

Handelsgjødning og produktkvalitet

Ragnar Bærug, Institutt for jordfag, NLH.

Foredrag ved Landbruksveka i Trondheim 15.3.88.

Handelsgjødning har i løpet av de siste 30-40 år blitt et viktig produksjonsmiddel i norsk jordbruk. Ulike typer av handelsgjødning har vært i bruk i Norge i over 100 år, men det var i perioden etter 1950 at forbruket for alvor økte. Mengdene nådde et maksimum i 1980. Seinere har nitrogenforbruket stabilisert seg, med en del svingninger, mens K- og P-forbruket har gått ned med henholdsvis 14 og 25%.

Sterk økning av avlingene og bedre økonomi har vært de viktigste årsaker til utviklingen av gjødselforbruket. Interessen for virkningen av handelsgjødning på kvaliteten av fôr og mat har ikke vært like sterk. Det kan likevel vises til omfattende forskning med sikte på å belyse virkning av handelsgjødning på produktkvaliteten. Dette gjelder blant annet innholdet av protein, mineraler, $\text{NO}_3\text{-N}$ og trevler i fôr, og $\text{NO}_3\text{-N}$, aminosyrer og mineraler i mat. I noen tilfeller er gjødslingsforsøk kombinert med fôringsforskning og helseundersøkelser.

Produktkvalitet innbefatter en rekke enkeltstoffer, og *sumvirkningene av disse på smak, ytelse og helsetilstand*. Landbruksforskningen kan bare dekke en del av dette omfattende forskningsområde. I det følgende skal vi først se litt nærmere på kvalitetsfaktorer og kvalitetsbegrepet, og seinere drøfte virkningen av gjødsling på en del viktige kvalitetsegenskaper.

Produktenes kvalitetsegenskaper

Vi kan skille mellom «ytre» og «indre» kvalitetsegenskaper. De «ytre» egenskaper er blant andre form, farge, lukt, smak, konsistens, sprøhet, saftighet og fasthet. Disse har betydning for produktframstilling, appetitt og salg (økonomi).

De «indre» kvalitetsegenskaper har betydning for ernæring og helse, i tillegg til produktutbytte og økonomi. Til disse egenskaper hører protein, aminosyresammensetning, nitrat-, stivelse, mineraler og vitaminer.

Endringer i en kvalitetsegenskap kan ha liten eller ingen betydning for verdien til en vare, men den kan, som den andre ytterlighet, bestemme om varen er brukbar som fôr eller mat.

Enkelte definisjoner på kvalitet:

Biologisk verdi av N:

Prosentandel av absorbert N i mat/fôr som ikke skilles ut i urinen.

Kjemisk skåre – protein:

Aminosyresammensetningen i en vare sammenlignet med aminosyresammensetningen i eggprotein, evt. i standard laget av FAO.

Definisjon av Schuphan:

Biologisk verdi omfatter den ernæringsmessige verdi av matplanter, smakeligheten og de langsiktige virkninger på menneskets helsetilstand.

Emosjonell kvalitet

Har helsemessige aspekter. Påvirkes av opplysninger om innhold og skadevirkninger, og av reklame med tanke på kvalitet.

Interessen for matvarens kvalitet er idag stor. Dette har kanskje mest sammenheng med at enkelte sykdommer påvirkes av kosthold og leveste. Særlig i søkelyset er rester av plantevernmidler, men innholdet av tungmetaller, aluminium og nitrat har også vært gjenstand for oppmerksomhet fra konsumentene de seinere tiår. Handelsgjødsel gir liten tilførsel av de fleste av de nevnte stoffer, bortsett fra nitrat og litt kadmium i fosforholdig gjødsel. Gjødsling har likevel virkninger i form av økt nitrat- og proteininnhold og i endret mineral- og aminosyresammensetning. I det følgende blir virkninger av gjødsling på en del viktige kvalitetsegenskaper drøftet, med basis i resultater fra forsøk i vårt – og andre land.

Proteininnhold og aminosyresammensetning

Innholdet av protein er et vesentlig mål på produktkvaliteten fordi det er en uunnværlig bestanddel av mat og fôr, og fordi det trengs i ganske store mengder.

I vårt land er ikke proteinforsyningen noe stort problem i dag. Et stort forbruk av melkeprodukter, kjøtt og fisk bevirker at vår matrasjon ofte har overskudd av protein. I land med lite innslag av slike matvarer, vil proteininnholdet i planteprodukter brukt som mat, være langt viktigere.

I husdyrbruket har det også vært lett å kompensere et proteinunderskudd i grovføret med proteinrikt kraftfôr. Det har likevel blitt lagt stor vekt på å produsere et proteinrikt grovfôr.

