

Förbättrat mognadsindex för majs i Sverige – slutrapport H0841015

Magnus Halling (projektansvarig), Växtproduktionsekologi, SLU, Uppsala. Mårten Hetta, Norrländsk jordbruksforskning, SLU, Umeå. Rolf Spörndly, Husdjurens utfodring och vård, SLU, Uppsala. Kontaktadress projektansvarig: Ulls väg 16, 756 51 Uppsala, telefon 081-671429. e-post: magnus.halling@slu.se

Sammanfattning

Målsättningen med det här projektet var att systematiskt gå igenom och jämföra hur majssorter av olika tidighet uppför sig i vårt klimat och utifrån detta föreslå ett svenskt mognadsindex. Utvecklingen bestämdes fem gånger från blomning till skörd i tio sortförsök från Skåne till Mälardalen under tre år. Tre gånger provtogs plantor och innehåll av torrsubstans och stärkelse bestämdes. Väderdata samlades in och ackumulerade majsvarmeenheter (CHU) beräknades. Resultaten visar att förhållandet mellan CHU och utveckling inte är stabilt. Det behövdes fler CHU-enheter för att komma till blomning i den nordligaste platsen, men därefter gick utvecklingen snabbare jämfört med den sydligaste platsen. På alla platser utom i Visby 2009 har Avenir som tidigast sort högst TS-halt. Men därefter följer inte alltid ordningen FAO-talet hos sorterna. Ett mognadsindex som baseras på förändringen i TS-halt utifrån ackumulerade CHU-enheter föreslås som metod att beräkna en sorts mognad för Sverige.

Bakgrund

En av de vanligaste indexen för att gradera olika majssorters tidighet internationellt är FAO talet (Thorell, 2008 och Thorell, 2006). Världens alla majssorter delas in i nio olika tidighetsklasser (Zscheischler *et al.*, 1990). En skillnad på 10 enheters mellan två sorter motsvarar en tidighets på 1-2 dagar eller 1-2 procent i torrsubstanshalt vid en given tidpunkt. Man beräknar FAO-talet genom att bestämma en sorts tidighet i förhållande till en grupp standardsorter av majs. Problemet är att den gruppen ändras och också kriterier för vad som definierar mognad har ändrats ett flertal gånger. Indexet FAO-talet finns framtaget för ensilagemajs (hela plantan) eller för bara kärnan (kärnmajs). Det finns ingen ekvation bakom uträkningen av FAO-talet, då det i huvudsak är en bedömningsfråga, delvis avhängigt det geografiska läget vid förädlingen av sorten (Thorell, 2008). På det sätt som vi använder FAO-skalan i Sverige är därför osäker då den bygger på utländska skattningar. Ett gynnsamt år trycks t.ex. skillnaderna mellan sorter ihop, samtidigt som våra långa dagar också påverkar FAO-talet. Värmeenheter eller CHU (Corn Heat Units från Ontario, MAO 1997) är ett annat sätt att beräkna hur mycket en majssort kräver för att mogna. I Sverige behövs en summa av 2000 till drygt 2400 CHU-enheter under växtsäsongen för de sorter som saluförs här (Lantmännen, 2012). I Danmark används CHU-värmeenheter i stor utsträckning i den rådgivande odlingsinformationen för majs. Målsättningen med det här projektet var att systematiskt gå igenom och jämföra hur majssorter av olika tidighet uppför sig i vårt klimat och utifrån detta föreslå ett svenskt mognadsindex.

De hypoteser som testades i projektet var följande:

1. Majssorter som odlas i Sverige får andra relationer i mognad jämfört vad FAO-talet anger
2. Ett svenskt mognadsindex för majs underlättar för jordbrukaren att välja sort

Material och metoder

Sorternas utveckling har bestämts fem gånger rutvis med MAO-skalan (MAO, 2002) när mätarsorten Avenir uppnått utvecklingsstadierna R1, R3, R4 och R5 samt vid ordinarie skörd i sortprovningen enligt tabellerna 1 och 6. Vid stadierna R3, R4 och R5 bestämdes plantans innehåll av torrsubstans (TS) och stärkelse. Tre plantor (0,41 m²) provtogs slumpvis och rutvis från skyddsraderna enligt tidpunkterna i tabellerna 5 och 6. Efter skörd gjordes en uppdelning i kolvar och övrigt (blad och stjälk). Plantor som kraftigt avvek från genomsnittet; t.ex. i utvecklingsgrad eller bestockning togs inte med. Plantorna delades upp i kolvar med hölsterblad samt övrigt (blad och stjälkar). I alla prover från tidpunkt 2-4 enligt tabell 5 bestämdes TS-halten genom att torka ett

uttaget prov i 110 °C i 10 timmar. Stärkelsehalten bestämdes bara på kolvfraktionen efter malning med en våtkemisk enzymatisk metod enligt Larsson & Bengtsson (1983). Analyserna utfördes hos Agrilab i Uppsala. Innehåll av TS- och stärkelsekattades för hela provskörden utifrån fraktionernas innehåll och vikter. Från slutskörden användes värden för TS-halt (110 °C i 10 timmar) och stärkelseinnehåll (bestämt med nära infraröd reflektans (NIR)) från den ordinarie sortprovningen.

