

Juli 2001

DJF rapport

Nr. 53 • Markbrug



Jesper Waagepetersen, Jon Birger Petersen, Leif Knudsen,
Gerhard Deneken & Johannes Ravn Jørgensen

Produktion af kvalitetshvede i Danmark
En oversigt over problemer og muligheder

Produktion af kvalitetshvede i Danmark

En oversigt over problemer og muligheder

Jesper Waagepetersen
Danmarks JordbrugsForskning
Afd. for Plantevækst og Jord
Postboks 50
DK-8830 Tjele

Jon Birger Petersen & Leif Knudsen
Landbrugets Rådgivningscenter
Udkærvej 15, Skejby
DK-8200 Århus N.

Gerhard Deneken
Danmarks JordbrugsForskning
Afd. for Sortsafprøvning
Teglværksvej 10, Tystofte
DK-4230 Skælskør

Johannes Ravn Jørgensen
Danmarks JordbrugsForskning
Forskningscenter Flakkebjerg
Flakkebjerg
DK-4200 Slagelse

DJF rapport Markbrug nr. 53 • juli 2001

Udgivelse:	Danmarks JordbrugsForskning Forskningscenter Foulum Postboks 50 8830 Tjele	Tlf. 89 99 19 00 Fax 89 99 19 19
------------	---	-------------------------------------

Løssalg:	t.o.m. 50 sider	50,- kr.
(incl. moms)	t.o.m. 100 sider	75,- kr.
	over 100 sider	100,- kr.

Abonnement:	Afhænger af antallet af tilsendte rapporter, men svarer til 75% af løssalgprisen.
-------------	--

Indholdsfortegnelse

Forord	4
Sammendrag	5
Summery	11
Kapitel 1. Priser på vinterhvede	17
Kjeld Bukh Hansen	
Kapitel 2. Handels- og forbrugsmønstre i Danmark	22
Johannes Ravn Jørgensen	
Kapitel 3. Kvalitet af hvede til produktion af brød og andre produkter	25
Johannes Ravn Jørgensen	
Kapitel 4. Kvalitet af foderkorn	33
Bernd Wollenweber	
Kapitel 5. Korn uden mykotoksiner	45
Susanne Elmholt ¹ og Erik Fløjgaard Kristensen ²	
Kapitel 6. Undersøgelser for pesticidrester i dansk kvalitetshvede	55
Kit Granby	
Kapitel 7. N-balancer i vinterhvede	57
Jesper Waagepetersen	
Kapitel 8. Samspil mellem kvælstofoptagelse, bladareal, kernerdannelse og proteinindlejring i kernen	61
Jørgen Berntsen	
Kapitel 9. Problemer med hensyn til at opnå en kvælstofoptagelse, der sikrer højt proteinindhold i kernen ved højt udbyttensniveau	65
Jørgen Berntsen	
Kapitel 10. Kvalitet af sidstindlejret protein i kernen ved ekstra kvælstofgødskning ..	67
Johannes Ravn Jørgensen	
Kapitel 11. Hvorledes er forhold mellem udbytte af tørstof og protein, hvis de højtydende sorter gødes ekstra	71
Leif Knudsen	
Kapitel 12. Regionale forskelle på proteinindhold i vinterhvede	80
Leif Knudsen	
Kapitel 13. Sortsvariation	82
Gerhard Deneken	

Forord

Ud over krav til sundhed m.v., har dansk kornavl traditionelt været fokuseret på størst muligt udbytte, målt i hkg/ha. Fremover forventes, at afregning ved salg af hvede i stadig højere grad vil være afhængig af kvalitetskriterier.

For at belyse det meget brede problemkompleks, der hermed er aktuelt for dansk landbrug, har et udvalg med repræsentanter fra Danmarks JordbrugsForskning (DJF) og Landbrugets Rådgivningscenter (LR) bedt en række fagfolk om at bidrage med faglige redegørelser om en række relevante emner. På baggrund af disse bidrag, har udvalget skrevet et sammenfattende afsnit.

Udvalget består af følgende medlemmer:

Jesper Waagepetersen, DJF, formand
Jon Birger Petersen, LR
Leif Knudsen, LR
Gerhard Deneken, DJF
Johannes Ravn Jørgensen, DJF

Det har ikke været ambitionen, at de faglige bidrag skulle baseres på en ny og omfattende litteraturgennemgang, men snarere skal være præsentation af den umiddelbart tilgængelige viden hos de relevante specialister. Bidragene er således et udtryk for de forskellige forfatteres opfattelse. Udvalget henleder opmærksomheden på, at EU's interventionskriterier er udgangspunkt ved definition af ordet "brødhvede". Hvor udvalget omtaler hvede, der er velegnet til produktion af brød efter de kvalitetskriterier danske bagerier bruger, anvendes udtrykket "bageegnet hvede".

Udvalget håber, at det overblik den brede dækning af emnet giver, kan være til nytte ved det videre arbejde på de forskellige specialområder.

Sammendrag

Baggrund

I de sidste par år, er der opstået øget interesse for kvaliteten af den hvede, der produceres i Danmark. Baggrunden er dels, at EU's markedsordninger i stigende omfang lægger vægt på, at hvedens proteinprocent ligger over en bestemt grænseværdi. Dels at de reducerede gødningsnormer i Danmark gør det sværere at opfylde kravet til proteinindholdet.

Dette gør det aktuelt at overveje, hvad det er for markedsforhold, der vil bestemme prisdannelsen for forskellige kvaliteter af vinterhvede fremover, og at vurdere, hvilke muligheder vi har for at imødekomme disse kvalitetskrav.

Markedsforhold

I Danmark har priserne på hvede og andre kornarter hidtil i høj grad været styret af EU's markedsordninger. Intentionen nu er, at prisdannelsen i EU i højere grad skal svare til verdensmarkedets.

Spørgsmålet er, hvad en sådan ændring vil komme til at betyde for priser på forskellige kvaliteter af hvede i Danmark.

Hidtil har hovedparten (2/3) af den danske hvedeproduktion været brugt indenlandsk til foder. Der har også været en betydelig eksport og endeligt har mindre dele (5-10%) været brugt til dansk brødproduktion (kap. 2). Prismæssigt har der ikke været de store forskelle på foderhvede og hvede til eksport, og der har ikke været den store forskel på f.eks. foderhvede og foderbyg. Prisdannelsen for den indenlandske hvede, der er brugt til indenlandsk produktion af brød, har det ikke været muligt at få beskrevet (kap. 1), da der i høj grad er tale om individuelle handler.

På verdensmarkedet som helhed, anvendes 2/3 af hvedeproduktionen til human ernæring (kap. 3), og f.eks. på det amerikanske marked, er prisen på hvede ca. 10 kr. over prisen på typisk foderkorn som majs. Prisen på hvede i USA er yderligere differentieret især i forhold til hvedens bageegnethed, prisspændet er 20-30%. I store EU-lande som Frankrig og Tyskland, er der ligeledes et gennemskueligt marked for hvede til brød. I Tyskland er vinterhvede med udpræget god bagekvalitet til brød 10% dyrere end hvede af standardkvalitet, der prismæssigt ligger nær foderkorn (kap. 1).

Spørgsmålet er, i hvor høj grad der vil opstå en pris differentiering for hvede på det danske marked afhængigt af, om hveden er egnet til brød m.v. eller til foder.

En relativ prisstigning for brødhvedekvaliteter kan gøre det interessant for dansk landbrug at skifte fra produktion af foder til indenlandsk brug, til produktion af bageegnet hvede til indenlandsk brug og til eksport. Et skift vil være særligt interessant i husdyrfattige egne af landet. Desværre er det sandsynligvis også her, det vil være sværest at opfylde krav til et højt proteinindhold (kap. 12).

Sammenfald eller divergens i kvalitetskravene til bageegnet hvede og foderhvede

Visse kvalitetskriterier er ens for foderhvede og hvede til human konsum. Herunder kan nævnes:

- Ingen uønskede pesticidrester (kap. 6).
- Sundt uspiret korn uden mykotoksiner (kap. 5).

Visse kvalitetskriterier er forskellige, men ikke modstridende:

- Høj fordøjelighed (foder) (kap. 4).
- Høj formalingsprocent (bageegnet hvede) (kap. 3).

På et enkelt punkt er der en vis divergens i kvalitetskriterierne. I bageegnet hvede skal der være et højt gluten(protein)indhold (kap. 3 og 10), men gluten har en lav biologisk værdi, og i en foderration vil korn med meget gluten gøre det vanskeligere at sikre en høj biologisk værdi i foderrationens samlede foderværdi (kap. 4). Det bliver altså vanskeligere at sikre lavest muligt N-tab ved en given animalsk produktion.

Særlige forhold ved produktion af bageegnet hvede i Danmark

En række sorter kan uanset produktionsbetingelserne udelukkende bruges til foder (kap. 3). For potentielt bage egnede sorter er det navnlig tre forhold, der vil medføre, at dansk landbrug kan få særlige problemer med produktion af hvede, der opfylder kravene.

- I Danmark er udbyttet af vinterhvede højt (7 t/ha mod 5,5 t/ha i EU og 2,6 t/ha i USA (FAO)). Indlejring af protein i kernen sker overvejende ved, at kvælstof, der i den tidlige vækstsæson er optaget og indlejret i de vegetative organer, flyttes op i kernen. Et højt kerneudbytte vil derfor medføre en fortyndingseffekt, så kernens proteinprocent og dermed glutenindhold bliver lavt (kap. 8 og 13). Det forringer bagekvaliteten.
- De miljømæssigt begrundede lave kvælstofgødskningsnormer i Danmark øger problemet med at opnå tilstrækkelig glutenindlejring i kernen.
- Endeligt kan ustabil vejr i høstperioden vanskeliggøre rettidig høst af tørt korn, og det kan give problemer med begyndende nedbrydning af kernens stivelse og forringet bagekvalitet (kap. 3).

Kernens proteinprocent

Ved handel på det danske kornmarked er der i øjeblikket to klassifikationssystemer, der definerer visse minimumskrav for hvedens egnethed, bl.a. til konsum. Det ene er kravene til eksportveden, der aftales mellem landbrugets og kornbranchens organisationer (kap. 3). Det andet er interventionskravene for brødhvede, der fastsættes af EU. Derudover anvender møllerier og bagerier et større antal kvalitetskriterier, når de afgør om et hvede-

parti er egnet til brødproduktion (bageegnet hvede) (Kap. 2). I USA og flere europæiske lande er klassifikationssystemerne udbygget yderligere (kap. 1).

Det er navnlig proteinprocent, og dermed sedimentationsværdi, der giver problemer med klassifikation i forbindelse med eksport og intervention. Basiskravet er 11,5% (kap. 1), og DLG har som gennemsnit for 1995-1998 målt 11,1% protein i indvejet kerne. Proteinindholdet var navnlig lavt på de gode jorde på øerne (10,4% på Lolland-Falster) (kap. 12).

Øget proteinprocent ved øget gødskningsniveau

Den enkleste måde at øge kernens proteinprocent er at øge kvælstoftilførslen. Ved de gældende normer vil proteinprocenten øges med 0,3-0,4 pct. enheder hver gang kvælstoftilførslen øges med 20 kg N/ha (kap. 11 og 13). Den øgede proteinindlejring betyder, at 5 kg N ekstra indlejres i kernen, og det øgede gødskningsniveau vil samtidig øge kvælstofudvaskningen.

Planter med mere effektiv N-udnyttelse

Hvis man kan opnå øget indlejring i kernen af det plantetilgængelige kvælstof, der tilføres ved gødskning eller som jorden stiller til rådighed, så mindskes risikoen for N-udvaskning samtidig med, at der kan opnås højere proteinprocent i kernen. Flere veje kan føre til højere N-udnyttelse:

- Ved overførslen af kvælstof fra bladene til kernen, efterlades ca. 30% af kvælstoffet i de vegetative dele. En effektiviseret remobilisering af kvælstof fra bladene ville øge kvælstofindlejringen i kernen (kap. 9).
- Der frigives løbende kvælstof ved mineralisering af jordens organiske stof. Sorter, hvis rødder mere aktivt optager kvælstof i kernefyldningsfasen, kan muligvis opnå en bedre N-forsyning (kap. 9).
- Efterår og vinter har mineralisering og frigørelse af kvælstof fra jordens organiske stof betydeligt større omfang end afgrødens N-optagelse. Kan der findes forskelle i sorterens evne til at optage og indleje kvælstof på denne årstid, vil det have betydning for N-udnyttelsen.
- Efter udbringning af f.eks. handelsgødning konkurrerer afgrøden og jordens mikroorganismer om at optage det tilførte kvælstof. I gennemsnit indlejres kun ca. 50% af det tilførte kvælstof i afgrøden, resten omsættes i jorden. Man kunne tænke sig afgrøder med øget konkurrenceevne, der vil optage en større andel (kap. 9). Potentialet er dog ikke påvist.

Generelle beregninger af N-balancen i dansk avlet vinterhvede tyder på, at de gængse sorter i høj grad udnytter den tilførte kvælstof (kap. 7). Sortsforsøgene viser da også en negativ sammenhæng mellem udbytte og kernens proteinprocent, men sammenhængen er ikke så udtalt som man kunne forvente, hvis der ikke var forskel på sorterens evne til at udnytte kvælstof. Resultatet tyder altså på, at der er en reel genetisk betinget forskel på sorterens evne til kvælstofindlejring ved et givent gødningsniveau (kap.13).

Optimeret gødskning

Som tidligere nævnt, optager afgrøden i gennemsnit kun 50% af det umiddelbart plantetilgængelige kvælstof, der tilføres ved gødskning (kap. 7), og ved normal tidlig gødskning indlejres det tilførte kvælstof, typisk i bladene. Ved remobilisering kan ca. 70% af det optagne kvælstof transporteres op i kernen.

Det er sandsynligt, at en gødskning, der både er optimeret i tid og rum, således, at røddernes N-optagelse favoriseres i forhold til omsætningsprocesserne i jorden, og således, at en større del af kvælstoffet føres direkte fra rødderne til kernen, vil muliggøre en øget N-indlejring i kernen ved uændret gødskningsniveau. Praktiske forsøg med sen gødskning viser således mulighed for at øge proteinprocenten i kernen uden, at udbyttet reduceres. (kap. 7 og 11).

Optimering af gødskningspraksis inddrager meget komplekse problemer. Måske kan der opnås markant fremgang ved introduktionen af de hjælpemidler, der i øvrigt arbejdes med i præcisionsjordbrug, som eksempler kan nævnes jordbonitetskort (udbyttekort, geoelektrik, jordens vandholdende evne) afgrødesensorer og beslutningsstøtte med vækstmodeller. Der er dog også behov for øget viden om optimal placering af gødningen i en etableret afgrøde.

På gødskningsområdet er det også vigtigt at være opmærksom på, at bagekvaliteten ikke alene er et spørgsmål om kvælstoftilførsel. De svovlholdige aminosyrer i gluten er afgørende for gode bageegenskaber. Svovl remobiliseres betydeligt dårligere end kvælstof, så kernens svovlforsyning er snævert knyttet til svovloptagelsen i kernefyldningsfasen. Svovlmangel kan også hæmme remobiliseringen af kvælstof fra de vegetative organer til kernen (kap. 10).

Konklusion

Det er sandsynligt, at der fremover vil være en økonomisk gevinst ved at producere en vinterhvede af bageegnet kvalitet til indenlandsk anvendelse. Det er også sandsynligt, at der for den andel af vinterhvede, der skal eksporteres, vil være en økonomisk fordel af et højt proteinindhold.

I Danmark og Nordeuropa har vi et højt udbytniveau i vinterhveden i forhold til, hvad der i øvrigt kendes for hvedens udbredelsesområde. Ved produktion af brødhvede giver det særlige problemer med at opfylde et krav om højt glutenindhold. Dette problem øges af de restriktive regler for anvendelse af kvælstofgødning i Danmark.

Det kan ikke afvises, at det faktisk er muligt at kombinere:

- højt udbytte
- relativt højt glutenindhold
- moderat gødskningsniveau.

Der er dog ingen tvivl om, at dette vil kræve større fremskridt både med hensyn til forædling og den anvendte dyrkningsteknik, hvis vi i Danmark skal stile mere systematisk

mod produktion af højkvalitets brødhvede, end hvis samme målsætning skal opfyldes i andre regioner.

En stærk position vil formodentligt kræve, at der også kan peges på andre kvaliteter, som f.eks. sikkerhed med hensyn til pesticider og mykotoksiner, eller god sortering af kornpartierne efter et bredere spektrum af kvalitetskriterier.

Forskningsbehov ved øget dansk produktion af bageegnet hvede

Hvis vi i Danmark vil realisere en omfattende produktion af bageegnet hvede uden samtidigt at få en øget kvælstofudvaskning, kan der peges på følgende forskningsbehov:

1. Afklare muligheden for at opnå bedre bageegenskaber ved uændret proteinprocent. Der er to interessante områder:
 - Muligheden for at udvikle sorter, hvor der i proteinet er en øget andel af bageaktive proteiner
 - Muligheden for at opnå forbedrede bageegenskaber ved at øge S-gødsningen udover det for udbyttet optimale.
2. Karakterisering/klassificering af sortes bageevne. P.t. klassificeres sorterne som foder eller brødhvede. Det er relevant at undersøge muligheden for at kunne udarbejde og fastlægge et karakteriserings/klassificeringssystem, der på basis af et specifikt antal prøvedyrkninger og analyser yderligere klassificerer sorterne efter bageevne. Klassificeringen bør være stabil over tid og sted og opnå generel accept.
3. Afklare i hvor høj grad den forskel der er observeret mellem sorternes N-optagelse i sortsforsøgene er stabil under forskellige forhold. Undersøge hvilke mekanismer der ligger bag, herunder:
 - Forskelle i N-optaget i perioderne efterår-vinter, tidlig vækstsæson og kernefyldningsfase
 - Forskelle i evne til remobilisering af N fra vegetative organer til kernen.
4. Afklare i hvilket omfang de aktuelle sorter udnytter det potentiale for optagelse af N og S i kernefyldningsfasen, som mineraliseringsforløbet på danske jorde giver. Spørgsmålet er dels i hvor høj grad de aktuelle sorter har tilstrækkeligt aktive rødder i denne periode, dels hvor stor variation der er i N-mineraliseringsomfanget i denne periode, afhængigt af jordtype, klima (vanding) og jordenes status med hensyn til organisk bundne næringsstoffer. For S er optagelsen i denne periode specielt kritisk, fordi S i mindre omfang end N kan remobiliseres fra planternes vegetative organer.

5. Skabe videngrundlag for øget og mere direkte N-indlejring i kernerne gennem optimering af gødskningsstid og metode. Potentialitet for at øge proteinprocenten uden væsentlig nedgang i udbyttet er påvist, sandsynligvis kan anvendelsen af metoder til præcisionsgødsning, give en bedre mulighed for at udnytte potentialitet, end det hidtil har været muligt.
6. Analysere betydningen af klima og jordbund under danske forhold for hvedens kvalitet, således at der skabes grundlag for et beslutningsstøtteværktøj, der ud fra oplysninger om sortsvalg, jordtype, tilførsel af organisk N og aktuelt klima kan udpege, på hvilke arealer der i forbindelse med den sene N-tildeling må sigtes mod produktion af foderhvede, og på hvilke det er realistisk at satse på brødhvede. Beslutningsstøttesystemet bør også kunne hjælpe allerede ved sortsvalget.
7. Afklare mulighederne for at reducere N-mineraliseringen i vinterperioden i forhold til sommerperioden gennem ændret jordbearbejdning.

På mange brugstyper og i mange områder er vinterhvede en meget dominerende afgrøde, og opnåelse af en god N-status i denne afgrøder uden at N-udvaskningen bliver for stor forudsætter, at N-udvaskningen mindskes og udnyttelsen øges generelt på bedriften. Udover ovennævnte indsatsområde kan der peges på udnyttelsen af husdyrgødning, især svinegylle, eller optimering af sædskifte. Øget N-optagelse i vinterhalvåret er et specielt vigtigt område, fordi det både vil have stor betydning for udvaskningsniveauet på disse driftstyper, og samtidigt direkte giver mulighed for bedre N-forsyning af afgrøden ved uændret gødskningsniveau.

Summery

Background

Interest in the quality of the wheat produced in Denmark has increased over the last few years. The background for this is partly that the EU market systems increasingly focus on there being a minimum value for the level of protein in wheat, partly that the reduction of fertilisation standards in Denmark makes the requirements regarding protein level difficult to fulfil.

It is therefore relevant to consider the sort of market conditions that will be influencing the price of different qualities of winter wheat in the future and what we can do to anticipate these.

Market conditions

Prices for wheat and other cereals in Denmark have largely been governed by the EU market systems. The intention now is that EU pricing should more realistically reflect world market prices. The question is what effect such a change would have on the prices of different qualities of wheat in Denmark.

Two thirds of the Danish wheat production has so far been used domestically for fodder, with a large proportion of the rest going to export and a smaller proportion, 5-10%, to the domestic production of bread (bread wheat) (Chapter 2). With regard to prices, there is no great difference between wheat for fodder and for export and no great difference either between wheat and rye for fodder. It has not been possible to get a description of the pricing structure for domestic bread wheat production (Chapter 1), as this to a large extent is made up of individual deals.

On the world market as a whole, two thirds of the wheat production is used for human consumption (Chapter 3), and on the American market, for example, the price for wheat is c. 10 kr. above the price for a typical fodder cereal such as maize. The price for wheat in USA is furthermore differentiated in terms of its baking qualities by as much as 20-30%. France and Germany also have a transparent pricing structure for bread wheat. In Germany very good baking quality winter wheat is about 10% more expensive than standard quality wheat, which in price terms is nearer to that of wheat for fodder (Chapter 1).

The question is whether such a price differentiation between wheat for bread and wheat for fodder will emerge on the Danish market.

A relative price increase according to bread wheat quality could make the production of quality wheat for domestic use and export an attractive option for Danish farmers, especially in areas with few farm animals. This is, however, also where it will be most difficult to fulfil the requirements for a high protein content (Chapter 12).

Coincidence or divergence in the quality requirements for bread or fodder wheat

There is coincidence in quality demands in areas such as

- the restrictions on pesticide residues (Chapter 6)
- the requirement for healthy unsprouted cereal containing no mycotoxins (Chapter 5)

Certain quality criteria are diverging but not incompatible

- high digestibility (fodder) (Chapter 4)
- high milling percentage (bread wheat) (Chapter 3)

In one area there is a certain divergence in the quality criteria. Bread wheat must contain a certain level of gluten (protein), but gluten is of no biological value and the inclusion of a gluten-rich cereal in a fodder ration will make it more difficult to ensure a high biological value of the total ration (Chapter 4). It will therefore be more difficult to minimise N losses in the animal-oriented production.

Conditions relating to the production of bread wheat in Denmark

Some varieties can only be used for fodder, irrespective of the production conditions (Chapter 3). For potential baking quality varieties three production conditions can make it particularly difficult to comply with requirements:

- In Denmark the yield from winter wheat is high (7 t/ha compared with 5.5 t/ha in EU and 2.6 t/ha in USA (FAO)). The lodging of protein in the grain is mainly due to the movement of nitrogen from the vegetative organs, where it was taken up during the growing season, and into the grain. A large grain yield will therefore have a dilutory effect with a low level of protein and gluten, which will impair the baking quality.
- Low N-fertilization standards in Denmark exacerbate the problem of establishing an adequate gluten content.
- Unpredictable weather during the harvesting period can hamper the timeous harvest of dry cereal, giving problems of decomposition of starch in the grain and an impaired baking quality (Chapter 3).

Protein content of the grain

The Danish market presently operates two classification systems that define certain minimum standards regarding its suitability for e.g. consumption: one for exported wheat, negotiated by the agricultural and grain industry (Chapter 3), and one embodying the intervention requirements for bread wheat determined by the EU. Mills and bakeries furthermore use a large number of quality criteria in their evaluation of wheat (Chapter 2). This classification system has been further expanded in USA and several European countries (Chapter 1).

The problems associated with the classification of wheat for export and intervention are mainly with the level of protein, and subsequently the sedimentation value. The minimum standard is 11.5% (Chapter 1). The Danish agricultural dry goods company DLG has measured an average protein content in grain for 1995-1998 of 11.1%. The protein content was especially low on the good soils of the Danish archipelagos. (10.4% on Lolland-Falster) (Chapter 12).

Increased protein content at increased fertilisation levels

The simplest way of increasing the level of protein is to increase N fertilisation levels. With the Danish standards this will increase the protein level by 0.3-0.4 percentage points at every 20 kg N ha⁻¹ increase (Chapters 11 and 13). This will give an additional 5 kg N in the grain. Increased fertilisation will also increase N leaching.

Plants with an efficient N utilisation

An increased lodging of added or native N in the grain will reduce the risk of N leaching and also increase the level of protein in the grain. This can be achieved in several ways:

- In the relocation of N from the leaves to the grain about 30% of the N remains in the vegetative parts. A more efficient remobilisation of N from the leaves will increase the transfer (Chapter 9).
- N is continuously released through the mineralisation of soil organic matter. Varieties with a more efficient uptake of N from the soil after loading may be able to achieve a better N supply (Chapter 9).
- In autumn and winter the mineralisation and release of N from soil organic matter exceed crop demand. The use of varieties with a better take-up and utilisation of N at these times would be important for N utilisation.
- After the application of e.g. mineral fertiliser, soil and crop micro-organisms compete for the added N with the crop capturing only 50%. Crops that are better able to compete for the available N could take up a larger proportion (Chapter 9). This, however, is not proven.

From calculations of N balances in Danish winter wheat it would appear that current varieties largely utilise the added N (Chapter 7). This is reflected in experiments with different varieties, which show a negative correlation between yield and level of protein, but the correlation is not as clear as would have been expected if there had been no difference in N utilisation capacities. This implies that there is a genetic difference in the ability of varieties to utilise N at given amounts of fertiliser (Chapter 13).

Optimised fertilisation

As previously mentioned, the crop will take up an average of only 50% of the N applied through fertilisation (Chapter 7). At early applications this is usually lodged in the leaves. In a remobilisation, only about 70% of the uptake is relocated to the grain.

Applications that are optimised in space and time may enable an increased lodging of N in the grain at unaltered levels of fertilisation through a favouring of root uptake over microbial uptake and through an increased transport of N directly from the roots to the grain. Trials with late applications of N show that it is possible to increase the protein content with no reduction in yield (Chapters 7 and 11).

The practical optimisation of fertilizer applications is very complex. Making use of precision farming tools such as maps of soil tilth (yield mapping, geoelectrics and water retention capacities), crop digital mapping and decision support with growth models, may further the progress significantly. More knowledge of the optimal placing of fertilizer in relation to the crop is, however, also needed.

N is not the only nutrient with a positive effect on baking quality. The sulphurous amino acids in gluten are crucial for good baking qualities. Sulphur is not as easily remobilised as N so the supply of S to the grain is very tightly linked to the uptake of S during the grainfilling stage. Sulphur deficiency can also inhibit the remobilisation of N from the vegetative organs to the grain (Chapter 10).

Conclusion

It is very likely that the production of baking quality winter wheat for domestic use will be a financially rewarding option for farmers in the future. It is also likely that there will be an advantage in having a high protein content in the wheat grown for export.

In Denmark and northern Europe we have a high yield level of winter wheat compared with many other wheat-growing areas. This gives a problem in meeting the requirement for a high gluten content in bread wheat, which in Denmark is exacerbated by the restrictions on N fertilisation.

It may, however, be possible to combine:

- a high yield
- a relatively high gluten content
- a moderate level of fertilisation

In Denmark this will undoubtedly require much more progress in terms of both plant breeding and cultivation techniques than it would in other regions, if the aim is more systematically to produce high quality bread wheat.

A strong position would consequently also require the existence of other qualities, e.g. regarding pesticides and mycotoxins, or the degree of sorting according to a wider spectrum of quality criteria.

Research required to meet an increased production

If an increased production of bread wheat is to be realised without incurring an increase in the level of nitrate leaching, research into the following areas is required:

1. The baking qualities achievable at an unchanged protein level. Topics include:
 - The feasibility of developing varieties with an increased proportion of proteins active in the baking process.
 - The feasibility of improving baking qualities by increasing the level of S fertilisation beyond the optimal for yield.
2. Characterisation/classification of the baking quality of different varieties. Varieties are at present classified either as fodder wheat or bread wheat. In this connection, it would be relevant to investigate the possibility of establishing a differentiated characterisation/classification system regarding baking quality based on growth experiments and analyses. This classification should be constant in time and space and be generally accepted.
3. Clarification of whether the observed differences in N uptake in the varieties are constant under different conditions and of which mechanisms control this uptake, including:
 - Differences in N uptake during autumn-winter, the early growing season and the grainfilling stage.
 - Differences in the ability to remobilise N from vegetative organs to the grain.
4. Clarification of how well the different varieties utilise the potential plant-available N and S during the grainfilling stage. This is partly a question of the extent of the rooting network during this period and partly a question of the variation in the level of mineralisation of N depending on soil type, climate (precipitation) and soil nutrient status. S uptake during this period is critical as S to a lesser extent than N can be remobilised from the plant vegetative organs.
5. Creation of a knowledge base for an increased and more direct lodging of N in the grain through optimisation of timing and method of fertilisation. There is proven potential for an increase in the level of protein with no appreciable decrease in yield. It is possible that precision fertilisation techniques will enable a fuller realisation of this potential than has been possible so far.
6. An analysis of the importance of climate and soil for the quality of wheat under Danish conditions. This will create the basis for a decision support system, which from information on wheat variety, soil type, climate and fertilisation regime can pinpoint the areas suitable for either fodder wheat or bread wheat. The decision support system should also enable a better choice of variety.

7. Clarification of the possibilities of reducing N mineralisation during the winter period in relation to the summer period through a change in soil tillage regime.

In many farming systems and in many areas winter wheat is the dominant crop and a reduction in the leaching of N and an increase in its utilisation at farm scale are prerequisites for a good N status in this crop. Other areas in which action is required are in the utilisation of animal manure, particularly pig manure, and the optimisation of crop rotation systems. An increased N uptake during the six coldest months of the year is particularly important, as it is crucial to the level of leaching in these systems and will thus enable a better N supply to crops at unchanged levels of fertilisation.

Kapitel 1. Priser på vinterhvede

Kjeld Bukh Hansen
De Danske Landboforeninger
Axelborg
Vesterbrogade 4A, 4. sal
1620 København V.
E-mail: kbh@landbo.dk

Prisforholdene belyses i det følgende i forhold til ændringerne i EU's landbrugspolitik og udviklingen på verdensmarkedet for korn. Der foretages sammenligninger af priserne for hvede af forskellig kvalitet og med priserne på andet korn.

Den hidtidige prisudvikling for korn

I EU påvirkes prisdannelsen for korn af EU's landbrugspolitik. Markedsordningerne for korn har gennem en årrække reguleret kornpriserne i EU gennem intervention, importafgifter og eksportstøtte. Markedsordningen har over tiden ført til, at EU's kornpriser har ligget over prisniveauet på verdensmarkedet.

I tabel 1 er vist en oversigt over prisudviklingen i Danmark for korn i perioden fra 1980 til 1999. Priserne, som er ab landmand, er indsamlet af Økonomisk-Statistisk Afdeling i De danske Landboforeninger.

Tabel 1: Pris på salgsafgrøder i perioden 1980-1999.

Prisen er ab landmand og angivet i kr. pr. hkg. (Kilde: Økonomisk-Statistisk Afdeling, De danske Landboforeninger)

	Kvalitetskorn*			Standardkorn				Raps	Ærter
	Byg	Hvede	Rug	Byg	Havre	hvede	Rug		
1980-81				126,64	125,87	134,75	127,09		
1981-82				141,91	135,09	148,28	136,46		
1982-83				148,30	140,95	161,21	144,22		
1983-84				166,19	172,01	172,55	161,74		
1984-85				147,85	153,46	156,07	148,75		
1985-86				146,77	129,31	157,67	144,41		
1986-87				144,22	149,67	154,45	141,31	387,67	258,01
1987-88				133,32	162,78	144,21	126,06	323,93	241,99
1988-89	142,41	145,11	133,75	132,88	125,12	141,83	128,66	343,89	215,89
1989-90	152,42	140,49	130,67	130,16	126,40	135,04	130,74	380,70	217,71
1990-91	134,56	131,08	122,75	121,81	119,68	126,37	120,31	328,39	190,81
1991-92	133,90	133,62	122,31	122,18	124,91	128,15	121,17	268,66	198,08
1992-93	147,24	134,38	129,86	129,87	149,77	132,56	127,63	128,38	216,86
1993-94	114,32	108,49	108,85	105,47	114,42	104,59	96,75	151,28	107,36
1994-95	123,81	106,73	98,29	103,09	94,76	103,09	93,50	168,74	103,74
1995-96	121,69	103,91	90,24	98,34	94,15	101,98	90,48	152,18	104,04
1996-97	108,33	96,92	89,46	94,51	97,05	95,40	88,75	172,90	116,18
1997-98	100,94	91,16	87,88	89,27	87,72	90,43	84,55	180,66	111,51
1998-99	99,21	85,10	81,32	85,60	76,49	83,50	77,63	165,47	86,40
1999-00	98,54	88,88	85,12	88,56	89,78	87,92	82,82	131,60	91,47

* Ikke veldefineret, men udtryk for prisen på hhv. maltbyg, brødhvede og brødrug

Prisfaldene siden 1992 afspejler virkningen af EU-reformen, som blev iværksat med virkning fra 1993. Reformen havde bl.a. til formål at afvikle prisstøtten og tilnærme kornpriserne i EU til priserne på verdensmarkedet, idet der over en treårig periode trinvis blev gennemført en 25 pct. reduktion af EU's interventionspriser. Samtidig blev intervention af foderhvede afskaffet, og der blev indført ens interventionspriser for byg og hvede (brødhvede).

Til gengæld for prissænkningerne blev der indført direkte indkomstilskud med hektarstøtte og produktionsbegrænsning gennem braklægning.

For ærter og raps blev prisstøtten afviklet helt, så priserne øjeblikkelig blev sænket til niveauet på verdensmarkedet. Prisfaldene har derfor været større for disse afgrøder end for korn. Til gengæld indførte man hektartilskud for ærter og raps, som var højere end for korn.

Tabel 1 afspejler også prisforskellen mellem kvalitetskorn og foderkorn.

Prisforskellen mellem kvalitetsbyg (maltbyg) og foderbyg har været 9 til 22 kr. pr. hkg i perioden siden 1993. Prisforskellen mellem kvalitetshvede (brødhvede) og standardhvede (foderhvede) er betydeligt mindre, og den er blevet indsnævret siden 1993. Prisforskellen svinger fra 5 kr. og helt ned til 1 kr. i perioden siden 1992.

Der er en vis usikkerhed om, hvilken kvalitet prisen på brødhvede i tabel 1 refererer til. Det må dog antages at være brødhvede af middel kvalitet. I Danmark findes ikke detaljerede prisstatistikker, som belyser priserne for hvede af forskellig brødkvalitet. I Tyskland har man en større omsætning af hvede af høj brødkvalitet, og der er en mere systematisk afregning af hvede efter brødkvalitet.