Det er klarlagt i omfattende forsøk her i landet at det ved bruk av tilstrekkelig nitrogen gjødsling, kombinert med tidlig høsting, er mulig å produsere et grovfôr av gras med høyt innhold av protein. På basis av et materiale som omfatter 17 forsøksserier har Baadshaug (1974) funnet at råproteinprosenten i gras var lite påvirket av en økning i nitrogenmengder fra 0 til 5-10 kg. Deretter steg imidlertid proteinprosenten nær rettlinjert for tilførsel av mengder opp til 30-40 kg N/daa. I et gjødslingsforsøk på Østlandet med 3 gangers slått på silostadiet fant Bærug (1977) nær rettlinjert økning av prosent råprotein og råproteinavling ved økning av nitrogenmengden fra 12 til 36 kg/daa. Kurven for tørrstoffavling hadde et mer krumlinjert forløp og stigningen avtok markert ved nitrogenmengder over 24 kg/daa. Lignende resultater er rapportert av Kemp (1982) fra nederlandske forsøk, der nitrogenmengden ble økt trinnvis fra 0 til 50 kg/daa.

Resultatene har entydig vist at det er mulig gjennom nitrogen gjødsling å øke proteinkonsentrasjon og proteinavling ved grasdyrking en god del ut over den nitrogenmengde som er optimal for produksjon av tørrstoff. Fordøyeligheten av proteinet blir også bedret av økende nitrogenmengde (Baadshaug, 1974). Et viktig spørsmål ved gjødselplanlegging for graseng blir derfor om det er behov for en høyere proteinkonsentrasjon enn den en oppnår ved optimal gjødsling for tørrstoffavlingen. Kemp (1982) fant at beitegras, etter gjødsling med 20 kg N/år hadde et høyere innhold av råprotein enn det som kreves av melkeku ved en årsproduksjon på 6000 kg.

Proteinmengder i korn og potet er normalt av størrelsesorden hhv. 40-50 og 50-70 kg/daa. Også for korn og potet

er det mulig å øke proteinmengden betydelig ved nitrogen gjødsling.

Proteinet er bygd opp av ca. 20 aminosyrer, hvorav 8-10 er livsnødvendige (essensielle) for mennesker og ikke drøvtyggende dyr. Det er påvist at nitrogen gjødsling senker det relative innhold av de livsnødvendige aminosyrer litt, men samtidig bedrer fordøyeligheten av proteinet. Nedgang i biologisk verdi etter nitrogen gjødsling er påvist blant annet for kornartene og potet. Ifølge Ufer (1974) er det i korn særlig aminosyrene lysin, tryptofan og metionin som blir redsert av nitrogen gjødsling. I en forsøksserie her i landet ble det funnet at i potet ble det relative innholdet av alle essensielle aminosyrer unntatt metionin satt ned av nitrogen gjødsling: (Bærug m.fl. 1979). Metionin og cystein er ofte funnet å være de mest begrensende i potetprotein.

Mengden av frie aminosyrer i potet øker sterkt med nitrogen gjødselmengden. Det er uklart om dette har noen kvalitetsmessig betydning.

Mengden av alle aminosyrer regnet pr. kg tørr eller frisk vare øker betydelig med nitrogenmengden. Det er derfor rimelig å regne med at planteproduktene verdi som proteinkilde vil være større ved sterk enn ved svak nitrogenforsyning, trass i en viss negativ effekt av nitrogen på proteinkvaliteten.

Nitrat i plantemateriale

Nitrogen blir for en stor del tatt opp av plantene som nitrat. I plantene blir nitrattet redusert til ammoniakk, og deretter bygd inn i amider og aminosyrer. Der som opptaket av nitrat går raskere enn assimilasjonen, vil resultatet være en forbigående opphopning av nitrat i plantevevet. Årsaken til dette er ofte unødvendig nitrogenforsyning, eller at syntesen

av næringsemner i planten foregår langsomt på grunn av vannmangel, dårlige lysforhold eller mangel på andre plantenæringsstoffer.

