

Slutrapport: Prognosverktyg för kvävegödsling av höstvetete (Dnr SLF 222/99; Projektnr 9933048)

Projektledare: Karin Blombäck, Inst. för markvetenskap, SLU

Bakgrund

Det är allmänt vedertaget att vädret har starkt inflytande på en grödas utvecklingshastighet, potentiella tillväxt och kvävebehov liksom markens kvävelevererande förmåga. I flera försök har en stark koppling mellan vädret och grödans utnyttjande av tillförd växtnäring visats (Andersson, 1987; Pettersson m fl., 1993; Flink m fl., 1995; Blombäck m fl., 2007). I dagsläget erbjuder SMHI en omfattande väderinformation speciellt riktad till lantbruksnäringen (SMHI, 2007) med daglig uppdatering av aktuellt väder och väderprognoser under växtsäsongen. Syftet med föreliggande projekt har varit att undersöka möjligheten att utifrån tillgänglig väderinformation prediktera en höstvetegrödans utveckling och tillväxt för att öka precisionen i tillförsel av kväve i förhållande till utvecklingsfas och kvävebehov.

Kärnskorde hos en höstvetegröda bestäms av antal kärnor per ytenhet och kärnvikten, och genom att reducera aborteringen av skott hos varje planta kan ett högt antal kärnor per ytenhet uppnås. Abortering av skott sker främst under stråskjutningsfasen då grödans tillväxt, och därmed konkurrensen om växtnäring och vatten, är mycket hög. Genom att tilläggsgödsla vid begynnande stråskjutning kan näringsbrist hos grödan undvikas och ett större antal skott kan därmed bibehållas (Power & Alessi, 1978; Darwinkel, 1983; Maidl m fl., 1998). Genom att kunna förutse datum för begynnande stråskjutning skulle en lantbrukare bättre kunna planera sitt arbete och prioritera gödslingsåtgärder vid rätt tidpunkt. För praktisk användning skulle en precision på +/- 5-6 dagar av grödans utveckling vara tillräcklig (Ohlander m fl., 1992) och är inom tidspannet för variation i utvecklingen hos de olika skotten på en planta (Whingwiri & Stern, 1982; Baker & Gallagher, 1983). Genom att kunna förutse grödans tillväxt och markens kväveleverans skulle lantbrukaren bättre kunna bedöma behovet att kvävetillförsel genom gödsling.

Modeller kan utifrån olika ljus- och temperaturförhållanden simulera en grödas olika utvecklingsstadier. Modellen AFRCWHEAT2 (Weir m fl., 1984) beräknar bland annat tidpunkten för utvecklingsstadium "terminal spikelet". Detta utvecklingsstadium inträffar strax efter begynnande stråskjutning (DC 30 i Zadoks' decimalkod; Zadok m fl., 1974) och kan därför användas som en indikator för tilläggsgödsling (Hay, 1986). I det här projektet har AFRCWHEAT2 används tillsammans med 5- och 10-dagars väderprognoser för att prediktera begynnande stråskjutning hos höstvetete.

För modellering av höstvetets tillväxt och kvävebehov samt markens kvävelevererande förmåga användes modellen SOILN (Johnsson m fl., 1987; Eckersten m fl., 1998). SOILN-modellen knyter ihop markens och växtens kol- och kvävedynamik. Detta ökar komplexiteten i modellen, men ger en bättre helhetsbild av interaktionerna mellan den väderberoende dynamiken hos växten respektive marken. Den här versionen av SOILN modellen har tidigare använts för att bland annat studera tillväxt- och näringsdynamiken i höstvetebetånd som en funktion av vattentillgång (Kätterer m fl., 1997) samt i odlingsystem med olika vårsådda spannmålsgrödor och fånggrödor (Blombäck m fl., 2003, Blombäck m fl., 2007). I det här projektet har vi testat SOILN-modellens förmåga att, utifrån en enkel parameterisering baserad på tidigare appliceringar med modellen och normalt tillgängliga data från den aktuella platsen, återge uppmätta värden på höstvetets tillväxt och kväveinnehåll i växten och marken.

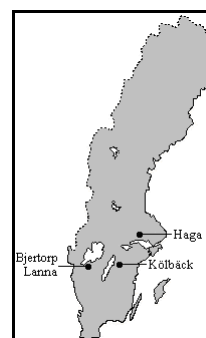
Syfte

Syftet med föreliggande projekt var att testa möjligheten att med hjälp av simuleringsmodeller och väderprognoser göra prognoser för höstvetes utveckling, tillväxt och kväveupptag. Målet för utvecklingsprognoserna var en precision på +/- 5-6 dagar i förhållande till observerad utveckling av stadierna begynnande stråskjutning och begynnande kärnfyllnad (DC 30 och 71 i Zadoks'skala).

Material och metoder

Fältförsök

Fältstudier av höstvete (*Triticum aestivum* L.) gjordes vid tre av Svalöf-Weibulls försöksgrårdar i Sverige under växtsäsongen 2000; Bjertorp (58°15'N, 13°05'E) ca 30 km söder om Lidköping i Västergötland, Haga (59°40'N, 17°05'E) ca 5 km söder om Enköping i Uppland och Kölbäck (58°25'N, 15°15'E) ca 20 km norr om Mjölby i Östergötland (Fig. 1). Dessutom användes data på olika utvecklingsstadiet från tidigare försök på Hushållningssällskapets försöksgrård i Lanna i Västergötland (58°20'N, 13°10'E).



