

Rundvee

PraktijkRapport Rundvee 16

Effecten van snijmaïstypen, oogsttijdstip en oogstmethode op kwaliteit, conservering en dierprestatie



Oktober 2002





Colofon

Uitgever

Praktijkonderzoek Veehouderij
Postbus 2176, 8203 AD Lelystad
Telefoon 0320 - 293 211
Fax 0320 - 241 584
E-mail info@pv.agro.nl
Internet <http://www.pv.wageningen-ur.nl>

Redactie en fotografie

Praktijkonderzoek Veehouderij

© Praktijkonderzoek Veehouderij

Het is verboden zonder schriftelijke toestemming van de uitgever deze uitgave of delen van deze uitgave te kopiëren, te vermenigvuldigen, digitaal om te zetten of op een andere wijze beschikbaar te stellen.

Aansprakelijkheid

Het Praktijkonderzoek Veehouderij aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen

Bestellen

ISSN 0169-3689
Eerste druk 2002/oplage 100
Prijs € 17,50

Losse nummers zijn schriftelijk, telefonisch, per E-mail of via de website te bestellen bij de uitgever.

Referaat

ISSN 0169-3689

Schooten, H.A. van (Praktijkonderzoek Veehouderij; PV), G. van Duinkerken (PV), J. Groten (PPO) en R.L.G. Zom (PV)

Effecten van snijmaïstypen, oogsttijdstip en oogstmethode op kwaliteit, conservering en dierprestatie

PV-PraktijkRapport Rundvee 16

41 pagina's, 6 figuren, 4 tabellen

Omschrijving

Snijmaïs is al jarenlang een belangrijk voedergras in Nederland. Jaarlijks wordt er meer dan 200.000 hectare geteeld. Ontwikkelingen in de maïsveredeling hebben geleid tot een grote heterogeniteit in snijmaïstypen die voor uiteenlopende gebruiksdoelen en -situaties geschikt zijn. Adviezen met betrekking tot de teelt, oogst, conservering en voeding van snijmaïs houden onvoldoende rekening met de variatie in snijmaïstypen.

Het rapport beschrijft de resultaten van een literatuurstudie waarin de interactie tussen snijmaïstypen, oogsttijdstip, conservering, voeding en dierprestatie is onderzocht. Tevens geeft het een overzicht van resterende onderzoeksvragen en -aanbevelingen.

Trefwoorden

Snijmaïs, oogsttijdstip, kwaliteit, conservering,



PRAKTIJKONDERZOEK
VEEHOUDERIJ



PRAKTIJKONDERZOEK
PLANT & OMGEVING

PraktijkRapport Rundvee 16

Effecten van snijmaïstypen, oogsttijdstip en oogstmethode op kwaliteit, conservering en dierprestatie

Literatuurstudie snijmaïs

Effects of silage maize types, harvesting time and harvesting method on quality, conservation and animal performance; study literature of silage maize

H.A. van Schooten (PV)
G. van Duinkerken (PV)
J.A.M. Groten (PPO)
R.L.G. ZOM (PV)

Oktober 2002

Voorwoord

Snijmaïs is naast gras het belangrijkste voedergewas voor de rundveehouderij. In Nederland wordt jaarlijks meer dan 200.000 hectare snijmaïs geteeld. Ontwikkelingen in de maïsveredeling hebben geleid tot een grote heterogeniteit in snijmaïstypen die voor uiteenlopende gebruiksdoelen en -situaties geschikt zijn. De adviezen met betrekking tot de teelt, oogst, conservering en voeding van snijmaïs zijn gebaseerd op onderzoek met “oude” rassen en zijn daardoor niet gedifferentieerd naar de verschillen in type snijmaïs. Vragen uit de praktijk wekken de indruk dat deze verschillen in type wel invloed hebben op de wijze van teelt, oogst, conservering en voeding.

Om hierin meer inzicht te verkrijgen hebben het Praktijkonderzoek Veehouderij (PV) en Praktijkonderzoek Plant en Omgeving (PPO) in 2002 een literatuurstudie uitgevoerd naar de interactie tussen snijmaïstype, oogsttijdstip, conservering, voeding en dierprestatie. De deskstudie is uitgevoerd in opdracht van het Productschap Zuivel en dient als basis voor besluitvorming over experimenteel vervolgonderzoek met snijmaïs.