Tabel 2: Tyske markedspriser, 1997-2000, frit leveret ombord

Kvalitetsklasse	Proteinindhold, pct.	Zelenytal	Pris, kr. pr. hkg
Hvede E	12,0	40	110,50
Hvede A	11,0	35	104,80
Hvede B	10,2	30	99,00

Prisstatistikken viser, at der på det tyske marked har været afregnet merpriser på ca. 11 kr. pr. hkg for hvede med 12,0 pct. protein og zelenytal 40 i forhold til brødhvede af minimumskvalitet.

Når der specielt fokuseres på hvede, må konklusionen være,

- at der siden indførelsen af EU-reformen i 1993 har været en markant sænkning af markedspriserne
- at merpriserne på kvalitetshvede (brødhvede) på det danske marked næsten er forsvundet siden 1993

- Der har dog på EU-markeder (Tyskland) for homogene partier af hvede af høj brødkvalitet kunnet opnå merpriser på ca. 10 pct. i forhold til priser på brødhvede af minimumskvalitet.

Den forventede udvikling

År 2000 er det første år, hvor Agenda 2000 er trådt i kraft. Interventionsprisen på hvede og byg sænkes i år med 7,5 pct. og næste år igen med 7,5 pct. Interventionsprisen vil fra høsten 2001 være sænket til 75 kr. pr. hkg, svarende til en landmandspris på ca. 60-65 kr. pr. hkg.

Samtidig med reduktionerne af interventionspriserne for korn er der også strammet op i kvalitetskravene til interventionskorn bl.a. med hensyn til vandindhold, rumvægt og zelenytal. For hvede er der som noget nyt indført minimumskrav til proteinindhold, og fradragene i prisen ved lavt proteinindhold er forøget, jfr. tabel 3.

Tabel 3: EU's interventionskrav til brødhvede*

Interventionspris, kr. pr. hkg	75,00
Krav til brødkvalitet	
• minimum protein, pct.	10,5
• proteinfradrag ved 10,5 pct., kr. pr. hkg	3,73
• proteinfradrag ved 11,0 pct., kr. pr. hkg	1,87
Falddtal, min.	220
Zelenytal, min.	22

* Allerede vedtagne, når de er slået fuldt igennem i år 2002/03

Med de prissænkninger, der gennemføres med Agenda 2000, vil kornpriserne i EU kraftigt tilnærme sig priserne på verdensmarkedet. Det må forventes i de kommende år, at kornpriserne i EU i nogle år vil ligge på niveau med verdensmarkedspriserne, mens de i andre år vil ligge over prisniveauet på verdensmarkedet.

I år, hvor EU-priserne ligger på niveau med priserne på verdensmarkedet

Det er behæftet med stor usikkerhed at vurdere prisudviklingen på verdensmarkedet. Ifølge de seneste vurderinger fra de internationale analyseinstitutter FAPRI (Food and Agriculture Policy Research Institute) og USDA (USA's landbrugsministerium) forventes der generelt stigende kornpriser på verdensmarkedet i de kommende 10 år.

Prisdannelsen for korn i Danmark vil foregå ud fra vilkårene på verdensmarkedet, herunder de prisrelationer der er mellem kvalitetskorn og foderkorn.

Tabel 4: Priser på brødhvede og foderkorn på verdensmarkedet, kr. pr. hkg

	Vårhvede Minneapolis Dark No. 1, Spring 15 pct. protein	Vinterhvede Kansas Hard Red Winter 13 pct. protein	Hvede Chicago Soft Red Winter 11 pct. protein	Majs Chicago
1980-84	141	133	116	103
1985-89	110	99	92	66
1990-94	104	87	75	60
1995-99	114	101	78	68

I tabel 4 er der taget udgangspunkt i prisrelationerne på det amerikanske marked som udtryk for prisrelationer på de internationale markeder. Der er store forskelle mellem europæiske og amerikanske hvedesorter, og det er derfor vanskeligt at foretage direkte prissammenligninger. Det kan også være problematisk at sammenligne priserne, fordi hvedetyperne er handlet på forskellige geografiske lokaliteter.

Alligevel kan man forsigtigt uddrage af tabellen

- at prisforskellen mellem foderkorn og brødhvede er større på verdensmarkedet end på det europæiske marked.

Antallet af foderenheder pr. tons i majs og hvede er næsten det samme. Prisforskellen mellem majs og hvede varierer meget fra år til år, men i anden halvdel af 1990'erne har majspriserne i gennemsnit ligget 10 kr. pr. hkg under brødhvedepriserne.

- at der er større prisdifferentiering for brødhvede efter brødkvalitet på verdensmarkedet end i EU.

Der opnås markante merpriser på høj kvalitetshvede (hard red winter) i forhold til soft red wheat, som har en kvalitet, der stort set svarer til minimumskvaliteten ved intervention af hvede i EU. Merprisen har igennem anden halvdel af 1990'erne været 23 kr. pr. hkg.

I år, hvor EU-priserne ligger over priserne på verdensmarkedet

Interventionspriserne vil lægge bunden for priserne i markedet.

For hvede med 11,5 pct. protein, som opfylder interventionsbetingelserne, vil interventionsprisen være 75 kr. pr. hkg, mens prisen for hvede med 10,5 pct. protein vil være godt 71 kr. pr. hkg.

For foderhvede, som ikke kan opkøbes til intervention, er prisdannelsen mere usikker. Selvom der ikke direkte er nogen interventionspris, så vil interventionsprisen på byg på 75 kr. pr. hkg virke som en indirekte mindstepris for foderhvede.

Det er kun i områder med underskud af foderkorn, at det må forventes, at interventionsprisen for byg umiddelbart også vil lægge en bund for foderhvedeprisen, mens virkningen i områder med betydeligt overskud af foderkorn er af mere usikker karakter.

Afslutning

Som det er fremgået, vil prisdannelsen for kvalitetshvede være påvirket af mange forskellige forhold, som kan virke i forskellig retning.

Alligevel må der dog kunne sammenfattes nogle hovedtendenser. EU's landbrugspolitik bliver mere markedsorienteret, så prisvilkårene på verdensmarkedet vil få større og større betydning. Det vil efter alt at dømme føre til, at merprisen for kvalitetshvede i forhold til prisen på foderhvede bliver større, og at differentiering i prisen - efter om det er god eller mindre god brødkvalitet - bliver større.

Kapitel 2. Handels- og forbrugsmønstre i Danmark

Johannes Ravn Jørgensen
Danmarks JordbrugsForskning
Afdeling for Plantebiologi
Forskningscenter Flakkebjerg
4200 Slagelse
E-mail: Johannes.Jorgensen@agrsci.dk

Indledning

Vinterhvede er den største og vårhvede den mindste kornafgrøde i Danmark, både med hensyn til produktion og areal. Den totale produktion af vinter- og vårhvede har med store årsvariationer ligget på henholdsvis 4.700.000 og 40.000 tons gennem de sidste 6 år (Tabel 1). Arealmæssigt afspejler det sig i, at vinterhvede dækker ca. 650.000 ha og vårhvede 7.500 ha (Tabel 2). Årsvariationen i produktionen er betinget af størrelsen af kornarealet og vækstforholdene det enkelte år. Vårbyg er den næststørste kornafgrøde, hvilket til dels kan tilskrives det faktum, at maltbygproduktionen næsten udelukkende er baseret på vårbyg, der kan afregnes til en højere pris. Derudover kan vårbyg have sædskifte- og dyrkningsmæssige fordele. Den samlede danske kornproduktion udgør med sine 4,4 pct. af de 15 EU landes samlede kornproduktion en forholdsvis stor andel af EU's kornproduktion, idet det danske landbrugsareal kun udgør 2,1 pct. Således har Danmark den 6. største kornproduktion i EU efter Frankrig, Tyskland, Storbritannien, Spanien og Italien.

Tabel 1: Kornproduktion i Danmark 1995 – 2000, 1.000 tons.

	1995	1996	1997	1998	1999	2000 ¹⁾
Vinterhvede	4565	4729	4902	4894	4433	4640
Vårhvede	33	28	63	34	37	50
Rug	495	343	453	538	248	290
Vinterbyg	1131	1068	1047	940	884	820
Triticale	-	-	70	142	251	240
Vårbyg	2768	2885	2840	2625	2791	3160
Havre og blandsæd	158	164	155	161	130	230
Korn i alt	9150	9218	9529	9334	8774	9440

Kilde: Danmarks Statistik. ¹⁾ Foreløbige tal.

Tabel 2: Kornareal i Danmark 1995 – 2000, 1.000 ha.

	1995	1996	1997	1998	1999	2000 ¹⁾
Vinterhvede	600	669	672	673	629	627
Vårhvede	6	5	12	6	8	9
Rug	96	75	84	105	51	56
Vinterbyg	185	198	176	162	155	148
Triticale	5	6	13	28	54	49
Vårbyg	529	535	538	517	566	598
Havre og blandsæd	31	26	30	31	26	45
Korn i alt	1447	1514	1525	1530	1497	1532

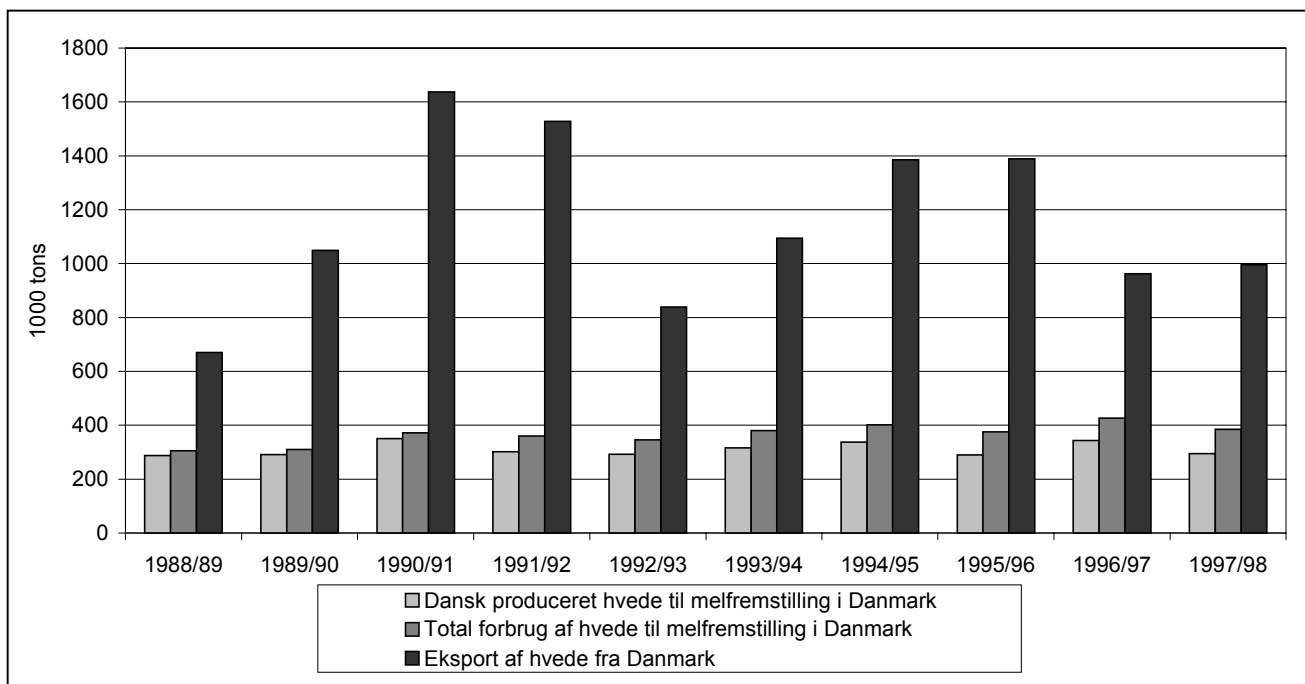
Kilde: Danmarks Statistik. ¹⁾ Foreløbige tal.

Anvendelse

Den primære anvendelse af den danske hvedehøst er til foder (ca. 2/3). Dansk hvede anvendes dog også i vid udstrækning til produktion af hvedemel i Danmark (Figur 1). Forbruget af hvede til melfremstilling i Danmark har i de sidste 10 år ligget mellem 300.000 og 425.000 tons. Den dansk producerede hvedes andel heraf er over denne periode dalet fra at udgøre ca. 95% til 80%. Der er dog udsving mellem de enkelte år, hvilket kan tilskrives variation i kvaliteten af den dansk producerede hvede.

Der foreligger imidlertid ingen statistiske tal for, hvor stor en andel af den eksporterede hvede der anvendes til brødfremstilling. Dansk hvede har dog svært ved at konkurrere med sorteret høj kvalitetshveder fra Tyskland og Frankrig, og der er undertiden vanskeligheder med afsætningen.

Det fremtidige forbrugsmønster i Danmark af hvede til melfremstilling tyder på, at udenlandsk hvede (primært tysk og fransk) overtager en stigende del af markedet. Dansk hvede vil formentlig stadigvæk udgøre den største andel, men de eksisterende gødningsnormer kombineret med de klimatiske betingelser gør det sværere at producere brødhvede i Danmark.



Figur 1: Udvikling i forbruget af dansk hvede og det totale hvedeforbrug til melfremstilling i Danmark samt eksporten af hvede fra Danmark (Kilde: Danmarks Statistik, Foreningen af Danske Handelsmøller).

Forventningerne til de kommende år

Forventningerne til de kommende år er, at vinterhvede- og vårbygarealet vil stige, denne forventning beror til dels på, at arealet med oliefrø vil falde på grund af en reduceret hektarstøtte. Dette vil dog ske på et marked, hvor interventionsprisen sænkes for at tilpasse sig verdensmarkedet, idet målet med Agenda 2000 er at forbedre kornets konkurrenceevne såvel på det indre marked som på verdensmarkedet. Den hvede, der umiddelbart ønskes intervenseret af EU, er brødhvede. Interventionskriterierne (Tabel 3 og 4) er imid-

lertid strammet for at sikre, at det er kvalitetshvede der dyrkes og interverneres, og for at denne kan afsættes på det internationale marked. Konsekvensen heraf vil være, at det i de kommende år må forventes, at store dele af vinterhvedeproduktionen ikke kan opfylde interventionskravene. Dette vil så kun kunne handles som foderkorn. Man må ligeledes forvente, at problemet med at opfylde interventionskravene vil blive særligt udtalt på de bedre jordtyper, hvor udbyttet traditionelt er højt, idet den tilførte kvælstof, der indlejres i proteinet, fortyndes af den relativt større stivelsesindlejring.

Tabel 3: Interventionskrav til brødhvede gældende fra november 2000.

Generelle krav		Kornet skal have den for høståret for den pågældende kornart karakteristiske farve, skal have en sund lugt og skal være fri for levende skadedyr (herunder mider) i ethvert udviklingsstadium.
Vandindhold	Basis:	14,0 pct., maksimum: 15,0 pct. Vand
	Regulering:	13,4 - 10,0% vand stiger prisen med 0,1 euro pr. tons pr. 0,1% vand. 14,1 - 15,0% vand falder prisen med 0,2 euro pr. tons pr. 0,1% vand, svarende til ca. 1,5 kr. pr. tons pr. 0,1 pct. vand over 14,1. Ingen intervention af korn med over 15,0 pct. vand.
Rumvægt	Basis:	76 kg/hl
	Regulering:	75-76: -0,5 euro/tons 75-74: -1,0 euro/tons 74-73: -1,5 euro/tons Under 73: afvises
Faldtal	Minimum:	220
Zelenytal	Minimum:	22, mellem 22 og 30 kræves dejtest på at dejen ikke er klæbrig
Ikke mangelfrit korn	Maksimum	12,0%
a) Heraf højst, pct. knækkede kerner		5,0%
b) kornbesats (urenheder)		7,0%
c) spirene kerner		4,0%
d) andre urenheder (Schwatzbesatz)		3,0%

Tabel 4: Interventionskrav til proteinindholdet i hvede.

Høst	1999	2000	2001	2002
Min. protein indhold	0%	10%	10,3%	10,5%
Prisreduktion (euro/tons)				
11,5 - 11,0 %	-1,0	-1,5	-2,0	-2,5
11,0 - 10,5 %	-2,0	-3,0	-4,0	-5,0
10,5 - 10,3 %	-3,0	-5,0	-5,0	Afvises
10,3 - 10,0 %	-3,0	-5,0	Afvises	Afvises
10,0 - 9,5 %	-4,0	Afvises	Afvises	Afvises
9,5 - 9,0 %	-5,0	Afvises	Afvises	Afvises

Kapital 3. Kvalitet af hvede til produktion af brød og andre produkter

Johannes Ravn Jørgensen
Danmarks JordbrugsForskning
Afdeling for Plantebiologi
Forskningscenter Flakkebjerg
4200 Slagelse
E-mail: Johannes.Jorgensen@agrsci.dk

Introduktion

På verdensplan anvendes ca. 2/3 af hvedeproduktionen til human ernæring. Af den danske hvedeproduktion er det kun ca. 10% der anvendes til human ernæring. Den danske produktion af hvedemel kan opdeles i to, ca. 2/3 anvendes til brødfremstilling og den sidste 1/3 anvendes til bisquit og kager – samt konfekturvarer, kødvarer, supper m.v.

Den almene betydning af vendingen kvalitet er "anvendelighed til nogle specifikke formål". Når man taler om kvalitetshvede betyder det ifølge Kent og Evers (1994):

- Udbytte af slutproduktet (hvede for landmanden, hvede for grovvareselskabet, mel for mølleren, brød for bageren, etc.)
- egnethed for maskinbearbejdning, f.eks. god dejstabilitet, egenskaber ved slutproduktet: ensartethed, smag, udseende, tekstur, volumen, holdbarhed og kemisk sammensætning

Kerneudbytte og proteinindhold, opgivet i procent protein, er nøglefaktorer i produktion af og handel med hvede. Udbytte er et mål for aktiviteten og varigheden af processer, der bidrager til indlejring af stivelse i kernen. Proteinindholdet afspejler processerne i kvælstof stofskiftet, selv om dette ikke er uafhængigt af udbyttet (Jenner et al. 1991). Der er en positiv sammenhæng mellem proteinindhold i kernerne og brødvolumen samt tekstur af det bagte brød (Pomeranz, 1988).

Brødhvede

Generelt kan det siges, at kravet til hvedes kvalitetsegenskaber er langt større i relation til mølleri- og bageriformål end for foderproduktion. I brødhvede udnyttes de unikke egenskaber, der findes i proteinets glutenfraktion. Sammen med lipider, pentosaner og stivelse i melet danner gluten det polymere netværk, som evner at binde gasser og skabe brødets karakteristiske form og struktur. Kravene til brødhvede stiger desuden i takt med den teknologiske udvikling. Eksempelvis vil en maskinel bearbejdning kræve et ensartet mel med lav klæbrighed, udover de almindelige brødhvedekrav om høj glutenindhold, dejstabilitet og bageevne.

I Danmark dyrkes der et relativt bredt sortiment af hvedesorter under skiftende dyrkningsforhold, og under hensyn til overholdelse af gældende gødningsnormer. Det giver mel med varierende kvalitet / bageegenskaber, hvilket har konsekvenser for hvedens afsetningsmuligheder. De store, industrielle bagerier i Danmark køber i stort omfang

udenlandsk mel, fortrinsvis hos tyske møller, da man ikke kan finde tilsvarende kvaliteter og priser hos de danske møller.

Der kan dog i Danmark produceres brødhvede af høj bagekvalitet, men kvaliteten af hvedemelet er først og fremmest afhængig af sortsvalet, dernæst af vejret og den tildelte gødningsmængde. Identifikation af egnede sorter foregår bl.a. ved den lovbestemte værdiafprøvning ved Danmarks JordbrugsForskning, Afdeling for Sortsafprøvning. Vejrets centrale rolle overfor kvaliteten betyder, sammen med jordbundsmæssige forskelle, at det kun er begrænsede arealer, der et givent år giver en passende kombination af proteinindhold og kernestørrelse. I en sydsvensk undersøgelse af vejrparametrenes indflydelse på variationen i 2 vår- og 2 vinterbrødhveders udbytte, proteinindhold og kvalitet i perioden 1975-1996 rapporteredes følgende (Johansson og Svensson, 1997; 1999):

- Et højt udbytte i vårhvede var afhængig af en stor biomasseproduktion i maj og juni, der ligeledes var betinget af en varm maj og en relativ kølig juni. En varm juni kan i tørre perioder medføre en reduceret biomasseproduktion da planterne vil forbruge en stor del af det tilgængelige vand.
- Et varmt forår medførte ligeledes en høj biomasseproduktion i vinterhvede og et højt udbytte. Udbyttet var derudover til dels påvirket af etableringen i efteråret og vintrens hårdhed.
- Kernernes proteinindhold var mellem 11,1 og 14,9% for vårhvederne, og mellem 10,6 og 16,7% for vinterhvederne. Temperaturen, specielt under kernefyldningsperioden, der forklarede 34% af variationen i kernernes proteinindhold i vårhvederne, var den vigtigste vejrparameter. I vinterhvederne var vejrparametrenes indflydelse på kvalitetsparametrene mere kompleks.
- Brødvolumen varierede fra 910 til 1415 ml og fra 630-1067 ml for henholdsvis vårhvede og vinterhvede. Proteinindholdet i kernerne kunne forklare 19% af variationen i brødvolumen.

At en stor biomasseproduktion i foråret skal kunne omsættes til et stort udbytte er dog betinget af, at der er tilstrækkelig næring, primært kvælstof, og vand til rådighed efter blomstring, da dette forlænger kernefyldningsperioden og stimulerer stivelseproduktionen (Kosegarten og Mengel, 1998).

Betydningen af kvælstofgødskningen på brødhvedekvaliteten er blevet påvist i mange forsøg, øget kvælstofgødskning medfører øget proteinindhold i kernerne, der igen korrelerer stærkt med brødvolumen. Sengødskning med kvælstof kan foretages under skridningen for at øge proteinindholdet i kernerne. Betydningen af plantetilgængeligt kvælstof er stort på dette tidspunkt, da syntesen af glutenproteinerne begynder ca. 3-4 uger før modningen.

Dyrkningsbetingelsernes indflydelse på brødkvaliteten giver på den anden side i princippet mulighed for at udnytte den eksisterende, naturlige variation i hvedens kvalitet til at finde de for bagning bedst egnede partier. Hvis dansk hvede også i fremtiden først og fremmest vil være produceret med det formål at levere råvarer til dansk foderstofindustri,

er det muligt, at man ud fra den danske produktion på cirka 4,7 mill. tons hvede, med et sortvalg der også tager hensyn til den potentielle bageevne, kunne finde de fra et bagerisynspunkt bedste 10%. Dette ville være tilstrækkeligt til at sikre møllernes behov for melproduktion. En sådan strategi ville imidlertid kræve hurtige analysemetoder, som kan analysere og identificere partier med gode bageegenskaber allerede ved afleveringen af høsten til kornhandleren.

Tabel 1. Sammenhæng mellem faktorer der påvirker kvaliteten af brødhvede og udvalgte kvalitetsparametre. Antallet af krydser indikerer betydningen af de viste parametre.

	Genetik (Sortvalg)	Klima	Dyrknings- praksis	Høst, lagring, tørring, transport
Proteinindhold	XXX	XXX	XXX	
Hårdhed	XXX	XX	XX	
Vandindhold		XXX		XXX
Faldtal	X	XXX	X	XXX
Spireevne		X		XXX
Rumvægt	XX	XX	X	
Knækkede kerner	(X)			XXX
Fremmed art			XX	XX
"Sundt korn"		XXX	XX	XXX

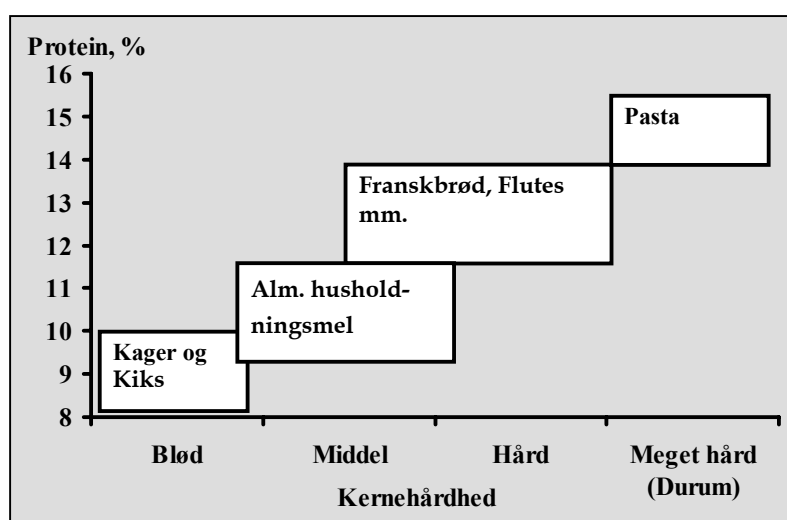
Påvirkning af hvedens brødkvalitet

Kvaliteten af det høstede korn er som nævnt afhængig af hvedesorten og af miljøet – klima, jordtype og gødskningstildeling. Inden for de begrænsninger miljøet giver, kan de kvalitative egenskaber varieres ved forædling og yderligere påvirkes i såvel positiv som negativ retning ved dyrkningspraksis, under høst, tørring, transport, rensning og lagring (Tabel 1). Hvedens kvalitative egnethed til brødfremstilling er dog betinget af tre basale faktorer:

- Mængden af gluten er afgørende for melets vandoptagelsen, da gluten kan optage 2-3 gange sin egenvægt i vand. Når hvedemel blandes med vand, danner de vandopløselige lagerproteiner en glutenmatrix, et komplet sammenhængende netværk, i hvilket bestanddele som stivelse og dannede gasser er indkapslet. Ved æltning trækkes proteinerne ud til en tynd proteinfilm. Gluten danner derved strukturen i dejen, som er bestemmende for de elastiske egenskaber og brødvolumen. Mellem forskellige hvedesorter er der observeret forskelle i elasticiteten af glutenmatrixen og proteinets evne til at danne aggregater (samle dejen). God elasticitet og evnen til at danne aggregater er basale krav for dannelse af en brøddej. Man kan på grund af den tætte sammenhæng mellem proteinindhold og glutenindhold bruge proteinindholdet som en indikator for hvedens indhold af gluten. Det må også bemærkes, at det øvrige proteinindhold har betydning for, hvorledes andre af dejens funktionelle egenskaber bliver.
- Hårde hveder har en hård endosperm (frøhvide). Endospermen består primært af store kantede celler, der er fyldt med stivelse. Hårde hvedetyper kræver mere energi til formaling, hvorved et stort antal af stivelsescellerne bliver fysisk beskadiget. Bløde hvedetyper producerer derimod mel med et lavt niveau af beskadiget stivelse. Eftersom beskadigede stivelsesceller optager mere vand end intakte stivelsesceller, optager

hårde hveder mere vand end bløde hveder. Durumhvede er som type en meget hård hvede. Amerikanske og canadiske vårhveder er typiske hårde hvedetyper, medens det, vi kalder vinterbrødhvede i Danmark, normalt er af middel til hård hårdhed, og de vinterhvedetyper, vi kalder foderhveder, repræsenterer de bløde hvedetyper (Figur 1).

- Et lavt indhold af enzymet alpha-amylase, der nedbryder stivelse. Dette måles med en faldtals test. Erfaringerne fra høsten 1999, hvor den danske hvedehøst foregik dels før dels efter en kraftig regnperiode, viste således en stærk forringelse af kvaliteten for den hvede, der var høstet sidst. Sen høst bør derfor undgås. Kvaliteten kan dog også forringes, hvis en stor del af kernerne knækker under tærskningen, ligesom nedtørringen skal foregå hurtigt for at undgå lagersvampe og brødsorterne skal oplagres separat under tørre og rene forhold.



Figur 1. Sammenhæng mellem kernehårdhed og protein og anvendelsesmuligheder af hvede

Måling af kvalitet på kernerne

I de senere år er der udviklet en række gode hurtiganalyser, der giver en god indikation af kvaliteten. Således kan man i hvede bestemme protein-, vand- og stivelsesindhold i kernerne ved hjælp af spektrale analyser som NIT (Nær Infrarød Transmission). I de kommende år vil der formentlig komme flere kvalitative informationer via NIT-analyserne, f.eks zeleny og gluten.

Kernehårdhed, der er en parameter, man bruger til klassifikation af hvede i bl.a. USA og Canada, kan også måles direkte på kornet med hurtiganalyser. Hårdhedsbestemmelse vil formodentlig være et godt nyt mål for dansk hvedes egnethed til brødfremstilling. Herved får man et godt og forholdsvist nemt kvalitetsmål for sorterne såvel som enkelte kornpartier.

Møllerierne og bagerierne foretager derudover prøveformaling, kemiske og fysiske analyser på mel og dej, samt prøvebagning på potentielle brødhvedepartier. Herved opnås de ultimative oplysninger til at vurdere hvedens egnethed til brødfremstilling.

Landmandens kvalitetskrav ved hvedeproduktion

Landmandens kvalitetskrav ved hvedeproduktion er i første omgang betinget af et højt dækningsbidrag såvel som et stort kerneudbytte. Dette stiller krav om en sort med gode agronomiske egenskaber (gode resistensegenskaber, vinterfashed, god stråstyrke og uden tendens til at drysse). Samt en sort, der er tilpasset en dyrkningsstrategi, der er målrettet mod produktion af henholdsvis brødhvede, eksporthvede (der kan interveneres) eller foderhvede, der hver især afregnes under forskellige konditioner.

Grovvareselskabernes købsbetingelser for korn

For at imødekomme møllernes kvalitetskrav bliver der hvert år indgået en aftale vedr. afregning af korn mellem landbrugets og kornbranchens organisationer. Formålet er desuden at sikre en større gennemsigtighed og forenkling gennem fælles faste afregningsregler. Som udgangspunkt opererer man for hvede med henholdsvis eksporthvede (der kan interveneres) og foderhvede (Tabel 2). Hvede med høj brødkvalitet henvises til individuelle aftaler mellem køber og sælger. Hvilket i praksis medfører, at kvalitetskravene til brødhvede/vårhvede er strammere end betingelserne til eksporthvede. For alt korn gælder desuden at der skal være tale om sunde varer, det vil sige uden synlige spirer, muglugt, syrlig lugt, befængt med fusarier eller anden svampesygdomme, mider, skadedyr mm.

Tabel 2. Aftale vedr. råvarekvalitet af dansk hvede efter høst 2000 (Høstinformation, 2000).

	Eksporthvede			Foderhvede		
	Basis	min.	maks.	basis	min.	maks.
Protein, pct.	11,5	10,5				
Faldtal, sek.	250	225				
Spireevne, pct.*		85				
Rumvægt, kg/hl.	76,0	72,0		76,0		
Vandindhold, pct.	14,5		20,0	15,0		
Knækkede kerner, pct.	3,0					
Fremmed art, pct.	0,5		2,0			

Alle leverancer, som er omfattet af aftalen, skal kunne betegnes som gode sunde varer.

* Vitaskop

De kvalitetsanalyser, der benyttes ved handelen mellem landmanden og grovvareselskaberne, er baseret på fysiske og kemiske egenskaber. De fysiske egenskaber er rumvægt og kernestørrelsesfordeling / knækkede kerner. De kemiske egenskaber er for nuværende proteinindhold og vandindhold, der begge kan bestemmes ved hurtiganalyse med NIT, der er kalibreret over for anerkendte referencemetoder. I fremtiden kan man forvente, at målinger af stivelsesindhold, zeleny og glutenindeks, samt måske kernehårdhed vil indgå i kvalitetsanalyserne, idet disse i fremtiden formodentligt ligeledes vil kunne bestemmes med benyttelse af NIT-målinger. Vitaskop, der bruges til bestemmelse af kornets spireevne, anvendes bl.a. ved kassation af for dårligt korn i skibsladninger.

Møllernes kvalitetskrav til brødhvede

Mølleren kræver hvede med god formalingskvalitet – egnet til lagring og i stand til at give den maksimale mængde mel egnet til specifikke formål. Der produceres et stort antal hvedemelstyper på møllerne, disse er hver for sig blandet af forskellige hvedekvaliteter og hvedesorter. For at få de mest velegnede sorter udpeger Foreningen af Danske Handelsmøller hvert år en række danske brødhvedesorter (vinter- og vårhvede), der er velegnede til fremstilling af mel til gærbrød og mel til biscuit og kager. Denne liste er suppleret med en observationsliste af sorter, hvor yderligere erfaringer med formalings- bageegenskaber er påkrævet. Samt en liste med udenlandske sorter som møllerne har gode erfaringer med. De enkelte sorter og kvaliteter skal derfor opbevares og leveres separat til møllen.

Møllernes generelle kvalitetskrav

Møllernes kvalitetskrav kan opdeles i betingelser og kvalitative egenskaber. Disse ligger til dels til grund for grovvarereselskabernes købsbetingelser (Tabel 2).

Betingelserne, der hovedsageligt er relateret til kornets agronomiske historie før møllerne modtager det er:

- Separat opbevaring af de enkelte sorter og kvaliteter
- Sundt korn, dvs. kerner af normal farve (ikke misfarvet), fri for svampe, bakterier, uspiret og uden muggen lugt.
- Uskadet korn, dvs. at kernerne ikke må være mekanisk beskadigede af mejetærskeren og renserier, af insektangreb, eller have været beskadiget ved overhedning under tørringen.
- Rent, dvs. fri for unormale forekomster af strå, avner, sten, jord eller med ukrudtsfrø, kerner fra andre kornarter og hvedesorter. Desuden bør kornet være helt frit for mel-drøjer, mider og skadedyr, ekskrementer fra gnavere og fugle.
- Lagerstabil, dvs. at vandindholdet ikke bør overstige 16% ved umiddelbart formaling, eller 15%, hvis hveden skal oplagres. Kvalitetskravene er betinget af møllerens ønsker til formalingsprocessen og melets egenskaber, dvs. at:
- Hveden skal have gode formalingsegenskaber, dvs. nem at forarbejde dvs. skarpt mel samt et stort meludbytte.
- Hveden skal have en strækbar og elastisk gluten, som giver gode dej- og bageegenskaber.

Derudover skal grovvarereselskabernes købsbetingelser opfyldes (Tabel 2).

Møllerieerne foretager ved køb af hvede kontrol på de ovennævnte analyser foretaget i grovvarereselskabet. En visuel bedømmelse af de indgåede partiers sortsrenhed, lugt, farve, urenheder m.m. foretages af erfarne medarbejdere. Endvidere foretages karakterisering af melet ved obligatorisk bestemmelse af gluten og faldtal samt evt. Zelenyantal, amylogram

og melpartikelstørrelsesfordeling. Der foretages endvidere analyser med extensiograf, farinogram, bestemmelse af aske og ved prøvebagning. På baggrund af disse analyser forhandles melet som certificerede kvaliteter.