Figur 1. Försöksplatserna

De två höstvetesorterna Kosack och Tarso studerades. Provtagning för bestämning av grödans ovanjordiska biomassa och kväveinnehåll samt markens mineralkväveinnehåll gjordes vid tre tillfällen under sommaren på varje försöksplats. Dessutom bestämdes höstvetets utvecklingsstadium enligt Zadoks' decimalkod en gång per vecka från maj. Bestämning av jordens totala kol- och kväveinnehåll gjordes, medan redan befintlig information om försöksplatsernas texturrella sammansättning användes.

Tabell 1. Provpplatsernas markegenskaper

Provplats	Jordart	C-innehåll (%) 0-20 cm	N-innehåll (%) 0-20 cm	C/N-kvot	Skrymdens. (g cm ⁻³) 0-30 cm	pH
Bjertorp	Gyttjeler	2,3	0,2	11,5	1,4	6.5
Haga	Styv lera	2,1	0,2	10,5	1,1	7.1
Kölbäck	Mellanlera	1,3	0,14	9,3	1,4	6.6

Modeller

För att simulera höstvetets fenologiska utveckling som en funktion av temperatur och daglängd användes en sub-modell av AFRCWHEAT2 (Weir m fl., 1984). Indata till modellen är sådatum, latitud (för att beräkna daglängden) samt dagliga max och min temperaturer. Utdata från modellen är datum för grödans olika utvecklingsstadiet, bland annat terminal spikelet (här använt som indikator för begynnande stråskjutning) och begynnande kärnfyllnad. Groning antas ske dagen efter sådd.

I modellen övergår grödan till ett nytt utvecklingsstadium då det ackumulerade värdet för graddagar ($\sum(°C \cdot d)$) överskrider ett visst gränsvärde. Det dagliga värdet på graddagar beräknas som ett medelvärde utifrån dygnets max och min temperatur över en viss bastemperatur. Bastemperaturen varierar beroende på vilket utvecklingsstadium grödan befinner sig i. Tiden mellan uppkomst och blomning är också beroende av en fotoperiodfaktor. Fotoperiodfaktorn beräknas utifrån den aktuella daglängden, en basfotoperiod och en optimal fotoperiod.

Väderdata

Uppmätt väderdata (temperatur, luftfuktighet, nederbörd, solstrålning, vindhastighet) från perioden 1998 – 2000 från olika SMHI väderstationer användes som drivdata till simuleringsmodellerna. För Haga användes data från Uppsala beläget 40 km nordöst om provplatsen, för Kölbäck användes data från Malmslätten, 15 km öster om provplatsen och för Bjertorp och Lanna användes data från Sätenäs, ca 30 km nordost om provplatserna.

Fyra typer av väderprognoser användes:

Typ 1: 5-dagarsprognos från Lantbruksväder, SMHI

Typ 2: 5-dagarsprognos enligt antagandet att dagens väder fortsätter i ytterligare 5 dagar

Typ 3: 10-dagarsprognos, dag 1-5 enligt Lantbruksväder, SMHI, och de följande dagarna (dag 6-10) enligt antagandet att vädret dag 5 fortsätter i ytterligare fem dagar

Typ 4: 10-dagarsprognos enligt antagandet att dagens väder fortsätter i ytterligare 10 dagar

Väderprognoserna från SMHI bestod av beräknade dagliga värden för max, min och medeltemperatur, molnighet, nederbörd och vindhastighet. Väderprognoserna som användes var beräknade för Enköping ca 3 km norr om Haga, Mjölby ca 15 km sydväst om Kölbäck och Skara ca 20 km nordost om Bjertorp och Lanna. Prognoserna laddades ner dagligen från SMHI:s hemsida för Lantbruksväder och lagrades.

Resultat

Beräkning av höstvetets utveckling med AFRCWHEAT2 modellen

För kalibrering och test av modellens förmåga att beräkna tidpunkten för de tidigaste utvecklingsstadierna (innan DC 30) användes data från Nilsson (2000) och Engström (2000, 2001a och 2001b). För de senare utvecklingsstadierna (från DC 30) användes observationer utförda i denna studie. Eftersom den fenologiska utvecklingens känslighet för temperatur och daglängd är sortberoende gjordes separata parameteriseringar för Kosack respektive Tarso. Data från Lanna växtsäsongen 1998/99 (Engström, 2000) och från Kölbäck sommaren 2000 användes för att kalibrera modellen. Modellen testades sedan på flera oberoende dataset från 1999 och 2000 (Tabell 3).

Tabell 2. Observerad fenologisk utveckling hos höstvetesorterna Kosack och Tarso växtsäsongen 2000. Utvecklingsstadium anges enligt Zadoks' decimalkod.

Datum	Utvecklingsstadium (DC) Bjertorp		Utvecklingsstadium (DC) Haga		Utvecklingsstadium (DC) Kölbäck	
	Kosack	Tarso	Kosack	Tarso	Kosack	Tarso
9 maj			25	30		
10 maj	30	31			31	31
16 maj	31	32	31	32	32	32
23 maj	37	39	32	37	34	34
30 maj	41	45	37	39	41	44
5 juni			41	43		
6 juni	43	57			45	58
13 juni	55	65	47	57	59	64
20 juni	65	69	55	61	64	67
27 juni	69	73	65	69	68	72
3 juli			71	75		
4 juli					75	77

I samtliga fältförsök utvecklades Tarso en till två veckor tidigare än Kosack, både vad gäller de tidiga utvecklingsstadierna (Engström, 2000, 2001a och b; Nilsson, 2000) och de senare

utvecklingsstadierna (Tabell 2). I modellkalibreringarna avspeglades detta av att Tarso hade ett lägre värde på antal graddagar för att uppnå ett nytt utvecklingsstadium från uppkomst till "begin ear growth" (DC51) jämfört med Kosack. Däremot hade Tarso ett högre värde på antal graddagar för utvecklingsstadierna blomning (DC61) och mognad (DC93).