Opphopning av nitrat i plantene er uheldig fra et kvalitetsmessig synspunkt, dersom innholdet kommer over et visst nivå. Skaden består i at nitrat i magesekken kan bli redusert til nitritt, som blir tatt opp i blodet, og der kan forårsake at hemoglobinet blir omdannet til methemoglobin. Transporten av oksygen rundt i kroppen skjer ved hjelp av hemoglobinet. Kemp (1982) har funnet at svake sykdomssymptomer kan ventes dersom 3% av hemoglobinet er omdannet til methemoglobin. Er mer enn halvparten av hemoglobinet omdannet vil dyret ha små muligheter til å overleve. Kemp (1982) angir at for å holde methemoglobinandelen i blodet under 2-3%, bør følgende nivåer for $\text{NO}_3\text{-N}$ i fôr ikke overskrides:

Høy og fortørket silofôr:	0,17% $\text{NO}_3\text{-N}$ i ts.
Utørket slått gras:	0,34% $\text{NO}_3\text{-N}$ i ts.
Beitet gras:	0,45% $\text{NO}_3\text{-N}$ i ts.

Raskere frigjøring av nitrat fra tørket enn fra friskt plantemateriale og ulik inntakshastighet fra et fôrmiddel til et annet er angitt som årsaker til at toleransenivåene varierer så sterkt.

Resultater fra forsøk her i landet har vist at nitratinholdet i gras høstet på silostadiet oftest ligger under 0,15% $\text{NO}_3\text{-N}$ etter tilførsel av 24 kg N, med fordeling 10 + 7 + 7 på tre gjødslinger (Bærug, 1977).

I forsøk med stigende mengder husdyrgjødsel til graseng fant Tveitnes (1979) innhold av $\text{NO}_3\text{-N}$ under 0,10% ved mengder opp til 10 tonn, men til dels sterk økning der det ble brukt større mengder.

Variable fuktighetsforhold kan føre til økt nitratinnhold. Torp og Bærug (1979) fant at nitratinnholdet økte betydelig når det etter en lengre tørkeperiode kom tilstrekkelig nedbør. I samme forsøk hadde bladfaks vesentlig høyere nitratinnhold enn hundegras, engsvingel og timotei ved ujevn vanntilgang, mens forskjellene mellom grasartene var små ved jevnere vannforsyning.

Grønnsfôrvekstene høstes ofte på et tidlig utviklingsstadium, og har vist seg å være følsomme for nitrogen gjødsling. Det er dokumentert av blant andre Skaland og Østgård (1969) at raps, grønnsfôrnepe og raigras kan ha et høyt innhold av nitrat. I en nylig avsluttet forsøksserie med ulike mengder og fordeling av nitrogen til grønnsfôrvekster er det konkludert med at antall prøver med høyt innhold av $\text{NO}_3\text{-N}$ har vært lite etter gjødsling med 10 kg N, og heller ikke stort ved 20 kg N. Sterkere gjødsling har økt antall prøver med høyt nitratinnhold markert. Nitratinnholdet varierte en del fra vekst til vekst. Høyest innhold hadde raigras, fulgt av grønnsfôrnepe (blad og rot), fôr-raps og kålrotblad. Fôrmargkål hadde noe lavere innhold, og aller minst $\text{NO}_3\text{-N}$ ble funnet i røtter av kålrot. Innholdet kom her sjelden over 0,10% $\text{NO}_3\text{-N}$, selv ved svært sterk gjødsling (Bærug, 1983).

Grønnsakvekster har eksempler på både nitratfattige og nitratrike arter. Middels eller lavt innhold er funnet i erter, bønner og gulrot. Mer varierende er nitratinnholdet i ulike kålslag. Følsomme for nitratgjødsling er blant andre spinat, reddik, salat og rødbete.

Potetknoller hører, sammen med korn, til de mest nitratfattige planteprodukter. Gislason (1982) konstaterte en viss økning i nitratinnholdet som følge av stigende nitrogen gjødsling. Sammen-

lignet med innholdet i nitratrike vekster er likevel innholdet i potet svært beskjedent, selv ved sterk nitrogen gjødsling.

Høyt nitratinnhold kan under uheldige forhold føre til akutte toksiske virkninger hos barn under ca. 3 måneder. Det er derfor i enkelte land satt grenser for maksimalt tillatt nitratinnhold i produkter brukt til spebarnsmat. Voksne mennesker skal derimot være lite utsatt for slike skader. Mindre klarlagt er eventuelle langsiktige virkninger av nitrat i mat og fôr. Det er kjent at nitritt kan reagere med aminer og amider til nitrosoforbindelse, og at enkelte av disse kan være årsak til kreft. Det er derfor grunn til å anbefale en gjødslingspraksis som gjør at en unngår unødvendig høyt nitratinnhold i fôr og mat. Det forhold at slik gjødsling som regel heller ikke svarer seg økonomisk, skulle være et ytterligere argument for ikke å overdosere med nitrogen gjødsel.