Bageriernes generelle kvalitetskrav

Bagerierne kræver hvedemel egnet til fremstilling af f.eks. brød, biscuit eller kager. Bagerierne ønsker, at melet skal give det maksimale kvantum af slutproduktet, der også skal imødekomme strenge specifikationer, og kræver derfor mel af ensartet og konstant kvalitet.

Bageriernes kvalitetskrav til hvedemel til brødfremstilling

Kravene til hvedemelet der skal anvendes til brødfremstilling er, at der kan bages brød af melet med et godt resultat. Dette er betinget af:

- proteinindhold/glutenmængde og glutenkvalitet (måles ved sedimentationstest - zeleny)
- forklistringsevne (måles ved faldtal, amylogram)
- dejstabilitet og vandoptagelse (måles ved hjælp af farinogram).

Endvidere er det vigtigt, at melet giver en sammenhængende, elastisk dej med tør og glat overflade, der ikke er klæbrig efter æltning.

Bageriernes kvalitetskrav til hvedemel til biscuit og kager

Kravene til hvedemel der skal anvendes til biscuit og kager, samt konfekturvarer, kødvarer, supper m.v. adskiller sig ved, at der ikke stilles de samme strenge krav til proteinkvalitet/indhold som til brødhvedemel, men:

- en god forklistringsevne (måles ved faldtal og amylogram)
- en lys farve

Analyserne amylogram, faldtal, extensiograf, farinograf og prøvebagninger foretages løbende som proceskontrol på de større industribagerier. Hvis melet er købt som certificeret vare, foretages yderligere analyser kun i tilfælde af afvigelser i produktkvaliteten.

Konklusion

På basis af ovenstående anbefales det, at der tilrettelægges en strategi gennem hele proceskæden fra landmand til bageriet, hvor hvedepartier der har den rette kvalitet til produktion af brød, biscuit og kager, kan identificeres. Dette indbefatter:

- Sortsvalg.

- En dyrkningsstrategi målrettet brødhvedproduktionen.
- En omhyggelig dokumentation for hvedepartiets sort, herkomst, behandling, tærskning, tørring og lagring.
- Udbygning af antallet af kvalitetsbestemmelser med hurtiganalyser (f.eks. med NIR/NIT analyser) for flest mulige relevante egenskaber før hvedepartiet bliver blandet op med andre hvedepartier af bedre eller ringere kvalitet. Inddragelse af kernehårdhed som en ny kvalitetsparameter både til karakterisering af sorter men også til vurdering af kvaliteten af de enkelte hvedepartier.

Referencer

- Brødkorn, Møllernes Anbefalinger og Kvalitetskrav, 2000. Foreningen af Danske Handelsmøller.
- Høstinformation, Aftale vedr. afregning af korn, ærter og raps, 2000. De danske Landboforeninger - Dansk Familiebrug.
- Jenner, C.F., Ugalde, T.D., Aspinall, D., 1991. The physiology of starch and protein deposition in the endosperm of wheat. *Australian Journal of Plant Physiology* 18, pp. 211-226
- Johansson, E., Svensson, G. 1997. Yield and Protein Concentration - Influences of weather on yield in some Swedish wheat cultivars grown during the period 1975 to 1996. *Swedish Journal of Agricultural Research* 27, pp. 129-133
- Johansson, E. and Svensson, G., 1999. Variation in bread-making quality: effects of weather parameters on protein concentration and quality in some Swedish wheat cultivars grown during the period 1975-1996. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 80 pp. 1118-1125.
- Kent, N.L. & Evers, A.D., 1994. *Technology of cereals*.
- Kosegarten, H., Mengel, K. 1998. Starch deposition in storage organs and the importance of nutrients and external factors. *Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde*. 161, pp. 273-287.
- Pomeranz, Y. 1988. Composition and functionality of wheat flour components. I *Wheat: Chemistry and Technology. Vol II* (Ed. Y. Pomeranz), pp. 219-370. St Paul, MM: American Association of Cereal Chemists.
- Thomsen, A.D. & Christensen, I., 1995. *Hvedesorter*. Dansk Teknologisk Institut - Schulstad Brød A/S.
- Öste, R., Jørgensen, J.R., Itenov, K, Steen, P., 1996. Forprojekt til et vertikalt netværk for cerealier, 44 p. Statens Planteavlsvforsøg.

Kapitel 4. Kvalitet af foderkorn

Bernd Wollenweber
Danmarks JordburgsForskning
Afdeling for Plantebiologi
Forskningscenter Flakkebjerg
4200 Slagelse
E-mail: Bernd.Wollenweber@agrsci.dk

Introduction

Animal feed represents the second largest use for world cereals, and cereal grains are increasingly being used in livestock production. Feed represents the major cost to animal production. For example, 80% of the costs of producing pig meat is the cost of feedstuffs and thus the efficiency of its use can have a considerable impact on the performance of an enterprise. While arable farmers have had support from the EU budget and cereal prices have been buoyant, the price of wheat and barley represent the major raw-material cost to the pig farmer. High yield of feed grains is still important, but grain quality is likely to become a more economically important criterion for cereal producers in the future. The current implementation of the Common Agricultural and Rural Policy has moved away from a position of awarding quality premiums to the imposition of financial penalties on farmers who fail to produce high quality grain.

Generally, the efficient utilisation of feed is dependent on knowledge of both the nutritional value (the ability of feed to supply the animal - primarily with energy and protein) of the available cereal and of the nutrient requirements of the animals. In addition, it is often necessary to formulate diets and rations from a mixture of different feedstuffs, which will meet the nutrient requirements of the animals. Clearly, an important element of this process of formulation is that of meeting nutrient requirements most economically. Therefore it is important that plant and animal scientists work together in order to improve the nutritive value of plant material as feed for animals.

Nutritional value and digestibility

The nutritional value of a feed is dependent on how much of a particular nutrient the animal is able to use in order to meet the requirements of the various body processes. In the utilisation of feed there are inevitable losses of nutrients due to inefficiencies in digestion, absorption and metabolism. Of these, losses through incomplete digestion are the major factor in determining feeding values, and therefore digestibility measurements are used to give an indication of the feeding value. Thus, the potential nutritional value of a feed is the difference between the available nutrients and these inevitable losses.

The digestibility of a feed is defined as the proportion, which does not appear in the faeces and is assumed to be absorbed ('apparent' digestibility) The main characteristics of feed that affect digestibility are its chemical composition, particularly the fibre, protein and lignin content. Thus, for cereal grains and protein concentrates that are fairly constant in chemical composition, digestibility values are fairly constant, but for forages where composition varies widely according to growth stage wide variation in digestibility values may be found. Differences between the types of animal (e.g. ruminant versus non-ruminant) also have to be taken into account.

Cereal grain components

Cereal grains are the main ingredient of rations for pigs and poultry (and provide the major source of energy in compound feeds fed to ruminants). Cereal grains are rich in carbohydrate -mainly in the form of starch accounting for about 70% of the seed, varying between grain types. In terms of raw material the crude protein of cereals is rather low ranging from 6 to 14%. This crude protein is also of relatively poor quality being low in the essential amino acids lysine, methionine and tryptophan and containing 10- 15% of the nitrogenous compounds in the seed as non-protein nitrogen.

The crude fibre levels in cereals vary with species, being lowest in maize and highest in oats. Its level has a direct bearing on the digestibility and therefore energy value of the whole grain. The oil content also varies with species: oats and maize having higher levels than other cereals. Cereal oils are unsaturated, the main acids being linoleic and oleic, which leads them to become rancid fairly quickly after processing.

Cereals are relatively good sources of phosphorus but much of this is present as phytates, which adversely affect its availability to livestock. In general, cereals are deficient in calcium and contain varying levels of other trace minerals. Most cereals are good sources of vitamin E (although under moist storage conditions much of this may be destroyed). Except for maize, cereals are low in carotene and vitamin A and are deficient in vitamin D and most of the B vitamins.

Nutritional constraints will considerably influence the levels of a wide range of (in)organic compounds in crops that in turn affect key physiological processes (i.e. photosynthesis and nitrogen metabolism) as well as grain quality (essential amino acids, starch and protein). These compounds are responsive to climatic and environmental factors operating during grain growth, such as drought, temperature and nitrogen availability. As a result, seasonal variation in grain quality that was previously considered random is now known to be systematic, and affected by identifiable and quantifiable environmental factors.

Energy evaluation of feeds

Cereal grains are primarily used in animal diets as energy sources. The energy present in the feed is contained in the number of chemical bonds that make up the organic compounds of the feed. Animals use this energy for a variety of body functions ranging from the synthesis of body tissues, muscular activity and maintenance of body temperature. The level of performance that an animal can sustain is primarily determined by energy intake.

Of the gross energy (GE) in a feed only a portion is eventually available to provide for the animal's energy requirements and may be expressed as digestible energy (DE), metabolizable energy (ME) or net energy (NE). Losses of energy occur due to indigestible energy in the faeces and in urine (8 - 10% of DE, mainly in the form of nitrogen-containing substances such as urea) as well as due to methane and heat (7-12% DE): The GE value of a feed is dependent on the proportions of carbohydrate, protein, fat and ash that are present. Of these, the fat and the ash content have the greatest influence on GE values. Most animal feeds have a low and fairly constant amount of these components such that the GE is fairly consistently around 18 MJ/kg dry matter. DE is defined as the GE of the feed minus that part of the feed energy lost in the faeces. The ME is the DE available for the various metabolic processes in the tissues minus the energy lost in the urine and as methane. The

net energy value (NE) is defined as ME minus losses as heat.

Energy requirements

Many factors are shown to influence the availability of energy and amino acids in feed grains, including protein source, starch characteristics, fat- source and -type and non-starch-polysaccharides. The availability of energy and amino acids will ultimately depend on the particular combination of these components in a grain and how they behave in the presence of nutrients from other feed ingredients.

Pigs

For wheat, a review of the literature revealed DE estimates ranging from 13.3 to 17.0 MJ / kg DM across 70 cultivars. Similarly, analysis of data for 125 cultivars of barley showed DE estimates from 11.7 to 16.0 MJ / kg DM. Differences of this magnitude are economically significant to pig producers. Therefore, there is a need to define the variation in the available energy and amino acid content of feed grains and to understand those factors that influence nutritive value. It has been shown that, the cultural conditions and agronomic practices (e.g. fertiliser rate) have a greater influence on amino acid and energy availability than the growing region or the growing year.

Poultry

Wheat and barley, combined with legumes and oilseed meals, provide most of the essential nutrients for commercial poultry production. Large variations in the available energy contents of grains fed to poultry have been found (wheat: ME ranges from 10 to 15 MJ / kg DM; barley: 13 to 15 MJ / kg DM) which have significant effects on the use-efficiency of dietary components by poultry. This has been related to the effect of anti-nutritive factors (i.e. non-starch-polysaccharides, tannins, protease inhibitors, α -amylase inhibitors). Other sources of variation in the physical and chemical characteristics of grains used in poultry diets include variety, seasonal effects, and growth sites, crop treatment and grain fumigants, and post-harvest storage conditions.

Protein evaluation of feeds

Proteins are the main nitrogen-containing components in feed. Monogastrics obtain their supply of amino acids from the digestion and absorption of dietary protein whereas in the ruminant the supply of amino acids comes from a combination of microbial protein produced from dietary rumen degradable protein or non-protein nitrogen and dietary undegradable protein. These amino acids are used for the synthesis of body tissue proteins and in products such as milk. By measuring the nitrogen content of a food, it is possible to derive its protein content. Feed protein contains about 16% nitrogen. Therefore the protein content of feeds is expressed as crude protein (CP): $\%CP = \%N \times (100/16)$ or $\%N \times 6.25$. Protein requirements for pigs have been found to range from 255 to 335 g / CP. However, the crude protein content does not give an indication of how efficiently the protein is utilised. In Denmark, amino acid demand is expressed as 'gram digestible amino acid per unit feed' (*fordøjelige aminosyrer pr. foderenhed* (FE)). In pigs for example, lysine /FE decreases during growth from 10.5 to 5.5.

Animals require protein to provide them with amino acids. Barley protein levels are significantly greater than those of corn and often lower than those of rye, wheat and oats. The levels of essential amino acids lysine, methionine and threonine in cereal grains of

barley are similar to those for rye, wheat and oats. Hull-less barley has higher levels of essential amino acids, whereas the availability of amino acids in covered barley is somewhat lower than that of other cereal grains.

Generally, if livestock could be made to use feed more efficiently, farmers could produce more meat from the same amount of grain. Pigs and chickens are already bred for feed efficiency. However, another way to help animals make efficient use of feed is to ensure that it matches their nutritional requirements. In Denmark, much of the knowledge of the nutritional value of feed crops (mainly barley, wheat and triticale) is based on experiments in the 1970s and 1980s by the *Statens Husdyrbrugsforsøg* and *Statens Planteavlsvforsøg*. A new feed evaluation system, whereby the digestibility of the single amino acids is taken into account (rather than the energy value of carbohydrates) is expected to be implemented in the future.

Modern breeding technology has enabled the production of crop varieties that produce the essential amino acids lysine, threonine and methionine, normally lacking in the grain, and changing the overall nitrogen content. The protein in these varieties is closer to the nutritional requirements of chickens and pigs than protein in ordinary crops. This higher availability, along with the increased levels of amino acids, reduces the need for expensive protein supplements in hull-less barley-based feeds thereby reducing the cost of these diets.

This means that the animals don't need to be fed protein supplement and has the further benefit of considerably reducing the total amount of animal manure and the waste of nitrogen and phosphorous therein. This is a very important consideration, as water pollution due to nitrogen leaching from manure spread in fields is becoming a concern in an environmentally conscious world.

The dynamics of nitrogen uptake and loss for poultry and pigs in Denmark have been reviewed (Thomsen, M.G. et al., SH intern Rapport 62, 1995). According to their studies, only 30% of the nitrogen fed to pigs were used, 20% lossed *via* manure and 50% lossed *via* urine. Results from more recent studies are presented in the table 1 below. For poultry, depending on the species, 51.0-18.8% of the N fed was used, resulting in a total N-loss from 5.8-0.03 Mio. kg per year.

Table 1.

Nitrogen balance in the production of pigs.				
<i>From: S. Boisen, Fodersammensætning, fodringsstrategi og N balance for smågrise og slagtsvin, Themadag, Bygholm, August 2000</i>				
	N supply and use		N loss	
	N in feed [kg]	N-use [kg]	N in faeces [kg]	N in urine [kg]
piglets	1.42	0.25	0.28	0.89
young pigs	1.26	0.59	0.19	0.49
adult pigs	5.35	1.97	1.07	2.31
Total	8.03	2.81	1.54	3.69
%	100	35	19	46

According to the OECD, farming accounts for over 8% of all the methane, nitrous oxide and carbon dioxide released globally. In principal, agriculture can cut down on production of the gases by using less nitrogen fertiliser and/or recycling manure. In Denmark the loss of nitrogen in the form of ammonia (NH₃) has been of particular concern. For exam-

ple, in 1996, 70200 t NH₃ / yr has originated from animal manure, compared to 6500 t from chemical fertilizer (*Jordbrugsforskning* nr 4, July 2000; nr 5, September 2000). However, farming can also trap greenhouse gases away from the air as crops use CO₂ from the air to use in photosynthesis, transforming it into solid tissue and organic matter in the soil. Atmospheric NH₃ can also be utilized by plants: Our investigations have shown that N-use from NH₃ can be as high as 76% in *Lolium perenne* and 73% in *Hordeum vulgare*, compared to 23% in *Zea mays*. Research has therefore been focusing on the quantification and consequences of NH₃ emissions and the implications for plant- (increased NH₃ absorption) and animal (increased nitrogen loss) metabolism (see literature references).

Protein percentage is frequently used as a primary measure of grain quality. In Denmark, where due to environmental constraints the amount of nitrogen fertilizer has been reduced by 10%, the protein% in wheat has fallen by 6.6 % over the last 3 years (see Table 2). It is interesting in this context, that the decline in protein% in wheat has been accompanied by a rise in starch by 3.2 %.

Table 2.

Effect of N application on crude protein and starch content in wheat. <i>From: N. M. Sloth, Agrologisk 6, 2000</i>			
Year	N [kg / ha]	Crude Protein [%]	Starch [grain%]
1997	187	10.5	57.0
1998	177	10.0	57.8
1999	168	9.8	58.8

These findings have been confirmed in a recent detailed study of Danish winter-wheat and spring- barley, where higher starch contents were related to lower protein contents in many (but not all) varieties (J.B. Pedersen and M. Højby, 2000, *Planteavlsorientering* Nr. 01.290). Together with starch content, yield of wheat and barley declined (and crude protein% increased) from soil type 7 to 6 and 1. In addition, higher starch concentrations have been observed with chemical fertilizers as compared to animal manure (see Table 3).

Table 3.

Starch content in spring barley in relation to fertilizer application. <i>From: J.B. Pedersen and M. Højby, 2000, Planteavlsorientering</i>			
Chemical fertilizer		Animal manure	
N [kg / ha]	Starch [grain%]	N [kg / ha]	Starch [grain%]
0	54.2	0	52.2
40	54.5	40	50.7
80	54.2	80	51.0
120	53.2	120	50.3
160	52.2	160	47.8
200	51.7	200	48.3

These findings reflect the proposition that the concentration of protein in grain is a balance between accumulation of protein and starch, (which originates mainly from photosynthesis during kernel growth and retranslocation from stem reserves). A change in the quantity of either protein or starch will impact on the protein % of the grain and consequently its apparent quality. Differences in the physiology of accumulation of starch and

protein will be fundamental in explaining the effect of agronomic management (and environment) on the observed grain protein %.

Experimental evidence suggests that net rates of N assimilation are about 6-13% of net C assimilation. Thus, photosynthesis cannot be considered merely as the assimilation of carbon (C) as the second largest sink for energy is nitrate (NO_3^-) reduction. N assimilation is connected to C assimilation through an array of regulatory processes involving transcriptional as well as post-transcriptional controls (i.e. de-phosphorylation of nitrate reductase). On the other hand, since a large proportion of nitrogen is stored as a component of the photosynthetic system in the essential enzyme Rubisco, extensive nitrogen retranslocation will be associated with reduced photosynthetic activity. Therefore less photosynthate will be available to contribute to yield, but grain protein concentration will be high. However, elevated leaf carbohydrate generally favours enhanced respiration due to higher substrate availability.

In addition to the necessary supply of C skeletons for N assimilation (and the investment of N in the photosynthetic apparatus), a fundamental interaction between C and N assimilation is due to their differing energetic requirements. Thus, under limited nitrogen conditions (partly due to lack of available amino-groups), within the plants, less carbon-skeletons will be used for amino acid synthesis while carbohydrate synthesis increases, resulting in the observed changes. Limited nitrogen conditions within the plants will lead to a competition between carbon and nitrogen metabolism for energy- (ATP) and reduction- (NADPH) equivalents as reductive NO_3^- assimilation requires 2.5 times as many electrons as the reduction of CO_2 but only 0.33 times as much ATP.

This relationship between nitrogen retranslocation and photosynthesis would need further attention as current concepts of regulation are limited by data availability. In particular, we have no experimental knowledge of the way in which the disparate energetic requirements of C and N assimilation are reconciled to minimise frequent disruptive oscillations in supply and demand that adversely affect agricultural yield. As nitrogen is frequently limiting in most agricultural systems (and may become more so as a result of environmental changes), high crop yields have been achieved with management practices that rely heavily on N fertilisers. Thus modelling C: N interactions could be a useful prescriptive approach with which to achieve enhanced agricultural sustainability at lower N inputs. At present, low N availability might be expected to favour dissipatory C loss in respiration as the C: N ratio is perturbed.

In any case, a change in the quantity of protein will impact on the protein percentage of the grain, and consequently its quality. Both the rate and duration of synthesis differ for each of the major protein fractions. In addition, the deposition of the different classes of proteins is highly asynchronous as both the balance and the amount of the different protein fractions varies throughout grain growth. This asynchronicity of fractional protein deposition means that perturbations to grain growth are also likely to affect grain protein composition, via disruption during a certain phase of grain growth (and so protein deposition) or through a general truncation of grain filling.

The metabolic proteins (albumin and globulin) are the first to accumulate in appreciable amounts. They make up approximately 90% of the total grain protein in the first ten days of grain growth. Even though they are deposited in the grain for most of the grain-filling period, the proportion of albumin and globulin in total grain protein declines during grain growth, and make up 20-30% at maturity. This decline occurs because the synthesis of storage protein (70-80% of the mature protein mass) occurs somewhat later in grain filling. Gliadins are the first storage proteins to accumulate in readily measurable amounts (10%

of the total protein) five to ten days after anthesis. Glutenins /prolamins are frequently the last of the proteins to appear in the grain, and may not be present in significant quantities until 20 days after anthesis, reaching a maximum of 30 to 40% in the grain at harvest. The supply of nitrogen influences the balance of protein fractions, which accumulate in the grain. The total protein concentration increases with nitrogen. For wheat, barley and maize the prolamins protein fractions increase most in response to increasing supply of nitrogen. However, while the proportion of non-essential amino acids (glutamate, glutamine and asparagine) in the glutelin /prolamin fraction increases, the accompanying decrease in essential amino acids will result in a lower nutritional quality. In particular, the low concentration of lysine will reduce the nutritional value for non-ruminants.

Feed supplements

The primary aim of feed is to fulfil the animals' requirements for energy and protein. Should the ration prove to be lacking in nutrients, then additions of the appropriate minerals, vitamins or amino acids may be made. Nutrient supplements are available which allow the addition of small amounts of specific nutrients without changing the general make-up of the initial formulation.

The usefulness of proteins in the diet of monogastrics is dependent on their digestibility and absorption and the subsequent retention of amino acids in the animals tissues. The utilisation efficiency is very much dependent on the balance of certain essential amino acids absorbed. The amino acid that is available in least supply in relation to requirement determines the extent of protein synthesis (the limiting amino acid) and determines the protein-value of the diet. In cereal-based diets this is frequently lysine, although in some situations threonine and methionine may be limiting. The use of pure synthetic amino acids can do much to boost the protein value of pig diets. The ideal protein is broadly similar in terms of essential amino acid composition to that of pig tissue and milk protein. The availability of amino acids in feed ingredients for monogastrics is becoming a greater concern. In the past, diets have been formulated on the basis of protein levels in feed ingredients. However, with the availability of inexpensive synthetic amino acids and high prices of protein supplements such as soybean, feed companies have been forced to make better use of the amino acids in their feed ingredients. In particular, a supplementary source of protein richer in lysine will be needed with grain grown at a high nitrogen supply than with grain grown where less nitrogen is available in order to achieve the same amino acid balance. Nevertheless, because of the excess of non-essential amino acids, the proportion of the different amino acids has to be taken into account in formulating animal feed.

In using mineral supplements containing mixtures of macro- and trace minerals the inter-relationships among minerals must be recognised since excessive amounts of one mineral can cause a deficiency of another. For pigs and poultry the water- (and fat-soluble) vitamin content in deficit of the diet may require supplementation.

Nitrogen nutrition

Nitrogen is a major component of protein, and nitrogen supply to cereal crops is one of the most-used tools for altering grain yield and quality. Much of the protein in the grain derives from nitrogen taken up during the vegetative phase and is subsequently remobilized and translocated from senescing leaves and other green plant parts. Thus, the timing of nitrogen supply has considerable influence on protein concentration and variations of

nitrogen application strategies can have a beneficial effect for grain yield. The application of early-season nitrogen may not always be sufficient to maintain protein accumulation throughout the grain-filling period, so late-season applications of nitrogen have been shown to increase yield. For example, in Denmark it has been recently shown for barley that late nitrogen application can increase grain yield by 19%. Any restriction to uptake of nitrogen after anthesis (e.g. low soil fertility, water deficits) will increase the proportion of grain protein derived from retranslocation from green parts of the plant. However, this is often accompanied by reductions in the proportion of several essential amino acids in the grain protein including lysine, threonine, cysteine and methionine.

Environmental concerns have resulted in decisions to reduce the amount of nitrogen fertilizer by 10% (Danish Action Plan on the Aquatic Environment II - *Vandmiljøplan II*). It is predicted that the implementation of these reductions will result in both reduced grain yield as well as in lower grain protein contents. The consequences for quality parameters of current crop varieties of agricultural importance for feed have not been investigated. Therefore there is increasing interest in the repercussions of the reduced nitrogen fertilizer quotas for the nutritional value in cereals. Thus, in view of the increased diversity of modern crop varieties, brought about by gene technology and plant breeding, it would be an attractive proposition to characterise current and new crop varieties of agronomic importance for feed with respect to their nutritional value. In cooperation with DJF Foulum, we have recently initiated a pilot project to study these issues and it is hoped to continue these investigations in the future.

Barley

Due to the low price at which it can supply energy in the form of starch, more barley is used as feed than for all the other uses of barley combined. Barley is fed to ruminants as well as monogastrics, predominantly pigs but also poultry. On average 75% of the barley grown in the world has been used as feed. Barley is considered to be particularly suitable for pig feeding having an appropriate amount of both fibre and also of oil, which is associated with the production of saturated carcass fat. The barley hull is indigestible and so reduces the energy content of covered barley. Monogastrics, therefore, have to consume larger quantities of barley-based diets in order to take in adequate levels of energy. Hull-less barley shows a significantly higher level of energy for monogastrics.

The energy level of barley for poultry is affected by the polysaccharide β -glucan, which reduces the availability of energy and protein in poultry fed diets. It also causes poultry to produce sticky faeces, which can lead to management problems. In addition, the higher level of fibre than is found in wheat means that the upper inclusion rate for poultry must be limited to about 30% as high levels of barley in broiler diets have been associated with wet droppings. These problems can be overcome by supplementing poultry barley diets with enzymes that contain glucanase activity, which hydrolyses β -glucan thus increasing ME. Hull-less barley also requires enzymes when included in poultry diets. When enzymes are included, the ME of hull-less barley for chickens is higher than that of feed wheat.

The possibility of problems with excessively high β -glucan levels (as is in waxy barley) notwithstanding, β -glucan appears to have little effect on swine nutrition. It is possible that the high moisture, low pH and long length of stay in a pig's stomach all combine to hydrolyse β -glucan and so eliminate the deleterious effect. The resulting oligosaccharides have little or no effect on digestion in the small intestine.

Barley protein levels are significantly higher than those of corn but often lower than those of rye, wheat and oats. The levels of essential (and limiting amino acids lysine, methionine and threonine) in barley are similar to other cereals. The availability of amino acids in covered barley is somewhat lower than that of other cereal grains. Hull-less barley has higher levels of essential amino acids than covered barley. In contrast to high-lysine lines, in which increased lysine is a result of biotechnology, the increased levels in hull-less barley are a result of the missing hull, which serves as a diluent to the amino acids when it is present.

Levels of the essential amino acids in hull-less barley are generally greater than in feed-wheat. Essential amino acids in hull-less barley are also more available to swine. Higher availability, along with the increased levels of amino acids, reduces the need for expensive protein supplements in hull-less barley-based feeds thereby reducing the cost of these diets. The increased availability of amino acids also reduces the nitrogen content of the manure from swine fed hull-less barley. This is an important consideration, as water pollution due to nitrogen run-off from manure spread in fields is becoming a concern.

Wheat

Although not appropriate for the production of yellow broilers, wheat is suitable for all other feeding situations. It frequently forms up to 70% of diets for poultry, can be included at high levels for pigs provided that care is taken to control the fineness of grinding, whilst for ruminants inclusion levels of up to 30-40% in compound feeds may be used provided the remainder of the diet contains sufficient fibre. The gluten content of wheat can have a beneficial effect on the quality of heat processed extruded cubes or pellets. Significant differences between cultivars are normally detected for amino acids but are not regarded as critical for meeting requirements for essential amino acids in poultry and swine. Correlations between protein and individual amino acid contents vary widely - probably due to the effects of location and year of growth. Investigations show that interactions between location and year have much greater effect on individual amino acids than on protein. It has been reported that the proportion of lysine in total protein decreases significantly as grain protein content increases.

Methodology

Attempts over a long period have failed to provide unequivocal evidence that nutritive value in grains can be predicted with sufficient accuracy and precision by simple, low-cost measurements. Ideally, a set of rapid analytical methods for feed grains should reflect both the composition and nutritional value of the grain. In particular,

- Enzymatic test kits for a range of inorganic and organic compounds are now available. Capillary electrophoresis is analytical technique which has numerous applications in the area of organic and biochemical analysis.
- Enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA) is a biochemical technique, which has an application in analysis of small organic molecules.
- Near infra-red reflectance (NIR) and transmission (NIT) spectroscopy promise to be very useful tools because they are non-destructive. It is now possible to build up quite

sophisticated relationships between NIR spectra and the content of many constituents of grains. The components most commonly analysed by NIR are moisture and protein, oil, fibre, and essential amino acids. Important advantages of NIR and NIT are the speed of analysis, low cost, and the non-destructive nature of the test. It is likely to be used widely as a predictive tool by plant breeders and animal nutritionists.

The following table gives evidence of conventional (and often costly) methods vs. newly developed rapid methods:

Table 4.

	<i>Conventional test method</i>	<i>Rapid method</i>
Crude protein content	Kjeldahl or Dumas total nitrogen	NIT
Starch content	Hydrolysis, glucose determination	Enzymatic test kit, NIT
Crude fat content	Gravimetric, after solvent extraction	NIT
Fibre content	Gravimetric, after digestion	Enzyme test kits
Non-starch polysaccharides	Assay for individual components	Enzymatic test kit, NIT
Essential amino acids	Hydrolysis, HPLC analysis	ELISA

Conclusions

On basis of the above, it is clearly recommended, that plant and animal scientists work together in order to improve the nutritional value of plant material as feed for animals. In particular:

- For the feed uses of grains, we lack a more detailed knowledge about composition-function relationships that has been accumulated with respect to the bread-making uses of wheat (or the malting quality of barley). For example, we know that starch and protein make important contributions to the ME of the various feed grains, but we lack detailed information about the roles of individual components. The implications of altered nitrogen applications due to environmental constraints on these quality components have not been investigated. Currently there is a need to:
 1. Define the reported variation in amino acid (protein) and energy availability in feed grains.
 2. Discuss factors that affect amino acid and energy availability in feed grains and determine whether variability can be explained satisfactorily by known factors.
 3. Assess a range of chemical and physical parameters that could be used to predict amino acid and energy availability in feed grains.
- The development and use of rapid analytical methods for feed grains should access the large variations found in both the composition and nutritional value (in terms of energy and protein levels) of the grain.
- To produce the best nutrient value from grains, the characteristics of the grain must be matched with the digestive capacity of the animal. Differences between grains are

based not only on the macro nutrients such as starch, lipid, and protein, but also on components such as non-starch polysaccharides, which can have a negative effect on intestinal digestion, and lignin, which reduces fermentative digestion.

- Cereal grains are primarily used in animal diets as energy sources. A simple estimate of energy utilisation by the animal is the digestible energy. However, the animal does not use the energy *per se* but rather uses specific nutrients made available from the digestion of the feed. The pattern of fermentation and site of digestion can have a significant effect on the nature of the nutrients available and the amount of useable energy available to the animal.

Some relevant literature

- Andersen, J.M., Asman, W.A.H., Hald, A.B., Münier, B., Bruun, H.G. (2000). Miljø- og naturmæssige konsekvenser af en ændret svineproduktion. *Fagligt rapport fra DMU nr. 311*.
- Andreasen, F.M. (1994) The Danish Integrated Farm Management System – A Concept with Combined Whole Farm Management and Updated Decision Support for Nitrogen Fertilization. In: *Proceedings of the 5th International Conference on Computers in Agriculture*, Orlando, Florida, USA: 115-131.
- Bach Knudsen, K.E., Aman, P., Eggum, B.O. (1987). Nutritive value of Danish-grown barley varieties, II. Effect of carbohydrate composition on digestibility of energy and protein. *Journal of Cereal Science* 6: 187-195.
- Boisen, S., Verstegen, M.W.A. (1998) Evaluation of feedstuffs and pig diets. Energy or nutrient based evaluation systems? I. Limitations of present energy evaluation systems. *Acta Agric. Scand., Sect. A, Animal Science* 48: 86-94.
- Boisen, S. (2000) Fodersammensætning, fodringsstrategi og N balance for smågrise og slagtsvin, *Themadag, Bygholm, August 2000*.
- Danielsen, V., Boisen, S. (2000) Ammoniakfordampning fra svinestalde. *JordbrugsForskning* 5, DJF, September 2000
- Eggum, B.O., Brunsgaard, G., Jensen, J. (1995) The nutritive value of new high-lysine barley mutants. *Journal of Cereal Science* 22: 171-176.
- Ferris R., Wheeler T.R., Ellis R.H., Hadley P., Wollenweber B., Porter J.R., Karacostas T., Papadopoulos M.N., Schellberg J. (2000) Effects of high temperature extremes on wheat. In: *Climate Change, Climatic variability and Agriculture in Europe - an integrated assessment*. (eds: Downing, T., Harrison, P.A., Butterfield, R.E., and Lonsdale, K.G.), p.31-57.
- Fuller, M.F., Cadenhead, A., Brown, D.S., Brewer, A.C., Carver, M., Robinson, R. (1989) Varietal differences in the nutritive value of cereal grains for pigs. *Journal of Agricultural Science* 113: 149-163.
- Gabert, V.M., Jørgensen, H., Brunsgaard, G., Eggum, B.O., Jensen, J. (1996) The nutritional value of new high-lysine barley varieties determined with rats and young pigs. *Canadian Journal of Animal Science* 76: 443-450.
- Jørgensen, H., Gabert, V.M., Eggum, B.O. (1997). The nutritional value of high-lysine barley determined in rats, young pigs and growing pigs. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 73: 287-295.
- Knudsen, L. (2000) Proteinindhold i vinterhvede. *Plateavlsorientering*, Landeskantoret for planteavl, Nr 07.379.

- Pedersen, J.B. and Højby, M. (2000). Dyrkningsfaktorenes indflydelse på indholdet af stivelse og råprotein i vinterhvede og vårbyg. *Planteavlsorientering* Landeskontoret for planteavl Nr. 01.290.
- Raven, J.A., Wollenweber, B. (1992) A comparison of ammonium and nitrate as nitrogen sources for photolithotrophs. *New Phytologist* 121: 19-32.

Kapitel 5. Korn uden mykotoksiner

Susanne Elmholt¹ og Erik Fløjgaard Kristensen²

Danmarks JordbrugsForskning

Afdeling for Plantevækst og Jord¹, Forskningscenter Foulum, 8830 Tjele, og Afdeling for Jordbrugsteknik², Forskningscenter Bygholm, Postboks 536, 8700 Horsens

E-mail: Susanne.Elmholt@agrsci.dk

E-mail: ErikF.Kristensen@agrsci.dk

På verdensplan udgør mykotoksin forureninger af korn en risiko for mængde og kvalitet af fødevarer, foder og forarbejdede landbrugsprodukter (Smith et al., 1994). Mykotoksiner er naturlige stoffer, der produceres af svampe. De udløser en toksisk respons - mykotoksicosis - når de indtages af dyr og mennesker. Mange fødevarer- og foderbårne svampe producerer et eller flere toksiner. Nogle produceres kun af få arter, andre dannes af mange forskellige arter, der endog kan tilhøre forskellige svampeslægter. Mere end 300 mykotoksiner er identificeret under laboratorieforhold, men kun 20 optræder naturligt i mængder og med frekvenser, så de er til fare for fødevarerens sikkerhed (Smith et al., 1994). Nogle mykotoksiner, som aflatoksin, forurener hovedsageligt afgrøder i varme lande og findes i EU på importerede produkter. Andre, som ochratoksin A, zearalenon og trichothecener findes i afgrøder, der er produceret i tempererede europæiske lande. Kun disse stoffer omtales i det følgende.

