkastningsnivå än Praktik och detta år resulterade även bevattningen i högre skördar (Figur 4c-d). Med hela datasetet (båda sorter samt vattenregimer) visade resultaten att

ledet med den senaste gödslingsstidpunkten (led 5; DC77) låg signifikant lägre i skörd än ett av de högst gödslade leden (led 7) på Hellegården, medan det på Lanna var referensledet (led 2; DC45) som låg lägst. När sorterna och vattenregimerna analyserades var för sig fanns däremot inga signifikanta skillnader mellan N-leden. Skillnaderna i skördenivå mellan leden var relativt stor (300-1 000 kg), men p.g.a. stora variationer inom led så kunde skillnaderna inte fastställas statistiskt. Skörderesultaten för Hellegården redovisas i Figur 4.

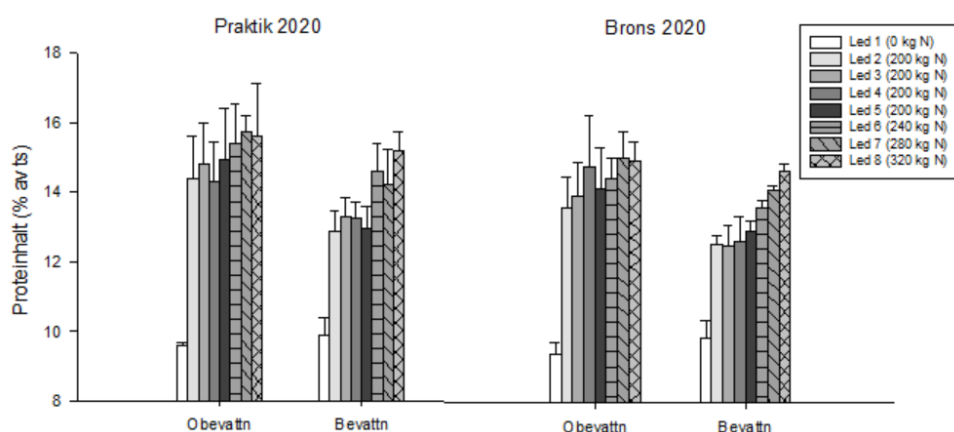


Figur 4a-d. Skördenivåer (kg ts/ha) för Hellegården 2019 och 2020 i sorterna Praktik och Brons vid olika N-strategier samt obevattnade och bevattnade led. Resultaten för Lanna var likartade. Felstaplar indikerar standardavvikelse.

Proteinhalter

I en jämförelse mellan åren så visar resultaten att proteinhalterna var lägre 2019 (12-14 % av ts) än 2020 (13,5-17% av ts; Figur 5), men trots de höga skördenivåerna 2019 låg proteinhalterna ändå relativt högt. Kväveupptaget i ogödslade led var också betydligt större 2019 än 2020 (40-54 kg respektive 63-70 kg N) vilket indikerar stor markleverans. För 2020 ledde bevattningen till lägre proteinhalter än obevattnade led vilket kan förklaras med högre skördar vid bevattning, men för 2019 kunde inga skillnader mellan vattenregimerna påvisas. För båda åren och båda försöksplatserna uppvisade Praktik högre proteinhalter än Brons. Resultaten för de olika N-

behandlingarna visade inte på några säkra skillnader för de olika tidpunkterna när den totala N-givan var densamma (led 2-5) vilket delvis berodde på stora variationer inom leden. Det fanns dock en tydlig tendens att när gödsling skedde i DC77 så blev proteinhalten lägre än för övriga tidpunkter, något som kunde observeras främst i Praktik. I Brons fanns istället tendens till att referensledet (led 2; DC45) resulterade i något lägre proteinhalter än om gödsling skedde i DC65 el 73. N-behandlingar med ökad totalgiva (led 6-8) ledde också till signifikant högre proteinhalter i jämförelse med den lägre givan, något som indikerar att även de riktigt sena N-givorna har kunnat ackumuleras av grödan.