I modelltesterna på de oberoende dataseten beräknade modellen datum för utvecklingsstadiet DC 30 inom prediktionsmålet (± 5 dagar från observationsdatum) vid 15 tillfällen av 21 möjliga. Vid 3 tillfällen hamnade simulerat datum utanför prediktionsmålet, och vid 3 simuleringar gick det inte att bedöma precisionen (Tabell 3). För utvecklingsstadiet begynnande kärnfyllnad var samtliga fyra modelltester inom prediktionsmålet (Tabell 4).

Prognoser för höstvetets utveckling

Prognoser för höstvetets utveckling simulerades på ett sätt som tekniskt skulle vara möjligt för en lantbrukare att göra hemma enligt följande. Den kalibrerade AFRCWHEAT2 modellen kördes dagligen. Från sådatum fram till dagens datum kördes modellen med lagrad väderdata med observerat väder. Från dagen datum förlängdes simuleringen med en väderprognos på 5 eller 10 dagar, för att på det viset ge en prognos för höstvetets utveckling beroende på det kommande vädret.

Den prognostiserade grödotvecklingen enligt ovan jämfördes med den simulerade utvecklingen med observerat väder, så att "rätt dag" för utveckling enligt prognosen (Tabell 5 och 6) innebar den dag som utveckling simulerats med observerat väder (Tabell 3 och 4). Med väderprognoser från SMHI kunde DC 30 förutsägas mellan 3 och 8 dagar i förväg. Tyvärr saknades många tidiga väderprognoser, varför det inte gick att säga om prediktionen kunnat göras med ännu större tidsmarginal. För prognoser då dagens väder utsträcktes 5 eller 10 dagar kunde DC 30 förutsägas upp till 4 dagar i förväg. Prognoser med 1 dags avvikelse kunde göras upp till 11 dagar i förväg. DC71 kunde förutsägas mellan 3 och 10 dagar i förväg.

Prediktion av höstvetets tillväxt och kväveupptag samt markens kvävelevererande förmåga

Modellerna SOIL och SOILN parameteriserades enligt tidigare applikationer på kvävedynamik i mark och gröda i spannmålsodlingar (Blombäck m. fl., 2003 och 2007). Modellen växtparametrar ställdes in och testades för Bjertorp, och användes sedan oförändrat på Haga och Kölbäck. De flesta markparametrarna hölls konstanta för de olika försöksplatserna, men vissa inställningar gjordes i enlighet med mätdata från respektive försöksplats (vattenhållande egenskaper, organisk halt, skrymdensitet). Modellerna kördes för en 10-årsperiod för att markens organiska pooler skulle stabiliseras innan simulering av försöksåret gjordes. Ett antagande var att markens totala organiska halt liksom C/N-kvoten i princip skulle förbli konstanta under 10-årsperioden.

Modellen klarade av att återge höstvetets tillväxt och kväveupptag väl i maj och juni för samtliga tre provplatser (Fig. 2). Grödans biomassa fördelades på blad, stam, rötter och kärna (Fig. 3a) och med en fördelning mellan rötter och total biomassa som överensstämde med tidigare mätningar på höstvete (Kätterer m.fl., 1993) (Fig. 3b). Under senare delen av sommaren kunde modellen inte återge det uppmätta kväveupptaget och därmed simulerades även tillväxten sämre. Detta berodde på att den simulerade kvävetillgången i marken var för låg och att grödan därmed fick kvävebrist, med reducerad tillväxt som följd. Markens låga mineralkvävehalt under sommaren (Fig. 4) berodde på en för låg mineralisering av markens organiska material, som i sin tur verkade bero på ett för lågt tillskott av förna under växtsäsongen.

Tabell 3. Datum för "terminal spikelet" (DC30) enligt observationer och simuleringar med AFRCWHEAT2-modellen. Observationer i fält gjordes med ett intervall på mellan 3 och 8 dagar, förutom i två experiment på Lanna 2001 som observerades med 14 dagars intervall (markerat med ^ψ i tabellen).