Tabell 1. Använd utvecklingskala i projekt mognadsindex

Använd siffra	Stadium	Värmeenheter*	Stadium
	VE	180	Majsgroddens uppkomst
	V1	330	Första bladet utvecklat
	V4	630	4 bladsnärp, 6 utvecklade blad
	V6	780	6 bladsnärp, 8 utvecklade blad
	V8	930	8 bladsnärp, 10 utvecklade blad
0.5	V12	1170	12 bladsnärp, 14 utvecklade blad, kolvanlag börjar synas
0.75	VT	1310	Honblommornas silkes hår börjar växa till, hanblommor börjar synas
1	R1-Silk	1480	Honblommornas pollen slangar (silkes hår) växer ut i en tofs i kolvtoppen
2	R2-Blåsmognad	1825	Kärnorna är vita, fyllda med klar vätska
3	R3-Mjölkmognad	2000	Kärnorna börjar bli gula, innehållet är mjölkvitt
4	R4-Degmognad	2165	Mjölkgiga innehållet blir tjockare och degigt. Kärnformen kantigare
5	R5-Mjölkmognad	2475	Hårt vitt lager av stärkelse i toppen av kärnan, mjölk-linjen syns
6	R6-Fysiologisk Mognad		

*Exempel på genomsnittligt krav av värmeenheter i Ontario att nå de olika utvecklingsstadierna

Den ackumulerade värmeenheten CHU (Corn Heat Units, MAO, 1997) har dagligen beräknats från sådd till skörd utifrån max- och mintemperatur enligt ekvationen (1) från väderstationer enligt tabell 2. Tyvärr kunde inte väderdata användas från Lantmet-stationer som låg närmare försöksplatserna eftersom datat inte var komplett. I ekvation (1) används dygnsvisa värden av max- och mintemperatur som summeras från sådatum till de olika tidpunkterna i tabell 7. Formeln innebär att dygn med minimitemperatur under 4,4 °C och en maximitemperatur under 10,0 °C inte tas med i CHU-beräkningen, d.v.s. blir dygnsvärdet av CHU negativt tas det inte med i summan.

$$CHU = (9/5(T_{\min}-4.4C)+(3.33(T_{\max}-10.0)-0.084(T_{\max}-10.0)^2))/2 \quad (1)$$

Tabell 2. Väderstationer som använts till olika försöksplatser

Försöksplats	Latitud (decimal)	Väderstation
Örsundsbro, Uppsala (BC)	59.71	Uppsala SMHI
Västerlösa eller Vikingstad, Linköping (E)	58.60	Malmslätt SMHI
Endre, Gotland (I)	57.59	Roma SMHI
Hellegården eller Karsholm, Kristianstad (LA)	56.07	Kristianstad flygplats grid SMHI

De tio sortförsök i majs (L6-703) som ingått i studien visas i tabell 3. Försöksplatserna har legat mellan latituderna 56° upp till nästan 60°. Jordarten har varit lätt, utom i Örsundsbro där den var tyngre (mellanlera). Tidpunkterna för sådd och skörd visas också och i genomsnitt var tillväxtperioden i försöken 162 dagar. I BC län har de planerade tidpunkterna för skörd 2009 och sådd 2010 inte uppnåtts p.g.a. otjänlig väderlek. Planerad tidpunkt för sådd var i slutet av april och

för skörd i början av oktober. År 2011 misslyckades försöket i Örsundsbro på grund av ojämn uppkomst.

I tabell 5 finns datum för alla graderingar och provtagningar i de tio försöken. De sorter som valts ut och studerats i försöken visas i tabell 4. Målsättningen har varit att välja viktiga marknadssorter, men samtidigt få ett så stort spann i tidighet (FAO-tal) som möjligt. Sorterna har legat mellan 180-240 i FAO-tal. Detta motsvarar intervallet av de sorter som provades under 2012, utom att det saknas FAO-tal ned mot 160. Det är endast sorterna Avenir och Jasmic som funnits med i alla försök. Graderingar och provtagningar utfördes när Avenir uppnått de olika stadierna enligt tabell 6.

Tabell 3. Försöksplatser och försök av sortförsök i majs (L6-703) som ingått i undersökningen

Platskod	Län	År	Plats	RT-90N	RT-90E	Jordart	Så-datum	Skörde-datum	Tillväxt dagar
BC-36-2009	BC	2009	St. Bärby, Örsundsbro	59.70	17.40	nmh ML	20-apr	26-okt	189
BC-42-2010	BC	2010	St. Bärby, Örsundsbro	59.71	17.43	nmh ML	21-maj	13-okt	145
E-146-2009	E	2009	Vikingstad, Linköping	58.42	15.33	mmh mo LL	29-apr	15-okt	169
E-33-2011	E	2011	Vikingstad, Linköping	58.42	15.33	mmh mo LL	28-apr	05-okt	160
I-238-2009	I	2009	Lilla Hulte Endre, Visby	57.59	18.47	mmh 1 Mo	01-maj	13-okt	165
I-293-2010	I	2010	Lilla Hulte Endre, Visby	57.59	18.48	kt M	20-maj	18-okt	151
I-342-2011	I	2011	Rodarve Hogrån, Visby	57.50	18.32	mmh 1 Sa	30-apr	05-okt	158
LA-40-2009	L	2009	Karsholm, Kristianstad	56.11	14.30	nmh 1 Sa	01-maj	01-okt	153
LA-46-2010	L	2010	Helgegården, Kristianstad	56.02	14.07	mmh 1 Sa	02-maj	13-okt	164
LA-24-2011	L	2011	Helgegården, Kristianstad	56.02	14.07	nmh 1 Sa	28-apr	11-okt	166