Tabel 1. Eksempler på mykotoksin-producerende svampe på danske landbrugsafgrøder. Fokus er lagt på cerealier (Lund et al., 1992; Gravesen et al., 1994).

Svamp	Eks. på mykotoksiner	Eks. på forekomst
<i>Penicillium verrucosum</i> (Type II)	Ochratoksin A (se tekst), citrinin	Cerealier, jord
<i>P. aurantiogriseum</i>	Nephrotoksiske glucopeptider, Verrucosidin (neurotoksin)	Cerealier, luft, jord
<i>P. polonicum</i>	Nephrotoksiske glucopeptider, Verrucosidin (neurotoksin)	Cerealier, luft, jord
<i>Fusarium culmorum</i>	Zearalenon, trichothecener (DON), Fusarin-C	Cerealier, kartofler, ærter, jord
<i>F. equiseti</i>	Zearalenon, fusarochromanon, Trichothecener (DON, DAS)	Cerealier, kartofler, roer, ærter, jord
<i>F. graminearum</i>	Zearalenon, Fusarin C, Trichothecener (DON)	Cerealier
<i>F. poae</i>	Fusarin C, Trichothecener (T-2)	Cerealier, ærter
<i>F. sporotrichoides</i>	Fusarin C, trichothecener (T-2, DAS)	Cerealier, jord

De vigtigste svampeslægter, som danner toksiner under danske forhold, er *Penicillium* og *Fusarium* (Tabel 1). Kun få arter inden for slægterne udgør en reel risiko. Endvidere er der ofte variation i toksinproducerende evne mellem forskellige stammer inden for samme art. For mange af de mykotoksin-producerende svampe ved vi kun meget lidt om, hvorfor de producerer giftstofferne og hvad der udløser dannelsen af dem. De vigtigste toksinproducerende arter på dansk korn er *Penicillium verrucosum*, der bl.a. danner ochratoksin A (OA) og citrinin, og de *Fusarium* arter, der danner trichothecener og zearalenon, som *F. culmorum* og *F. equiseti*.

OA er et af de mest giftige mykotoksiner på dansk produceret korn. Det er varmostabilt og findes også i forarbejdede produkter. OA er giftigt for nyrerne og det er med på listen over kræftfremkaldende stoffer. Veterinær- og Fødevarerdirektoratet (VFD) har vist, at der specielt i forbindelse med våde høstår er en reel risiko for at indtage så meget OA via kornprodukter, at man overskrider de nordiske grænseværdier for daglig indtagelse (5 µg/kg legemsvægt) (Jørgensen *et al.*, 1996).

Tabel 2. Trichothecener, produceret af *Fusarium* arter fra tempererede egne (baseret bl.a. på Miller *et al.*, 1991, Thrane & Hansen, 1995 og Thrane, *in press*).

Trichothecen	<i>Fusarium</i> arter
Deoxynivalenol (DON)	<i>F. culmorum</i> , <i>F. graminearum</i>
Nivalenol (NIV)	<i>F. culmorum</i> , <i>F. graminearum</i> , <i>F. crookwellense</i> , <i>F. poae</i> , <i>F. equiseti</i>
Diacetoxyscirpenol (DAS)	<i>F. equiseti</i> , <i>F. poae</i> , <i>F. venenatum</i> , <i>F. sambucinum</i>
T-2 toxin	<i>F. sporotrichioides</i> , <i>F. poae</i>

Trichothecener er en stor gruppe af mykotoksiner, som findes på cerealier og på fødevarer, som indeholder cerealier (Tabel 2). Nogle trichothecener dannes allerede mens kornet står på marken. Det gælder f.eks. T-2 toksin og deoxynivalenol (DON), der findes i landbrugsafgrøder over hele verden, også efter forarbejdning. DON har toksiske effekter på fordøjelsessystemet og kendes som årsag til opkastning (deraf tilnavnet vomitoksin) og reduceret ædelyst hos svin. Der er endnu ingen danske retningslinier, men flere lande har indført grænseværdier (Eriksen & Alexander, 1998), f.eks. Østrig (500 µg DON/kg for hvede og rug) og USA (1000 µg DON/kg for forarbejdede hvedeprodukter). Tabel 3 viser eksempler på trichothecenforekomster i hvede fra nordiske lande. De langt mere giftige men også sjældnere trichothecener, T-2 toksin og DAS, påvirker immunforsvaret og kan i værste fald medføre alvorlig sygdom i mennesker og husdyr, det såkaldte ATA syndrom. Trichothecener spiller endvidere en rolle i forbindelse med svampeangreb på planter. Zearalenon er også et vigtigt mykotoksin. Det dannes af flere forskellige *Fusarium* arter og er kendt for sin østrogeneffekt, dvs. det er et af de naturligt forekommende hormonlignende stoffer. Fusarin C, som ligeledes kan dannes af flere forskellige *Fusarium* arter, er mutagen og muligvis kræftfremkaldende.

Tabel 3. Trichotheconer (DON, NIV, HT-2 og T-2) og zearalenon i hvedeprøver fra en række forskellige undersøgelser (Eriksen & Alexander, 1998).

		Antal prøve	Posi- prøve	Gns ug/k
DO	Nor-	137	58	115
	Øvrige Eu-	128	55	234
	Norda-	343	46	727
NIV	Nor-	131	12	24
	Øvrige Eu-	694	27	19
HT-2	Nor-	323	7	14
	Øvrige Eu-	537	3	28
T-2	Nor-	508	1	25
	Øvrige Eu-	912	7	43
ZEA	Nor-	101	7	5

Betydning af fungicidanvendelse, klimaforhold, driftsform, høstforhold og tørring

I dag er der udbredt anvendelse af bredspektrede fungicider i kornafgrøder. Det har ikke været muligt at finde oplysninger om aktuelle fungiciders effekt på *Penicillium verrucosum*, *Penicillium aurantiogriseum* og *P. polonicum*. Ser man på *Penicillium* generelt, tyder tidligere danske resultater med især propiconazol ikke på, at denne svampeslægt er særlig følsom for ergosterolhæmmende fungicider (Elmholt & Smedegaard-Petersen, 1988; Elmholt, 1991; Elmholt et al., 1993). Det skal nævnes, at disse resultater er baseret på undersøgelser af jordsvampe. Midlernes effekt kendes bedst på de toksinproducerende svampe, der samtidig er kendte plantepatogener, dvs. først og fremmest arter af *Fusarium* (f.eks. *F. culmorum*). De fleste svampemidler har kun en meget begrænset effekt på *Fusarium*, der hovedsageligt angriber kerner i forbindelse med blomstring. Tebuconazol er aktivt over for flere af de *Fusarium* arter, der er nævnt i Tabel 1 (*F. graminearum*, *F. culmorum*). Også azoxystrobin er kendt for effekter på enkelte *Fusarium* arter. Generelt anbefales der dog ikke kemisk bekæmpelse af *Fusarium* svampe i Danmark (Jørgensen, 2000). Selv om et fungicid som tebuconazol nedsætter forekomsten af *Fusarium culmorum*, behøver det ikke at mindske risikoen for toksindannelse i kornet. En tysk undersøgelse tyder på det modsatte: Man viste, at behandling af *F. culmorum* med Matodor (tebuconazol+triadimenol) forøgede indholdet af trichotheconet NIV kraftigt i forhold til en ubehandlet kontrol (Gareis & Ceynowa, 1994). På lignende måde fandt Moss & Frank (1985) at tridemorph stimulerede produktion af T-2 toksin hos *F. sporotrichoides* ved koncentrationer som hæmmede svampens vækst. Svenske undersøgelser har dog ikke bekræftet disse tendenser (Pettersson, 1995).

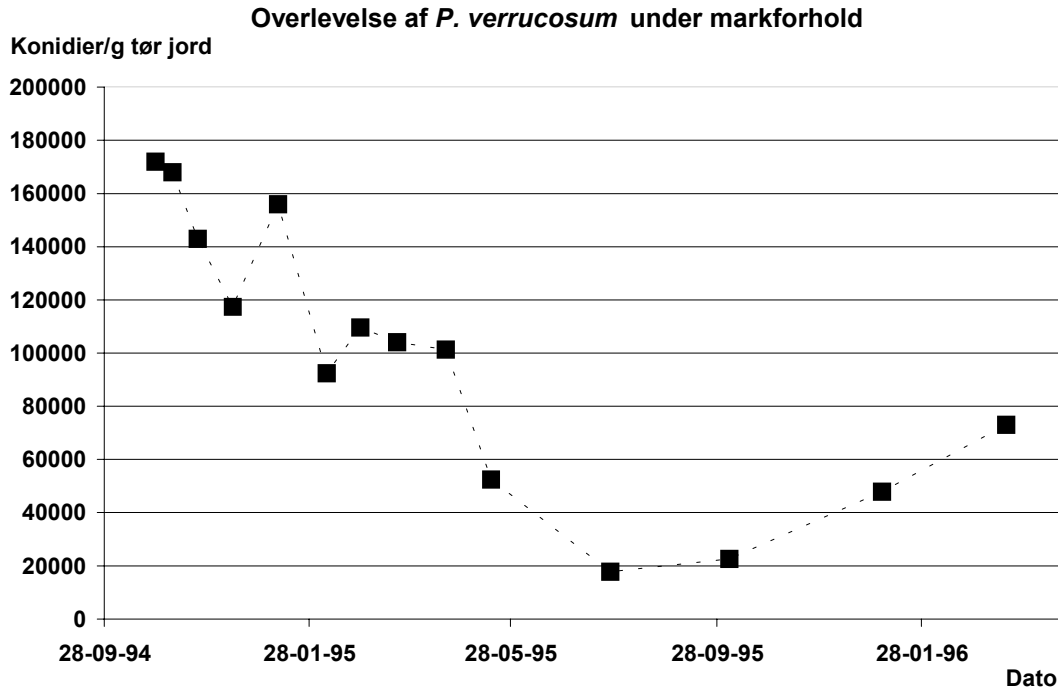
Selv om de fungicider, der anvendes i dag er bredspektrede, findes der som regel nogle svampe, som de kun har en svag eller slet ingen effekt overfor. Ved bekæmpelse af svampe i korn kan der ske en forskydning af svampefloraens sammensætning på planterne. Det kan i visse tilfælde betyde en forøget andel af de svampe som vanskeligst lader sig bekæmpe. Dette er specielt uheldigt, hvis de arter er patogene og/eller i stand til at danne mykotoksiner. Udenlandske undersøgelser har vist, at visse *Fusarium* arter øges efter bekæmpelse af andre svampe i korn. Norske undersøgelser viste, at nogle svampemidler (bl.a. Tilt top) gav større angreb af *Fusarium* end i ubehandlet korn. Forfatteren argumenterer for, at specielt propiconazol måske gør planterne mere modtagelige for *Fusarium* angreb eller gør planterne mere tilgængelige ved at slå deres konkurrenter ud (Elen, 1997).

En tysk undersøgelse (Liggitt *et al.*, 1997) viste, at tre almindelige saprofytiske svampe på hvede (*Alternaria alternata*, *Botrytis cinerea* og *Cladosporium herbarum*) virker hæmmende på *F. culmorum*s udvikling. Forsøg i laboratoriet viste, at svampene vækst påvirkes meget forskelligt af forskellige fungicider. I nogle tilfælde (bl.a. tebuconazol) blev patogene *Fusarium* svampe hæmmet mere end saprofytiske arter (fungicidet forstærker konkurrenceeffekten), i andre tilfælde var det omvendt (svækket konkurrenceeffekt). Igen skal det understreges, at nedsat vækst af toksinproducerende svampe i nogle tilfælde er korreleret til en forøget toksinproduktion! Det har ikke været muligt at finde resultater for *Penicillium*.

Forekomst og vækst af svampe øges under fugtige vækstbetingelser. Dette afspejler sig i, at større partier af korn er inficeret med bl.a. *Fusarium* svampe efter fugtige vækstsæsoner. Før høst kan det være svært at øve indflydelse på en eventuel svampevækst, mens det efter høst er muligt at påvirke og i et vist omfang styre væksten af svampe ved at anvende gode tørrings- og/eller opbevaringsteknikker. Høst af korn med vandprocenter over 14-15% kan give problemer med efterfølgende udvikling af forskellige svampe under kornets lagring. Det betyder, at hvis ikke kornet nedtørres og køles umiddelbart efter høst, vil der i uheldige tilfælde kunne ske en stor opformering af toksinproducerende svampe. Især i år med lange perioder med ustadigt vejr og meget nedbør kan der opstå problemer med at få høstet kornet tørt. Et godt eksempel på dette kendes fra de screeninger, slagterierne foretager for "mugnyrer". Alle nyre, der udviser makroskopiske læsioner, som tyder på at dyret lider af 'porcine nephropathy', undersøges for rester af OA. Hele slagtekroppen kasseres, hvis der findes en koncentration $>25\mu\text{g}/\text{kg}$ i nyrene (tærskelværdi gældende siden 1979). Resultaterne viser, at mugnyrer ikke optræder med samme hyppighed hvert år. Mange tilfælde er fundet efter fodring med korn, der er høstet i 1978, 1983 og 1987. Ved nærmere undersøgelser af tilfældene i 78 og 83 viste det sig, at de ikke var ligeledes fordelt på landsdele, og at man kunne ofte korrelere forekomsterne til høstbetingelserne i de enkelte egne af landet (Frisvad & Viuf, 1986; Büchmann & Hald, 1985).

Lejesæd formodes at kunne være en medvirkende årsag til efterfølgende toksinproblemer, idet man får en forøget kontamination af kornet med jordbårne svampe, blandt andet en række arter af *Penicillium* og *Fusarium*. Lejesæd udgør en risiko ved dyrkning af stråsvage sorter, overgødskning, for højt plantetal, angreb af stråbasis sygdomme og kraftig nedbør og blæst. Det største problem i forbindelse med lejesæd er sandsynligvis *F. culmorum*, idet denne art er meget almindelig i jord og den kan danne en række mykotoksiner, jvf Tabel 1.

Foruden risikoen for jordsmitte af kornet med *Fusarium* er der sandsynligvis også en risiko for jordsmitte med *P. verrucosum*. Vore resultater har nemlig vist, at svampens konidier kan overleve i jorden i mere end halvandet år under danske forhold og endda opformeres svagt, selv om der ikke er tilsat ekstra næring til jorden (Figur 1). Når der tilsættes næring i form af beskadigede spildkerner (et velegnet næringssubstrat, idet arten jo primært kendes fra kornlagre), opformeres *P. verrucosum* kraftigt i jorden. Det er vist under både laboratorie- og markforhold, som detaljeret beskrevet i Elmholt & Hestbjerg (2000). Vi har også demonstreret, at svampen i efterårshalvåret kan inficere beskadigede kerner under markforhold, selv om den har konkurrence fra jordens øvrige svampe. Resultaterne viste dog ikke uventet, at den klarede sig bedst i konkurrencen med jordsvampene, når den på forhånd havde etableret sig på kernerne (Elmholt & Hestbjerg, 2000).



Figur 1. Forekomst af *Penicillium verrucosum* i jord, der er tilsat sporer (=konidier) af svampen. Markforsøget blev startet 28/10 1994 og afsluttet 18/3 1996 (Elmholt & Hestbjerg, 2000). I det tidsrum blev der foretaget 14 prøveudtagninger. Tallene er gennemsnit af fire gentagelser, og de stiplede kurver, der er indtegnet mellem udtagningerne er primært tegnet for at lette overblikket. Der kan have forekommet svingninger, der ikke er blevet registreret.

Gennem de senere år peger flere rapporter og observationer på, at økologisk dyrkede cerealer er mere udsatte for mykotoksin forureninger end konventionelt dyrkede. Veterinær- og Fødevarerdirektoratet (VFD) gennemfører overvågninger af OA i korn og mel og har fundet en vedvarende tendens til hyppigere forekomst og større mængde, specielt i økologisk dyrket rug (Tholstrup & Rasmussen, 1990; Jørgensen *et al.*, 1996; Levnedsmiddelstyrelsen, 1997; Jacobsen & Jørgensen, 1999, 2000). Tendensen er ikke tydelig for hvede (Tabel 4), men det skal understreges at mange af observationerne bygger på et meget lille prøveantal, som det fremgår af tabellen. OA i dansk korn dannes som nævnt af *Penicillium verrucosum*. Tidligere mente man, at denne svamp kun findes på lager. Vi har vist, at den er naturligt forekommende i dansk markjord, og vi har fundet den i jord fra 8 af 25 økologiske dyrkede marker (32%) mod 3 af 43 konventionelt dyrkede marker (7%) (Elmholt *et al.*, 1998).

Vi har vist, at *P. verrucosum* findes på en del af det økologiske udsæd, i nogle tilfælde i ret stor mængde. Dermed øges risikoen for spredning af svampen i markmiljøet. Vi har desuden som nævnt vist, at *P. verrucosum*'s sporer kan overleve i mere end halvandet år i jorden og endda opformerer sig under visse klimatiske forhold (Figur 1). Dermed udgør ubejdet udsæd, som det anvendes i økologisk jordbrug, en teoretisk risiko for spredning af svampen til markmiljøet og kontamination/infektion af kornet, mens det står på marken, men vi mangler viden om den praktiske betydning heraf.

Tabel 4. Forekomst af OA i økologisk og konventionelt dyrkede prøver af hvedekerner, der har indgået i VFD's overvågningsprogram ((Tholstrup & Rasmussen, 1990; Jørgensen et al., 1996; Levnedsmiddelstyrelsen, 1997; Jacobsen & Jørgensen, 1999, 2000).

Hvede kerner Driftsform	Ar	Vejrlig ved høst	Antal prøver (µg OA/kg)			Gns. (µg OA/kg)	Median (µg OA/kg)	Max. værdi (µg OA/kg)	Prøver Antal	Prøver ^{*)}				
			0.05-4.9	5.0-25	>25					< 5 µg/kg	> 5 µg/kg			
Konventionel Gl. grænser		Middel	1986	25	3		0,9	<d	24,0	61	41%	5%		
			1987	22	2	2	2,8	0,3	37,0	41	54%	10%		
			1988	13			0,2	<d	2,6	63	21%	0%		
			1989	17	1	1	1,0	<d	51,0	68	25%	3%		
			1990	7			0,1	<d	4,7	63	11%	0%		
			1991	22			0,1	<d	1,7	69	32%	0%		
			1992	29	2		0,4	<d	9,3	65	45%	3%		
			1993	38		1	0,8	0,05	32	56	68%	2%		
			1994	43			0,1	0,04	0,5	67	64%	0%		
			1995	10			0,1	<d	0,6	51	20%	0%		
			1996	20	1		0,3	0,04	8,0	46	43%	2%		
			1997	11			0,1	<d	0,3	27	41%	0%		
						Antal prøver (µg OA/kg)			Gns.	Median	Max. værdi			
						<1	1-3	3-5	>5	(µg OA/kg)	(µg OA/kg)	(µg OA/kg)		
Nye grænser	1998	Forår	13				0,13	0,10	0,42	21	62%	0%		
		Efterår	10	1			0,18	<0,1	1,91	27	41%	0%		
		1999	Forår	2			1	0,80	<0,08	15,70	20	10%	5%	
		Efterår	5	1			0,10	<0,08	1,05	25	24%	0%		
			Antal prøver (µg OA/kg)			Gns.	Median	Max. værdi						
			<1	1-3	3-5	>5	(µg OA/kg)	(µg OA/kg)	(µg OA/kg)					
Økologisk Gl. grænser		Middel	1986	5			0,6	0,1	4,9	10	50%	0%		
			1987	4	2		2,9	0,2	21,0	10	40%	20%		
			1988	2			0,2	nd	1,2	8	25%	0%		
			1989	3			0,2	nd	2,9	17	18%	0%		
			1990	6		1	3,8	0,1	36,0	11	55%	9%		
			1991	5	1		0,5	nd	6,8	16	31%	6%		
			1992	1			0,04		0,1	2	50%	0%		
			1993	2			0,5	0,01	1,4	3	67%	0%		
			1994	2			0,2		0,2	2	100%	0%		
			1995											
			1996											
			1997	1				0,2		0,2	1	100%	0%	
						Antal prøver (µg OA/kg)			Gns.	Median	Max. værdi			
						<1	1-3	3-5	>5	(µg OA/kg)	(µg OA/kg)	(µg OA/kg)		
Nye grænser	1998	Forår							0					
		Efterår					<0,07	<0,07	<0,07	1	0%	0%		
		1999	Forår	1				0,42	0,42	0,83	2	50%	0%	
		Efterår		1			0,55	<0,08	1,64	3	33%	0%		

*) Prøver < 5 µg/kg: Her er tale om prøver, der ligger over detektionsgrænsen for OA, men under den grænseværdien på < 5 µg/kg.

For *P. verrucosum* findes ingen undersøgelser af sortsvalgets betydning, men vi har helt nye resultater der viser, at *P. verrucosum* kan findes på aks i marken. Derfor er det ikke usandsynligt, at der er sortsforskelle mht. svampens evne til at inficere kornet på et tidligt tidspunkt. For *Fusarium* arter, som *F. culmorum*, er der derimod flere resultater fra udlandet, der meget tydeligt viser, at forskellige genotyper af f.eks. hvede har forskellig risiko for sygdomsudvikling (akksfusariose) og DON/nivalenol produktion (e.g. Mesterhazy et al., 1999).

Vores seneste resultater fra økologiske kornprøver i 1998 og 1999 viser, at *P. verrucosum* i flere tilfælde findes på ny-tærsket korn. Vi mangler dokumentation for, om disse sporer overvejende stammer fra markmiljøet eller kontaminerer kornet via svampesporer i mejetærskeren. Fra undersøgelser under kontrollerede forhold ved vi, at beskadigede kerner udgør et lettilgængeligt næringssubstrat for *P. verrucosum*. Der er derfor brug for at klarlægge betydningen af procedurer omkring mejetærskning for dannelse af spildkorn og ødelagte kerner og disses kontaminering med *P. verrucosum* i forhold til ubeskadiget korn.

Vi har endvidere resultater, der viser et kraftigt forøget antal kontaminerede kerner umiddelbart efter tørringens afslutning. Dette kan enten skyldes ændringer i den mikrobielle flora på kernerne som følge af selve tørringsprocessen (tørringstid, -metode, temperatur, luftskifte) eller direkte kontaminering med svampesporer via et forurenede tørringsanlæg. F.eks. har vi kunnet vise, at tørringsanlæggets konstruktion kan give vanskeligheder i forbindelse med rengøring, så sporerne overlever og kan overføres fra år til år. Det er tilsvarende af betydning at indlægning og lagring sker i rengjorte siloer. Her kan især peges på, at materialer som træ og hessian ifølge vores resultater ser ud til at kunne give problemer.

De traditionelt anvendte metoder har vist sig ikke altid at være tilstrækkelige. Derfor vil metoder, som kan eliminere eller reducere svampeforekomsten uden i øvrigt at skade kornets kvalitet, vil være af stor værdi. Undersøgelser med tromletørring af konventionel maltbyg og brødkorn har vist, at det er muligt at påvirke og ofte forbedre kvaliteten ved denne tørringsmetode. For hvede og rug til fremstilling af brød er det således muligt at påvirke de traditionelt anvendte kvalitetsparametrene som faldtal, amylogram- og farinogramværdier. De gennemførte forsøg, viser en optimal behandlingstemperatur - målt som kernetemperatur ved afgang fra tørretromle - på 50-70°C. For byg kan kornets spireegenskaber forbedres, idet det er muligt at ophæve en eventuel spirehvile. Den optimale kernetemperaturer er her ca. 60°C, afhængig af opholdstiden i tørretromlen (Kristensen 1998).

Tabel 5: Indhold af svampe i rug før og efter tørring i tørretromle ved forskellig temperatur (Kristensen, 1998).

Tørrelufttemp., °C	Kernetemperatur, °C	Gærsvampe	Skimmelsvampe	<i>Fusarium</i>
Ubehandlet	Ubehandlet	340000	170000	40000
75	51,0	52000	370000	90000
108	55,0	43000	51000	7000
145	61,2	44000	14000	5000
180	67,0	3600	1200	400
225	71,2	600	1200	100
290	77,0	400	3400	-

Med hensyn til den mikrobiologiske kvalitet har en indledende undersøgelse vist, at tromletørring er i stand til markant at reducere svampekim på kornkernernes overflade. Det er således muligt at reducere mængden af skimmel- og gærsvampe, herunder *Fusarium* spp., specielt ved høj tørretemperatur. Varmebehandling eller tørring i et tromletørreri kan derfor muligvis forhindre eller reducere risikoen for mykotoksiner i kornet. For maltbyg kan der opnås en væsentlig reduktion i antallet af svampekim uden at skade kornets spireevne eller spire- og maltindex. Tilsvarende for brødkorn er det muligt at opnå en væsentlig kvalitetsforbedring, uden at faldtallet, amylogram- og farinogramværdierne forringes. I tabellen er vist resultater fra et forsøg med behandling af rug ved forskellige temperaturer.

Konklusion og behov for fremtidig forskning

Mykotoksiner udgør en risiko for kornkvaliteten. Vore resultater såvel som resultaterne af VFD'd overvågningsprogram tyder samlet på, at problemer opstår på enkelte gårde, og at godt landmandsskab i forbindelse med kornhåndtering er meget afgørende for, om der bliver problemer. Hvis vi opnår en detaljeret viden om de mykotoksin-producerende svampes livscyclus, både i marken og på lageret, vil det i højere grad være muligt at målrette landbrugsdriften, så man effektivt imødegår opformering af toksinproducerende svampe og dermed risikoen for toksindannelse.

I fremtidige undersøgelser ønsker vi at fokusere på følgende punkter:

- Betydning af ubejdet udsæd for smitterisiko (har betydning for økologisk jordbrug)
- Betydning af rengjorte maskiner, tørrings- og lagringsfaciliteter for smitteoverførsel
- Betydning af forskellige tørringstid og -metode, herunder ny metode til tromletørring, for udvikling af mykotoksinproducerende svampe
- Betydning af 'hot-spots' (partier med høj forekomst af toksinproducerende svampe) for svampenes spredning på lager
- Betydning af sortsvalg
- Betydning af jordsmitte og lejesæd
- Betydning af andre svampe samt skadedyr

Litteratur

- Büchmann, N.B. & B. Hald, (1985). Analysis, occurrence and control of Ochratoxin A residues in Danish pig kidneys. *Food Additives and Contaminants*, 2, 193-199.
- Elmholt, S. (1996). Microbial Activity, Fungal Abundance, and Distribution of *Penicillium* and *Fusarium* as Bioindicators of a Temporal Development of Organically Cultivated Soils. *Biological Agriculture and Horticulture*, 13, 123-140.
- Elen, O. (1997). Forekomst af aksfusariose o noen feltforsøk 1996, pp. 113-116. I: Informationsmøte i plantevern 1997 (Glorvigen, B. ed.). Grøn Forskning 2.
- Elmholt, S. & V. Smedegaard-Petersen (1988). Side-effects of Field Applications of "Propiconazole" and "Captafol" on the Composition of Non-target Soil Fungi in Spring Barley. *Journal of Phytopathology*, 123, 79-88.
- Elmholt, S. (1991). Side-effects of propiconazole on Non-target Soil Fungi in a Field Trial Compared to Natural Stress Effects. *Microbial Ecology*, 22, 99-108.
- Elmholt, E., Frisvad, J.C. & Thrane, U. (1993). The influence of fungicides on soil mycoflora with special attention to tests of fungicides effects on soil-borne pathogens. In *Pesticide interactions in crop production* (ed. J. Altman) pp. 227-243. CRC Press: Boca Raton.
- Elmholt, S. & H. Hestbjerg (2000). Field Ecology of the Ochratoxin A producing *Penicillium verrucosum* Dierckx. I: Survival and resource colonization in soil. *Mycopathologia*, 147, 67-81.

- Elmholt, S., K. Deboz, P. Schjønning, L. Munkholm, K.J. Rasmussen, I.M.B. Knudsen & P.H. Rasmussen (1997). Jordens frugtbarhed - mikrobiologi og jordstruktur, pp. 107-123. Temadag i Økologisk Jordbrug d. 10. juni, SP Rapport nr. 15.
- Eriksen, G. S. & J. Alexander (1998). *Fusarium* toxins in cereals - a risk assessment.. TemaNord. Report 502. Nordic Council of Ministers Copenhagen.
- Frisvad, J.C. & B.T. Viuf (1986). Comparison of direct and dilution plating for detecting *Penicillium viridicatum* in barley containing ochratoxin, pp. 45-47. In: King, A.D., Pitt, J.I., Beuchat, L.R., and Corry, J.E.L (eds). Methods for the mycological examination of food Plenum Press. New York.
- Gareis, M & J. Ceynowa (1994). Influence of the fungicide Matador (tebuconazol/triadimenol) on mycotoxin production by *Fusarium culmorum*. Zeitschrift für Lebensmittel Untersuchung und -Forschung, 198, 244-248.
- Gravesen, S., J.C. Frisvad & R.A. Samson (1994). Microfungi. Munksgaard, Copenhagen.
- Jacobsen, J. S. & K. Jørgensen (1999). Overvågningsprogram for ochratoksin A i korn og mel 1998-2002. 1999. Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri, Fødevaredirektoratet, København.
- Jacobsen, J. S. & K. Jørgensen (2000). Projekt 99526-01. Overvågning af ochratoksin A i korn og mel. Resultatopgørelse for 1999. Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri, Fødevaredirektoratet, København.
- Jørgensen, K., G. Rasmussen & I. Thorup (1996). Ochratoxin A in Danish cereals 1986-1992 and daily intake by the Danish population. Food Additives and Contaminants, 13, 95-104.
- Jørgensen, L.N. (2000). Bekæmpelse af aksfusariose i korn, pp. 171-179. 17. Danske Planteværnskonference - Positionsbestemt plantebeskyttelse/beslutningsstøtte/sygdomsskadedyr/aksfusariose. Foulum, Danmarks JordbrugsForskning.
- Knudsen, I.M.B., S. Elmholt, J. Hockenhull & D.F. Jensen (1995). Distribution of Saprophytic Fungi Antagonistic to *Fusarium culmorum* in Two Differently Cultivated Field Soils, With Special Emphasis on The Genus *Fusarium*. Biological Agriculture and Horticulture, 12, 61-79.
- Kristensen, E. F. (1998). New Drying Method for Improvement of the Quality of Malting Barley and Bread Grain. Proceedings of EurAgEng.98-F-011, 8.
- Levnedsmiddelstyrelsen (1997). Overvågningsprogram for ochratoxin A i korn og mel 1993-1997. Rapport IL.
- Liggitt, J., P. Jenkinson & D.W. Parry (1997). The role of saprophytic microflora in the development of *Fusarium* ear blight of winter wheat caused by *Fusarium culmorum*. Crop Protection, 7, 679-685.
- Lund, F., U.Thrane, J.C. Frisvad & O. Filtenborg (1992). IBT List of fungal cultures and their secondary metabolites. 1st ed., Department of Biotechnology: Technical University of Denmark, Lyngby
- Mesterhazy, A., T. Bartok, C.G. Mirocha, & R. Komoroczy (1999). Nature of wheat resistance to *Fusarium* head blight and the role of deoxynivalenol for breeding. Plant Breeding, 118, 97-110.
- Miller, J.D., R. Greenhalgh, Y.Z. Wang & M. Lu (1991). Trichothecene chemotypes of three *Fusarium* species. Mycologia, 83, 121-130.
- Moss, M.O. & J.M. Frank (1985). Influence of the fungicide tridemorph on T-2 toxin production by *Fusarium sporotrichoides*. Trans. Br. Myc. Society, 84, 585-590.
- Pettersson, H. (1996). Trichothecener, vanliga mycotoxiner som bildas i spannmålen redan på fältet. SLU Info rapporter, Allmänt 197, Lantbrukskonferensen, 125-131.

- Smith, J.E., C.W. Lewis, J.G. Anderson & G.L. Solomons (1994). Mycotoxins in human nutrition and health. European Commission. Science, Research and Development. EUR 16048 EN.
- Tholstrup, B. & G. Rasmussen (1990). Ochratoksin A i korn 1986-1989. Levnedsmiddelstyrelsen, København,
- Thrane, U. Development in the taxonomy of *Fusarium* species based on secondary metabolites. In: *Fusarium*, edited by B. A. Summerell, L. W. Burgess, W. F. O. Marasas, and J. F. Leslie, St.Louis:APS, p. 30-50 *in press*.
- Thrane U & U. Hansen (1995). Chemical and physiological characterization of taxa in the *Fusarium sambucinum* complex. *Mycopathologia*, 129, 183-190.

Kapitel 6. Undersøgelser for pesticidrester i dansk kvalitetshvede

Kit Granby
Fødevaredirektoratet
Institut for Fødevarerundersøgelser og Ernæring
Mørkhøj Bygade 19
2860 Søborg
E-mail: KGR@FDIR.DK

Fødevaredirektoratet gennemfører undersøgelser for pesticidrester i dansk og importeret korn. Heraf udgør kontrollen med dansk hvede en stor andel. Kontrollen bliver brugt til at sikre, at de gældende maksimalgrænseværdier for indhold af forskellige pesticidrester i fødevarer ikke overskrides, så forbrugerne udsættes for sundhedsmæssige risici. Desuden kontrolleres om de danske anvendelsesregler er overholdt [1], d.v.s. om det er tilladt at anvende de pesticider, der påvises i de dansk producerede fødevarer. Det kontrolleres også om mærkningsreglerne overholdes, f.eks. at økologiske varer ikke indeholder pesticidrester. Endelig vurderes befolkningens indtagelse af pesticidrester gennem kosten.

Prøveindsamling og analysemetoder

Prøverne bliver udtaget som stikprøver primært hos møllerier og grovvareselskaber. De vil ofte være blandingsprøver fra flere primær producenter. Prøverne bliver analyseret for pesticidrester ved hjælp af en gaskromatografisk multimetode, der hidtil har analyseret for op til 26 pesticidrester og nedbrydningsprodukter (heraf er 3 svampemidler og de øvrige insekticider). Fødevaredirektoratet har fået akkrediteret en ny version af den gaskromatografiske multimetode, der kan bestemme ca 100 pesticider, og som anvendes fra 2001. Heri er medtaget en del nye svampemidler, bl.a. strobiluriner. Nogle pesticider kan ikke analyseres med multimetoden, og derfor har Fødevaredirektoratet udviklet særskilte analysemetoder (væskekromatografi med tandem massespektrometri (LC-MS/MS) for de vækstregulerende midler chlormequat og mepiquat samt for ukrudtsmidlet glyphosat og dets nedbrydningsprodukt AMPA. Med disse analysemetoder er en del af prøverne fra 1997-1999 blevet undersøgt.