Figur 5. Proteinhalter (% av ts) för Hellegården år 2020 vid olika kvävestrategier samt obevattnade och bevattnade led. Felstaplar indikerar standardavvikelse.

Kväveskörd och kväveeffektivitet

Det totala N-upptaget av tillfört gödsel-N låg på ca 145-165 kg i medeltal för båda åren och platserna och det fanns ingen signifikant skillnad i upptag mellan de olika gödslingstidpunkterna (led 2-5). År 2020 resulterade ökade totalgivor (led 7-8) i signifikant högre N-upptag, vilket visar på att upptaget fortsatte även i sena stadier vid ytterligare N-tillförsel. Detta kunde inte påvisas 2019 vilket inte är förvånande eftersom det inte skedde någon ökning i skörd eller proteinhalt vid ökade total-givor. Även för 2019 kan vi ändå anta att en viss del av den sista gödslingen har kunnat utnyttjas av grödan, med tanke på att en relativ stor mängd N också finns i rötterna och som inte finns med i beräkningarna.

Mängd av tillfört gödsel-N som återfanns i kärnan (N-skörd) låg på 123-143 kg. Det fanns inga signifikanta skillnader mellan sorterna gällande N-skörd. En lägre skörd i Praktik kompensades av en högre proteinhalt vilket medförde liknande N-skörd som i Brons. N-skörden var också densamma oavsett gödslingstidpunkt (led 2-5), men där en högre totalgiva medförde en större N-skörd år 2020 på motsvarande sätt som gällande det totala upptaget. Detta innebar vidare att N-effektiviteten, beräknad som N-skörd i kärna av tillfört gödsel-N låg på 41-63 % beroende på plats och år och där effektiviteten var liknande för de olika gödslingstidpunkterna, men där ökade totalgivor medförde en lägre effektivitet. Detta var särskilt påtagligt år 2019 vilket berodde på att ökade givor då inte resulterade i något ökat N-upptag. Resultat för N-effektiviteten år 2020 redovisas i Tabell 3. För Hellegården fanns inga skillnader i effektivitet mellan

obevattnade och bevattnade led. För 2019 uppnåddes liknande värden, med inga skillnader mellan sort eller vattenregim.

Tabell 3. N-effektivitet uttryckt som N-skörd (mängd N i kärna) i andel av tillfört gödsel-N (%). Data för försöksplatserna Helgegården respektive Lanna år 2020. (\pm = Standard Error)

N-led	<i>Helgegården</i>		<i>Lanna obevattnat</i>		<i>Lanna bevattnat</i>	
	N-eff. (%)	Sign.	N-eff. (%)	Sign.	N-eff. (%)	Sign.
2	60 \pm 0,02	cd	55 \pm 0,03	ab	69 \pm 0,02	b
3	62 \pm 0,02	d	58 \pm 0,03	b	68 \pm 0,02	b
4	56 \pm 0,02	bcd	54 \pm 0,03	ab	66 \pm 0,02	b
5	55 \pm 0,02	bcd	52 \pm 0,03	ab	65 \pm 0,02	b
6	53 \pm 0,02	bc	50 \pm 0,03	ab	59 \pm 0,02	ab
7	50 \pm 0,02	ab	45 \pm 0,03	ab	54 \pm 0,02	a
8	44 \pm 0,02	a	42 \pm 0,03	a	50 \pm 0,02	a

Kväveupptag under grödans utveckling

Kväveupptaget under säsongen mättes med N-sensor samt genom klippningar i utvalda parceller i samband med varje gödsling. Liksom för växthusförsöket så fanns det vissa skillnader i N-upptagets dynamik beroende på gödslingstidpunkterna, men de var här inte lika tydliga och det var svårt att påvisa signifikanta skillnader p.g.a stora variationer i mätvärden inom N-behandlingarna. De skillnader som fanns var större år 2020 än 2019, något som också var förväntat eftersom mängden tillgängligt N var större i ogödslade led och upptaget tidigt under säsongen var större år 2019.