Tabell 4. Fördelning sorter och platser 2009-2011

Sort	FAO-tal	Antal platser 2009	Antal platser 2010	Antal platser 2011	Totalt
Avenir	180	4	3	3	10
Isberi	190	4	2		6
Saludo	190			2	2
Patrick	200	2			2
Jasmic	210	4	3	3	10
Ajaxx	220	2			2
Burli	230	2	2		4
Nerissa	240	4			4

Tabell 5. Tidpunkter för graderingar (1-5), provtagningar (2-4) och skörd (5) i försöken

Platskod	År	Tidpunkt				
		1	2	3	4	5
BC-36-2009	2009	27-aug	07-sep	28-sep	08-okt	26-okt
BC-42-2010	2010	11-aug	23-aug	31-aug	15-sep	13-okt
E-146-2009	2009	14-aug	24-aug	03-sep	22-sep	15-okt
E-33-2011	2011	06-aug	19-aug	01-sep	27-sep	05-okt
I-238-2009	2009	03-aug	31-aug	14-sep	29-sep	13-okt
I-293-2010	2010	09-aug	06-sep	20-sep	04-okt	18-okt
I-342-2011	2011	19-jul	16-aug	30-aug	13-sep	05-okt
LA-40-2009	2009	27-jul	06-aug	18-aug	04-sep	01-okt
LA-46-2010	2010	03-aug	18-aug	11-sep	23-sep	13-okt
LA-24-2011	2011	22-jul	11-aug	01-sep	19-sep	07-okt

Tabell 6. Graderingar och provtagningar kopplat till utvecklingen för Avenir

Stadium för Avenir	Tidpunkt	Gradering	Provtagning
R1-Silke	1	Ja	Nej
R2-Blåsmognad	-	Nej	Nej
R3-Mjölkmognad	2	Ja	Ja
R4-Degmognad	3	Ja	Ja
R5-Mjölmmognad	4	Ja	Ja
Ordinarie skörd	5	Ja	Nej

Resultat

Värmeenheter och utveckling

Värmeenheter som uppnått enligt CHU-ekvationen (1) vid de olika tidpunkterna visas i tabell 7. Tidpunkterna baseras på sorten Avenirs utveckling enligt tabell 6. Vid tidpunkt 2-4, när de tre provtagningarna skedde, har CHU-talen en mindre variation än vid den första graderingen och vid slutskörden. Endast i Kristianstad uppnåddes 2400 CHU alla år vid slutskörden (tidpunkt 5). I Örsundsbro uppnåddes aldrig 2400 CHU under de två åren. Den sydligare platsen (LA) har under åren 2009-2010 i genomsnitt haft 13 % mer CHU-enheter under aktuell tillväxtperiod (sådd-slutskörd) jämfört med den nordligaste (BC).

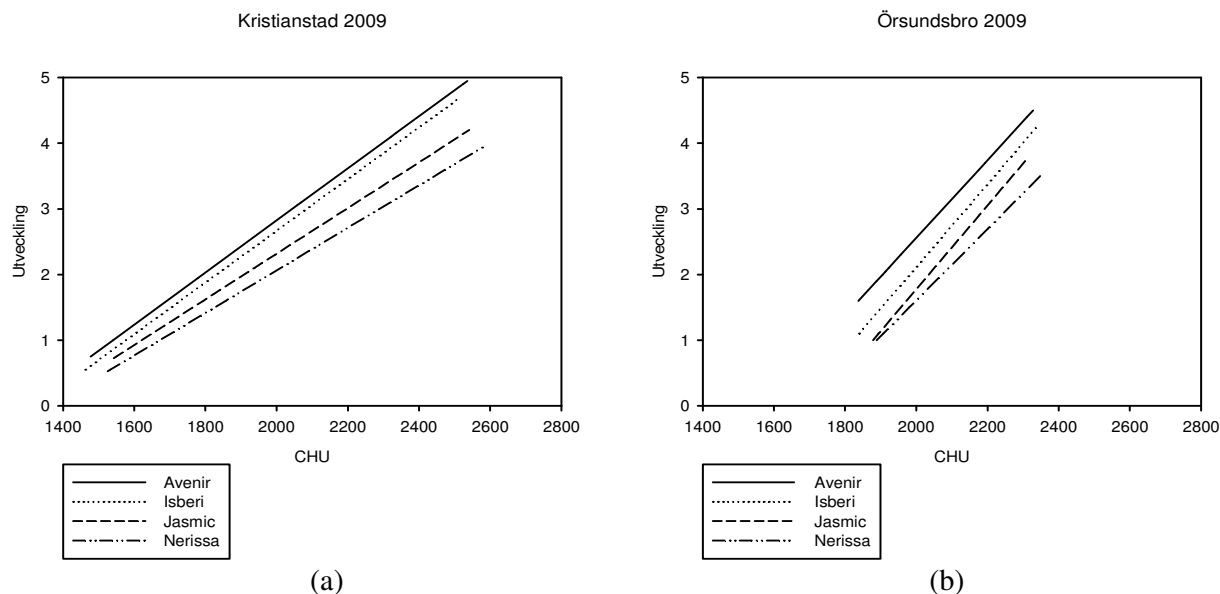
Tabell 7. Corn heat units (CHU) för olika platser och tidpunkter