År för observation	Källa	Sådatum = startdatum för simulering	Försöksgård	Sort	Observationsdatum för DC30	Simulerat datum för DC30	Tidsskillnad i dagar mellan observation och simulerat datum	Simulering inom prediktionsmålet (+/- 5 dagar)
1999	Engström (2000)	25/9-1998	Lanna	Kosack	26/5	26/5 *	*	*
1999	-"-	25/9-1998	Lanna	Tarso	18/5	18/5 *	*	*
1999	Nilsson (2000)	2/10-1998	Haga	Kosack	31/5	31/5	0	JA
1999	-"-	2/10-1998	Haga	Tarso	25/5	24/5	-1	JA
1999	Nilsson (2000) Engström (2000)	3/10-1998	Bjertorp	Kosack	17/5 26/5	28/5	+11 +2	N JA
1999	-"-	3/10-1998	Bjertorp	Tarso	17/5 18/5	20/5	+3 +2	JA JA
1999	Nilsson (2000)	8/10-1998	Kölbäck	Kosack	17/5	29/5	+12	N
1999	-"-	8/10-1998	Kölbäck	Tarso	17/5	22/5	+5	JA
2000	Engström (2001a)	14/9-1999	Lanna	Kosack	8/5	9/5	+1	JA
2000	-"-	29/9-1999	Lanna	Kosack	8/5	11/5	+3	JA
2000	-"-	29/9-1999	Lanna	Tarso	2/5	2/5	0	JA
2000	Detta projekt	20/9-1999	Bjertorp	Kosack	10/5	10/5	0	JA
2000	-"-	20/9-1999	Bjertorp	Tarso	Innan 10/5	1/5	Okänt	Okänt
2000	-"-	21/9-1999	Haga	Kosack	15/5	16/5	+1	JA
2000	-"-	21/9-1999	Haga	Tarso	9/5	8/5	-1	JA
2000	-"-	21/9-1999	Kölbäck	Kosack	Innan 10/5	10/5	Okänt	Okänt
2000	-"-	21/9-1999	Kölbäck	Tarso	Innan 10/5	1/5	Okänt	Okänt
2001	Engström (2001b)	12/9-2000	Lanna	Kosack	21/5	12/5	-9	N
2001	-"-	12/9-2000	Lanna	Tarso	7/5 ^ψ	6/5	-1	JA
2001	-"-	11/10-2000	Lanna	Kosack	21/5 ^ψ	22/5	+1	JA
2001	-"-	11/10-2000	Lanna	Tarso	13/5	13/5	0	JA

* Kalibrerat, inte testat, ^l jämfört med Engström, ^N jämfört med Nilsson. ^ψ 14 dagars observationsintervall

Tabell 4. Datum för begynnande kärnfyllnad (DC71) enligt observationer och simuleringar med AFRCWHEAT2-modellen. Observationer i fält gjordes med 6 eller 7 dagars intervall.

År för observation	Källa	Sådatum = startdatum i simulering	Försöksgård	Sort	Observationsdatum för DC71	Simulerat datum för DC71	Simulerat datum inom observationsintervallet	Maximal möjlig avvikelse i dagar mellan observation och simulerad dag	Simulering inom prediktionsmålet (+/- 5 dagar)
2000	Detta projekt	21/9-1999	Kölbäck	Kosack	Between 28/6-3/7	30/6 *	*	3	*
2000	-"-	21/9-1999	Kölbäck	Tarso	Beween 21-26/6	23/6 *	*	3	*
2000	-"-	20/9-1999	Bjertorp	Kosack	Not earlier than 28/	30/6	Ja	Okänt	Ja
2000	-"-	20/9-1999	Bjertorp	Tarso	Between 21-26/6	24/6	Ja	3	Ja
2000	-"-	21/9-1999	Haga	Kosack	Between 28/6-3/7	3/7	Ja	5	Ja
2000	-"-	21/9-1999	Haga	Tarso	Between 28/6-2/7	28/6	Ja	4	Ja

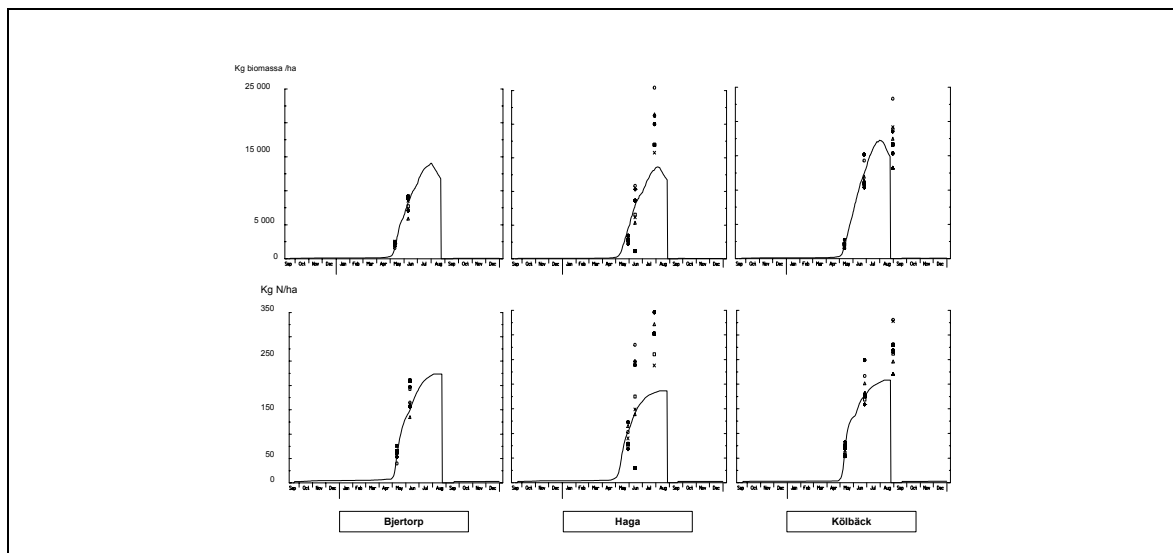
* Kalibrerat, inte testat

Tabell 5. Prognoser för utvecklingsstadium terminal spikelet (DC30) simulerade med AFRCWHEAT2 modellen och olika typer av väderprognoser; Typ 1 är 5-dygnsprognois från SMHI, Typ 2 är dagens väder fortsatt i 5 dygn, Typ 3 är 5-dygnsprognois från SMHI där sista dagens väder fortsätter ytterligare 5 dygn, och Typ 4 är dagens väder fortsatt i 10 dygn. "Rätt dag" dag betyder att prognosen anger samma dag för gröddutveckling som simulerats med observerat väder. "Ingen" betyder att prognosen anger att inget nytt utvecklingsstadium nåtts. – betyder att väderprognos saknas.