Andelen av N som togs upp efter blomning var signifikant högre för 2020 (40-48%) än 2019 (31-34%) och dessa siffror visar återigen på ett relativt stort N-upptag i den senare delen av grödans utveckling.

Slutsatser

- Gödslingar så sent som i mjölkognadsstadiet kan nyttjas av höstvetegrödan för att bygga både skörd och protein vid tillräckligt med nederbörd efter gödsling. Resultat från både kär- och fältförsök indikerar att gödsling i sen mjölkognad verkar ge ett försämrat utnyttjande jämfört med gödslingar i tidigare stadier.
- Under optimala förhållanden med god vattentillgång kan en mycket stor del av tillfört N tas upp och translokeras till kärnan även vid mycket sen tillförsel.
- Höstvete har förmåga att kompensera för ett lägre upptag tidigare under säsongen om N blir tillgängligt/tillförs senare. Detta förutsatt att det finns ett väletablerat och välförsörjt bestånd i grunden.
- Vanligt förekommande N-gödselmedel som Axan och Kalksalpeter kräver 6-7 mm nederbörd för upplösning, men där en större mängd krävs för att bli tillgängligt för grödan (utspädning och transport).

Nytta för näringen och rekommendationer

Resultaten från detta projekt stärker det som indikerats i tidigare fältförsök, dvs att höstvete har förmåga till att ackumulera kväve sent under utvecklingen och där N-gödslingar även vid blomning och så sent som i mjölkognadsstadiet kan nyttjas för att

bygga både skörd och protein. Studien från växthus visade tydligt att höstvetegrödan är ”opportunistisk” och kan anpassa N-upptaget beroende på tillgång vid olika tidpunkter utan att detta har någon negativ påverkan på skörden så länge tillräckliga mängder fukt finns tillgängligt. Detta kunde delvis visas också under praktiska fältförhållanden, även om det där var svårare att få fram tydliga skillnader i upptag beroende på gödslingstidpunkt. Detta förutsätter dock att det finns ett väletablerat bestånd med bra bestockning.

Projektet har bidragit till en förbättrad förståelse för hur förmågan hos höstvetete att ackumulera N ser ut och dessa resultat kan direkt implementeras i praktiska råd till lantbrukare. Tillsammans med aktuella väderprognoser kan en bra bedömning göras hurvida en kompletteringsgödsling i sena stadier är motiverat vilket skapar bättre förutsättningar för en optimerad gödsling. Om vi vet att vi har möjlighet att komplettera sent så förbättrar det möjligheterna att optimera tillförseln eftersom skördeprediktionen blir bättre ju närmare skörd vi kommer. Det skapar också en större flexibilitet i odlingen där en utebliven gödsling i tidigare stadier i viss mån kan kompenseras med en sen gödsling.

I detta projekt ingick två sorter där vissa skillnader i N-upptag kunde påvisas, men inte med några tydliga skillnader. Nya sorter framkommer hela tiden på marknaden och det kan behöva göras kompletterande studier på hur också nya sorter beter sig för att förbättra underlaget ytterligare. Det fanns relativt stora skillnader i proteinhalter mellan sorterna, men N-dynamiken under säsongen var likartad. Detta kan behöva undersökas i flera sorter för att få fram ett bättre underlag kring variationerna mellan sorter. För att få ett bättre underlag kring utnyttjande av N i olika stadier under praktiska förhållanden kan det med fördel också genomföras fler fältförsök där också lägre N-givor ingår. Det var tydligt att grödan både i kärl- och fältförsök utnyttjade den sist tillförda givan, men i fältförsöken kunde andelen som utnyttjades och därmed effektiviteten av den sista gödslingen inte helt fastställas.