Platskod	Tidpunkt				
	1	2	3	4	5
BC-36-2009	1 794	1 987	2 238	2 246	2 246
BC-42-2010	1 803	1 885	2 029	2 133	2 163
E-146-2009	1 528	1 704	1 905	2 141	2 224
E-33-2011	1 488	1 696	1 938	2 292	2 415
I-238-2009	1 310	1 851	2 098	2 281	2 302
I-293-2010	1 493	1 986	2 176	2 279	2 299
I-342-2011	1 286	1 882	2 151	2 377	2 659
LA-40-2009	1 505	1 747	2 105	2 320	2 520
LA-46-2010	1 467	1 820	2 189	2 357	2 472
LA-24-2011	1 316	1 727	2 117	2 391	2 689
Skillnad max-min	493	291	333	258	526

Utvecklingsstadier för ett urval av sorter och platser visas i tabell 8. Provtagningen vid tidpunkterna 2-4 skedde tidigare i utvecklingen för Avenir än planerat, men de blev ändå bra fördelade över utvecklingen. Tydliga skillnader finns i utveckling mellan den tidigare sorten Avenir (FAO 180) och den senaste sorten Jasmic (FAO 210) eller Nerissa (FAO 240). Jämförs uppnådda utvecklingsstadier för gemensamma sorterna på platserna BC och LA under åren 2009-2010 ligger de nära varandra (mindre än 10 % skillnad) vid tidpunkterna 2, 3 och 5. Avvikelserna är större vid tidpunkt 1 och 4. I figur 1 har en linjär regression beräknats mellan CHU och utveckling för fyra gemensamma sorter i Örsundsbro och Kristianstad år 2009. Av regressionen beräknade CHU-värdena har bundits samman till en linje för varje sort. Lutningen är flackare i Örsundsbro, men börjar på en högre nivå. Detta betyder att det här behövdes fler CHU-enheter för att komma till blomning (R1), men att utvecklingen gick snabbare därefter jämfört med Kristianstad. Regressionerna har en signifikant anpassning med R^2 -värden mellan 0,87-0,99. För Avenir att uppnå stadium R4 år 2009 krävs 2244 CHU i Örsundsbro, men 2296 CHU i Kristianstad samma år.

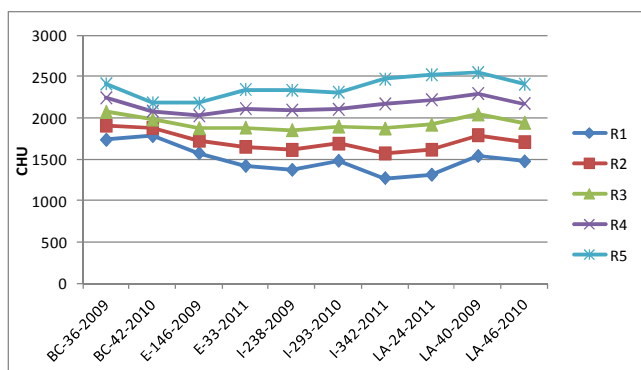
Tabell 8. Observerade utvecklingsstadier enl. MAO-skalan på den nordligaste och sydligaste platsen

Platskod	Sort	Tidpunkt				
		1	2	3	4	5
BC-36-2009	Avenir	1.8	2.2	3.7	3.7	4.5
	Isberi	1.4	1.8	3.1	3.3	4.2
	Jasmic	1.1	1.2	3.0	3.1	3.8
	Nerissa	1.0	1.2	2.5	2.7	3.4
BC-42-2010	Avenir	1.2	2.7	3.3	3.6	5.1
	Jasmic	1.0	2.0	2.5	3.1	4.8
LA-40-2009	Avenir	0.8	2.0	3.1	4.1	4.9
	Isberi	0.6	1.9	2.9	4.1	4.6
	Jasmic	0.7	1.6	2.2	3.5	4.2
	Nerissa	0.5	1.5	2.0	3.0	3.9
LA-46-2010	Avenir	1.2	2.5	3.7	4.6	5.6
	Isberi	1.1	2.3	3.7	4.5	4.6
	Jasmic	0.9	2.0	3.3	4.0	4.6
LA-24-2011	Avenir	1.0	2.7	3.3	4.6	5.5
	Jasmic	0.6	1.7	2.8	3.8	4.8