Resultater

Resultaterne af undersøgelser af hvedekerner fra dansk kvalitetshvede 1995-1999 fremgår af tabel 1. Der er undersøgt mellem 30-49 prøver hvedekerner med den gaskromatografiske multimetode. Derudover er der undersøgt 22 henholdsvis 20 prøver dansk producerede hvedekerner for glyphosat og AMPA i 1998/1999 og 30 henholdsvis 20 prøver hvedekerner for chlormequat og mepiquat i 1997/1999. Det ses at der kun er et enkelt fund af pirimiphos-methyl og et enkelt fund af malathion ved den gaskromatografiske multimetode. Derimod er der relativt mange fund af det vækstregulerende middel chlormequat og af ukrudtsmidlet glyphosat i dansk kvalitetshvede. Ingen af fundene overskrider dog de gældende maksimalgrænseværdier.

Tabel 1

HVEDEKER- NER	Antal analy- seret	antal fund	Pesticid	interval (mg/kg)	middel (mg/kg)	MRL* (mg/kg)
1995	30	0				
1996	34	1	Pirimiphos- methyl	0,07	0,07	5
1997	35					
	30	25	Chlormequat	0,03-0,62	0,23	2
	30	1	Mepiquat	0,001	0,001	1
1998	45					
	22	2	AMPA	0,07-0,09	0,08	
	22	13	Glyphosat	0,01-0,44	0,08	5
1999	49	1	Malathion	0,005	0,005	8
	20	1	AMPA	0,05	0,05	
	20	15	Chlormequat	0,008-0,62	0,24	2
	20	14	Glyphosat	0,01-0,87	0,15	5

*Maksimalgrænseværdi[2]

Kostindtag

Direktoratets kostundersøgelse [3] har vist at danskerne i gennemsnit indtager 100 g hvede om dagen, og når man kender de gennemsnitlige restindhold af forskellige pesticider i hvede kan indtaget estimeres. Det gennemsnitlige indtag af pesticidrester fra hvede 1987-1997 (dansk og importeret) blev estimeret til ca. 30 µg/dag og heraf udgjorde de vækstregulerende middel chlormequat en stor andel med 23 µg/dag [4]. Indtaget er estimeret konservativt idet der ikke er taget hensyn til, at restindholdet bliver reduceret ved formaling og bagning. Det estimerede indtag af chlormequat via korn udgør ca 1% af det acceptable daglige indtag (ADI, som er fastsat af FAO/WHO) og indtaget af glyphosat udgør ca. 0,04% af ADI.

Litteratur

- Oversigt over godkendte bekæmpelsesmidler 2000. Orientering fra Miljøstyrelsen Nr. 2, 2000, ISBN 87-7944-021-5.
- Bekendtgørelse om maksimalgrænseværdier for indhold af pesticidrester i fødevarer og foderstoffer, Bekendtgørelse nr. 465 af 15. juni 1999, Fødevaredirektoratet.
- Lyhne N. et al. 1995. Danske Kostvaner 1995. Levnedmiddelstyrelsen, publikation nr. 235 (juni) (3)
- Ørntoft I., Rasmussen A, Granby K., Falbe Hansen H and Büchert A. 2000. Produktionshjælpemidler (pesticider og veterinære lægemidler) Overvågningssystemet for levnedsmidler 1993-1997. Del 3. Fødevarerapport 2000:03, Fødevaredirektoratet (januar) ISBN87-90599-85-3. (4)

Kapitel 7. N-balancer i vinterhvede

Jesper Waagepetersen
Danmarks JordbrugsForskning
Afdeling for Plantevækst og Jord
Forskningscenter Foulum
8830 Tjele
E-mail: Jesper.Waagepetersen@agrsci.dk

Afsnittet giver en oversigt over, hvor meget kvælstof, man tilfører marken, i forhold til, hvor store mængder, der fjernes med afgrøden, eller som tabes. Dette har interesse ved vurdering af, om det er muligt at ændre afgrødens kvalitet gennem øget kvælstofoptag.

Oversigten begrænses til marker gødet med handelsgødning. Der findes kun et meget begrænset antal marker, hvor der både er pålidelige målinger af kvælstof i høstet afgrøde, udvaskning og nøjagtig opgørelse af gødningstilførsel. Derfor må oversigten over de forskellige elementer i balancen baseres på forskellige kilder.

Kvælstof i kerne og halm

På baggrund af Landsforsøgene kan der opstilles følgende oversigt over kvælstoftilførsel og afgrødens kvælstofindhold ved optimalt kvælstofniveau. Oversigten refererer til forsøg placeret på marker med lille eftervirkning.

Det bemærkes

- Optimalt kvælstofniveau er beregnet uden hensyn til betydningen af kernens proteinprocent for prisen
- Kvælstof i halm er beregnet som 25% af kvælstof i kerne.

Tabel 1. Landsforsøg med stigende mængder kvælstof i handelsgødning (optimalt gødningsniveau) 1995-2000. Personlig meddelelse, Leif Knudsen, Landbrugets Rådgivningscenter.

Jordtype	N- tilførsel Handelsgødning Kg N/ha	N-tilførsel Atmosfærisk nedfald Kg N/ha	Udbytte Hkg/ha	Protein% Kerne	N i kerne Kg/ha	N i kerne + halm kg/ha
Sand JB 1-4	156	17	69	10,4	102	128
Sandbl. ler JB 5-6	185	17	80	10,8	125	156
Ler JB 7-9	209	17	88	10,5	146	182

N-udvaskningen og luftformige tab

Udvaskningen beregnes ved hjælp af en empirisk model, udarbejdet af DJF, DMU og Landbrugets Rådgivningscenter (Simmelsgaard, *et al.*, 2000, model B).

Tabel 2. Typiske tal for udvaskning og gasformige tab fra handelsgødet vinterhvede i kornsædskeer.

Jordtype	Klimazone	N i handelsgødning. Kg/ha	Udvaskning Kg N/ha	Denitrifikation* Kg N/ha	NH ₃ fordampning**. Kg N/ha
Sand JB 1-4	II-III	156	82	5	4
Sandbl. ler JB 5-6	II	185	69	20	4
Ler JB 7-9	I-II	209	57	20	4

+ Vinter 2000

** Andersen *et al* 1999.

I tabel 2 er vist typiske tabstal for handelsgødet vinterhvede i kornsædskeer. Det er hensigten, at tallene skal matche tallene i tabel 1. Det må dog bemærkes, at der er betydelige usikkerhedsmomenter med hensyn til klima, fremherskende sædskeer samt udbyttiveauet i landsforsøgene i forhold til udbyttiveauet bag det datamateriale, der ligger til grund for den empiriske udvaskningsmodel.

Den samlede N-balance

Sammenfatningen i tabel 3 viser, at i vinterhvede på marker, gødet med handelsgødning, vil mængden af kvælstof, der lagres i kerne + halm, typisk være 30 kg N/ha mindre end den mængde kvælstof, der tilføres med gødningen. Den mængde kvælstof der fjernes (indlagres i halm og kerne, luftformige tab og udvaskning), er ca. 40 kg N/ha større en mængden af kvælstof, der tilføres med gødning + nedbør.

Tabel 3. Til og fraførsel af kvælstof fra vinterhvede dyrket i kornsædskefte gødet med handelsgødning. Gennemsnitstal fra tabel 1 og 2. Det bemærkes, at tabellen er sammenstykket ud fra forskellige kilder.

Tilførsel		Fraførsel	
Handelsgødning	183 kg N/ha	Afgrøde	155 kg N/ha
Atmosfære	17 kg N/ha	Udvaskning	69 kg N/ha
		Gasformige tab	19 kg N/ha
Sum	200 kg N/ha	Sum	243 kg N/ha

Tallene fra tilførsel og bortførsel af kvælstof til marken tyder altså på, at tab fra markens kvælstofpulje er almindeligt ved handelsgødet vintersæd. Resultatet er i overensstemmelse med en ikke signifikant tendens til nedgang i jordens kvælstofpulje på planteavlsbrug (kornrige, handelsgødede sædskeer), fundet i en undersøgelse af udviklingen i jordens kvælstofindhold i kvadratnetpunkterne (Tove Heidmann, 2000).

Sammenfattende vurdering

Ved optimalt gødningsniveau på marker gødet med handelsgødning (tabel 1) er den mængde kvælstof, der fjernes med en vinterhvedeafgrøde, ca 30 kg N/ha mindre end den mængde kvælstof, der tilføres marken. Det kunne føre til en opfattelse af, at der efterlades plantetilgængeligt kvælstof i jorden. Det må imidlertid erindres, at der desuden bindes kvælstof i rødderne. Det er også vigtigt at være opmærksom på, at der ikke er direkte sammenhæng mellem det kvælstof, der tilføres med gødning, og det kvælstof, afgrøden optager. Typisk vil kun halvdelen af det umiddelbart tilgængelige gødningskvælstof optages i afgrøden, medens resten af afgrødens kvælstofforsyning vil stamme fra mineralisering af jordens organisk stof. Til gengæld omsættes store dele af den tilførte handelsgødning allerede 1. år i jorden. Generelt vil jorden være helt tømt for plantetilgængeligt kvælstof i hele forsommer perioden.

Fordelingen af gødningskvælstoffet mellem afgrøde og jord, afhænger bl.a. af gødnings-typen (e.g. *Recous et al.*, 1992), nedbørsforhold (*Hartman & Nyborg*, 1989), jordtypen både med hensyn til tekstur (e.g. *Recous et al.*, 1992) og det organiske stofs evne til immobilisering (*Tomar & Soper*, 1981 og 1987), samt udbringningsmetode (e.g. *Malhi et al.*, 1996). Vekselvirkninger mellem de nævnte faktorer forekommer ofte.

Derfor kan man godt forestille sig, at det vil være muligt at opnå en øget kvælstofudnyttelse ved en gødningspraksis, hvor gødningen tidsligt og rumligt (*Mali et al.* 1996, 1989, *Mali og Nyborg*, 1991) tilføres optimalt i forhold til planternes optagelsespotentiale. Man kunne også forestille sig, at der er forskel på sorterens evne til at konkurrere med jordens mikroorganismer om kvælstoffet.

Kvælstofudvaskningen er i endnu mindre grad end afgrødens kvælstofoptagelse direkte afhængig af årets tilførsel af handelsgødning. Udvasningen er især udtryk for, at det kvælstof, der mineraliseres fra jordens organiske pulje om efteråret, let går tabt, fordi en evt. afgrøde på dette tidspunkt har en meget ringe kapacitet til at optage kvælstof.

Til trods for, at der sker en betydelig kvælstofudvaskning i forbindelse med dyrkning af vinterhvede, er posterne i N-balancen for handelsgødede vintersædmarker ikke en indikation af, at der er tilført et overskud af plantetilgængeligt kvælstof i vækstperioden. Den type vinterhvede, vi bruger i dag, udnytter i høj grad muligheden for at optage tilgængeligt kvælstof. Nye sorter med potentiale for samtidigt at opnå højt udbytte og høj proteinprocent, kun kan udnytte dette potentiale, hvis sorten samtidigt er bedre til at mobilisere kvælstof fra rødder og blade, er bedre til at konkurrere med jordens mikroorganismer om gødningskvælstof, eller hvis gødningspraksis ændres. Sorter der bedre kan udnytte det kvælstof der mineraliseres i efteråret, er også en mulighed.

Litteratur

Hartman, M.D. & Nyborg, M. (1989). Effect of early growing season moisture stress on barley utilisation of broadcast-incorporated and deep-banded urea. *Can. J. Soil Sci.* **69**, 381-389.

- Malhi, S.S., Nyborg, M. & Solberg, E.D. (1989). Recovery of ^{15}N -labelled urea as influenced by straw addition and method of placement. *Can. J. Soil Sci.* **69**(3), 543-550.
- Malhi, S.S. & Nyborg, M. (1991). Recovery of ^{15}N -labelled urea: influence of zero tillage, and time and method of application. *Fert. Res.* **28**, 263-269.
- Malhi, S.S., Nyborg, M. & Solberg, E.D. (1996). Influence of source, method of placement and simulated rainfall on the recovery of ^{15}N -labelled fertiliser under zero tillage. *Can. J. Soil Sci.* **76**, 93-100.
- Recous, S., Machet, J.M. & Mary, B. (1992). The partitioning of fertiliser-N between soil and crop: Comparison of ammonium and nitrate applications. *Plant & Soil* **144**, 101-111.
- Tomas, J.S. & Spoer, R.J. (1981). Fate of Tagged Urea N in the Fiels with Different Methods of N and Organic matter placement. *Agron. J.* **73**, 991-995
- Tomas, J.S. & Spoer, R.J. (1987). Fate of ^{15}N -labelled urea in the growth chamber as effected by added organic matter and N placement. *Can. J. Soil Sci.* **67**, 639-646.
- Simmelsgaard, S.E., Kristensen, K., Andersen, H.E., Grant, R., Jørgensen, J.O.; Østergaard, H.S. 2000. Empirisk model til beregning af kvælstofudvaskning fra rodzonen. N-LES. Nitrate Leaching Estimator.
- Vinther, F.P. 2000. Totale kvælstofbalancer i landbruget på landsplan, opdelt på mark- og staldbalancer (under trykning).
- Andersen, J.M. et al. 1999. Emission af ammoniak fra landbruget status og kilder. Danmarks JordbrugsForskning og Danmarks Miljøundersøgelser.
- Heidmann, T. 2000. Kvælstofbalancer i dansk landbrug. Mark- og staldbalancer (under trykning). Danmarks Miljøundersøgelser og Danmarks JordbrugsForskning.

Kapitel 8. Samspil mellem kvælstofoptagelse, bladareal, kernerdannelse og proteinindlejring i kernen

Jørgen Berntsen
Danmarks JordbrugsForskning
Afdeling for Plantevækst og Jord
Forskningscenter Foulum
8830 Tjele
E-mail: Jorgen.Berntsen@agrsci.dk

Kerneudbytte af tørstof og kvælstof bestemmes af samspillet mellem den totale plante tørstof produktion, N optaget og af fordelingen af tørstof og kvælstof mellem kerne og de vegetative organer. Både genetiske faktorer og plantevækstfaktorer har betydning for størrelse og hastighed af disse processer. Der er stor genetisk variation indenfor vinterhvede på alle disse processer, men i det følgende beskrives primært plantevækstfaktorernes effekt og deres indflydelse på vinterhvedes plantefysiologiske processer.

Kulhydrat

Mængden af kulhydrat i kernen er bestemt af længden af kernefyldningsperioden og den hastighed hvormed kulhydrater overføres fra det vegetative væv til kernerne. Kulhydraterne kan enten komme fra oplagret kulhydrat eller være produceret under selve kernefyldningen. Forsøg med isotopmærket kulstof har vist, at kulhydrat i kernen primært stammer fra fotosyntese efter blomstring (ca. 60-70%) og i mindre omfang (ca. 30-40%) fra oplagret kulhydrat i stængel og blade. Der er lavet en række forsøg, som belyser plantevækstfaktorers betydning for kernefyldningsprocesserne. Generelt observeres følgende effekter:

- Tørke efter blomstring vil medføre et hurtigere bladhenfald, hvorved overførselshastigheden begrænses pga. en lavere fotosyntese. Desuden vil kernefyldningslængden også blive kortere. Resultatet af dette bliver et lavere tørstofudbytte.
- Høje temperaturer efter blomstring vil forkorte kernefyldningsperioden. Selvom kernefyldningshastigheden øges, kan dette ikke kompensere for reduktionen af længden af kernefyldningsperioden, og resultatet vil være et lavere tørstof udbytte (*Mou et al.* 1994). Den optimale temperatur under kernefyldningen er omkring 15 °C (*Benbella og Paulsen, 1998*)
- Plantens overordnede næringsstofstatus påvirker kernefyldningshastigheden, da en lav kvælstof-status vil medføre mindre fotosyntetisk væv og derved en lavere produktion. Høstindekset har dog en tendens til at stige ved lave kvælstof niveauer, da remobiliseringseffektiviteten af oplagret kulhydrat i stængel og blade øges og derved giver et højere høstindeks. Desuden har kvælstofstatus sandsynligvis også betydning for dannelsen af kerner, men denne effekt er svær at adskille fra effekterne via den reducerede produktion.

Den daglige kernevækst er i nogle situationer ikke begrænset af produktionen, men derimod af kernernes evne til at optage kulhydrat (den såkaldte sink effekt). Kernernes samlede evne til at optage kulhydrat er primært bestemt af antallet af kerner.

Kvælstof

Kernerne modtager det meste af deres kvælstof i reduceret form oftest som aminosyrer, fra rødder, blade og stængler. Ofte vil mindst 2/3 af kernernes kvælstof være optaget før blomstring (*Kramer, 1979*). Forholdet er dog meget afhængig af mængden af tildelt kvælstof, og i et forsøg med forskellige kvælstof niveauer har *Vos (1981)* vist, at i en plante med lav kvælstofstatus ved blomstring vil 55% af kernens kvælstof være optaget før blomstring, mens det tilsvarende forhold er over 80% for en plante med høj kvælstofstatus. Overførselsraten af kvælstof mellem de vegetative organer og kernen er bestemt af enten den potentielle akkumulerings rate i kernen (sink) eller af tilførselsraten fra de vegetative organer (source).

Akkumuleringsraten bestemmes af antallet af kerner og bliver reguleret af temperaturen, mens tilførselsraten bestemmes af den totale kvælstof mængde i det vegetative væv over et vist niveau, temperatur og tørke stress.

Remobiliseringseffektiviteten, defineret som ændring i kvælstofindholdet i vegetativ væv mellem blomstring og modenhed, vil ofte være omkring 70%. Flere undersøgelser har fundet en signifikant sammenhæng mellem remobiliseringseffektiviteten og proteinkoncentrationen i kernen (*McKendry et al., 1995*). De plantevækstfaktorer, der primært påvirker det totale kvælstofindhold i kernen er:

- Tørke vil, som beskrevet ovenfor, medføre et hurtigere bladhenfald, mindre produktion og kortere kernefyldningslængde. Dette vil medføre en lavere kvælstofremobilisering.
- Høj temperatur efter blomstring vil give en kortere kernefyldningsperiode og derved også kortere tid til at remobilisere kvælstof.

Kvælstofstatus vil selvfølgelig også have en markant indflydelse på kvælstofudbyttet. Der vil således ofte være en lineær sammenhæng mellem kvælstoftildeling og kvælstofudbytte i kernen.

Kvælstof procenten i kernen

Kvælstofprocenten i kernen vil selvfølgelig også påvirkes af ovenstående plantevækstfaktorer. Stressfaktorer som nedsætter produktionen i kernefyldningsperioden vil ofte medføre en højere kvælstof procent i kernen. Dette skyldes, at det meste kulstof i kernen produceres efter blomstring, mens kvælstof i kernen primært er optaget før blomstring. Disse stress faktorer vil derfor i højere grad påvirke tørstof udbyttet og derfor medføre en højere kvælstof procent. *Daniel og Triboi (2000)* har således vist at en øgning af temperaturen på 10 °C under kernefyldning vil reduceret tørstof udbyttet op til 44%, mens proteinprocenten steg fra 11.7 til 16%.

Figur 1.

I England har Gooding og Davies (1997) fundet følgende statistiske sammenhæng mellem proteinindholdet og temperatur, N tildeling og nedbør:

$$N_{\text{kerne}} = 5.73 + 0.339 T_s + 0.0122 N_{\text{tildelt}} - 0.00774 R_f + 0.00625 R_s$$

Hvor N_{kerne} er protein procenten i kernen, T_s er middel sommer temperatur (25 juni til 15 juli), N_{tildelt} er kvælstof tildeling (kg-N ha^{-1}), R_f er forårsnedbør (5 marts til 27 maj, mm) og R_s er sommer nedbør (28 maj til 8 juli, mm). Forårsnedbørs negative effekt på proteinindholdet, skyldes sandsynligvis at nedbør i denne periode vil øge kvælstoftabet fra rodzonen, hvorved planten optager mindre kvælstof. Årsagen til den positive effekt af nedbør i juni er noget mere usikker, men en sandsynlig forklaring er, at jordens mineralisering øges med bedre vandforhold og mere kvælstof bliver derved tilgængeligt for optag. Nedbør under kernefyldningen har i flere undersøgelser vist sig, at have en negativ effekt på proteinindholdet, men det var altså ikke signifikant i denne undersøgelse. Det bemærkes, at man heller ikke i denne analyse har fundet nogen sammenhæng med lysindstråling. Nogle forsøg har dog vist, at reducerede lysintensiteter sænker både kerne tørstof og kvælstof, men i samme forhold, så kvælstof procenten ikke påvirkes (Gooding og Davies, 1997).

En række undersøgelser har prøvet at finde statistiske sammenhænge mellem kernens proteinindhold og miljøfaktorer. I England har man således fundet en statistisk sammenhæng mellem kvælstof procent og en række miljø faktorer (jvf. figur 1). Det har endnu ikke være muligt at opstille en tilsvarende relation for danske forhold.

Forsøg hvor man har forsøgt at fjerne/mindske stress ved hjælp af vand, kvælstof eller hormoner (f.eks. Benbella og Paulsen, 1998) bevirker et langsommere bladhenfald, hvorved kulhydrat assimilation og translokation bliver favoriseret i større grad end kvælstof op-hobning i kernen og som resultat heraf vil kvælstofprocenten i kernen falde.

Litteratur

- Benbella, M. and Paulsen, G.M. (1998). Efficacy of Treatments for Delaying Senescence of Wheat Leaves: II Senescence and Grain Yield under Field Conditions. *Agronomy Journal*, 90:332-338.
- Daniel, C. and Triboi, E. (2000). Effects of temperature and Nitrogen Nutrition on the Grain Composition of Winter Wheat: Effects on Gliadin Content and Composition. *Journal of Cereal Science* 32: 45-56
- Gooding, M.J. og Davies, W.P. (1997). Wheat production and utilisation. Systems, Quality and the Environment. *CAB International*.
- Kramer, Th. (1979). Environmental and genetic variation for protein content in winter wheat (*Triticum Aestivum* L.) *Euphytica*, 28: 209-218

- McKendry, A.L., McVetty, P.B.E. and Evans, L.E. (1995). Selection Criteria for Combining High Yield and High Grain Protein Concentration in Bread Wheat. *Crop Science* 35: 1597-1602
- Mou, B., Kronstad, W.E. and Saulescu, N.N. (1994). Grain Filling Parameters and Protein Content in Selected Winter Wheat Population: II Associations. *Crop Science*, 34: 383-841
- Vos, J (1981). Effects of temperature and nitrogen supply on post-floral growth of wheat; measurements and simulations. Wageningen, Agricultural Research Reports 911.

Kapitel 9. Problemer med hensyn til at opnå en kvælstofoptagelse, der sikrer højt proteinindhold i kernen ved højt udbytt niveau

Jørgen Berntsen
Danmarks JordbrugsForskning
Afdeling for Plantevækst og Jord
Forskningscenter Foulum
8830 Tjele
E-mail: Jorgen.Berntsen@agrsci.dk

Fra et biokemisk synspunkt, vil man teoretisk forvente en negativ korrelation mellem højere tørstof-udbytte og kvælstofudbytte. Dette skyldes, at det er "dyrere" at lave protein end kulstof i kernen, idet 1g glukose dannet ved fotosyntese kan omdannes til 0.83g kulhydrat men kun 0.4g protein (*Penning de Vries, et al. 1974*). Derfor vil et stigende proteinindhold forbruge mere fotosyntetisk dannet glukose, hvorved der bliver mindre til rådighed for kulhydratsyntese i kernen. Dette forhindrer dog ikke, at det i praksis er muligt at fremavle nye sorter med høje udbytter og et relativt højt proteinindhold. Dette gøres primært ved enten at forbedre kvælstofoptaget eller ved en øget translokation af kvælstof fra det vegetative væv til kernen.

Planters kvælstofoptag afhænger af plantens behov og af tilgængeligheden af kvælstof i jorden. Det daglige kvælstofbehov defineres som differencen mellem det maksimale kvælstof indhold og det aktuelle indhold. Det maksimale kvælstof indhold kan beskrives som en funktion af plantens tørstof og bladareal (*Olesen et al. submitted*), på følgende måde

$$N_{\max} = 0.103W^{0.54} + 2.37L$$

Hvor W er totalt tørstof (g m^{-2}) og L er grønt bladareal ($\text{m}^2 \text{m}^{-2}$). Denne relation viser at kvælstof behovet stiger mest i de tidlige stadier, hvor både W og L vokser stærkt. Senere vil behovet ikke vokse nær så hurtigt, eller sagt på en anden måde den optimale kvælstof procent falder jo større planten bliver.

Tilgængeligheden af kvælstof i jorden afhænger af rodsystemets udstrækning og tæthed og mængden af kvælstof i jorden. Når vinterhvedes rodsystem er fuldt udviklet om foråret er tætheden så høj at stort set alt mineralsk kvælstof i rodzonen optages i løbet af få dage (*van Keulen, et al., 1989*). Det er altså primært om efteråret og vinteren samt når rodsystemet bliver nedbrudt efter blomstring at kvælstofoptaget kan være begrænset af rodsystemet.

Mængden af kvælstof i jorden er både styret af input i form af organisk og uorganisk kvælstof og ved mineralisering af jordens organisk kvælstof samt immobilisering af kvælstof ved vækst af mikroorganismer. Det ideelle er, at der både er tilstrækkeligt kvælstof til rådighed i de tidlige vækstfaser, og at jordens kvælstofindhold topper, når plantens potentiale for optag er størst. Jordens kvælstof indhold kan styres gennem en række forskellige dyrkningstiltag, så som timing af kvælstoftildeling, split tildeling, præcisionsjordbrug, og placering af gødning. Desuden kan jordens mineralisering styres delvist gennem f.eks. jordbearbejdning.

Gennem forædling er der tre plantefysiologiske processer man kan forbedre så man opnår et højere kvælstof optag.

- Større kvælstofoptag under vegetativ vækst hvorved der kan opnås en større pulje for redistribution. Flere forsøg har vist sortsforskelle i kvælstofoptag under vegetativ vækst, men disse forskelle kan relateres til tørstof produktionen (*Barneix, 1989*) og er derfor sandsynligvis en konsekvens af et større demand i sorter med stort optag (jvf. ovenstående ligning). Der er således endnu ikke påvist mekanismer, der specifikt øger N optaget i den vegetative fase.
- Højere kvælstof optag efter blomstring. Nogle nyere Amerikanske sorter har et meget højt kvælstof optag efter blomstring. Således kunne 2 sorter optage ca. 10 g-N m⁻² efter blomstring ud af et totalt plante optag på 23 g-N m⁻² (svarende til ca 44% af total kvælstof optag). Mekanismen bag dette optag kan sandsynligvis tilskrives et langsommere bladhenfald og muligvis et mere veludviklet rodsystem (*McKendry et al., 1995*)
- Flere undersøgelser (f.eks. *McKendry et al., 1995*) har vist en signifikant sammenhæng mellem sorter med høje protein indhold og deres remobiliserings effektivitet. Baggrunden og mekanismen for den højere remobilisering er endnu ikke klarlagt.

Sen tildeling af kvælstof er testet i en række forsøg, og viser at dette stort set altid vil give et øget protein indhold (f.eks. *Dampney et al., 1995*). Recovery af denne ekstra kvælstof tilførsel er dog ofte lav, og f.eks. genfandt *Dampney et al. (1995)* kun 30% af en sen ekstra 30 kg-N/ha tilførsel i kernen.

Litteratur

- Barneix, A.J. (1989). Yield Variation in wheat: Nitrogen Accumulation, Light Interception and Harvest Index. In: Causes and Consequences of Variation in Growth rate and Productivity of Higher Plants, ed. By Lambers, H., Cambridge, M.I., Konings, H. and Pons, T.L.. SPB Academic Publishing.
- Dampney, P.M.R., Salmon, S.E., Greenwell, P. and Pritchard, P.E. (1995). Management of breadmaking wheat: effects of extra nitrogen on yield, grain and flour quality. Project Report 109, Home-Grown Cereals Authority.
- McKendry, A.L., McVetty, P.B.E. and Evans, L.E. (1995). Selection Criteria for Combining High Yield and High Grain Protein Concentration in Bread Wheat. *Crop Science* 35: 1597-1602
- Olesen, J.E., Berntsen, J., Hansen, E.M., Petersen, B.M. and Petersen, J. (submitted). Crop nitrogen demand and canopy area expansion in winter wheat during vegetative growth. *European Journal of agriculture*.
- Penning de Vries, F.W.T., Brunsting, A.H.M. and van Larr, H.H. (1974). Products, requirements and efficiency of biosynthesis: A quantitative approach. *Journal of Theoretical Biology* 45, 339-377
- van Keulen, H., Goudriaan, J. and Seligman, N.G. (1989). Modelling the effects of nitrogen on canopy development and crop growth. in Russell, R., Marshall, B. and Jarvis, P.G.: Plant canopies: their growth, form and function. Society for Experimental Biology. Seminar Series: 31

Kapitel 10. Kvalitet af sidstindlejret protein i kernen ved ekstra kvælstofgødskning

Johannes Ravn Jørgensen
Danmarks JordbrugsForskning
Afdeling for Plantebiologi
Forskningscenter Flakkebjerg
4200 Slagelse
E-mail: Johannes.Jorgensen@agrsci.dk

Introduktion

Stort udbytte og god brødmelskvalitet er vigtige parametre ved dyrkning af brødhvede. Begge dele kan forbedres ved kvælstofgødningsstrategier, såsom mængde, tilførselstidspunkt, deling af gødning og kvælstofkilde.

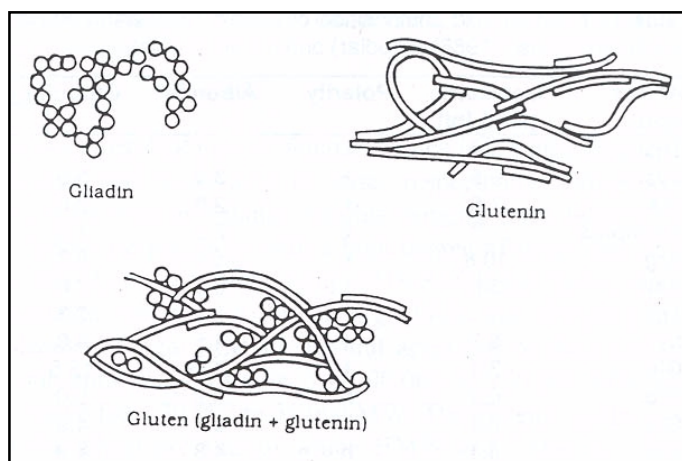
Hvedekerner består af tre hovedbestanddele: kimet til den nye plante, frøhviden, der er næringsstofkilden til den nye plante, og skaldele, der beskytter frøet. Frøhviden, der indeholder ca. 80% af kernens protein, består primært af store kantede celler, der er fyldt med stivelse og yderst mod frøskallen et lag aleuronceller med et stort indhold af fedt og protein.

Hvedens protein

Proteinfraktionen er den vigtigste fraktion ved bestemmelse af hvedens egnethed til brødfremstilling. Når hvedemel blandes med vand, danner de vandopløselige lagerproteiner en glutenmatrix, et komplet sammenhængende netværk, i hvilket bestanddele som stivelse og dannede gasser er indkapslet. Ved æltning trækkes proteinerne ud til en tynd proteinfilm. Selv om gluten danner strukturen i dejen, er det dejens forskellige proteinkomponenter, der giver den dens klæbrige elastiske egenskaber, og er ansvarlig for tilbageholdelsen af de under processen dannede gasser, og bestemmer melets egnethed til brødfremstilling. Mellem forskellige hvedesorter er der observeret forskelle i elasticiteten af glutenmatrixen og proteinets evne til at danne aggregater (samle dejen). God elasticitet og evnen til at danne aggregater er tilsyneladende basale krav for dannelse af en brøddej (Johansson, 1995).

Hvedeprotein har et lavt indhold af de essentielle aminosyrer lysin, tryptophan og methionin, men et højt indhold af prolin og glutamin. Proteinet i hvedekernerne er traditionelt klassificeret i fire typer i henhold til deres opløselighed, kaldet Osborne klassifikationen. Her foretages en fortløbende ekstraktion af melet i proteinfraktionerne: albumin (vandopløseligt), globulin (opløseligt i en tynd saltopløsning), gliadin (opløseligt i en vandig alkoholopløsning), glutenin (opløseligt i fortyndet syre eller base). Hovedfunktionen for disse proteiner er at fungere som et lager for N, S og C for væksten af kimplanterne. Gliadin- og gluteninfraktionerne udgør hovedbestanddelene i gluten (Figur 1) og er de egentlige oplagringsproteiner (ca. 85% af det totale endosperm-protein) i hvede (Shewry & Tatham, 1990). Gliadinerne, der er monomere, er opløselige i vandige alkoholopløsninger, medens gluteninerne, der er polymere, omfatter "high-molecular-weight" (HMW) og "low-molecular-weight" (LMW) subunits, og disse er først ekstraherbare med en vandig

alkoholopløsning, efter at disulfatbindingerne mellem de enkelte subunits er brudt. Gluteninerne giver glutenkomplekset



Figur 1. Basisstruktur af gluten (Paul & Palmer, 1972).

dets elasticitet. Grunden til dette er det udbredte netværk af intermolekulære disulfidbindinger, der stammer fra cysteinbindingerne. Disulfidbindingerne er dannet fra cystein til cystein, enten inden for det samme molekyle (intra-chain) eller ved at lænke to protein-subunits sammen (inter-chain). Viskositeten (strækbarhed) af dejen er hovedsagelig tilskrevet de monomere gliadiner, der kun danner intra-chain eller ikke-disulfidbindinger. Dejens elasticitet er primært associeret til de polymere gluteniner, der både danner intra- og inter-chain disulfidbindinger. Det er balancen mellem viskositet og elasticitet, der bestemmer egnethed og kvalitet af hvedemel til forskellige formål.

Nye molekylærbiologiske metoder har muliggjort genetisk transformation af hvedes glutenproteiner med det formål at forbedre bagekvaliteten, herunder integrering og expression af "high-molecular-weight glutenin subunit" (HMW-GS) gener. Der forestår dog stadigvæk en stor forskningsindsats i forståelsen af HMW-GS'ernes rolle, før de molekylærbiologiske metoder kan tages i anvendelse i fremstillingen af nye hvedesorter med forbedrede bageegenskaber (Vasil & Anderson, 1997).

Kvælstof og proteinindhold i kernerne

I modsætning til den betragtelige forskningsindsats målrettet mod forståelse af den genetiske basis af glutenkvalitet, er dyrkningsfaktorer blevet givet relativt lille opmærksomhed (Autran, 1997). Genotypen (sorten) af hvede er generelt blevet betragtet som værende af større betydning end dyrkningsfaktorerne for de kvalitative parametre i gluten, med undtagelse af proteinindholdet. For udbytte og kvalitet er vekselvirkningen mellem genotype og miljø af relativt lille betydning, hvis man sammenligner med sortens og dyrkningsfaktorernes direkte betydning (klima og kvælstof). Forskellige hvedesorter har således tendens til at rangere i samme rækkefølge under forskellige dyrkningsbetingelser.