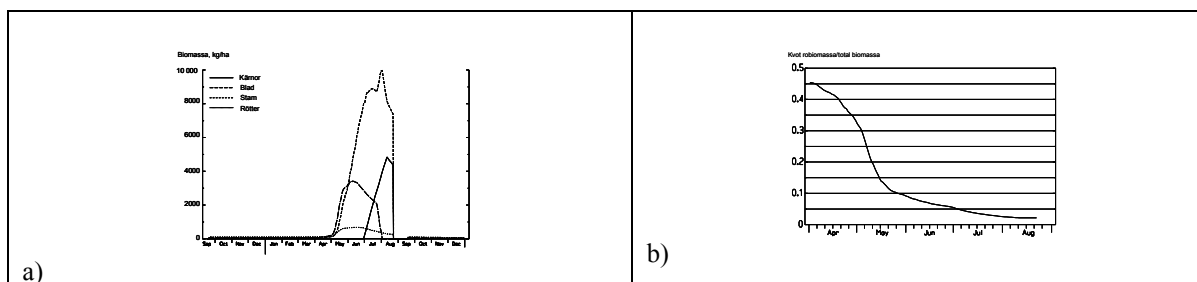
Antal dagar innan rätt dag	Kosack, Kölbäck				Kosack, Bjertorp				Kosack, Haga				Tarso, Haga			
	Typ 1	Typ 2	Typ 3	Typ 4	Typ 1	Typ 2	Typ 3	Typ 4	Typ 1	Typ 2	Typ 3	Typ 4	Typ 1	Typ 2	Typ 3	Typ 4
≥12	-	Ingen	-	-	-	Ingen	-	-	Ingen	Ingen	Ingen	Ingen	-	-	-	-
11	-	Ingen	-	-	-	Ingen	-	-	Ingen	Ingen	1 dag tidig	1 dag tidig	-	-	-	-
10	-	Ingen	-	-	-	Ingen	-	-	Ingen	Ingen	-	-	-	-	-	-
9	-	Ingen	-	-	-	Ingen	-	-	Ingen	Ingen	-	-	-	-	-	-
8	-	Ingen	-	-	-	Ingen	-	-	Ingen	Ingen	Rätt dag	1 dag sen	-	-	-	-
7	-	Ingen	-	-	-	Ingen	-	-	Ingen	Ingen	Rätt dag	1 dag tidig	-	-	-	-
6	Ingen	Ingen	Rätt dag	4 dagar sen	Ingen	Ingen	Rätt dag	1 dag sen	1 dag tidig	1 dag tidig	1 dag tidig	1 dag tidig	-	-	-	-
5	Ingen	Ingen	1 dag sen	2 dagar sen	Rätt dag	Ingen	Rätt dag	1 dag sen	-	Ingen	-	2 dagar sen	Rätt dag	Ingen	Rätt dag	1 dag sen
4	-	Ingen	-	2 dagar sen	-	1 dag sen	-	1 dag sen	Rätt dag	Ingen	Rätt dag	4 dagar sen	Rätt dag	1 dag sen	Rätt dag	1 dag sen
3	-	1 dag sen	-	1 dag sen	-	Rätt dag	-	Rätt dag	Rätt dag	Rätt dag	Rätt dag	Rätt dag	Rätt dag	1 dag tidig	Rätt dag	1 dag tidig
2	Rätt dag	1 dag sen	Rätt dag	1 dag sen	Rätt dag	Rätt dag	Rätt dag	Rätt dag	Rätt dag	Rätt dag	Rätt dag	Rätt dag	-	1 dag sen	-	1 dag sen
1	Rätt dag	1 dag sen	Rätt dag	1 dag sen	Rätt dag	Rätt dag	Rätt dag	Rätt dag	Rätt dag	Rätt dag	Rätt dag	Rätt dag	-	1 dag sen	-	Rätt dag
0	Rätt dag	Rätt dag	Rätt dag	Rätt dag	Rätt dag	Rätt dag	Rätt dag	Rätt dag	Rätt dag	Rätt dag	Rätt dag	Rätt dag	Rätt dag	Rätt dag	Rätt dag	Rätt dag

Tabell 6. Prognoser för utvecklingsstadium begynnande stråskjutning (DC71) simulerade med AFRCWHEAT2 modellen och olika typer av väderprognoser; Typ 1 är 5-dygnsprognos från SMHI, Typ 2 är dagens väder fortsatt i 5 dygn, Typ 3 är 5-dygnsprognos från SMHI där sista dagens väder fortsätter ytterligare 5 dygn och Typ 4 är dagens väder fortsatt i 10 dygn. ”Rätt dag” dag betyder att prognosen anger samma dag för grödutveckling som simulerats med observerat väder. ”Ingen” betyder att prognosen anger att inget nytt utvecklingsstadium nåts. – betyder att väderprognos saknas.