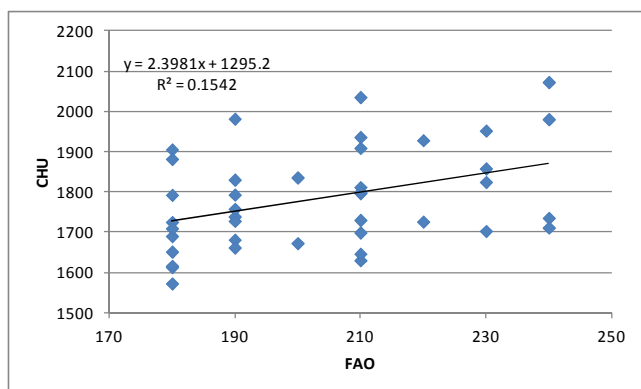
Figur 1. Samband mellan CHU och utvecklingsstadium i Kristianstad (a, $R^2=0,99$, $n=10$) och Örsundsbro 2009 (b, $R^2=0,87$, $n=9$)

Denna platseffekt uttrycks på ett annat sätt i figur 2. Utifrån de linjära regressionsekvationerna enligt figur 1 har CHU-värdena beräknats för Avenir att nå stadium R1-R5 för alla platser. Kurvorna ligger närmare varandra i Örsundsbro båda åren och år 2009 i Östergötland jämfört med de andra platserna, vilket visar att det i Örsundsbro krävs fler CHU-enheter för att nå R1, men att utvecklingen sedan går snabbare. Max CHU-enheter som krävdes för Avenir att nå R2 och R3 var i Örsundsbro (BC) år 2009 och behovet var 1905 resp. 2075. Max CHU-enheter som krävdes för Avenir att nå R4 och R5 var i Kristianstad (LA) år 2009 och behovet var 2296 resp. 2548. Maximala skillnaden i CHU-enheter att nå olika utvecklingsstadier var störst mellan platser inte år och låg mellan 220 och 508 CHU-enheter.



Figur 2. Antal CHU för Avenir att uppnå utvecklingsstadium R1-R5 enl. MAO-skalan

Sambandet mellan det beräknade CHU-värdet, för att nå stadiet R3, och FAO-talet för alla sorter och alla platser är svagt och inte signifikant i de tio försöken (figur 3). Korrelationskoefficienten är endast 0,15. Variationen för många FAO-tal är ca 400 CHU att nå utvecklingsstadium R3.



Figur 3. Sambandet mellan det beräknade CHU-värdet för att nå R3 (mjölkmodnad) och FAO-talet för alla sorter och alla platser

Kemisk sammansättning

I tabell 9 redovisas uppmätta TS-halter i hela plantan vid provtagningstidpunkterna 2-4 och vid slutskörden (tidpunkt 5) i Örsundsbro och Kristianstad. För Avenir och Jasmic låg TS-värdena i genomsnitt högre 2010 än 2009 i BC, men i LA låg de lägre 2010 än 2009 vid provtagningarna (tidpunkt 2-4), däremot var relationen den omvända vid slutskörden (tidpunkt 5). I Örsundsbro (BC) år 2009 fanns en tydlig nedgång av stärkelsehalten hos Avenir och Jasmic från 121-157 g stärkelse per kg ts vid tidpunkt 3 till 86-127 g stärkelse per kg ts vid de senare tidpunkterna. Den tidigare sorten Avenir behöll sitt stärkelseinnehåll. Det finns ett signifikant samspel mellan sort och tidpunkt i all försök utom i Örsundsbro år 2009, vilket innebär att sorternas TS-halt förändras olika över tiden. En avvikande förändring mellan tidpunkt 4 och 5 kan orsakats av olika provtagningsmetodik. Tabell 10 visar på en enkel rankning av sorterna i TS-halt vid provtagning 4 på alla platser. Skillnaderna är inte statistiskt säkerställd. På alla platser utom i Visby 2009 hade Avenir som tidigast sort högst TS-halt. Men därefter följer inte alltid ordningen tidigheten hos sorterna. Den senaste sorten Nerissa var tvåa i rankningen både i Örsundsbro och i Linköping år 2009. Även den relativt tidiga sorten Isberi hamnade sent i rankningen i Visby 2009. Tabellen är ett urval av sorter, men alla undersökta sorter har rankats. Därför kan det saknas någon siffra i ordningen.

Tabell 9. Uppmätta TS-halter (% av grönmassan) vid de olika tidpunkterna på den nordligaste (BC) och sydligaste platsen (LA)

Platskod	Sort	Tidpunkt			
		2	3	4	5
BC-36-2009	Avenir	20.2	21.8	22.8	28.1
	Isberi	19.7	22.6	18.8	24.0
	Jasmic	20.1	22.2	20.6	24.5
	Nerissa	19.5	19.9	22.1	23.7
BC-42-2010	Avenir	20.6	24.2	31.0	38.2
	Jasmic	17.0	21.6	24.6	29.4
LA-40-2009	Avenir	20.1	27.5	33.2	31.0
	Isberi	16.8	23.3	29.1	35.0
	Jasmic	17.7	23.2	27.1	33.0
	Nerissa	16.5	21.2	25.2	33.0
LA-46-2010	Avenir	15.2	22.4	26.4	44.0
	Isberi	14.1	21.5	23.6	34.0
	Jasmic	14.4	21.9	23.5	33.0
LA-24-2011	Avenir	18.4	26.8	32.1	41.0
	Jasmic	17.5	24.7	28.5	33.0