Det forøgede kerneudbytte, der er opnået gennem en forbedring af høstindekset, har dog ofte neutraliseret sorterens forbedrede evne til optage og indlejre protein i kernerne. Dette er en del af forklaringen på den ofte omtalte negative korrelation mellem udbytte af sorter og deres indhold af protein i kernerne. Et øget udbytte ved sortsvalg har derfor ofte den konsekvens, at proteinindholdet i kernerne reduceres. Højt proteinindhold i nogle sorter har ikke været betinget af mere protein, men af reduceret stivelsesakkumulation. Forsøg

foretaget i Storbritannien (Goodin et al. 1997) antyder, at ved et givet kvælstofniveau indeholdte de dyrkede sorter i 1993 0,8% mindre protein i tørstof sammenlignet med 19 år tidligere. Moderne kortstråede sorter giver på trods heraf et større udbytterespons over for kvælstof og øget kvælstoftilførsel, hvilket har bidraget til et øget proteinindhold i kernerne. Konsekvensen af disse to modsatrettede tendenser er, at moderne hvedesorter er i stand til at akkumulere mere kvælstof i kernerne, selv om de ved et givet kvælstofniveau ville have et lavere proteinindhold i kernerne end ældre sorter .

Når proteinindholdet i kernerne ændres, ændres den relative sammensætning af de forskellige proteiner også. Ved et lavt proteinindhold er andelen af albuminer og globuliner, udtrykt som procentandel af det totale protein, meget større end ved højere proteinindhold. Mængden af albuminer og globuliner stiger samtidig med, at det totale proteinindhold stiger. Men som andel af det totale protein stiger det ikke så hurtigt som procentandelen af lagerproteinerne (gliadiner og gluteniner). Dette har ernæringsmæssige konsekvenser, idet albuminer og globuliner har en bedre aminosyresammensætning end lagerproteinerne.

Vigtigheden af kvælstofgødsning ved produktion af hvede med god bagekvalitet er vist i talrige forsøg, og en af de mest bemærkelsesværdige korrelationer er den næsten lineære korrelation af kvælstof med brødvolumen (Zhao et al. 1999a). Sengødsning i stadie 50-60 kan være af stor betydning for hvedens brødkvaliteter, idet syntesen af glutenproteinerne begynder ca. 3-4 uger før modning og når sit optimale indhold i forhold til kvalitetsparametrene allerede to uger før modning.

Svovl og proteinindhold i kernerne

Svovl (S) gødsning har en afgørende betydning for brødhvedekvaliteten. Dette er på grund af den essentielle rolle, som disulfidbindingerne har for glutenegenskaberne. S-behovet er for hvede ca. 15-20 kg ha⁻¹ for optimal vækst. Den reproduktive vækst er mere følsom over for svovlmangel end den vegetative vækst, hvilket bl.a. kommer til udtryk ved reduceret kernestørrelse ved S-mangel. Ud over at have udbyttmæssige konsekvenser er kernens S-indhold en vigtig parameter for brødhvedekvaliteten. Svovlmangel bevirker, at syntesen og akkumuleringen af S-fattige eller lav-S proteiner såsom ω -gliadin og "high molecular weight" (HMW) subunits af glutenin sker på bekostning af S-holdige proteiner. Nyere undersøgelser har vist, at brødvolumen er stærkere korreleret til kernens S-indhold end til N-indholdet. Samt at man kan kompensere for et lavt proteinindhold i kernerne ved et højt S-indhold (Zhao et al. 1999b; Luo et al., 2000).

Svovl er relativt immobil i korn i forhold til andre næringsstoffer, som f.eks. N og P. I forsøg med vårbyg er det fundet, at omkring 50% af kernerens N-indhold skyldes remobilisering fra bladene, mens kun ca. 25% af kerne-S stammer fra remobilisering (Eriksen et al., in press). For hvede er der fundet resultater, som peger i samme retning (Hocking, 1994; Monaghan, 1999). Tilgængeligheden af sulfat i jorden under kernefyldningsperioden må således forventes at være vigtig for opnåelse af optimal udbytte og kvalitet.

Desuden har tilgængeligheden af S positiv indflydelse på planternes N-udnyttelse. I ovennævnte forsøg blev 70% af N i bladene remobiliseret til kernerne i kernefyldningsperioden ved tilstrækkelig S-forsyning, mens kun ca. 35% blev det i svovlmanglende planter.

Referencer

- Autran, J.C., 1997. Integrated knowledge of gluten quality: Growth conditions as well as genetic aspects. In *Gluten '96: Proceedings of the 6th International Gluten Workshop*, (C.W. Wrigley, ed.), Royal Australian Chemical Institute, Sydney, Australia, pp. 446-449.
- Eriksen, J., Nielsen, M., Mortensen, J.V. & Schjørring, J.K. (in press) Redistribution of sulphur during generative growth of barley plants with different sulphur and nitrogen status. *Plant and Soil*.
- Gooding, M.J., G. Smith, W. P. Davies and P. S. Kettlewell, 1997. The use of residual maximum likelihood to model grain quality characters of wheat with variety, climatic and nitrogen fertilizer effects. *Journal of Agricultural Science* 128:135-142.
- Hocking, P.J. 1994. Dry matter production, mineral nutrient concentrations, and nutrient distribution and redistribution in irrigated spring wheat. *Journal of Plant Nutrition* 14: 1289-1308.
- Hoseney, R.C., 1994. *Principles of cereal science and technology*. AACC, St.Paul, Minnesota, USA, 378p.
- Johansson, E., 1995. *Wheat grain proteins: accumulation and composition in breeding for improved bread-making quality*. The Swedish University of Agricultural Sciences; ISBN 91-576-5006-3, 299 p.
- Kent, N.L. & Evers, A.D., 1994. *Technology of cereals*
- Lou, C., Branlard, G., Griffin, W.B. and McNeil, D.L. 2000. The effect of nitrogen and sulphur fertilisation and their interaction with genotype and wheat glutenins and quality parameters. *Journal of Cereal Science* 31:185-194
- Monaghan, J.M., Scrimgeour, C., Zhao, F.J. & Evans, E.J. 1999. Sulphur accumulation and redistribution in wheat (*Triticum aestivum*): a study using stable sulphur isotope ratios as a tracer system. *Plant, Cell and Environment* 22: 831-840.
- Paul, P.C. and Palmer, H.H., 1972. *Fodd Theory and Applications*. John Wiley & Sons, Inc. New York.
- Shewry, P.R. and Tatham, 1990. The prolamin storage proteins of cereal seeds: structure and evolution. *Biochem J.*: 267:1-12.
- Vasil, I.K. & Anderson, O.D., 1997. Genetic engineering of wheat gluten. *Trends in Plant Science*. vol. 2, no. 8:292- 297.
- Zhao et al., 1999a. Sulphur assimilation and effects on yield and quality of wheat. *Journal of Cereal Science* 30:1-17.
- Zhao et al., 1999b. Variation in the breadmaking quality and rheological properties of wheat in relation to sulphur nutrition under field conditions. *Journal of Cereal Science* 30, 19-31.

Kapitel 11. Hvorledes er forhold mellem udbytte af tørstof og protein, hvis de højt- ydende sorter gødes ekstra

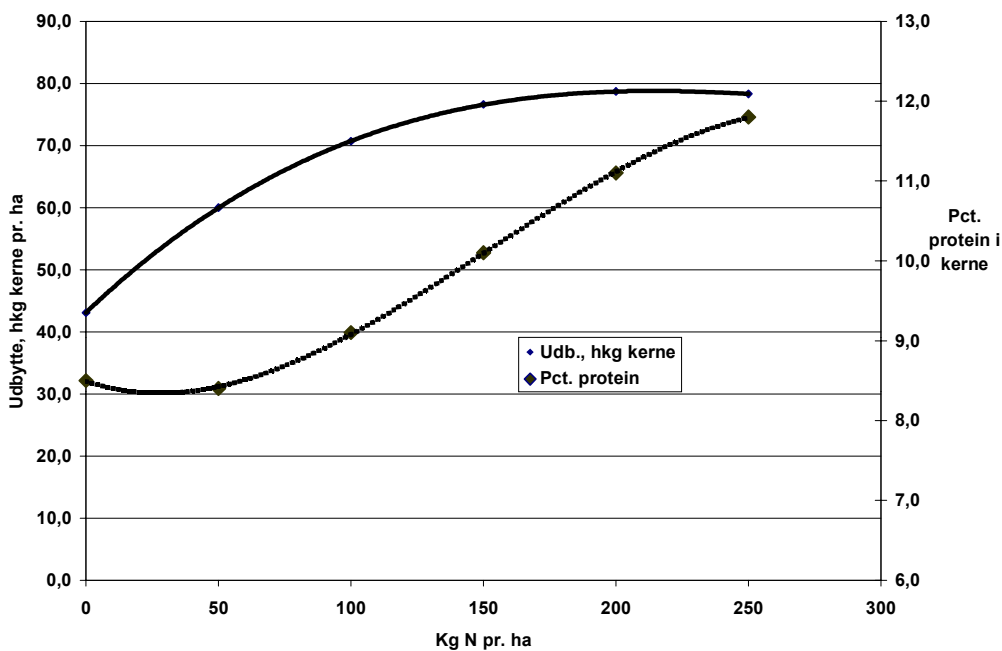
Leif Knudsen
Landbrugets Rådgivningscenter
Udkærsvej 15
Skejby
8200 Århus N
E-mail: lek@lr.dk

Sammenhæng mellem udbytte, proteinindhold og kvælstoftildeling i vinterhvede

Sammenhængen mellem kvælstoftildeling og udbytte og proteinindhold i kerne i vinterhvede er belyst i et stort antal forsøg i de landøkonomiske foreningers regi gennem en lang årrække. Idet ikke blot kvælstofmængden men tidspunkterne for tilførsel af kvælstof til vinterhvede har afgørende indflydelse på navnlig proteinindholdet, skal disse resultater vurderes på baggrund af, at kvælstof i hovedparten af forsøgene er tilført med halvdelen sidst i marts og med halvdelen sidst i april. I en beskeden andel af forsøgene er alt kvælstof tilført på én gang medio april.

Et eksempel på sammenhængen mellem kvælstoftildeling, udbytte og proteinindhold er vist i figur 1.

Figur 1. Udbytte og protein i vinterhvede ved stigende tilførsel af kvælstof. 188 forsøg fra 1993-98. Optimal kvælstofmængde før priskorrektion for protein, 165 kg kvælstof pr. ha, udb. ved opt. 80 hkg/ha og proteinprocent ved optimum 10,3 pct.

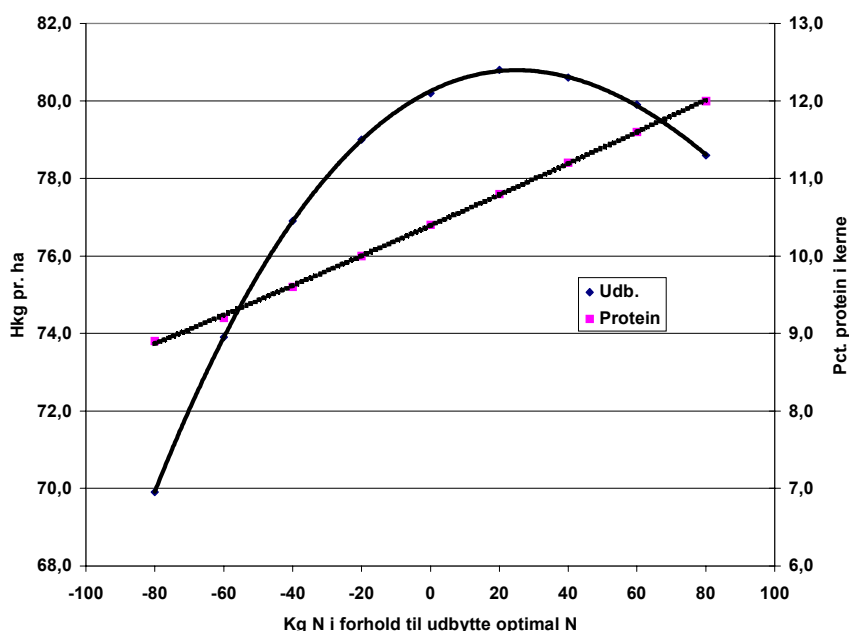


Af figuren ses, at fra 0 til 50 kg kvælstof er proteinprocenten faldende. Det skyldes en fortyndingseffekt. Fra 50 til 100 kg kvælstof pr. ha stiger proteinprocenten 0,7 pct.enhed,

mens den stiger 1,1 pct.enhed pr. 50 kg N tilført op til 200 kg kvælstof pr. ha, mens den fra 200 til 250 kg kvælstof pr. ha kun stiger med med 0,8 pct.enhed. Den optimale kvælstofmængde før korrektion for pris for protein er i forsøgene beregnet til 165 kg kvælstof pr. ha, og proteinprocenten ved optimum var i gns. 10,3 pct.

Kvælstofbehovet varierer meget mellem de 188 forsøg, der indgår i baggrundsmaterialet for figur 1. I praksis er det mere interessant at vide, hvordan den optimale kvælstofmængde *ændrer sig med ændret kvælstoftildeling i forhold til den optimale*. I figur 2 er vist ændringen i udbytte og proteinprocent ved ændringer i forhold til den optimale kvælstofmængde.

I figur 2 er vist, hvordan kvælstofmængden udvikler sig i forhold til tilførsel af kvælstof i forhold til den optimale kvælstofmængde (uden korrektion for proteinindhold) i hvert enkelt forsøg.



Figur 2. Udbytte og proteinindhold som funktion af kvælstoftilførsel i forhold til den optimale kvælstofmængde (før korrektion for proteinindhold), 175 forsøg med optimal kvælstofmængde større end 80 kgkvælstof pr. ha. Optimal kvælstofmængde 173 kg kvælstof pr. ha, udb. ved optimum 80,2 hkg/ha og proteinprocent ved optimum 10,4 pct.

Af figuren ses, at proteinprocenten ændrer sig med 0,2 pct.enhed for hver 10 kg kvælstof, der gives mere eller mindre i forhold til den økonomisk optimale kvælstofmængde før korrektion for proteinindhold.

Proteinprocenten ved den optimale kvælstofmængde (uden hensyntagen til proteinprocent) var som gennemsnit af de 175 forsøg 10,4 pct. Denne proteinprocent dækker over en stor variation. En analyse af materialet viser, at sorten, den geografiske placering og tilførsel af husdyrgødning har indflydelse på proteinprocenten ved optimum (se Planteavlsorientering nr. 07-379).

Sammenhæng mellem kvælstofbehov og proteinindhold

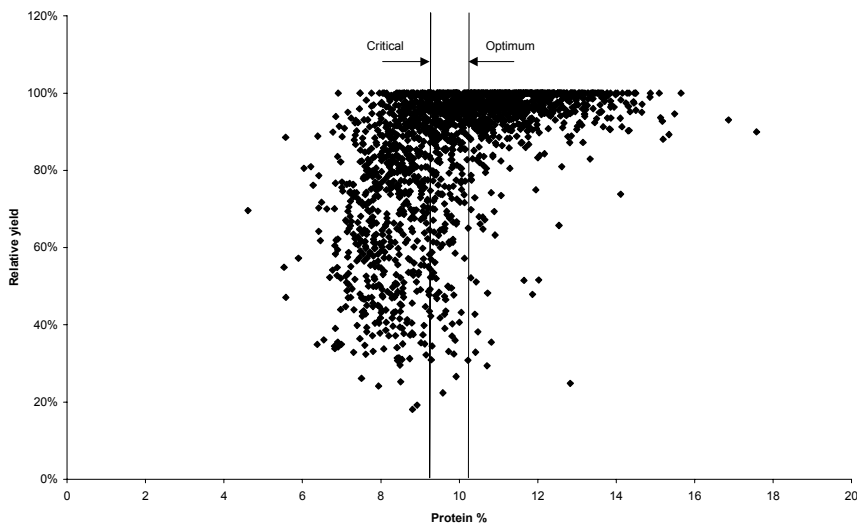
Den snævre sammenhæng mellem kvælstoftildeling og proteinindhold kunne indikere, at proteinindholdet i den indhøstede vare kan bruges som indikator for, hvorvidt afgrøden har været forsynet optimalt med kvælstof. Dette er undersøgt flere steder i verden ved hjælp af Cate-Nelson-metoden, som er udviklet til tolkning af jordbundsanalyser. Udgangspunktet for analysen er forsøg med stigende mængder kvælstof. For hvert forsøg beregnes for hver kvælstofmængde det relative udbytte, som udtrykker udbyttet i det pågældende forsøgsled divideret med udbyttet i det forsøgsled med det højeste udbytte. De relative udbytter plottes nu som funktion af proteinindholdet i det pågældende forsøgsled. Ved en statistisk metode kan der fastlægges en *kritisk* og *optimal* værdi for proteinindholdet. Under den *kritiske* værdi har afgrødens kvælstofforsyning sandsynligvis været begrænsende for udbyttet, og over den *optimale* værdi har afgrøden sandsynligvis være overforsynet med kvælstof.

En undersøgelse i USA viste, at der ved et proteinindhold i vinterhvede i Colorado og North Dakota på under 12 pct. var stor sandsynlighed for, at kvælstof havde været begrænsende for udbyttet (Goos, 1984). Resultater af finske forsøg analyseret på samme måde fremgår af tabellen.

Tabel 1. Kritisk og overoptimal grænse for proteinindhold i korn i finske forsøg (Virtanen og Peltonen, 1996).

Afgrøde	Kritisk grænse	Overoptimal grænse
Vårhvede	12,2	15,4
Vårbyg	10,9	13,5
Havre	10,9	13,5

I samarbejde med J. Peltonen fra Kemiras forskningsafdeling i Finland er gennemført en lignende analyse af forsøgene med stigende mængde kvælstof til vinterhvede i landskontorets forsøgsdatabase. Resultatet af denne analyse er vist på figur 1. I alt 320 forsøg i periode 1987 til 1998 indgår i materialet. Den kritiske grænse for proteinindholdet i vinterhvede er beregnet til at være 8,6 pct. protein.



Figur 3. Sammenhæng mellem det relative udbytte (udbyttet i aktuelt forsøgsled/udbyttet i forsøgsled med maksimalt udbytte x 100) og målt proteinindhold.

Analysen viser således, at hvis der måles et proteinindhold i vinterhvede på over 8,6 pct., er der ingen grund til at antage, at afgrødens kvælstofforsyning har været meget begrænsende for udbyttet. Måles et proteinindhold på over 10,2 pct. må man antage, at afgrøden har været overforsynet med kvælstof.

Tildelingstidspunkter og gødningstyper

I tabel 2 og 3 er vist, hvordan kvælstofmængden påvirker proteinindholdet. Proteinindholdet er også påvirket af tildelingstidspunkterne for kvælstof og af de anvendte gødningstyper.

Ved dyrkning af hvede med et højt proteinindhold fokuseres normalt på anvendelse af sengødsning, hvor 30 til 50 kg kvælstof pr. ha tildeles fra st. 50 til 60. Mindre opmærksomhed er rettet mod, at proteinprocenten også er meget påvirket af tidspunkt og mængder af kvælstof ved tilførsel i marts, april og maj.

I begyndelsen af 80-erne blev gennemført et stort antal forsøg i de landøkonomiske forningers regi, hvor forskellige strategier for tilførsel af kvælstof blev sammenlignet. Hovedkonklusionen af disse forsøg var, at fordelingen af kvælstoftilførslen i perioden fra primo marts til medio maj havde en meget beskednen indflydelse på kerneudbyttet. I de fleste år medførte en delt kvælstoftilførsel et merudbytte på 1-2 hkg pr. ha i forhold til en engangstilførsel i sidste halvdel af april (Skriver, K., 1985). Fra forsøgene i begyndelsen af 80-erne ligger ingen målinger af proteinindholdet. På grund af en sikkerhed mod dårlige færdselsforhold, bedre fordeling af gødningen og større sikkerhed for at ramme den rigtige kvælstofmængde, har der i gennem årene udviklet sig en praksis, hvor kvælstof tildeles fra medio marts og sidste halvdel tildeles i sidste halvdel af april.

I 6 forsøg i vinterhvede på Lolland-Falster blev udbytte og proteinprocent målt ved forskellige tilførselstidspunkter for kvælstof. Forsøgene fremgår af følgende tabel:

Tabel 2. Udbytte og proteinindhold i vinterhvede ved forskellige tidspunkter for tilførsel af kvælstof til vinterhvede (Pedersen, C.Å., 1986).

	Pct. råprotein i kerne	Udbytte og merud- bytte, hkg pr. ha
60 N ca. 12/3 60 N ca. 15/4	10,3	81,6
60 N ca. 12/3 120 N ca. 15/5	11,3	-1,4
180 N ca. 12/3	10,1	-3,5
180 N ca. 15/4	11,0	0,0
180 N ca. 20/5	12,7	-7,5

Af forsøgserien ses, at i dette år blev der ved 3 forskellige tidspunkter for tilførsel af kvælstof opnået næsten samme udbytte, mens proteinprocenten varierede med 1 pct. enhed. Laveste proteinindhold blev opnået ved tilførsel 12/3 og 15/4. Udsættelse af 2. tilførsel til midt i maj medførte en lille udbyttenedgang, men en stigning i proteinindholdet. Undladelsen af tidlig tilførsel af kvælstof og tilførsel af hele kvælstofmængden på én gang gav samme udbytte som delt kvælstoftilførsel, men en proteinprocent, der var 0,7 pct. enheder højere.

Ved Statens Planteavlsvforsøg blev der i 1979-81 gennemført forsøg med forskellige tilførselsstrategier for kvælstof til vinterhvede på Lundgaard, Askov og Rønhave Forsøgsstationer. Kun resultater fra Rønhave og kun resultater ved 160 kg kvælstof pr. ha er vist i tabel 3.

Tabel 3. Udbytte og proteinindhold i kerne og halm i forsøg ved Rønhave Forsøgsstation, 1989-91. (Olsen og Larsen, 1984)

	Halm		Kerne	
	Pct. protein	Udb. og merudb. hkg/ha	Pct. protein	Udb. og merudb. hkg/ha
160 N d. 30/4	3,9	58,3	12,8	64,4
80 N d. 9/3 + 80 N d. 16/5	3,6	4,4	11,6	1,3
80 N d. 9/3+ 80 N d. 11/6	3,5	-3,3	13,1	-7,0
80 N d. 9/3+ 20 N d. 16/5+ 60 N d. 11/6	3,7	-1,4	12,7	-3,1
40 N d. 9/3+ 80 N d. 16/5+ 40 N d. 11/6	4,0	-1,3	12,6	-1,1

Forsøgene viser, at ved delt kvælstoftilførsel og selv meget sen tilførsel af 2. halvdel af kvælstofmængden, stiger halmudbyttet og proteinindholdet i kernen falder markant. Merudbyttet for deling af kvælstoftilførslen er beskedent.

I landsforsøgene er der i 1999 gennemført en sammenligning af forskellige tilførselsstrategier for vinterhvede.

Tabel 4. Udbytte og proteinindhold ved forskellige tilførselsterminer for kvælstof til vinterhvede. 15 fs. 1999 (Knudsen, L. 1999).

	Pct. protein	Udbytte, hkg kerne
75 N medio marts+ 75 N ultimo april	10,5	69,9
120 N medio marts 30 N medio maj	10,8	69,5
60 N medio marts 60 N primo maj 30 N primo juni	11,0	69,8

I forbindelse med afprøvning af Hydro Sensor systemet er der i 1998 gennemført forsøg, hvor forskellige tidspunkter for kvælstof til vinterhvede er afprøvet. Resultaterne fremgår af tabel 5.

Tabel 5. Udbytte og protein som gennemsnit af 4 forsøg med Hydro-Sensor 1999 (Knudsen, L. 1999)

	Pct. protein	Udbytte, hkg kerne/ha
60 N medio marts+ Rest ultimo april	9,6	96,0
60 N medio marts+ Rest -30 N primo maj 30 N primo juni	10,0	95,9

Ud fra en samlet vurdering af forsøgsmaterialet kan fastslås, at proteinprocenten kan påvirkes med 0,5-1,0 pct. enhed ved forskellige tidspunkter for tilførsel af kvælstof i marts-april-maj, uden at udbyttet påvirkes væsentligt.

Sen gødskning

Betydningen af tildelingstidspunkter og gødningstyper er bl.a. undersøgt i flere forsøgsrækker i de landøkonomiske foreningers regi gennem årene.

I 1989-91 blev der gennemført en forsøgsserie. Forsøgsplan og resultater fremgår af tabel 6.

Tabel 6. Kvælstofmængder, kvælstoftyper og tilførelstidspunkters indflydelse på proteinindholdet i vinterhvede (Pedersen, 1992).

Kvælstof ialt	Kg kvælstof pr. ha			Kvælstof-type v. sengøds.	Pct. råprotein i kerne 11 fs.	Udbytte og merudbytte, hkg kerne 14 fs.
	Ultimo marts	Ultimo april	St. 10.1-10.5			
0	0	0	0	-		53,3
150	60	90	0	-	11,1	28,8
200	85	115	0	-	11,6	30,0
150	60	60	30	Kalk-amm.		27,4
150	60	60	30	Kalksalp.		27,3
200	85	85	30	Kalk-amm.	11,7	29,9
200	85	85	30	Kalksalp.	11,8	29,4

Sengødsningen i forsøgsserien er foretaget fra begyndende skridning til fuld skridning. Af resultaterne ses:

- At kvælstofmængden har haft større indflydelse på proteinindholdet end tilførelstidspunktet.
- At der er opnået en stigning i proteinindholdet ved sengødsning på 0,1-0,2 pct.enhed fremfor at tilføre hele kvælstofmængden i marts og april.
- At der er opnået næsten samme merudbytte for at tilføre kvælstof som sengødsning fremfor at tilføre hele kvælstofmængden i marts og april.
- At der ikke er nogen nævneværdig forskel på anvendelse af kalkammonsalpeter og kalksalpeter ved sengødsning.
- At der i forsøgene blev opnået en forøgelse af sedimentationsværdien på ca. 7 enheder og en forbedring i faldtallet på ca. 16 enheder ved at øge kvælstofmængden fra 150 til 200 kg kvælstof pr. ha. Der blev ikke målt forskelle på sedimentationsværdier og faldtal ved sengødsning sml. med tilførelse i marts og april ved samme kvælstofniveau.

I ovennævnte forsøgsserie er sengødsningen sket fra begyndende skridning. Jo tidligere sengødsningen foretages, jo større andel af tilførelsen kan gå til at forøge udbyttet i kerne og halm, hvorved stigningen i proteinindholdet bliver mindre. Tidspunktet for sengødsningens udførelse er undersøgt i en forsøgsserie fra 1991-1993 i sorten Pepital.

Tabel 7. Betydningen af tidspunktet for sengødskning. Forsøg i sorten Pepital i perioden 1992-93 (Knudsen, L., 1994).

Tids- punkt for sen- gødsk- ning	Kg N/ha i alt i forhold til N- min, kg N/ha	Kg N/ha i sen- gødsk- ning	Kvæl- stoffty- pe ved sen- gødsk- ning	7 fs. 1993		3 fs. 1993		9 fs. 1992	
				Pct. prot ein i ker- ne	Udb. og mer- udb. hkg kerne	Pct. prot ein i ker- ne	Udb. og mer- udb. hkg kerne	Pct. prot ein i ker- ne	Udb. og mer- udb. hkg kerne
Ingen	-30	0		11,5	74,9	12,7	76,9	10,5	76,3
Ingen	0	0		11,9	0,2	13,2	1,9	11,2	1,7
Ingen	30	0		12,1	1,4	13,3	1,9	11,6	1,5
St. 39	30	30	Kalka.			13,5	1,5	11,3	-0,1
St. 39	30	30	Kalks.			13,7	2,2	11,3	0,4
St. 59	30	30	Kalka.	12,3	-0,4	13,5	0,4	11,3	-0,1
St. 59	30	30	Kalks.	12,4	-0,8	13,6	0,4	11,1	0,7

- Proteinprocenten er forøget 0,2-0,3 pct.enhed ved sengødskning i afsluttende skridning fremfor brug af samme kvælstofmængde ultimo april. Foretages sengødsningen allerede før begyndende skridning (st. 39), er der i forsøgene opnået samme stigning i proteinprocenten. I 1992 var resultaterne afvigende - formodentlig på grund af den ekstremt tørre sommer.
- Tilførsel af kvælstof ved sengødskning har givet mindre merudbytte end tilførsel af samme kvælstofmængde ultimo april. Ved tilførsel før begyndende skridning er der i forsøgene i 1993 opnået samme kvælstofeffekt, som af den tidlige tilførsel. I 1992 blev der opnået et lavere udbytte.
- Der har ikke været forskel på effekten af kalkammonsalpeter og kalksalpeter til sengødskning.

Betydningen af tidspunktet for sengødskning er også undersøgt i en forsøgsserie med sammenligning af faste og flydende kvælstofgødninger til sengødskning. I disse forsøg blev der opnået en stigning i proteinprocenten på godt 1 pct.enhed ved sengødskning med kalksalpeter før skridning. Samme effekt blev opnået ved udsprøjtning af forskellige typer af flydende gødninger i st. 39 og st. 59 (Knudsen, 1996).

Konklusion.

Kvælstoftilførsel påvirker både udbyttet af kerne og proteinindholdet i kerne. Ved tilførsel af en kvælstofmængde i niveau med den optimale kvælstofmængde påvirkes proteinindholdet med 0,2 pct. enheder pr. 10 kg tilført kvælstof, mens udbyttet kun påvirkes i mindre grad. Proteinindholdet ved tilførsel af den optimale kvælstofmængde uden hensyn til proteinkorrektion var i gns. af 174 landsforsøg 10,4 pct. En analyse af forsøgsdata viser, at proteinindholdet i vinterhvede skal være under 8,6 pct. protein før, at man med sikkerhed kan sige, at udbyttet har været kvælstofbegrænset.

Tilførselsstrategier for kvælstof med forskellige udbringningstidspunkter og -mængder viser, at dette betyder mere for proteinindholdet end for udbyttet. En fordeling af kvælstofmængden med halvdelen medio marts og halvdelen ultimo april giver ca. 1 pct. lavere proteinindhold end en tilførsel på én gang midt i april. Jo senere kvælstoftilførslen sker, jo højere bliver proteinindholdet. Sengødsning ved skridning med 30 kg kvælstof pr. ha hæver proteinindholdet med 0,1-0,2 pct. enheder i forhold til at tilføre samme kvælstofmængde i ultimo april. Der er ikke registreret forskelle i proteinindhold ved gødsning med forskellige gødningstyper.

Litteratur

- Goos, R.J., 1984: Post-harvest evaluation of nitrogen management - a new approach to "selling soil testing to wheat farmers". J. Agron. Educ. 13, 103-106.
- Knudsen, L. og Østergaard, H.S., 1994: Gødsning og kalkning, Oversigten over Landsforsøgene, 1993, Landsudvalget for Planteavl, Århus, 1994
- Knudsen, L. og Østergaard, H.S., 1996: Gødsning og kalkning, Oversigten over Landsforsøgene, 1995, Landsudvalget for Planteavl, Århus, 1996
- Knudsen, L. m.fl., 1999: Gødsning og kalkning, Oversigten over Landsforsøgene, 1999 Landsudvalget for Planteavl, Århus, 1999
- Knudsen, L., 2000: Proteinindhold i vinterhvede. Pl.orientering nr. 07-379, Landskontoret for Planteavl, 2000
- Olsen, C.C. og Larsen, K.E., 1984: Tidsskrift for Planteavl, Bind 88, Statens Planteavlsforsøg, 1984
- Pedersen, C.Å., 1987: Gødsning og kalkning. Oversigten over Landsforsøgene, 1986, Landsudvalget for Planteavl, Århus, 1987
- Skriver, K., 1985: Gødsning og kalkning. Oversigten over Landsforsøgene, 1984, Landsudvalget for Planteavl, Århus, 1985.
- Virtanen, A. and Peltonen J., 1996: Post harvest evaluation of Nitrogen Sufficiency for Small-grain Cereals by Measuring Grain Protein Concentration. J. Agronomy & Crop Science, 177, p. 153-160.

Kapitel 12. Regionale forskelle på proteinindhold i vinterhvede

Leif Knudsen
Landbrugets Rådgivningscenter
Udkærvej 15
Skejby
8200 Århus N
E-mail: lek@lr.dk

Regionale forskelle på proteinindhold i vinterhvede

Indholdet af protein i vinterhvede er påvirket af kvælstofmængden, tilførelstidspunkter for kvælstof og sorten. Proteinprocenten kan også være påvirket af forskellige klimatiske betingelser og af jordtypen. Ud fra grovwarens opgørelse af proteinindhold i det indvejede korn, kan man få et overblik i forskellene i proteinindhold i praksis. Sådanne statistikker skal imidlertid tages med forbehold. I forskellige egne af landet kan der være forskelle på, hvor stor en del af de indvejede partier, der undersøges for protein. På Fyn og Jylland, hvor markedet for foderhvede er størst, må det antages, at kun partier, der anses for egnede til brød- eller eksporthvede, undersøges for proteinindhold. Det kan betyde systematisk højere proteinindhold i disse egne af landet.

I tabel 1 er vist en opgørelse af proteinindhold opdelt på landsdele efter statistikker fra DLG.

Tabel 1. Proteinindhold i vinterhvede målt i DLG forretninger 1995-99.

	1995	1996	1997	1998	1999
Nordjylland:	11,5	11,3	11,6	11,0	-
Østjylland:	11,3	11,5	11,5	12,1	-
Sønderjylland:	11,4	11,6	11,8	11,0	-
Sjælland Nord:	10,9	10,6	10,8	10,5	10,5
Sydsj.-Møn:	12,0	10,4	10,8	10,4	10,4
Loll./Falster:	11,4	10,1	9,8	10,1	10,3
Hele landet:	11,4	11,2	11,3	10,9	-

I denne opgørelse ligger proteinindholdet på Lolland-Falster 1,4-2,0 pct.enheder under proteinindholdet i Østjylland. En årsag til de store forskelle i proteinprocenter kan være, at der på Lolland-Falster er tildelt relativt mindre kvælstof i forhold til udbyttet end i Østjylland. I en opdeling af forsøg med vinterhvede i landsforsøgene i landsdele viser, at proteinindholdet i gennemsnit af forsøgene 1994-99 var 0,9 pct. enheder lavere på Lolland-Falster sammenlignet med Østjylland (Knudsen, 2000). I disse forsøg var forsøget

tildelt samme kvælstofmængde, som den omkringliggende mark. En anden opdeling af landsforsøgene efter landsdele viste, at ved tilførsel af den optimale kvælstofmængde til hvert enkelt forsøg var proteinindholdet 0,3 pct. enheder større i Jylland end på Sjælland-Lolland-Falster.