Antal dagar innan rätt dag	Kosack, Kölbäck				Kosack, Bjertorp				Kosack, Haga			
	Typ 1	Typ 2	Typ 3	Typ 4	Typ 1	Typ 2	Typ 3	Typ 4	Typ 1	Typ 2	Typ 3	Typ 4
≥12	Ingen	Ingen	Anthesis	Anthesis	Ingen	Anthesis	Anthesis	Anthesis	Ingen	Anthesis	Anthesis	Anthesis
11	Ingen	Ingen	1 dag tidig	Anthesis	Ingen	Anthesis	Anthesis	Anthesis	Ingen	Anthesis	Anthesis	Anthesis
10	Ingen	Ingen	1 dag tidig	3 dagar tidig	Ingen	Ingen	Rätt dag	3 dagar tidig	Ingen	Ingen	-	1 dag tidig
9	Ingen	Ingen	1 dag tidig	2 dagar tidig	Ingen	Ingen	Rätt dag	3 dagar tidig	Ingen	Ingen	-	1 dag tidig
8	Ingen	Ingen	Rätt dag	2 dagar tidig	Ingen	Ingen	Rätt dag	1 dag tidig	Ingen	Ingen	Rätt dag	1 dag tidig
7	Ingen	Ingen	-	1 dag tidig	-	Ingen	-	Rätt dag	Ingen	Ingen	Rätt dag	Rätt dag
6	-	1 dag tidig	-	1 dag tidig	-	1 dag tidig	-	1 dag tidig	Ingen	Ingen	Rätt dag	2 dagar sen
5	1 dag tidig	1 dag tidig	1 dag tidig	1 dag tidig	1 dag tidig	Rätt dag	Rätt dag	Rätt dag	Rätt dag	Ingen	Rätt dag	1 dag sen
4	Rätt dag	1 dag tidig	Rätt dag	1 dag tidig	Rätt dag	Rätt dag	Rätt dag	Rätt dag	Rätt dag	1 dag sen	Rätt dag	1 dag sen
3	Rätt dag	Rätt dag	Rätt dag	Rätt dag	Rätt dag	Rätt dag	Rätt dag	Rätt dag	Rätt dag	Rätt dag	Rätt dag	Rätt dag
2	Rätt dag	Rätt dag	Rätt dag	Rätt dag	Rätt dag	Rätt dag	Rätt dag	Rätt dag	Rätt dag	Rätt dag	Rätt dag	Rätt dag
1	Rätt dag	Rätt dag	Rätt dag	Rätt dag	Rätt dag	Rätt dag	Rätt dag	Rätt dag	Rätt dag	Rätt dag	Rätt dag	Rätt dag
0	Rätt dag	Rätt dag	Rätt dag	Rätt dag	Rätt dag	Rätt dag	Rätt dag	Rätt dag	Rätt dag	Rätt dag	Rätt dag	Rätt dag
Antal dagar innan rätt dag	Tarso, Kölbäck				Tarso, Bjertorp				Tarso, Haga			
	Typ 1	Typ 2	Typ 3	Typ 4	Typ 1	Typ 2	Typ 3	Typ 4	Typ 1	Typ 2	Typ 3	Typ 4
≥12	Ingen	Anthesis	Anthesis	Anthesis	Ingen	Anthesis	Anthesis	Anthesis	Ingen	Ingen	-	Ingen
11	Ingen	Anthesis	Ingen	Ingen	Ingen	Ingen	Ingen	Ingen	Ingen	Ingen	1 dag tidig	Ingen
10	Ingen	Ingen	Ingen	Rätt dag	Ingen	Ingen	-	Ingen	Ingen	Ingen	1 dag tidig	Ingen
9	Ingen	Ingen	Ingen	1 dag sen	Ingen	Ingen	Rätt dag	Ingen	Ingen	Ingen	1 dag tidig	1 dag tidig
8	Ingen	Ingen	Rätt dag	-	Ingen	Ingen	Rätt dag	2 dagar sen	Ingen	Ingen	1 dag tidig	1 dag tidig
7	Ingen	Ingen	Rätt dag	-	Ingen	Ingen	Rätt dag	2 dagar sen	Ingen	Ingen	1 dag tidig	1 dag tidig
6	Ingen	Ingen	1 dag sen	3 dagar sen	Ingen	Ingen	Rätt dag	3 dagar sen	1 dag tidig	2 dagar tidig	1 dag tidig	2 dagar tidig
5	Rätt dag	Ingen	Rätt dag	4 dagar sen	Rätt dag	Rätt dag	Rätt dag	Rätt dag	-	1 dag tidig	-	1 dag tidig
4	Rätt dag	Rätt dag	Rätt dag	Rätt dag	Rätt dag	1 dag tidig	Rätt dag	1 dag tidig	-	1 dag tidig	-	1 dag tidig
3	Rätt dag	Rätt dag	Rätt dag	Rätt dag	Rätt dag	1 dag tidig	Rätt dag	1 dag tidig	1 dag tidig	1 dag tidig	1 dag tidig	1 dag tidig
2	Rätt dag	Rätt dag	Rätt dag	Rätt dag	Rätt dag	Rätt dag	Rätt dag	Rätt dag	1 dag tidig	1 dag tidig	1 dag tidig	1 dag tidig
1	Rätt dag	Rätt dag	Rätt dag	Rätt dag	-	Rätt dag	-	Rätt dag	Rätt dag	Rätt dag	Rätt dag	Rätt dag
0	-	Rätt dag	-	Rätt dag	-	Rätt dag	-	Rätt dag	Rätt dag	Rätt dag	Rätt dag	Rätt dag