Tabell 10. Rankning i TS-halt hos fem utvalda sorter vid tidpunkt 4

Platskod	Sort				
	Avenir	Isberi	Jasmic	Burli	Nerissa
BC-36-2009	1	4	3		2
BC-42-2010	1		2		
E-146-2009	1	3	4		2
E-33-2011	1		2		
I-238-2009*	2	5	3	4	6
I-293-2010	1	3	2	4	
I-342-2011	1		2		
LA-40-2009*	1	3	4	7	6
LA-46-2010	1	2	3	4	
LA-24-2011	1		2		

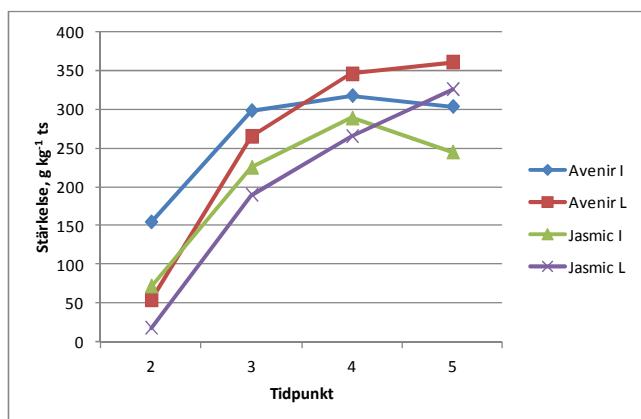
*Ett urval av alla sorter som undersöktes. Därför kan vissa ordningsnummer saknas

Stärkelseinnehållet i Örsundsbro och Kristianstad för provtagningstidpunkterna 2-4 och vid slutskörden (tidpunkt 5) visas i tabell 11. De tidiga sorterna hade ett större innehåll av stärkelse än de senare. Den statistiska analysen per plats visar att i bara fyra av 10 försök är det samspel mellan sort och tidpunkt. Det innebär att för det mesta förändrades stärkelseinnehållet över tiden lika för de olika sorterna.

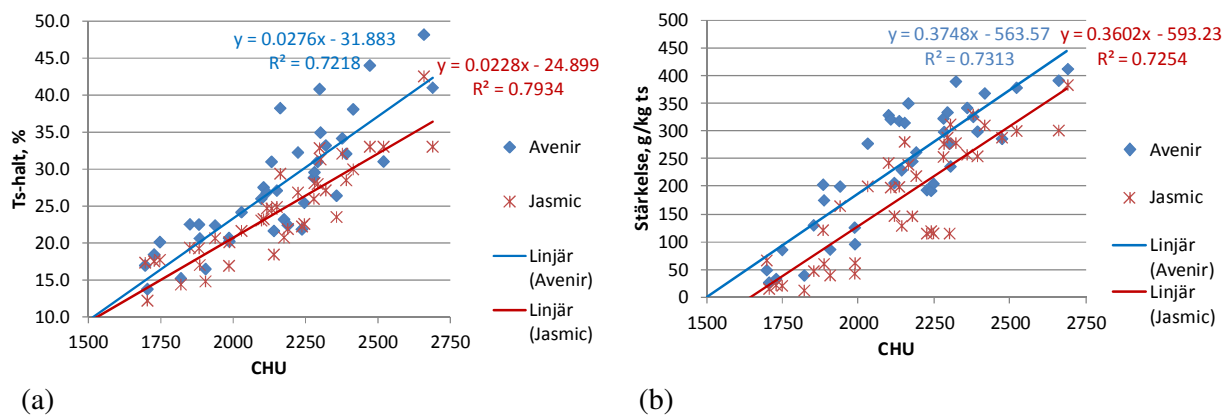
Vid statistisk analys av inverkan av år, plats (P) och tidpunkt (T) på stärkelsehalten (S) erhöles ett starkt samspel mellan P, T och S, vilket visas i figur 4. Endast Avenir och Jasmic är med eftersom de förekom på alla platser. Inledningsvis var stärkelsehalten större för båda sorterna i Visby för att vid sista tidpunkten bli störst i Kristianstad.

Tabell 11. Uppmätta stärkelsehalter (g kg⁻¹ ts) vid de olika tidpunkterna på den nordligaste (BC) och sydligaste platsen (LA)

Platskod	Sort	Tidpunkt			
		2	3	4	5
BC-36-2009	Avenir	98	194	206	208
	Isberi	53	157	86	118
	Jasmic	64	121	118	117
	Nerissa	43	143	127	114
BC-42-2010	Avenir	177	279	320	352
	Jasmic	62	202	201	241
LA-24-2011	Avenir	35	208	301	414
	Jasmic	23	148	256	385
LA-40-2009	Avenir	87	323	391	380
	Isberi	31	192	347	315
	Jasmic	23	200	280	302
	Nerissa	15	183	322	314
LA-46-2010	Avenir	41	263	344	288
	Isberi	33	265	322	314
	Jasmic	14	220	259	290



Figur 4. Förändringen av stärkelseinnehållet för Avenir och Jasmic i Visby (I) och Kristianstad (L)