I sortsafprøvningen er foretaget et udtræk af de forsøg, hvor sorten Hereward indgår. Tilførslen af kvælstof er på hver forsøgsstation afpasset efter Plantedirektoratets normer, der tager hensyn til jordtype og forfrugt. I denne opgørelse ligger proteinindholdet lavt ved Rønhave og Borris Forsøgsstationer og tilsvarende højt ved Roskilde og Tystofte på Sjælland. Udtrækket af sortsforsøgene kan derfor ikke bekræfte DLG's eller resultaterne fra Landskontorets Forsøgsdatabase.

Tabel 3. Udbytte, proteinprocent og kvælstoftildeling i forsøg med Hereward

Sted	Antal forsøg	Udbytte, hkg pr. ha			Protein, pct. i kernetørstof			Kg N/ha tildelt
		Gns.	Min.	Maks.	Gns.	Min.	Maks.	
Roskilde	2	79.8	78.6	81.0	11.6	11.5	11.7	138
Tystofte	14	89.4	67.8	112.0	12.1	10.6	13.2	160
Refsvindinge	10	88.2	78.2	103.0	12.0	11.1	12.7	158
Rønhave	14	87.1	77.6	103.8	9.9	8.9	10.8	129
Sejet	10	86.0	74.1	103.9	11.2	10.2	12.0	144
Holstebro	8	64.9	57.1	72.5	11.5	9.8	13.9	111
Borris	4	69.9	67.9	71.9	10.9	10.7	11.1	114
Alle	62	83.4	57.1	112.0	11.3	8.9	13.9	140

Kapitel 13. Sortsvariation

Gerhard Deneken
Danmarks JordbrugsForskning
Afdeling for Sortsafprøvning
Teglværksvej 10
Tystofte
4230 Skælskør
E-mail: Gerhard.Deneken@agrsci.dk

Introduktion

Udfra miljømæssige aspekter vil sorter, der optager mere kvælstof end gennemsnittet af sorterne være attraktive. Teoretisk kan en høj N-optagelse opnås på følgende måder et højt proteinindhold og et gennemsnitlig udbyttensniveau, et gennemsnitlig proteinindhold og et højt udbytte eller et højt proteinindhold og et højt udbyttensniveau.

Under punkt 2 og 3 forventes på grund af det højere proteinindhold også forbedrede kvalitetsegenskaber m.h.p. bagningsprocessen.

Ligeledes er det interessant om sorterne reagerer ens eller forskellig mht. N-optagelse eller proteinindhold ved forskellige N-tildelinger (gødningsniveauer).

Foruden proteinindhold findes andre kvalitetsmæssige aspekter i forbindelse med sorter-nes evne til brødbagning. Disse anvendes bl.a. ved indstilling hhv. optagelse af nye sorter til listen over sorter af vinterhvede, hvortil N-tillæg svarende til brødhvede kan gives (brødhvedelisten).

Afprøvningssystemet

Siden 1988 afprøves sorterne, der er i afprøvning til sortslisteoptagelse ikke mere ved forskellige gødningsniveauer.

Før 1988 blev der på Statens forsøgsstationer gennemført en afprøvning, hvor sorterne blev dyrket ved optimal N-tildeling samt ved en yderligere kvælstoftildeling på 30-40 kg N/ha. At denne afprøvning udgik skyldtes krav vedrørende selvfinansiering i sortsafprøvningssystemet og dermed besparelsesønsker hhv. -krav.

Udbyttevurdering af sorterne er siden 1991 udelukkende sket i en fungicidbehandlet afdeling, hvor sorterne behandles med en reduceret fungicidindsats. Målet er at fremme de resistente sorter, idet modtagelige sorter ikke holdes fri for svampeangreb. Indtil 1998 har forsøgslokaliteterne været dyrket efter lokalitetens økonomiske optimale N-niveau. Fra 1999 er udbytteforsøgene gødsket med den for forsøgsstedets og markens tilladte gødningsnorm. Indtil 1998 foregik kvalitetsvurderingen af sorter af vinterhvede efter følgende model . På prøver fra alle fem afprøvningssteder gennemførtes en protein-, faldtals- og sedimentationsanalyse. Desuden undersøgtes sorterne for korn- og rumvægt. Udfra disse resultater blev to forsøgssteder udvalgt til en undersøgelse for mel-, dej- og bagnings-egenskaber.

Sorternes sygdomsmodtagelighed og dyrkningsegenskaber blev vurderet i et parallelt system på op til 25 lokaliteter (observationsparceller).

I forbindelse med indførelse af Vandmiljøplan II er det vedtaget, at proceduren mht. kvalitetsvurdering af sorterne ændres ved at tilbyde en specifik undersøgelse.

På tre forsøgssteder (Tystofte, Sejet og Refsvindinge) anlægges ekstra parceller af sorterne, der skal undersøges for bagekvalitet. Disse parceller gødes med ekstra kvælstof svarende til brødhvedetillægget (ca. 25-30 kg N/ha) i forhold til de normale udbytteforsøg. Ingen udbyttmåling foretages - men en prøve på 8 kg/sort udtages. Disse prøver anvendes til en protein-, faldtals- og sedimentationsanalyse. Desuden undersøges sorterne for korn- og rumvægt. På basis af de opnåede resultater udvælges 2 forsøgssteder til en mel-, dej- og bagningsanalyse.

I dette system er sorterne i afprøvning i 2 år. For at kunne sammenligne resultaterne fra den ene afprøvningsperiode til den næste anvendes faste målesorter, der skal være relevante og i dyrkning i Danmark. Dette betinger, at målesorterne skiftes med tiden, da de ikke kan fastholde deres position på markedet. Mht. kvalitetsreferencer har sortsafprøvningen indtil 1993 anvendt 'Kraka' som reference. Siden 1994 anvendes 'Hereward'. Mht. udbyttniveau anvendes siden 1992 en blanding bestående af 4 sorter. Hvert år skiftes én af komponenterne for til stadighed at have en relevant højtydende reference.

Skiftet af kvalitetsreference fra 'Kraka' til 'Hereward' i årene 93 til 94 giver problemer i forbindelse med en vurdering af sorterens N-indhold og N-optagelse i forhold til målesorten. Således var der i årene indtil '93 en del sorter, der havde et højere proteinindhold og kvælstofoptagelse end 'Kraka', hvorimod sorten 'Hereward' i mange tilfælde har det højeste N-indhold og en middelhøj kvælstofoptagelse. For at skiftet af målesort ikke skal forvirre i den efterfølgende gennemgang, begrænses vurderingen af sorterne til årene 1994 til 99, hvor 'Hereward' har deltaget som reference mht. kvalitet. De udvalgte sorter har deltaget i afprøvningen og har været eller er p.t. på den danske sortliste.

I figur 1 ses sammenhængen mellem N-optagelse og sorterens proteinindhold i de enkelte forsøg. Indtil cirka 12.4 procent proteinindhold stiger N-optagelsen i kernen. Over 12.4 procent proteinindhold falder N-optagelsen.

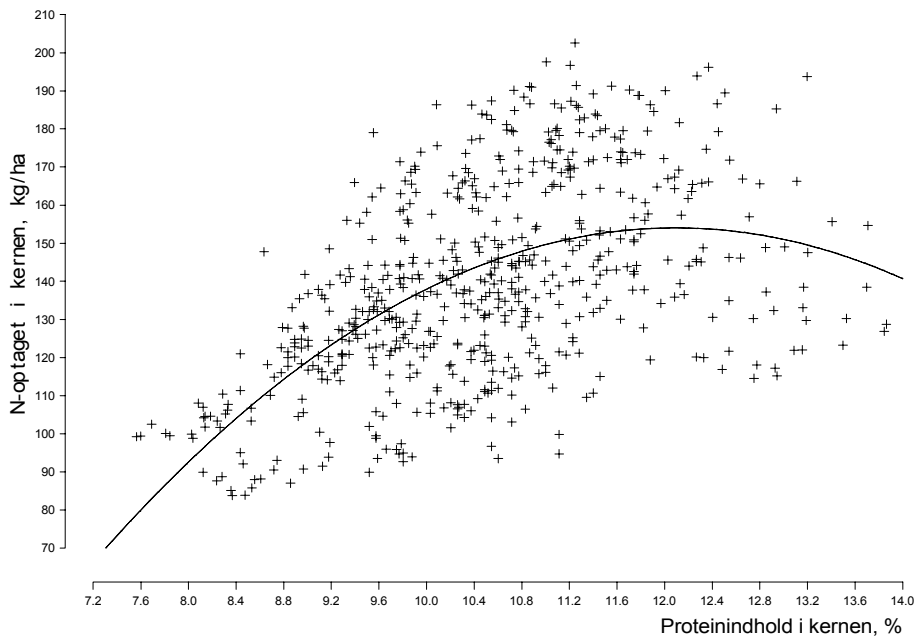
I figur 2 ses sammenhængen mellem N-optagelse i forhold til målesorten Hereward og proteinindholdet, der ligeledes er sat i forhold til målesorten Hereward. Kun få sorter har i enkelte forsøg et højere proteinindhold end Hereward. Ved optælling af de individuelle sorter findes, at 13 sorter, på minimum én lokalitet har haft et højere N-indhold end 'Hereward'. 57 sorter har på minimum én lokaliteter haft et lavere N-indhold end 'Hereward'.

Mht. N-optagelse ligger 'Hereward' omkring gennemsnittet af alle sorter i alle forsøgene. Der er således flere sorter, der kompenserer for deres lavere N-indhold ved at producere et højere udbytte og dermed totalt set optager mere kvælstof end Hereward.

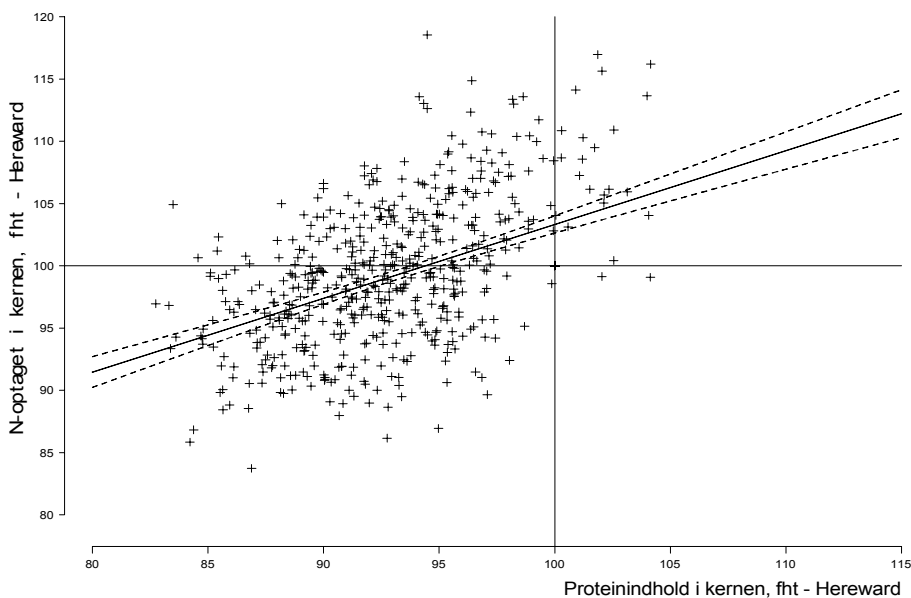
Ved tilsvarende afbildning af resultaterne som gennemsnit af forsøgene pr. afdeling (4-5 forsøgssteder pr. år) viser figur 3, at *ingen* sorter har et højere proteinindhold end 'Hereward'. Til gengæld har 37 sorter en lavere N-optagelse end 'Hereward' i ét år og 37 sorter har en højere N-optagelse end 'Hereward' i ét afprøvningsår.

Der er således en 'vekselvirkning' mellem de to responsparametre proteinindhold og N-optagelse, der er afhængig af den enkelte sort. Sorternes forskellige udbyttepotentiale må anses som forklaring til denne forskel. En detaljeret gennemgang af disse data findes i bi-

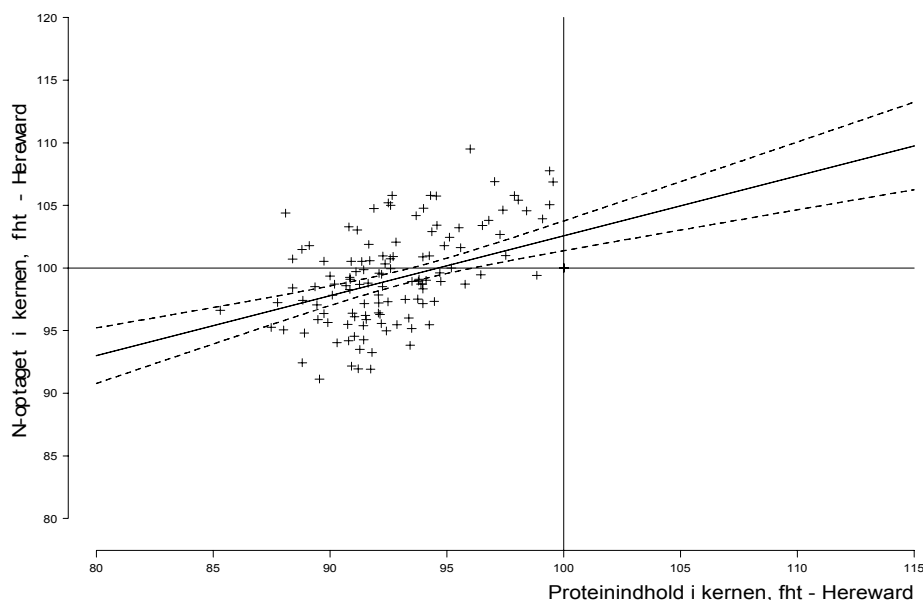
lag 1. Da ikke alle sorter deltager i hvert år er det ikke muligt at gennemføre en statistisk analyse over årene, men kun indenfor hvert enkelt år og afdeling.



Figur 1. Sorternes N-optagelse i kg/ha afhængig af sorterens proteinindhold i %. Enkeltforsøg (1994-99).



Figur 2. Sorternes N-optagelse (fht - Hereward) afhængig af proteinindholdet i kernen (fht - Hereward). Enkeltforsøg (1994-99).



Figur 3. Sorternes N-optagelse (fht - Hereward) afhængig af proteinindholdet i kernen (fht - Hereward). Gens. pr. år (1994-99).

Resultatet af variansanalysen ses i tabel 1, hvor sandsynlighedsgraderne af de enkelte virkninger for signifikans er afbildet. Analyse af optaget kg kvælstof pr ha viser, at der i alle år og forsøg er en *** signifikant forskel mellem sorterens optagelse af kvælstof.

Ligeledes er der en *** signifikant forskel mellem forsøgsstederne mht. optagelse af kvælstof af hele forsøget (dyrkningsteknik/miljø). Denne forskel kan ses i bilag 2, hvor sorterens N-optagelse er grupperet i spring af 5 kg N /ha og antallet af sorter indenfor hver gruppe er optalt. Samme informationer er ligeledes grafisk afbildet i bilag 2.

Med undtagelse af 1994 er vekselvirkningen mellem lokalitet og sort i hvert år signifikant. I 8 af 14 tilfælde er denne vekselvirkning *** signifikant.

Sorternes proteinindhold undersøges kun i en fællesprøve af hver enkelt forsøg. Det er derfor ikke muligt, at bestemme vekselvirkningen mellem sted*sort. I tabel 2 ses resultaterne af den statistiske analyse, der igen viser, at der er en signifikant forskel mellem sorterens proteinindhold. Forsøgsstederne har ligeledes en *** signifikant virkning på sorterens proteinindhold. Antallet af sorter i grupper à 0.2 proteinenheder kan findes i bilag 3 i tabel og grafisk form.

I 1999 er der anlagt 3 specielle forsøg, hvor sorterne er blevet gødet med norm N-tildeling plus et brødhvedetillæg på 25-30 kg/ha afhængig af forsøgslokaliteten. I disse forsøg er det muligt at vurdere sorterens evne til at hæve proteinindholdet ved ekstra tildeling af kvælstof svarende til brødhvedetillægget.

En statistisk analyse af sorterne der har deltaget i begge forsøgsserier (VP - norm N-gødning og bagningsserien, der er tildelt 25-30 kg N/ha ekstra) ses i tabel 3. Proteinindholdet varierer *** signifikant mellem stederne. Ligeledes er der *** signifikans mellem sorterens proteinindhold. N-tildelingen giver sig tilkende i en ** signifikans. Det ekstra brødhvedetillæg har således hævet den gennemsnitlige proteinprocent af sorterne med ca. 0.3 procent. Sort gange N-tildeling er ikke signifikant og den variation, der er mellem

sorterne afhængig af N-tildelingen må tilskrives de biologiske og dyrkningsmæssige tilfældigheder i systemet.

I forbindelse med sorterens godkendelsesprocedure ved sortslisteoptagelse haves alle data for hver enkelt sort til rådighed. For hver sort foretages en helhedsvurdering, hvor enkelte ugunstige egenskaber kan opvejes af andre positive egenskaber. Brødhvedekvalitet er således en egenskab, der vurderes til at kunne kompensere for et lavere udbyttensniveau.

Sorternes udbytteevne (fht Hereward) afhængig af sorterens proteinindhold (fht Hereward) ses i figur 4. Som det ses i figuren er der en negativ korrelation mellem proteinindholdet og sortens udbyttensniveau. Dette kaldes populært 'fortyndingseffekten'. Denne virkning er *signifikant. I figur 4 er hovedvirkningen af forsøgsstederne inkluderet og stedernes virkning er med til at forvirre billedet i forhold til den afbildte regressionslinie.

Ved at afbilde hver enkelt sort som gennemsnit af afprøvningsåret fås samme entydige Negative korrelation (figur 5).

I forædlingsprocessen er det muligt at selektere for højtydende sorter med en høj proteinprocent.

Med det forhåndenværende talmateriale er det dog vanskeligt, at vurdere, hvornår den genetiske grænse for et højt proteinindhold er nået. Selvom der er forskelle mellem sorterne er der ingen tvivl om, at et højt proteinindhold koster udbytte.

Tabel 1. Statistisk analyse af sorter, forsøgslokaliteter og vekselvirkningen sort*sted. Responsvariabel kg N optaget pr. ha (1994 til 1999)

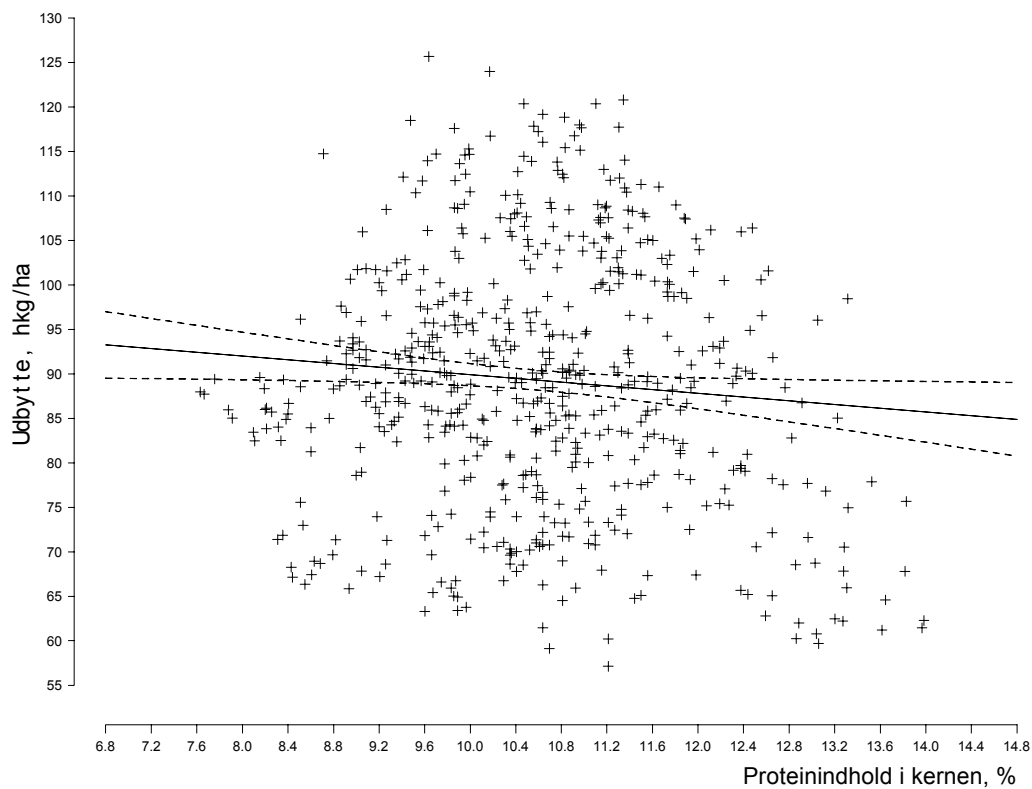
Forsøgs-serie	Steder	Sorter	Sted*Sort
V9401A	0.0001	0.0001	0.2260
V9401B	0.0001	0.0004	0.1212
V9401C	0.0001	0.0001	0.0443
V9401D	0.0001	0.0001	0.2132
V9501A	0.0001	0.0001	0.0001
V9501B	0.0001	0.0001	0.0001
V9601A	0.0001	0.0001	0.0001
V9601B	0.0001	0.0001	0.0001
V9701A	0.0001	0.0001	0.0001
V9701B	0.0001	0.0001	0.0449
V9801A	0.0001	0.0001	0.0001
V9801B	0.0001	0.0001	0.0001
V9901A	0.0001	0.0001	0.0001
V9901B	0.0001	0.0001	0.0136

Tabel 2. Statistisk analyse af virkningerne af sted og sorter. Responsvariabel er proteinindhold i kernerne i procent (1994 til 1999)

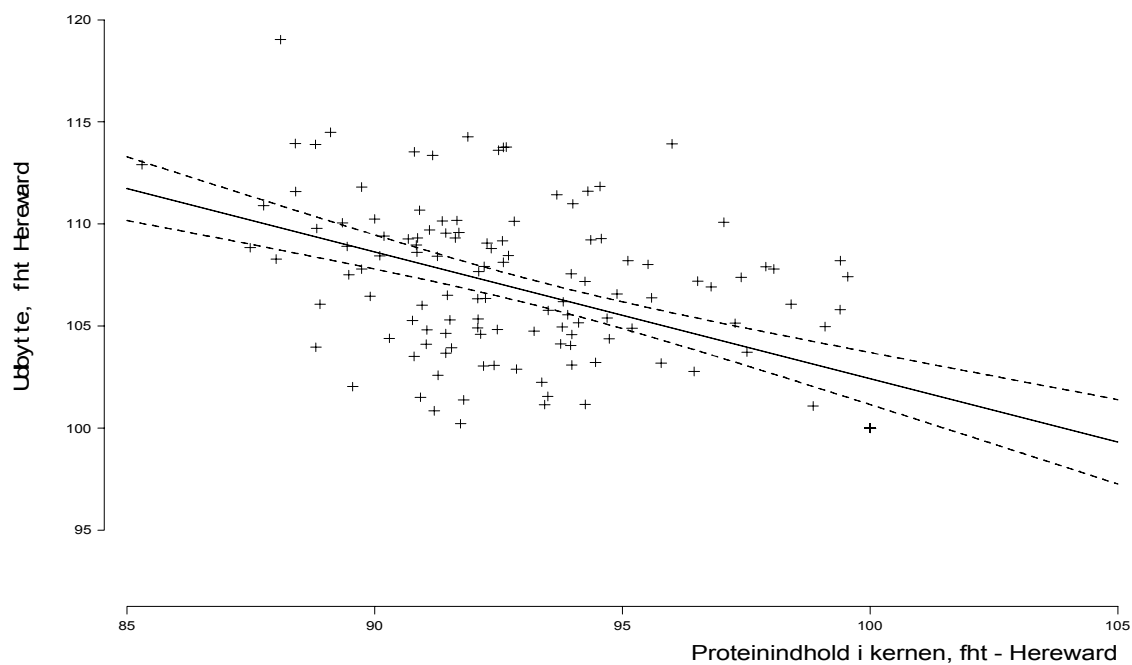
Forsøgs-serie	Steder	Sorter
V9401A	0.0001	0.0001
V9401B	0.0001	0.0002
V9401C	0.0001	0.0181
V9401D	0.0001	0.0019
V9501A	0.0001	0.0001
V9501B	0.0001	0.0001
V9601A	0.0001	0.0001
V9601B	0.0001	0.0039
V9701A	0.0001	0.0001
V9701B	0.0001	0.0001
V9801A	0.0001	0.0001
V9801B	0.0001	0.0001
V9901A	0.0001	0.0001
V9901B	0.0001	0.0020

Tabel 3. Statistisk analyse af sorter, forsøgslokaliteter, N-tildeling og vekselvirkningen sort*Ntildeling. Responsvariabel proteinindhold i kernerne i procent (1999 3 forsøgslokaliteter)

Steder	Sorter	N-tildeling	Sort*N-tildeling
0.0001	0.0001	0.0050	0.9629
N-tildeling:	Norm		11.2%
	25-30 kg N/ha		11.5%



Figur 4. Sorternes udbytte (fht - Hereward) i forhold til sorternes proteinindhold (fht - Hereward). Enkeltforsøg (1994-99).



Figur 5. Sorternes udnytte (fht - Hereward) i forhold til sorternes proteinindhold (fht - Hereward). Gens. pr. år (1994-99).

I det foregående er der fokuseret meget på N-optagelse og proteinindholdet i kernen. Men et højt proteinindholdet er ikke nødvendigvis ensbetydende med en god bagekvalitet. For at opnå gode bageegenskaber kræves de rette genetiske kombinationer for at kunne give proteinet den kvalitet, der er vigtigt i forbindelse med bagningsprocessen. Som paramter for proteinets kvalitet mht. bageegenskaber anvendes Zeleny tallet eller sedimentationsværdien. I denne analyse tilsættes melet en mælkesyreopløsning. Blandingen blandes i oscillerende bevægelser og under denne proces svulmer glutenfraktionen af melet op. Efter henstilling i præcis 5 minutter måles sætningsgraden af glutenfraktionen. Jo stærkere glutenfraktion desto højere sedimentationsværdi. I afprøvningen er denne parameter undersøgt på alle sorter og lokaliteter og er dermed en god parameter for sorterens bagekvalitet. I figur 6 er sedimentationsværdien afbildet afhængig af kernens proteinindhold. Der er en klar positiv korrelation mellem sedimentationsværdien afhængig af kernens proteinindhold.

I figur 7 er sorterens udbytte afbildet afhængig af sedimentationsværdien. I figuren ses, at højtydende sorter kan have en sedimentationsværdi over 30 ml, mens sedimentationsværdier over 40-45 ml medfører en udbyttenedgang.

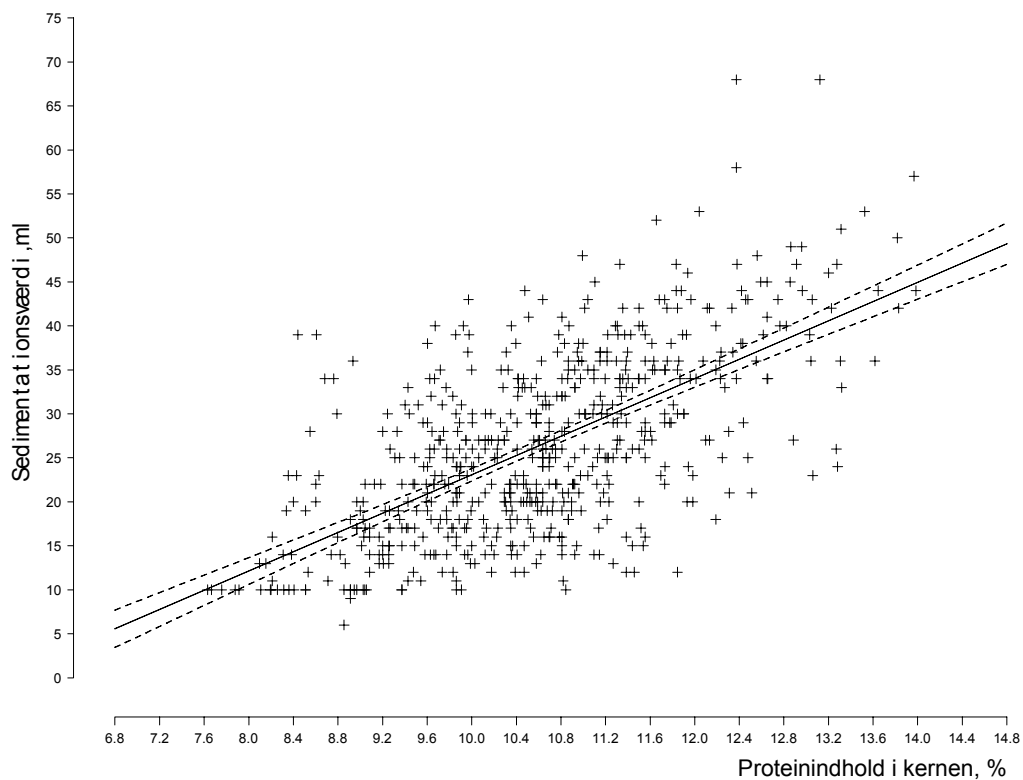
Mht. klassificering af sorter af vinterhvede til brødhvedelisten vurderer Fagudvalget for Landbrugsplanter og Plænegræsser under Plantenyhedsnævnet sorterne efter kriterierne for EU-intervention af brødhvede. Disse interventionskriterier er i mange henseender partispecifikke egenskaber, der er afhængig af dyrknings- og høstbetingelser samt håndtering af det enkelte parti efter høst.

Foruden de partispecifikke egenskaber er der egenskaber, der primært er genetisk betinget og således kan karakteriseres af sorten (rumvægt, faldtal, sedimentation (zeleny-tal) og klæbrighed af dejen). Da proteinindholdet er blevet inkluderet som et kriterium til egnethed mht. intervention forventes at denne egenskab i fremtiden ligeledes vil blive inkluderet i vurderingen. Følgende kriterier forventes anvendt

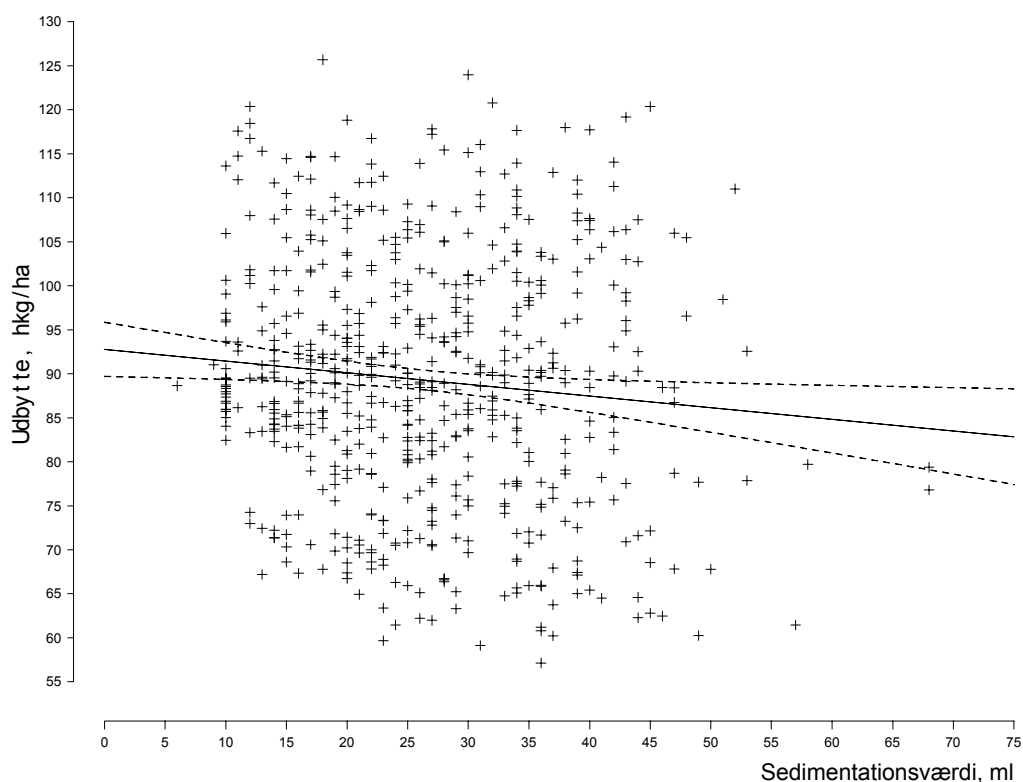
- Interventionskriterierne mht. rumvægt, proteinindhold, faldtal, sedimentation og klæbrighed af dejen skal kunne overholdes som gennemsnit af alle forsøgssteder.
- Da interventionskriterierne er en partivurdering må for hver egenskab, hvor gennemsnittet skal overholde interventionskriterierne, kun ét af forsøgsstederne/resultaterne afvige fra interventionskriterierne. P.t. er vurderingen af proteinkravet ikke fastsat endnu, da specielt denne egenskab har en stærk vekselvirkning med miljøet.
- Fagudvalget afgiver sin indstilling efter to års afprøvning/resultater, men Fagudvalget forbeholder sig ret til at anmode om yderligere resultater, hvis der er tvivl om udfaldet.

Udfra de beskrevne sammenhænge kan det forventes, at højtydende sorter kan opnå en anden klassifikation ved et øget gødningsniveau. Det vil typisk være gældende for sorter, der ligger i grænseområdet mht. indstilling/optagelse på listen mht. parametrene proteinindhold og sedimentationsværdi. Resultaterne tyder entydigt på, at ved øget N-tildeling stiger proteinindholdet, der igen hæver sedimentationsværdien.

Foruden en hævnning af sedimentationsværdien til over grænseværdien kræves for indstilling og optagelse på brødhvedelisten en ikke klæbrig dej ved sedimentationsværdien



Figur 6. Sorternes sedimentationsværdi i ml afhængig af sorterens proteinindhold i kernen i procent. Enkeltforsøg (1994-99).



Figur 7. Sorternes udbytte i hkg/ha ml afhængig af sorterens sedimentationsværdi i ml. Enkeltforsøg (1994-99).

mellem 22 og 30. Denne egenskab er entydigt genetisk betinget, og dermed ikke nødvendigvis afhængig af N-optagelsen eller proteinindholdet.

Foruden protein-, sedimentations- og dejkrav skal sorterne også opfylde rumvægts- og faldtalskriteriet. Disse to egenskaber er ikke afhængig af proteinindholdet.

Sammenfatning

Sammenfattende kan vurderes, at forsøgene fra den lovbestemte værdiafprøvning (1994-95) ikke er designet til at vurdere sorterens maksimale kvælstofoptagelse. Sortsafprøvning ved forskellige N-niveauer blev senest gennemført i 1988 på Statens forsøgsstationer. Analysen af de forhåndenværende data (1994-99) viser,

- at der er forskellig proteinindhold og N-optagelse (kg/ha) mellem sorterne ved samme N-gødskningsniveau
- at ved et aftagende kerneudbytte forventes et stigende proteinindhold
- at allerede ved ét N-niveau kan der i de fleste år forventes en 'vekselvirkning' mellem proteinindhold og N-optagelse, der afhænger af sorterens forskellige udbyttepotentiale.