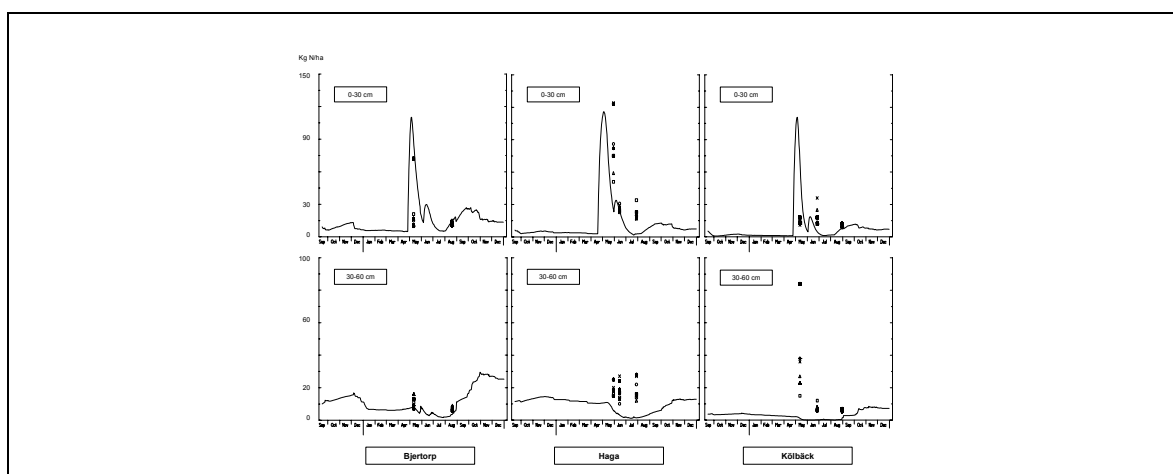


Figur 2. Simulerad och uppmätt ovanjordisk biomassa hos höstvetete under växetsäsongen 2000. Linjen representerar simulerat resultat, öppna symboler är uppmätta värden för sorten Kosack och fyllda symboler är värden för sorten Tarso.



Figur 3. a) Simulerad tillväxt av kärna, blad, stam och rötter hos höstvetete under växetsäsongen 2000 i Bjertorp, b) Simulerad kvot mellan rotbiomassa och total biomassa hos höstvetete under växetsäsongen 2000, Bjertorp.

De simulerade resultaten kunde inte återge markens uppmätta mineralkvävehalt i maj. De simulerade resultaten. Modellen svarade omedelbart på den gödning som gjordes i april på samtliga försöksplatser och gav höga mineralkvävehalter i marken. När tillväxten ökade i maj minskade mineralkvävet snabbt i marken i de simulerade resultaten. På grund av det fåtal mätningar som gjordes kunde modellens resultat varken verifieras eller förkastas.



Figur 4. Simulerad och uppmätt mineralkväve ($\text{NO}_3 + \text{NH}_4$) i höstvetete under växetsäsongen 2000. Linjen representerar simulerat resultat, öppna symboler är uppmätta värden för sorten Kosack och fyllda symboler är värden för sorten Tarso.

Diskussion

AFRCWHEAT2-modellen kunde mycket väl beräkna höstvetets utveckling. Av 21 tester för utvecklingsstadiet DC30 hamnade 15 inom det önskade prediktionsintervallet +/- 5 dagar. Endast 3 simuleringar var utanför intervallet och 3 gick på grund av kvaliteten på mätdata inte att bedöma. Samtliga 4 tester för DC71 var inom önskat prediktionsintervall. Då modellen användes i kombination med väderprognoser kunde de båda utvecklingsstadierna predikteras upp till 8 dagar i förväg. Om en dags avvikelse accepterades kunde utvecklingsstadierna förutsägas upp till 11 dagar i förväg.

SOILN modellen simulerade höstvetets tillväxt och kväveupptag väl i början på sommaren. Problem med att återge grödans dynamik i slutet på sommaren bedömdes till största delen bero på svagheter i simulering av markens kvävedynamik som gav upphov till kvävebrist. En svårighet med att prediktera markens mineralkvävedynamik är att på ett tillfredsställande sätt kunna ange den organiska poolens status och dynamik. Eftersom den organiska poolens kol- och kväveinnehåll är så mycket större än de dagliga flödena kan ett litet fel i estimeringen av poolerna resultera i relativt sett stora fel i flödena. I detta projekt saknades data för att bättre kunna utvärdera modelleringen av markens organiska pooler.

Våren 2000 var tidig med ovanligt varmt väder i maj vilket gjorde att grödutvecklingen var ovanligt snabb. Tyvärr medförde det att mätningarna i fält kom igång för sent och den tidiga utvecklingen liksom tillväxten och markdynamiken inte fångades i mätserien. Detta försvårade utvärderingen av främst tillväxt- och kväveupptagsmodelleringen. För modellering av höstvetets utveckling fanns andra publicerade mätdata som kunde utnyttjas i denna studie. Även insamlandet av väderprognoser kom igång sent. Väderprognoser lagrades från första veckan i maj vilket bara var 6 dagar innan grödan nådde det studerade utvecklingsstadiet DC30 både i Bjertorp och Kölbäck.