Mineraler i fôr og mat

En rekke mineraler er nødvendige for plantenes vekst, og flere av disse, som P, K, Ca, Mg, Na og Cu er også nødvendige for dyr. Moderat underskudd i fôrrasjonen kan resultere i nedsatt trivsel og ytelse, mens sterk mangel kan medføre helseskader og i verste fall død.

Innholdet av mineraler i plantematerialet samsvarer altså ikke alltid med dyrenes behov. Mens det normalt er mer enn nok av K, vil det i hvert fall for enkelte produksjoner ofte bli for lite av P, Ca, Mg og Na. Inneholder plantene svært mye av et mineral i forhold til de andre, sier vi at planten har ubalansert eller skjev mineralsammensetning. Dette merkes sjelden på planteveksten, men kan være uheldig fôringsmessig. Et større underskudd av Mg kan f.eks. føre til beitekrampe, en akutt sjukdom som

har krevd mange liv av storfe og sau.

Mineralinnholdet i plantemateriale varierer sterkt. Det er normalt høyest i unge planter, og kan økes betydelig ved gjødsling. Størst er variasjonen for K, men den er heller ikke liten for Ca, Mg, Na og P. På grunn av konkurranse under opptak (antagonisme) kan rikelig K-forsyning redusere innholdet av andre

kationer betydelig. Som eksempel på innflytelse av ulike faktorer på prosentinnholdet av et kation gjengis en oversikt som viser Mg-innholdet i gras etter ulik gjødsling og ved forskjellig høstetid (Bærug, 1977). Tallene gjelder timotei, engsvingel og hundegras, og er middel for ca. 350 prøver.

Stoff/ høstetid	K				N			Mg		Høstetid		
Kg/daa	0	7,5	15	22,5	12	24	36	0	5	1.	2.	3.
% Mg i ts.	0,21	0,19	0,17	0,16	0,17	0,18	0,19	0,18	0,20	0,14	0,19	0,21

Kaliumgjødsling og høstetid har hatt større virkning på innholdet av magnesium enn gjødsling med magnesium. Virkningen av magnesiumgjødsling på innholdet i plantene vil avhenge av plantarten. Følgende tall fra en større serie

med magnesiumgjødsling til ulike vekster viser innhold uten og med tilførsel av magnesium (Bærug, 1981).

Tallene angir prosent magnesium i tørrstoffet.

Vekst	Timotei	Potet	Raigras	Bygg	Kålrot	Kålrot- blad	Rød- kløver
Ugjødset	0,08	0,09	0,10	0,12	0,14	0,16	0,21
200 kg dolomitt/daa	+0,03	+0,02	+0,04	0,00	+0,02	+0,06	+0,13

Det vil ikke være plass for tilsvarende drøfting av alle aktuelle mineralstoffer. I prinsippet vil mange forhold være nokså like for magnesium og de øvrige mineraler, bortsett fra ofte vesentlig større forskjeller i innhold, målt i prosentenheter.

Valg av vekst eller høstetid kan i noen tilfeller være et virkningsfullt middel til å påvirke mineralinnholdet. Men det mest aktuelle middel til å endre innholdet i ønsket retning er å velge hensiktsmessig mengde og sammensetning av

gjødsel. Kunnskaper om jord, og bruk av kjemiske jordanalyser, eventuelt supplert med kjemiske analyser av plantene, vil være nyttige hjelpemidler ved et slikt valg.

I husdyrnæringen brukes i stor utstrekning tilskudd av mineralnæring for å dekke underskudd i fôret. Det kan være vanskelig å unngå dette. Det bør likevel være et mål at sammensetningen av mineraler og andre stoffer i fôr og mat ligger så nær opp til behovet hos dyr og mennesker som mulig.

Sammenfatning

Fordi plantene inneholder mange stoffer av betydning for ernæringen, og fordi en rekke faktorer virker inn på innholdet av disse stoffene, kan det være vanskelig å trekke sikre slutninger om forholdet mellom gjødslingsintensitet og kvalitet av avlingen. Finck (1979) har likevel gjort et forsøk på å finne generelle sammenhenger, og har utformet følgende konklusjoner:

1. Forbedring av næringsforsyningen fra mangel til optimum betyr oftest også bedre kvalitet.
2. Øket næringsforsyning innen optimalområdet gir oftest ingen, men av og til svakt positiv virkning.
3. Økning av næringsforsyningen fra optimum til luksusforbruk kan føre til kvalitetsnedgang, men må ikke nødvendigvis gjøre det.
4. Ekstrem økning av næringsforsyningen, slik at skader oppstår p.g.a. giftvirkning, betyr entydig nedsatt kvalitet.