Referenser

- Fuertes-Mendizabal T, Gonzalez-Murua C, Gonzalez-Moro M.B., Estavillo J.M. 2012.** Late nitrogen fertilization affects nitrogen remobilization in wheat. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 175:115-124.
- Hansson, G. 2020.** Kvävestrategi i höstvetete. *Sverigeförsöken 2020 – Försöksrapport*, s. 41-44. *Hushållningssällskapet*.
- Lövstaf, E. 2020.** *Applicering av kväve i fast och flytande form: effekt på växttillgänglighet i åkermark*. Examensarbeten, Institutionen för mark och miljö, SLU 2020. Agronomprogrammet mark/växt. <https://stud.epsilon.slu.se/16556/>
- NOAA. 2016.** *State of the climate: National climate report – August 2016*. Retrieved from <https://www.ncdc.noaa.gov/sotc/national/201608/supplemental/page-6>
- Ottman M.J., Doerge T.A., Martin, E.C. 2000.** Durum grain quality as affected by nitrogen fertilization near anthesis and irrigation during grain fill. *Agronomy Journal*, 92:1035-1041.
- Sigtryggsson, C. 2018.** *Dissolution rates of mineral nitrogen fertilizers: effects of moisture and precipitation*. Examensarbeten, Institutionen för mark och Miljö, SLU, 2018:19. Agronomprogrammet mark/växt. <https://stud.epsilon.slu.se/14004/>
- Sigtryggsson, C., Hamnér K., Kirchmann H. 2020.** Laboratory studies on dissolution of nitrogen fertilizers by humidity and precipitation. *Agricultural & Environmental Letters*, vol 5:1, e20016 (Open access). DOI: 10.1002/ael2.20016

Del 3: Resultatförmedling

Ange resultatförmedling av projektet, inklusive titel, referens, datum, författare/talare, och länk till presentation eller publikation om tillämpligt. Planerade publiceringar (med preliminära titlar) ska ingå i tabellen. Ytterligare rader kan läggas till i tabellen.

Vetenskapliga publiceringar	Sigtryggsson, C., Hamnér K., Kirchmann H. 2020. Laboratory studies on dissolution of nitrogen fertilizers by humidity and precipitation. <i>Agricultural & Environmental Letters</i> , vol 5:1, e20016 (Open access). DOI: 10.1002/ael2.20016
	Hamnér, K., Weih M., Kirchmann H. Systematic study on nitrogen accumulation and translocation in winter wheat at different developmental stages for optimized fertilization. <i>Manuskript under bearbetning</i> .
	Hamnér, K., Weih M., Gunnarsson A., Henriksson T. Influence of late N fertilization on product quality and yield in winter wheat under practical conditions. <i>Manuskript under bearbetning</i> .
Övriga publiceringar	Sigtryggsson, C., Hamnér K. 2019. Hur mycket regn eller fukt behövs för att lösa upp tillfört kvävegödsel? <i>Arvensis</i> , nr 1 2019, Hushållningssällskapet.
Muntlig kommunikation	Fältforsk - Ämneskommitte Växtnäring 20 november 2017. https://www.ffe.slu.se/Webdata/\$agenda/20171121-163812.pdf
	Cerealtekniska arbetsgruppen 1 december 2017
	Sustainable Intensification of Agriculture – Workshop SLU, 31 januari 2018. https://www.slu.se/globalassets/ew/org/inst/mom/news/2018/final-sia-workshop-overview.pdf
	Berte kvarn – lantbrukarmöte, 15 februari 2019
	Växjö möte – regional växtodlingskonferens, 11 december 2019. https://www.slu.se/ew-kalender/2019/12/vaxjomotet-2019/
	Mellansvensk växtodlingskonferens (digitalt), 19 januari 2021. http://www.forsoken.se/Konferens/Mellansvenska/2020/2020.htm

Studentarbete	Sigtryggsson,C. 2018. <i>Dissolution rates of mineral nitrogen fertilisers: effects of moisture and precipitation</i> . Examensarbeten, Institutionen för mark och Miljö, SLU, 2018:19. Agronomprogrammet mark/växt. https://stud.epsilon.slu.se/14004/
Övrigt	