Figur 5. Samband mellan TS % och CHU (a) och stärkelse g/kg TS och CHU (b) för sorterna Avenir och Jasmic i alla försök

Det linjära sambandet mellan TS-halt och CHU och stärkelsehalt och CHU för sorterna Avenir och Jasmic på alla platser visas i figur 5. Dessa två samband är båda signifikanta med R²-värden mellan

0,72 till 0,79. Det bästa linjära sambandet ($R^2=0,79$) har Jasmic för TS-halten. Icke-linjära samband testades, men gav inte bättre anpassning. Ekvationerna i figur 5a visar att det i genomsnitt går åt 37 CHU för varje procents ökning av TS-halten hos Avenir. Jasmic kräver mer CHU (44). Omvänt för att nå 30 % TS-halt behöver Avenir 2230 CHU och Jasmic 2408 CHU i genomsnitt. Linjerna är inte parallella, men om detta är signifikant har inte undersökts. I figur 5b är kurvorna mer parallella och båda sorterna behöver ca 28 CHU för varje procents ökning av stärkelsehalten. De fyra mest avvikande värdena ovanför regressionslinjen för Avenir i figur 5a är från slutskörden i BC 2010, I 2010 och 2011 samt LA år 2010. Dessa värden finns också i tabell 9.

Diskussion

Hur skall ett relevant mognadsindex beräknas för majssorter i Sverige? Nuvarande FAO-talet som kommer med sorten är osäkert när det ställs det mot sortens utveckling, särskilt i Svealand. Sambandet mellan en sorts FAO-tal och det beräknade behovet av majsvarmeenheter (CHU) att nå mjölkognad var svagt och hade stor variation. Rankas sorters TS-halt vid mjölkognad blir det inte alltid samma ordning som FAO-talet visar. Det anmärkningsvärt att den sena sorten Nerissa (FAO 240) ligger tvåa i rankningen både i Örsundsbro och i Linköping år 2009. Före Isberi och Jasmic som är tidigare sorter.

Ett mognadsindex som baseras på förändringen i TS- eller stärkelsehalt utifrån ackumulerade CHU-enheter enligt figur 5 kan vara en rimlig metod att beräkna en sorts mognad för Sverige. TS-halt är enklare att bestämma. Detta kräver att nya sorter provats på olika platser i olika stadier för att kunna beräkna hur många CHU i genomsnitt sorten behöver för att nå 30 % TS-halt. Ekvationerna i figur 5a visar på en genomsnittlig skillnad på 178 CHU-enheter mellan sorterna Avenir och Jasmic att nå 30 % TS-halt, vilket motsvaras i en skillnad i FAO-talet på 30 enheter mellan dessa sorter. Ekvationerna ger också information hur många CHU i genomsnitt varje procents ökning av TS-halten kräver. Hos Avenir går det åt 37 CHU och hos Jasmic 44 CHU. I Kanada uppmättes motsvarande behov till 41 CHU och ingen skillnad fanns mellan sorter (Fairey, 1980). Observera att regressionskurvorna för stärkelse är parallella för båda sorterna.

Om majssorternas utveckling ställs i relation med de ackumulerade CHU-enheterna finns det en tydlig effekt av plats. I den nordligaste platsen i Örsundsbro krävs fler CHU-enheter hos sorten Avenir att nå silke (R1, ca 1760), men att utvecklingen sedan går snabbare (mjölkognad, R3, ca 2060) än på mer sydliga platser. På den sydligaste platsen (Kristianstad) var motsvarande värde ca 1510 respektive 1990 CHU). Skillnaden minskar från 250 till 70 att nå samma utvecklingsstadium. Denna effekt stämmer delvis överens med Mussadiq *et al.* (2012) som redovisade nästan dubbelt så stor skillnad i CHU-enheter att nå silke på dessa platser, vilket motsvarar ca 25 dagar genomsnittlig CHU-ackumulering. Skillnaden ökade med utveckling istället för att minska som i denna undersökning. I Kanada har platser nära havet ett ytterligare behov av 150 CHU jämfört med platser i inlandet (Smith *et al.*, 1982).

Det finns en osäkerhet i data år 2009 i Örsundsbro vid sista provtagningen och slutskörden som skedde sent. Grödan uppvisade låga TS-värden, men fr. a. mycket låga värden för stärkelseinnehållet. Trots att sådden skedde i normal tid och att ackumulerade CHU-enheter inte är lägre än 2010 är stärkelseinnehållet 2009 betydligt lägre. Detta matchar inte den graderade utvecklingen som var degmognad. Försöket utfördes båda åren hos samma lantbrukare. Det finns också en osäkerhet i att jämföra TS-innehåll och stärkelsehalt mellan de tre provtagningstiderna och slutskörden. Analyserna för stärkelse var olika vid dessa tillfällen. Studeras förändringen av TS-innehåll och stärkelsehalt varje enskilt försök ger detta glapp i kurvorna vid några tillfällen, men inte alltid. Positivt avvikande TS-värden i figur 5a kommer i första hand från slutskörden, vilket visar att de analyserna kan ha övervärderat TS-innehållet. I denna undersökning har mycket ställts till CHU-enheter. Den formeln är framtagen i östra Kanada med annat klimat och sorter. Hur tillförlitlig är den i Sverige? Det börjar finnas omfattande data i Sverige hur olika majssorter utvecklas under olika platsförhållande, vilket kan ge förutsättningar att närmare kontrollera relevansen hos CHU-ekvationen.