Konklusjonene til Finck samsvarer i hovedsak med resultatene fra kvalitet-sundersøkelser her i landet. Det er klart vist at gjødsling kan ha både positive og negative følger for produktenes kvalitet. Det er et viktig poeng at optimal gjødsling med hensyn til avling og økonomi oftest også gir bedre produktkvalitet. Eksempler på dette er økt karotin- og proteininnhold ved stigende N-gjødsling, og større innhold av viktige mineraler, som Ca, P og Mg ved bedret næringsforsyning.

Med sterkere gjødsling vil flere og flere dyrkere nærme seg grensen for luksusforbruk av plantenæring. I vårt land hvor veksttiden generelt er kort, vil skadevirkningen av overdosering trolig være større enn i land med varmere kli-

ma. Lavere tørrstoffinnhold, mindre smakelighet, redusert sukkerinnhold, lavere biologisk verdi av proteinet, høyt innhold av nitrat og ubalansert mineral-sammensetning, er alt mulige konsekvenser av overdosering av gjødsel eller bruk av uriktig sammensatt gjødsel.

Etter det som er drøftet foran har vi i dag ganske bra kjennskap til virkningen av handelsgjødsel på en rekke kvalitetsegenskaper. For formidler kan vi støtte oss til både kjemiske avlingsanalyser og fôringsforsøk.

Minst kjent er eventuelle langsiktige virkninger av matvarene på menneskets helsetilstand. Miljø og ernæring er i søkelyset når det gjelder en del sykdommer, og det synes fortsatt å være uavklarte spørsmål her. For landbruket bør det være et viktig mål å holde innholdet av nitrat, tungmetaller og andre uønskede stoffer på et lavest mulig nivå. Vi bør kanskje også se nærmere på mineral-sammensetningen for stoffer som er nødvendige i ernæringsammenheng.

Ved vurderingen av disse innfløkte problemene kan det imidlertid også være av interesse å minne om at handelsgjødsel nå har vært i bruk i mer enn 100 år, de siste 40 år i betydelige mengder. I samme periode har den gjennomsnittlige levealder steget sterkt. Dette forteller ikke alt om årsakssammenhenger gjødsling – produktkvalitet – helse, men er likevel et faktum som må kunne tillegges atskillig vekt.

Sett i sammenheng er det grunnlag for å konkludere med at vi i dag gjennomgående produserer fôr og mat av høy ernæringsmessig kvalitet i Norge. Vi skulle ha gode muligheter for å være i en slik situasjon også i kommende tider dersom vi skåner våre jordbruksarealer for tilførsel av skadelige stoffer, gjødsler balansert og moderat, og reduserer tapene av matjord til et minimum.

Litteratur

- Baadshaug, O. H.* 1974. Eng og beitedyrking IV. Forelesninger, NLH. 124 s.
- Bærug, R.* 1977. Nitrogen, kalium, magnesium og svovel til eng på Sør-Østlandet. II. Kjemiske analyser av avlingen. *Forsk.fors.landbr.* 28, 549–574.
- Bærug, R., L. Roer and T. Tjørnholm* 1979. Amino acid composition of potato tubers as influenced by nitrogen and potassium fertilization, year, location and variety. *Meld. Norg. Landbr.høgsk.* 58, 1–24.
- Bærug, R.* 1981. Magnesiumgjødning til jordbruksvekster. *Forsk. fors.landbr.* 32, 45–53.
- Bærug, R.* 1983. Nitrat- og proteininnhold i grønnfôrvekster. *Forsk.fors.landbr.* 34, 189–196.
- Finck, A.* 1978. *Dünger und Düngung.* Verlag Chemie, Weinheim. 442 s.
- Gislason, J.* 1982. Faktorer som påvirker nitrat/nitritt-innholdet i vegetabilier og nitratets betydning for personbelastningen av nitritt. Hovedoppgave, Univ. i Oslo, 95 s.
- Kemp, A.* 1982. The importance of the chemical composition of forage for optimizing animal production. IPL Symposium, Goslar 1982. 71–92.
- Skaland, N. og O. Østgård,* 1969. Dyrkingsforsøk med grønnfôrvekster 1962–1965. *Forsk.fors.landbr.* 20, 107–138.
- Torp, H. Ø. og R. Bærug* 1979. Nitratinnholdet i gras ved stigende nitrogen gjødning. *Jord og Myr* 3, 43–52.
- Tveitnes, S.* 1979. Store husdyrgjødselmengder pr. arealeining til grønnfôrvekster og eng. *Meld. Norg. Landbr.høgsk.* 58, 1–28.
- Ufer, M.* 1974. The influence of fertilizers on the quality of cereals, Bibliography, FAO, Agri/Sem. 4/R1.