Slutsatser

- AFRCWHEAT2-modellen kunde mycket väl simulera höstvetets utveckling
- AFRCWHEAT2-modellen i kombination med väderprognoser kunde prediktera höstvetets utveckling
- SOILN-modellen kunde på ett tillfredsställande sätt simulera höstvetets tillväxt i början på växtsäsongen.
- För att kunna bedöma SOILN-modellens förmåga att simulera markens och grödans kol- och kvävedynamik behövs mer frekvent mätdata för en längre tidsperiod.

Publikationer och resultatförmedling

Projektet har presenterats vid en workshop med titeln "The use of simulation models for improved N-applications in precision agriculture", organiserad av Institutionen för jordbruksforskning, SLU, Skara den 17-18 april 2002. Ett manuskript med titeln "Prognosis of winter wheat development for optimum timing of N fertilisation" är under production.

Referenser

- Andersson, B., 1987. Två vårvetesorters reaktion för gödsling med kväve. Hela och delade givor. Institutionen för växtodling. Rapport 176. Sveriges Lantbruksuniversitet. Uppsala.
- Baker, C. K. & Gallagher, J. N., 1983. The development of winter wheat in the field. 1. Relation between apical development and plant morphology within and between seasons. Journal of Agricultural Science Cambridge, 101: 327-335.

- Blombäck, K., Eckersten, H., Lewan, E. & Aronsson, H., 2003. Simulations of soil carbon and nitrogen dynamics during seven years in a catch crop experiment. *Agricultural Systems* 76:1, 95-114.
- Blombäck, K., Eckersten, H., & Lewan, E., 2007. Modelling crop growth, crop development and N uptake and the effect on soil N dynamics for a seven-year field experiment with a spring cereal-catch crop rotation. Submitted to *Agricultural Systems*.
- Darwinkel, A., 1983. Ear formation and grain yield of winter wheat as affected by time of nitrogen supply. *Netherlands journal of agricultural science*, 31:211-225.
- Eckersten, H., Jansson, P-E. & Johnsson, H., 1998. SOILN model. User's manual. Version 9.2. Division of Agricultural Hydrotechnics, Communications 98:6, Department of Soil Sciences. Swedish University of Agricultural Sciences. Uppsala.
- Engström, L., 2000. Axanlagsstudier i höstvetete 1999. Skillnader i utvecklingstakt mellan tidiga höstvetesorter och Kosack. Serie B Mark och växter, Rapport 4, Institutionen för jordbruksvetenskap, Sveriges Lantbruksuniversitet, Skara. 22 pages.
- Engström, L., 2001a. Axanlagsstudier i höstvetete 2000.
<http://www.jvsk.slu.se/le/axanlag/axanlag2.htm>.
- Engström, L., 2001b. Axanlagsstudier i höstvetete 2001.
<http://www.jvsk.slu.se/le/axanlag/2001/axanlag3.htm>
- Flink, M., Pettersson, R. & Andrén, Ol., 1995. growth dynamics of winter wheat in the field with daily fertilization and irrigation. *Journal of Agronomy & crop Science*, 174: 239-252.
- Hay, R. K. M., 1986. Sowing date and the relationships between plant and apex development in winter cereals. *Field Crops Research*, 14:321-337.
- Johnsson, H., Bergström, L., Jansson, P-E. & Paustian, K., 1987. Simulated nitrogen dynamics and losses in a layered agricultural soil. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 18: 333-356.
- Kätterer, T., Hansson, A-C & Andrén, O., 1993. Wheat root biomass and nitrogen dynamics – effects of daily irrigation and fertilization. *Plant and Soil*, 151: 21-30.
- Maidl, F. X., Sticksel, E., Retzer, F. & Fischbeck, G., 1998. Effect of varied N-fertilization on yield formation of winter wheat under particular consideration of main stem and tillers. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 180 (1): 15-22.
- Nilsson, H., 2000. Axanlagets utveckling och upptagning av kväve hos olika höstvetesorter. Examensarbete 2000, nr 114. Avdelningen för växtnäringlära, institutionen för markvetenskap, Sveriges Lantbruksuniversitet, Uppsala.
- Ohlander, I., E. Eriksson & F. Stendahl, 1992. "Produktionsbiologi - Stråsäd." Institutionen för växtodlingslära, Sveriges Lantbruksuniversitet, Uppsala.
- Pettersson, R., Andrén, O. & Vegh, K., 1993. Growth and nutrient uptake of spring barley under different water and nutrient regimes. *Swedish journal of agricultural research*, 23: 171-179.
- Power, J. F. & J. Alessi, 1978. Tiller development and yield of standard and semidwarf spring wheat varieties as affected by nitrogen fertilizer. *Journal of Agricultural Science, Cambridge* 90:97-108.
- SMHI, 2007. <https://xout.smhi.se/bizmet/index2.php>
- Weir, A. H., P. L. Bragg, J. R. Porter & J. H. Rayner, 1984. "A winter wheat crop simulation model without water or nutrient limitations." *Journal of Agricultural Science, Cambridge* 102:371-382.
- Whingwiri, E. E. & Stern, D. R., 1982. Floret survival in wheat: Significance of the time of floret initiation relative to terminal spikelet formation. *Journal of Agricultural Science Cambridge*, 98: 257-268.
- Zadok, J. C., T. T. Chang & C. F. Konzak, 1974. A decimal code for the growth stages of cereals. *Weed Research* 14:415-421.