- at, hvor sorterne er dyrket ved norm N-tildeling og ekstra brødhvedetillæg (25-30 kg N/ha) er den gennemsnitlige proteinprocenten hævet med 0.3 % enheder (1999)
- at sedimentationsværdien stiger med stigende proteinindhold
- at sorter, der ligger i grænseområdet mht. indstilling/optagelse på listen mht. parametrene proteinindhold og sedimentationsværdi kan forventes at opnå anden klassificering ved øget N-tildeling. Resultaterne tyder entydigt på, at ved øget N-tildeling stiger proteinindholdet, der igen hæver sedimentationsværdien. Klassificering begrænser sig imidlertid ikke kun til disse to parametre.

Bilag 1

I tabel 1a er antallet af sorter grupperet efter deres proteinindhold og optagne kvælstofmængde i forhold til målesorten 'Hereward'. Selvom der er en sammenhæng mellem disse to responsparametre, så er det en vanskelig sammenligning på grund af sorterens forskellige udbyttepotentiale.

Kun få sorter har et højere proteinindhold end Hereward. Da sorterne afprøves i 2 år på 4 til 5 forsøgslokaliteter findes ved optælling af de individuelle sorter, at 13 sorter, på minimum én lokalitet har haft et højere N-indhold end 'Hereward'. 57 sorter har på minimum én lokaliteter haft et mindre N-indhold end 'Hereward'.

Med hensyn til den optagne kvælstofmængde er billedet lidt anderledes. 54 sorter har en højere N-optagelse end 'Hereward' på minimum én lokalitet og ligeledes har 53 sorter en lavere N-optagelse end 'Hereward' på minimum én lokalitet. 'Hereward' ligger således mht. proteinindhold som én af de højeste sorter.

Anvendes N-optagelse som responsparameter ligger 'Hereward' lige under den øverste tredjedel af alle sorter i alle forsøgene. Der er således flere sorter, der kompenserer for deres lavere N-indhold ved at producere et højere udbytte og dermed totalt set optager mere kvælstof end Hereward.

I 1999 findes langt flere sorter (12) med en højere N-optagelse end 'Hereward' i de foregående år.

Tabel 1a: Antal sorter, der har mindre eller højere proteinindhold samt kvælstofoptagelse end Hereward. Optællingerne er fordelt på serier, forsøgslokalitet og år (1994 til 1999)

Forsøg V- Værdiafpr xx-år 01-vi- hvede x-afdeling	Lokalitet	Antal sorter med mindre protein indhold end Hereward	Antal sorter med højere protein- indhold end Hereward	Antal sorter med mindre mængde optaget kvælstof end Hereward	Antal sorter med højere mængde optaget kvælstof end Hereward
V9401A	Roskilde	11	.	7	4
V9401A	Borris	10	1	6	5
V9401A	Rønhave	10	1	3	8
V9401A	Tystofte	11	.	6	5
V9401B	Roskilde	9	.	3	6
V9401B	Borris	9	.	8	1
V9401B	Rønhave	9	.	2	7
V9401B	Tystofte	9	.	3	6
V9401C	Borris	10	1	11	.
V9401C	Rønhave	11	.	8	3
V9401C	Tystofte	11	.	8	3
V9401D	Borris	5	.	5	.
V9401D	Rønhave	5	.	3	2
V9401D	Tystofte	5	.	5	.
V9501A	Sejet	12	.	12	.
V9501A	Holstebro	12	.	9	3
V9501A	Rønhave	12	.	9	3
V9501A	Refsvindinge	12	.	12	.
V9501A	Tystofte	12	.	5	7
V9501B	Sejet	10	1	7	4
V9501B	Holstebro	10	1	5	6
V9501B	Rønhave	11	.	7	4
V9501B	Refsvindinge	11	.	7	4
V9501B	Tystofte	10	1	6	5
V9601A	Sejet	10	1	6	5
V9601A	Holstebro	11	.	11	.
V9601A	Rønhave	10	1	10	1
V9601A	Refsvindinge	11	.	6	5
V9601A	Tystofte	10	1	3	8
V9601B	Sejet	7	.	5	2
V9601B	Holstebro	6	1	4	3
V9601B	Rønhave	7	.	6	1
V9601B	Refsvindinge	7	.	2	5
V9601B	Tystofte	2	5	1	6
V9701A	Sejet	8	.	6	2
V9701A	Rønhave	8	.	7	1
V9701A	Refsvindinge	8	.	4	4
V9701A	Tystofte	8	.	3	5
V9701B	Sejet	9	.	6	3
V9701B	Rønhave	9	.	3	6
V9701B	Refsvindinge	9	.	6	3
V9701B	Tystofte	9	.	8	1
V9801A	Sejet	10	.	8	2
V9801A	Holstebro	10	.	10	.
V9801A	Rønhave	10	.	10	.
V9801A	Refsvindinge	10	.	8	2
V9801A	Tystofte	10	.	3	7
V9801B	Sejet	13	.	9	4
V9801B	Holstebro	13	.	8	5
V9801B	Rønhave	13	.	11	2
V9801B	Refsvindinge	10	3	8	5
V9801B	Tystofte	13	.	10	3
V9901A	Sejet	13	1	8	6
V9901A	Holstebro	13	1	7	7
V9901A	Rønhave	14	.	4	10
V9901A	Refsvindinge	13	1	3	11
V9901A	Tystofte	14	.	2	12
V9901B	Sejet	3	.	3	.
V9901B	Holstebro	2	1	1	2
V9901B	Rønhave	3	.	2	1
V9901B	Refsvindinge	2	1	2	1
V9901B	Tystofte	3	.	2	1
	Total	578	23	373	228
	Unikke sorter	57	13	53	54

Tabel 1b: Antal sorter, der har mindre eller højere proteinindhold samt kvælstofoptagelse end Hereward. Optællingerne er fordelt på serier og år (1994 til 1999).

Forsøg V-Værdiafpr xx-år 01-vi-hvede x-afdeling		Antal sorter med mindre proteinind- hold end He- reward	Antal sorter med højere proteinindhold end Hereward	Antal sorter med mindre mængde optaget kvælstof end Here- ward	Antal sorter med højere mængde optaget kvælstof end Here- ward
V9401A		11	.	5	6
V9401B		9	.	4	5
V9401C		11	.	9	2
V9401D		5	.	5	.
V9501A		12	.	12	.
V9501B		11	.	7	4
V9601A		11	.	8	3
V9601B		7	.	4	3
V9701A		8	.	4	4
V9701B		9	.	5	4
V9801A		10	.	8	2
V9801B		13	.	10	3
V9901A		14	.	3	11
V9901B		3	.	2	1
	Total	134		86	48
	Unikke sorter	57	0	37	37

Bilag 2: Antal sorter i grupper a 5 kg N optaget

FS	Sted	Kg N/ha optaget	Antal	FS	Sted	Kg N/ha optaget	Antal	FS	Sted	Kg N/ha optaget	Antal
V9401A	Roskilde	135	3	V9501A	Refsvindinge	160	1	V9601B	Rønhave	135	1
V9401A	Roskilde	140	4	V9501A	Refsvindinge	165	1	V9601B	Rønhave	140	2
V9401A	Roskilde	145	4	V9501A	Refsvindinge	170	5	V9601B	Rønhave	145	1
V9401A	Borris	105	3	V9501A	Refsvindinge	175	1	V9601B	Rønhave	150	3
V9401A	Borris	110	4	V9501A	Refsvindinge	180	2	V9601B	Refsvindinge	130	1
V9401A	Borris	115	3	V9501A	Refsvindinge	185	2	V9601B	Refsvindinge	145	1
V9401A	Borris	120	1	V9501A	Tystofte	160	1	V9601B	Refsvindinge	150	2
V9401A	Rønhave	110	1	V9501A	Tystofte	165	7	V9601B	Refsvindinge	160	1
V9401A	Rønhave	115	3	V9501A	Tystofte	170	2	V9601B	Refsvindinge	165	1
V9401A	Rønhave	120	3	V9501A	Tystofte	175	1	V9601B	Refsvindinge	170	1
V9401A	Rønhave	125	4	V9501A	Tystofte	185	1	V9601B	Tystofte	135	1
V9401A	Tystofte	130	1	V9501B	Sejet	135	1	V9601B	Tystofte	140	2
V9401A	Tystofte	135	1	V9501B	Sejet	140	2	V9601B	Tystofte	145	1
V9401A	Tystofte	140	3	V9501B	Sejet	145	3	V9601B	Tystofte	150	1
V9401A	Tystofte	145	3	V9501B	Sejet	150	4	V9601B	Tystofte	155	2
V9401A	Tystofte	150	2	V9501B	Sejet	160	1	V9701A	Sejet	125	1
V9401A	Tystofte	155	1	V9501B	Holstebro	115	2	V9701A	Sejet	135	4
V9401B	Roskilde	130	1	V9501B	Holstebro	120	6	V9701A	Sejet	140	1
V9401B	Roskilde	135	3	V9501B	Holstebro	125	2	V9701A	Sejet	145	2
V9401B	Roskilde	140	2	V9501B	Holstebro	140	1	V9701A	Rønhave	125	1
V9401B	Roskilde	145	3	V9501B	Rønhave	100	4	V9701A	Rønhave	130	4
V9401B	Borris	100	1	V9501B	Rønhave	105	6	V9701A	Rønhave	135	3
V9401B	Borris	105	4	V9501B	Rønhave	110	1	V9701A	Refsvindinge	130	1
V9401B	Borris	110	3	V9501B	Refsvindinge	155	1	V9701A	Refsvindinge	135	2
V9401B	Borris	120	1	V9501B	Refsvindinge	165	4	V9701A	Refsvindinge	140	1
V9401B	Rønhave	120	6	V9501B	Refsvindinge	170	4	V9701A	Refsvindinge	145	1
V9401B	Rønhave	125	2	V9501B	Refsvindinge	175	1	V9701A	Refsvindinge	150	1
V9401B	Rønhave	130	1	V9501B	Refsvindinge	180	1	V9701A	Refsvindinge	155	2
V9401B	Tystofte	135	2	V9501B	Tystofte	155	2	V9701A	Tystofte	160	1
V9401B	Tystofte	145	4	V9501B	Tystofte	160	4	V9701A	Tystofte	165	3
V9401B	Tystofte	150	2	V9501B	Tystofte	165	1	V9701A	Tystofte	170	2
V9401B	Tystofte	165	1	V9501B	Tystofte	170	3	V9701A	Tystofte	175	1
V9401C	Borris	105	1	V9501B	Tystofte	175	1	V9701A	Tystofte	180	1
V9401C	Borris	110	6	V9601A	Sejet	160	1	V9701B	Sejet	120	1
V9401C	Borris	115	4	V9601A	Sejet	165	1	V9701B	Sejet	125	1
V9401C	Rønhave	115	1	V9601A	Sejet	170	4	V9701B	Sejet	130	1
V9401C	Rønhave	120	4	V9601A	Sejet	175	1	V9701B	Sejet	135	3
V9401C	Rønhave	125	6	V9601A	Sejet	180	1	V9701B	Sejet	140	2
V9401C	Tystofte	120	1	V9601A	Sejet	185	1	V9701B	Sejet	145	1
V9401C	Tystofte	125	1	V9601A	Sejet	190	2	V9701B	Rønhave	120	1
V9401C	Tystofte	130	4	V9601A	Holstebro	115	4	V9701B	Rønhave	130	3
V9401C	Tystofte	135	2	V9601A	Holstebro	120	4	V9701B	Rønhave	135	1
V9401C	Tystofte	140	3	V9601A	Holstebro	125	2	V9701B	Rønhave	140	4
V9401D	Borris	100	1	V9601A	Holstebro	130	1	V9701B	Refsvindinge	135	2
V9401D	Borris	110	2	V9601A	Rønhave	135	2	V9701B	Refsvindinge	140	4
V9401D	Borris	115	1	V9601A	Rønhave	140	5	V9701B	Refsvindinge	145	2
V9401D	Borris	120	1	V9601A	Rønhave	145	1	V9701B	Refsvindinge	155	1
V9401D	Rønhave	115	2	V9601A	Rønhave	150	2	V9701B	Tystofte	175	2
V9401D	Rønhave	120	1	V9601A	Rønhave	155	1	V9701B	Tystofte	180	2
V9401D	Rønhave	125	2	V9601A	Refsvindinge	135	2	V9701B	Tystofte	190	3
V9401D	Tystofte	125	2	V9601A	Refsvindinge	145	3	V9701B	Tystofte	195	2
V9401D	Tystofte	135	3	V9601A	Refsvindinge	150	1	V9801A	Sejet	110	2
V9501A	Sejet	140	3	V9601A	Refsvindinge	155	3	V9801A	Sejet	115	5
V9501A	Sejet	145	5	V9601A	Refsvindinge	165	2	V9801A	Sejet	120	3
V9501A	Sejet	150	3	V9601A	Tystofte	130	1	V9801A	Holstebro	85	5
V9501A	Sejet	155	1	V9601A	Tystofte	135	2	V9801A	Holstebro	90	3
V9501A	Holstebro	105	1	V9601A	Tystofte	140	2	V9801A	Holstebro	95	2
V9501A	Holstebro	115	2	V9601A	Tystofte	145	4	V9801A	Rønhave	130	3
V9501A	Holstebro	120	3	V9601A	Tystofte	150	2	V9801A	Rønhave	135	3
V9501A	Holstebro	125	2	V9601B	Sejet	170	1	V9801A	Rønhave	140	2
V9501A	Holstebro	130	4	V9601B	Sejet	175	3	V9801A	Rønhave	145	1
V9501A	Rønhave	100	4	V9601B	Sejet	185	3	V9801A	Rønhave	150	1
V9501A	Rønhave	105	6	V9601B	Holstebro	120	3	V9801A	Refsvindinge	155	1
V9501A	Rønhave	110	2	V9601B	Holstebro	130	4	V9801A	Refsvindinge	160	3

FS	Sted	Kg N/ha optaget	Antal	FS	Sted	Kg N/ha optaget	Antal	FS	Sted	Kg N/ha optaget	Antal
V9801A	Refsvindinge	165	3	V9801B	Refsvindinge	190	1	V9901A	Refsvindinge	165	4
V9801A	Refsvindinge	170	1	V9801B	Tystofte	170	1	V9901A	Tystofte	165	2
V9801A	Refsvindinge	180	1	V9801B	Tystofte	175	1	V9901A	Tystofte	170	2
V9801A	Refsvindinge	185	1	V9801B	Tystofte	180	3	V9901A	Tystofte	175	5
V9801A	Tystofte	180	2	V9801B	Tystofte	185	6	V9901A	Tystofte	180	4
V9801A	Tystofte	185	2	V9801B	Tystofte	190	1	V9901A	Tystofte	190	1
V9801A	Tystofte	190	4	V9801B	Tystofte	200	1	V9901B	Sejet	130	2
V9801A	Tystofte	195	1	V9901A	Sejet	120	4	V9901B	Sejet	135	1
V9801A	Tystofte	205	1	V9901A	Sejet	125	6	V9901B	Holstebro	95	2
V9801B	Sejet	120	1	V9901A	Sejet	130	3	V9901B	Holstebro	110	1
V9801B	Sejet	125	4	V9901A	Sejet	135	1	V9901B	Rønhave	125	2
V9801B	Sejet	130	5	V9901A	Holstebro	90	1	V9901B	Rønhave	130	1
V9801B	Sejet	135	3	V9901A	Holstebro	95	4	V9901B	Refsvindinge	150	1
V9801B	Holstebro	90	5	V9901A	Holstebro	100	2	V9901B	Refsvindinge	155	1
V9801B	Holstebro	95	6	V9901A	Holstebro	105	4	V9901B	Refsvindinge	165	1
V9801B	Holstebro	100	2	V9901A	Holstebro	110	2	V9901B	Tystofte	180	1
V9801B	Rønhave	140	4	V9901A	Holstebro	115	1	V9901B	Tystofte	185	1
V9801B	Rønhave	145	2	V9901A	Rønhave	120	1	V9901B	Tystofte	195	1
V9801B	Rønhave	150	4	V9901A	Rønhave	125	4				
V9801B	Rønhave	155	1	V9901A	Rønhave	130	7				
V9801B	Rønhave	160	2	V9901A	Rønhave	135	1				
V9801B	Refsvindinge	160	1	V9901A	Rønhave	140	1				
V9801B	Refsvindinge	165	3	V9901A	Refsvindinge	145	3				
V9801B	Refsvindinge	170	3	V9901A	Refsvindinge	150	3				
V9801B	Refsvindinge	175	1	V9901A	Refsvindinge	155	3				
V9801B	Refsvindinge	180	2	V9901A	Refsvindinge	160	1				
V9801B	Refsvindinge	185	2								

Bilag 3: Antal sorter i grupper a 0,2% enheder proteinindhold

FS	Sted	Protein- indhold, %	Antal	FS	Sted	Protein- indhold, %	Antal	FS	Sted	Protein- indhold, %	Antal
V9401A	Roskilde	10.2	1	V9401C	Rønhave	9.6	1	V9501B	Rønhave	7.6	1
V9401A	Roskilde	10.4	2	V9401C	Rønhave	10.2	1	V9501B	Rønhave	8.0	1
V9401A	Roskilde	10.6	3	V9401C	Tystofte	10.8	1	V9501B	Rønhave	8.2	3
V9401A	Roskilde	10.8	2	V9401C	Tystofte	11.0	1	V9501B	Rønhave	8.4	3
V9401A	Roskilde	11.0	1	V9401C	Tystofte	11.2	4	V9501B	Rønhave	8.6	2
V9401A	Roskilde	11.6	1	V9401C	Tystofte	11.4	3	V9501B	Rønhave	9.0	1
V9401A	Roskilde	11.8	1	V9401C	Tystofte	11.8	1	V9501B	Refsvindinge	10.6	2
V9401A	Borris	9.6	1	V9401C	Tystofte	12.6	1	V9501B	Refsvindinge	11.0	1
V9401A	Borris	9.8	1	V9401D	Borris	10.2	1	V9501B	Refsvindinge	11.2	4
V9401A	Borris	10.0	2	V9401D	Borris	10.6	3	V9501B	Refsvindinge	11.4	1
V9401A	Borris	10.2	2	V9401D	Borris	11.0	1	V9501B	Refsvindinge	11.6	1
V9401A	Borris	10.4	2	V9401D	Rønhave	9.0	1	V9501B	Refsvindinge	11.8	1
V9401A	Borris	10.6	1	V9401D	Rønhave	9.2	1	V9501B	Refsvindinge	12.2	1
V9401A	Borris	10.8	1	V9401D	Rønhave	9.4	1	V9501B	Tystofte	9.4	1
V9401A	Borris	11.0	1	V9401D	Rønhave	9.6	1	V9501B	Tystofte	9.6	3
V9401A	Rønhave	8.6	1	V9401D	Rønhave	10.2	1	V9501B	Tystofte	9.8	1
V9401A	Rønhave	8.8	2	V9401D	Tystofte	10.6	2	V9501B	Tystofte	10.0	2
V9401A	Rønhave	9.0	4	V9401D	Tystofte	11.0	1	V9501B	Tystofte	10.4	2
V9401A	Rønhave	9.2	1	V9401D	Tystofte	11.4	1	V9501B	Tystofte	10.8	1
V9401A	Rønhave	9.4	1	V9401D	Tystofte	12.2	1	V9501B	Tystofte	11.0	1
V9401A	Rønhave	9.8	1	V9501A	Sejet	9.8	2	V9601A	Sejet	10.0	1
V9401A	Rønhave	10.0	1	V9501A	Sejet	10.0	2	V9601A	Sejet	10.4	3
V9401A	Tystofte	10.6	3	V9501A	Sejet	10.2	2	V9601A	Sejet	10.8	2
V9401A	Tystofte	10.8	4	V9501A	Sejet	10.4	2	V9601A	Sejet	11.2	1
V9401A	Tystofte	11.4	2	V9501A	Sejet	10.6	1	V9601A	Sejet	11.4	1
V9401A	Tystofte	11.6	1	V9501A	Sejet	10.8	2	V9601A	Sejet	11.6	1
V9401A	Tystofte	11.8	1	V9501A	Sejet	11.6	1	V9601A	Sejet	11.8	2
V9401B	Roskilde	10.0	1	V9501A	Holstebro	10.0	1	V9601A	Holstebro	12.0	1
V9401B	Roskilde	10.6	2	V9501A	Holstebro	10.4	1	V9601A	Holstebro	12.6	2
V9401B	Roskilde	10.8	2	V9501A	Holstebro	10.6	4	V9601A	Holstebro	12.8	1
V9401B	Roskilde	11.0	1	V9501A	Holstebro	10.8	2	V9601A	Holstebro	13.0	2
V9401B	Roskilde	11.2	1	V9501A	Holstebro	11.0	2	V9601A	Holstebro	13.2	2
V9401B	Roskilde	11.6	2	V9501A	Holstebro	11.2	1	V9601A	Holstebro	13.6	1
V9401B	Borris	9.6	1	V9501A	Holstebro	12.0	1	V9601A	Holstebro	14.0	2
V9401B	Borris	9.8	1	V9501A	Rønhave	7.6	1	V9601A	Rønhave	8.8	1
V9401B	Borris	10.2	3	V9501A	Rønhave	7.8	2	V9601A	Rønhave	9.0	3
V9401B	Borris	10.4	1	V9501A	Rønhave	8.0	1	V9601A	Rønhave	9.2	1
V9401B	Borris	10.6	2	V9501A	Rønhave	8.2	4	V9601A	Rønhave	9.4	4
V9401B	Borris	11.2	1	V9501A	Rønhave	8.4	3	V9601A	Rønhave	9.8	1
V9401B	Rønhave	8.6	1	V9501A	Rønhave	9.0	1	V9601A	Rønhave	10.0	1
V9401B	Rønhave	8.8	1	V9501A	Refsvindinge	10.6	1	V9601A	Refsvindinge	11.0	1
V9401B	Rønhave	9.0	1	V9501A	Refsvindinge	10.8	2	V9601A	Refsvindinge	11.2	1
V9401B	Rønhave	9.2	1	V9501A	Refsvindinge	11.0	1	V9601A	Refsvindinge	11.6	3
V9401B	Rønhave	9.4	4	V9501A	Refsvindinge	11.2	5	V9601A	Refsvindinge	11.8	2
V9401B	Rønhave	10.0	1	V9501A	Refsvindinge	11.4	2	V9601A	Refsvindinge	12.0	2
V9401B	Tystofte	10.6	2	V9501A	Refsvindinge	12.6	1	V9601A	Refsvindinge	12.4	2
V9401B	Tystofte	10.8	1	V9501A	Tystofte	9.4	1	V9601A	Tystofte	11.8	1
V9401B	Tystofte	11.0	2	V9501A	Tystofte	9.8	4	V9601A	Tystofte	12.0	1
V9401B	Tystofte	11.2	1	V9501A	Tystofte	10.0	3	V9601A	Tystofte	12.2	2
V9401B	Tystofte	11.4	1	V9501A	Tystofte	10.4	2	V9601A	Tystofte	12.4	3
V9401B	Tystofte	11.6	1	V9501A	Tystofte	10.6	2	V9601A	Tystofte	12.6	1
V9401B	Tystofte	11.8	1	V9501B	Sejet	10.2	2	V9601A	Tystofte	13.0	2
V9401C	Borris	9.8	1	V9501B	Sejet	10.4	1	V9601A	Tystofte	13.2	1
V9401C	Borris	10.0	1	V9501B	Sejet	10.6	1	V9601B	Sejet	10.8	2
V9401C	Borris	10.2	1	V9501B	Sejet	10.8	3	V9601B	Sejet	11.2	3
V9401C	Borris	10.4	2	V9501B	Sejet	11.0	2	V9601B	Sejet	11.4	1
V9401C	Borris	10.6	3	V9501B	Sejet	11.6	1	V9601B	Sejet	12.0	1
V9401C	Borris	10.8	1	V9501B	Sejet	11.8	1	V9601B	Holstebro	12.4	2
V9401C	Borris	11.0	1	V9501B	Holstebro	10.4	3	V9601B	Holstebro	12.8	2
V9401C	Borris	11.6	1	V9501B	Holstebro	10.6	2	V9601B	Holstebro	13.0	1
V9401C	Rønhave	8.8	1	V9501B	Holstebro	10.8	2	V9601B	Holstebro	13.4	1
V9401C	Rønhave	9.0	4	V9501B	Holstebro	11.0	2	V9601B	Holstebro	13.6	1
V9401C	Rønhave	9.2	3	V9501B	Holstebro	11.4	1	V9601B	Rønhave	9.0	1
V9401C	Rønhave	9.4	1	V9501B	Holstebro	11.8	1	V9601B	Rønhave	9.2	2

FS	Sted	Protein- indhold, %	Antal	FS	Sted	Protein- indhold, %	Antal	FS	Sted	Protein- indhold, %	Antal
V9601B	Rønhave	9.6	3	V9801A	Sejet	9.6	1	V9901A	Sejet	10.0	1
V9601B	Rønhave	10.0	1	V9801A	Sejet	10.2	1	V9901A	Sejet	10.2	1
V9601B	Refsvindinge	11.0	1	V9801A	Holstebro	8.4	3	V9901A	Sejet	10.4	2
V9601B	Refsvindinge	11.2	1	V9801A	Holstebro	8.6	3	V9901A	Sejet	10.6	2
V9601B	Refsvindinge	11.6	1	V9801A	Holstebro	8.8	2	V9901A	Sejet	10.8	1
V9601B	Refsvindinge	11.8	2	V9801A	Holstebro	9.0	1	V9901A	Sejet	11.0	1
V9601B	Refsvindinge	12.0	1	V9801A	Holstebro	9.8	1	V9901A	Sejet	11.4	1
V9601B	Refsvindinge	12.4	1	V9801A	Rønhave	8.8	1	V9901A	Sejet	11.6	1
V9601B	Tystofte	12.8	1	V9801A	Rønhave	9.2	1	V9901A	Holstebro	9.6	2
V9601B	Tystofte	13.2	2	V9801A	Rønhave	9.6	2	V9901A	Holstebro	9.8	3
V9601B	Tystofte	13.4	1	V9801A	Rønhave	9.8	2	V9901A	Holstebro	10.4	3
V9601B	Tystofte	13.6	1	V9801A	Rønhave	10.0	2	V9901A	Holstebro	10.6	1
V9601B	Tystofte	13.8	2	V9801A	Rønhave	10.2	1	V9901A	Holstebro	10.8	2
V9701A	Sejet	9.6	1	V9801A	Rønhave	10.6	1	V9901A	Holstebro	11.0	1
V9701A	Sejet	9.8	1	V9801A	Refsvindinge	10.0	1	V9901A	Holstebro	11.2	1
V9701A	Sejet	10.0	1	V9801A	Refsvindinge	10.2	2	V9901A	Holstebro	11.6	1
V9701A	Sejet	10.4	3	V9801A	Refsvindinge	10.4	3	V9901A	Rønhave	9.0	3
V9701A	Sejet	10.6	1	V9801A	Refsvindinge	10.6	2	V9901A	Rønhave	9.4	5
V9701A	Sejet	11.0	1	V9801A	Refsvindinge	10.8	1	V9901A	Rønhave	9.6	2
V9701A	Rønhave	9.0	1	V9801A	Refsvindinge	11.2	1	V9901A	Rønhave	9.8	2
V9701A	Rønhave	9.6	1	V9801A	Tystofte	10.8	1	V9901A	Rønhave	10.0	1
V9701A	Rønhave	9.8	3	V9801A	Tystofte	11.0	2	V9901A	Rønhave	10.2	1
V9701A	Rønhave	10.2	3	V9801A	Tystofte	11.2	2	V9901A	Refsvindinge	10.8	1
V9701A	Refsvindinge	10.6	3	V9801A	Tystofte	11.4	4	V9901A	Refsvindinge	11.4	3
V9701A	Refsvindinge	11.0	2	V9801A	Tystofte	11.6	1	V9901A	Refsvindinge	11.8	1
V9701A	Refsvindinge	11.2	1	V9801B	Sejet	9.2	1	V9901A	Refsvindinge	12.0	1
V9701A	Refsvindinge	11.4	1	V9801B	Sejet	9.6	5	V9901A	Refsvindinge	12.2	3
V9701A	Refsvindinge	11.6	1	V9801B	Sejet	9.8	2	V9901A	Refsvindinge	12.4	3
V9701A	Refsvindinge	11.8	1	V9801B	Sejet	10.0	2	V9901A	Refsvindinge	12.6	1
V9701A	Tystofte	12.0	1	V9801B	Sejet	10.4	3	V9901A	Refsvindinge	12.8	1
V9701A	Tystofte	12.2	1	V9801B	Holstebro	8.4	1	V9901A	Tystofte	10.2	1
V9701A	Tystofte	12.4	2	V9801B	Holstebro	8.6	3	V9901A	Tystofte	10.8	2
V9701A	Tystofte	12.6	2	V9801B	Holstebro	9.0	1	V9901A	Tystofte	11.2	1
V9701A	Tystofte	13.0	1	V9801B	Holstebro	9.2	4	V9901A	Tystofte	11.4	2
V9701B	Sejet	9.2	1	V9801B	Holstebro	9.6	1	V9901A	Tystofte	11.6	4
V9701B	Sejet	9.6	1	V9801B	Holstebro	9.8	2	V9901A	Tystofte	11.8	1
V9701B	Sejet	9.8	4	V9801B	Holstebro	10.0	1	V9901A	Tystofte	12.0	2
V9701B	Sejet	10.0	1	V9801B	Rønhave	9.8	3	V9901A	Tystofte	12.2	1
V9701B	Sejet	10.2	1	V9801B	Rønhave	10.0	2	V9901B	Sejet	10.8	1
V9701B	Sejet	10.8	1	V9801B	Rønhave	10.2	1	V9901B	Sejet	11.0	1
V9701B	Rønhave	9.4	1	V9801B	Rønhave	10.4	4	V9901B	Sejet	12.0	1
V9701B	Rønhave	9.6	3	V9801B	Rønhave	10.6	2	V9901B	Holstebro	10.6	1
V9701B	Rønhave	9.8	4	V9801B	Rønhave	10.8	1	V9901B	Holstebro	11.2	1
V9701B	Rønhave	10.2	1	V9801B	Refsvindinge	10.4	1	V9901B	Holstebro	11.4	1
V9701B	Refsvindinge	10.4	1	V9801B	Refsvindinge	10.6	1	V9901B	Rønhave	9.0	1
V9701B	Refsvindinge	10.6	3	V9801B	Refsvindinge	11.2	2	V9901B	Rønhave	9.8	1
V9701B	Refsvindinge	10.8	1	V9801B	Refsvindinge	11.4	3	V9901B	Rønhave	10.0	1
V9701B	Refsvindinge	11.0	3	V9801B	Refsvindinge	11.6	2	V9901B	Refsvindinge	11.8	1
V9701B	Refsvindinge	11.6	1	V9801B	Refsvindinge	11.8	2	V9901B	Refsvindinge	12.8	1
V9701B	Tystofte	11.6	1	V9801B	Refsvindinge	12.0	2	V9901B	Refsvindinge	13.2	1
V9701B	Tystofte	11.8	3	V9801B	Tystofte	9.6	1	V9901B	Tystofte	11.4	1
V9701B	Tystofte	12.2	2	V9801B	Tystofte	10.2	1	V9901B	Tystofte	12.4	1
V9701B	Tystofte	12.4	1	V9801B	Tystofte	10.4	2	V9901B	Tystofte	13.0	1
V9701B	Tystofte	12.6	1	V9801B	Tystofte	10.6	3				
V9701B	Tystofte	13.4	1	V9801B	Tystofte	10.8	2				
V9801A	Sejet	8.8	1	V9801B	Tystofte	11.0	2				
V9801A	Sejet	9.0	1	V9801B	Tystofte	11.2	1				
V9801A	Sejet	9.2	3	V9801B	Tystofte	11.4	1				
V9801A	Sejet	9.4	3	V9901A	Sejet	9.4	1				
				V9901A	Sejet	9.8	3				

DJF Foulum

Postboks 50, 8830 Tjele
Tlf. 89 99 19 00. Fax 89 99 19 19
djf@agrsci.dk. www.agrsci.dk

Direktion
Direktionssekretariat, Økonomisekretariat

Afdeling for Animalske Fødevarer
Afdeling for Husdyravl og Genetik
Afdeling for Husdyrnæring og Fysiologi
Afdeling for Husdyrsundhed og Velfærd
Afdeling for Jordbrugssystemer
Afdeling for Plantevækst og Jord

Afdeling for Markdrift
Afdeling for Stalldrift
Afdeling for Analytisk kemi
Informationsenhed
IT-funktion
Biblioteksfunktion
International Enhed

DJF Årslev

Kirstinebjergvej 10, 5792 Årslev
Tlf. 63 90 43 43. Fax 63 90 43 90

Afdeling for Prydplanter og
Vegetabilske Fødevarer

DJF Flakkebjerg

Flakkebjerg, 4200 Slagelse
Tlf. 58 11 33 00. Fax 58 11 33 01

Afdeling for Plantebiologi
Afdeling for Plantebeskyttelse
Afdeling for Infrastruktur

DJF Bygholm

Schüttesvej 17, 8700 Horsens
Tlf. 76 29 60 00. Fax 76 29 61 00

Afdeling for Jordbrugsteknik
Driftsfunktion

ISSN 1397-9884

Enheder på andre lokaliteter

Afdeling for Sortsafprøvning
Teglværksvej 10, Tystofte
4239 Skælskør
Tlf. 58 16 06 00. Fax 58 16 06 06

Askov Forsøgsstation
Vejenevej 55, 6600 Vejen
Tlf. 75 36 02 77. Fax 75 36 62 77

Bioteknologigruppen
(Afd. f. Plantebiologi)
Thorvaldsensvej 40, 1.
1871 Frederiksberg C
Tlf. 35 28 25 88. Fax 35 28 25 89

Borris Forsøgsstation
Vestergade 46, 6900 Skjern
Tlf. 97 36 62 33. Fax 97 36 65 43

Den Økologiske Forsøgsstation
Rugballegård
Postboks 536, 8700 Horsens
Tlf. 75 60 22 11. Fax 75 62 48 80

Foulumgård, Postboks 50
8830 Tjele
Tlf. 89 99 19 00. Fax 89 99 19 19

Jyndevad Forsøgsstation
Flensborgvej 22, 6360 Tinglev
Tlf. 74 64 83 16. Fax 74 64 84 89

Rønhave Forsøgsstation
Hestehave 20, 6400 Sønderborg
Tlf. 74 42 38 97. Fax 74 42 38 94

Silstrup Forsøgsstation
Højmarken 12, 7700 Thisted
Tlf. 97 92 15 88. Fax 97 91 16 96

Tylstrup Forsøgsstation
Forsøgsvej 30, 9382 Tylstrup
Tlf. 98 26 13 99. Fax 98 26 02 11