Slutsatser i relation till ställda hypoteser i ansökan

1. Majssorter som odlas i Sverige får andra relationer i mognad jämfört vad FAO-talet anger
Resultat: Ja, behov av värmesumma för att uppnå ett visst utvecklingsstadium avviker på den nordligaste platsen för olika tidighetstyper eller relationer mellan tidighetstyper i TS-halt varierar mellan platser.
2. Ett svensk mognadsindex för majs underlättar för jordbrukaren att välja sort
Resultat: Ja som en konsekvens av hypotes 2. Angivna FAO-tal ger inte tillförlitlig information hur en sort mognar sig under olika klimatförhållanden. Ett index som bygger på förändring i TS-halt mot CHU föreslås.

Referenser

- Fairey, N.A. 1980. The effect of hybrid maturity, date of planting, and date of harvesting on growth and development of forage maize. *Canadian Journal of Plant Science* 60, 1367–1375
- Lantmännen, 2012. Gårdsmagasinet november 2012.
- Larsson, K. & Bengtsson, S. 1983. Bestämning av lätt tillgängliga kolhydrater i växtmaterial. Statens Lantbrukskemiska Laboratorium. SLU, Uppsala, nr 22, s 1-10.
- MAO, 1997. Corn Heat Units for Corn and Other warm season Crops in Ontario Publication 93-119: Fact sheet. Ministry of Agriculture Ontario, Canada.
- MAO, 2002. Corn Development Publication 811: Agronomy Guide for Field Crops. Ministry of Agriculture Ontario, Canada.
- Mussadiq, Z., M. Hetta, C. Swensson and A.-M. Gustavsson, 2012. Plant development, agronomic performance and nutritive value of forage maize depending on hybrid and marginal site conditions at high latitudes. *Acta Agriculturae Scandinavica Section B-Soil and Plant Science*, 62(5): 420-430.
- Smith P.J., Bootsma A. and Gates A.D. 1982. Heat units in relation to corn maturity in the Atlantic region of Canada. *Agricultural Meteorology* 26:201-213.
- Thorell, H. 2006. Majs–Historik–Odling–Sorter. Försöksrapport 2005 Animaliebältet. Resultat från regionala växtodlingsförsök utförda i Jönköping, Kalmar-Kronoberg, Blekinge, Gotland och Halland, s 29–32.
- Thorell, H. 2008. Personlig kontakt.
- Zscheischler, J., M. Estler, W. Staudacher, F. Gross, G. Burgstaller, T. Rechmann (1990): *Handbuch Mais. Umweltgerechter Anbau Wirtschaftliche Verwertung*. DLGVerlag Frankfurt (Main). BLV Verlagsgesellschaft München. Landwirtschaftsverlag Münster-Hiltrup. Österreichischer Agrarverlag Wien, BUGRA SUI SSE Wabern-Bern. p 108-109.

Publicering och resultatförmedling

- Muntlig presentation och uppsats vid 12th Congress of the European Society for Agronomy Helsinki, Finland, 20-24 August 2012 (Nkurunziza)
- Muntlig presentation vid Växtodlings- och Växtskydds dagar i Växjö den 7 december 2011 (Halling)
- Muntlig presentation i Linköping 2011-11-30 regional konferens (Östra sverigeförsöken) (Halling)
- Muntlig presentation vid majsworkshop i Uppsala 2011-05-27 (Halling)
- Muntlig presentation vid majsworkshop i Umeå 2010-02-15 (Halling)
- Seminarium vid Växtproduktionsekologi 2009-11-19 (Halling)

Halling, M.A. 2011. Förbättrat mognadsindex för majs i Sverige. Rapport från Växtodlings- och Växtskydds dagar i Växjö den 6 och 7 december 2011. *Sveriges lantbruksuniversitet, Södra jordbruksförsöksdistriktet, Meddelande från södra jordbruksförsöksdistriktet* 64, 33:1-33:4

Nkurunziza, L., Kornher, A., Halling, M., Weih, M. & Eckersten, H. 2012. Crop genotype-environment modelling to improve cultivar evaluation of forage maize in a changing climate. Manus inskickat till Field Crops Research augusti 2012.

Nkurunziza, L., Kornher, A., Halling, M., Weih, M. & Eckersten, H. 2012. Model-based cultivar testing with genotype parameters and weather conditions. In: ESA12 Abstracts, 12th Congress of the European Society for Agronomy Helsinki, Finland, 20-24 August 2012, 101.

Referensgrupp

Följande referensgrupp har varit knuten till projektet:

Anne-Maj Gustavsson, docent Norrländsk jordbruksforskning, SLU, Umeå
Kjell Gustafsson, sortutveckling majs, Agroväst, Sverige.

Tack

Tack framförs till Stiftelsen lantbruksforskning (SLF) för finansiering av projektet: ”Förbättrat mognadsindex för majs i Sverige” med projektnummer H0841015.