De auteurs van dit rapport willen wij graag bedanken voor het opgeleverde product. Het geeft een goed overzicht van de vragen die aan de orde zijn bij gebruik van uiteenlopende snijmaïstypen. Naast de auteurs hebben mevrouw Agnes van den Pol – van Dasselaar (PV) en de heer Lubbert van den Brink (PPO) een bijdrage geleverd aan het rapport. Ook hen willen we graag bedanken.

Dit rapport speelt een belangrijke rol bij de verdere besluitvorming rondom onderzoek aan snijmaïs. Gezien het belang van snijmaïs als voedergewas voor rundvee zijn antwoorden op de vragen die in dit rapport staan nodig om ook in de toekomst veehouders te kunnen ondersteunen bij een verantwoorde keuze uit het grote aantal rastypen.

F. Mandersloot
Hoofd Rundvee, Schapen, Paarden en Geiten (PV Lelystad)

C.L.M. de Visser
Teamleider Teelt, Nutriënten en Water (PPO Lelystad)

Samenvatting

Inleiding

In Nederland wordt al een aantal jaren meer dan 200.000 hectare snijmaïs geteeld, vooral vanwege de hoge voederwaarde, hoge opbrengst en oogstzekerheid. Snijmaïs bevat relatief veel zetmeel en is eiwitarm.

De veredeling in Nederland was voor 1985 vooral gericht op verbetering van de opbrengst en de oogstzekerheid. Dit resulteerde in vroegere rassen. Doordat maïsveredelaars verschillende richtingen kozen om dit te bewerkstelligen ontstonden er verschillende rastypen. Het ene type bereikt een bepaald gehalte aan droge stof (ds) door een rijpe harde korrel en een groen gewas terwijl het andere type hetzelfde ds-gehalte bereikt door een minder rijpe korrel en een meer afgestorven gewas.

Eind jaren tachtig begon de veredeling zich meer te richten op verhoging van de voederwaarde. Hierin zijn twee sporen te onderscheiden, namelijk verhoging van het zetmeelgehalte en van de celwandverteerbaarheid.

Deze ontwikkelingen hebben geleid tot een grote heterogeniteit in rastypen. Deze variatie heeft met name betrekking op de factoren vroegheid (zeer vroeg \leftrightarrow middenvroeg), afrijping (harde korrel bij groene plant \leftrightarrow zachtere korrel bij afgerijpte plant) en soort energie (veel zetmeel \leftrightarrow veel verteerbare celwanden).

Ten aanzien van het gebruik en de benutting van snijmaïs moet een veehouder keuzes maken op diverse beslismomenten zoals: gewaskeuze, snijmaïsaandeel in het rantsoen, rastype, oogsttijdstip, haksellengte en eventueel toevoegmiddel. Huidige adviezen met betrekking tot teelt, oogst, conservering en voeding van snijmaïs houden onvoldoende rekening met verschillen in type snijmaïs. Complicerende factor is bovendien dat rastypen worden onderscheiden op basis van metingen aan verse snijmaïs, terwijl in de praktijk vrijwel uitsluitend ingekuilde snijmaïs wordt gevoerd.

Middels een literatuurstudie is getracht om de samenhang tussen snijmaïstype, oogsttijdstip, kwaliteit, conservering en dierprestatie zo goed mogelijk in kaart te brengen. Bij de interpretatie van de conclusies is enige voorzichtigheid geboden. Daar waar het om buitenlandse gegevens gaat kunnen klimaat en analysemethode afwijkend zijn. De Nederlandse gegevens waren relatief oud.

Kwaliteit

De totale energiewaarde van snijmaïs geeft onvoldoende informatie over de uiteindelijke voederwaarde voor het dier. Daarvoor is ook de opbouw van de energiewaarde nodig. De energiewaarde van de droge stof wordt bepaald door het aandeel van de diverse componenten en door de verteerbaarheid van de componenten. Wat betreft het aandeel doen de grootste rasverschillen zich voor in zetmeel-, suiker- en celwandgehalte. Wat de verteerbaarheid betreft zijn de rasverschillen in celwandverteerbaarheid het grootst.

Het oogsttijdstip heeft invloed op de samenstelling van de droge stof. Na de bloei neemt het zetmeelgehalte toe en het suiker- en celwandgehalte af. De invloed van het oogsttijdstip op de celwandverteerbaarheid lijkt vrij gering, maar is niet uit te sluiten. Onder Nederlandse omstandigheden lijkt de celwandverteerbaarheid in het oogsttraject vrij constant tot licht afnemend. Zetmeel is in potentie altijd voor 100 % verteerbaar. Naarmate de maïs rijper wordt neemt de bestendigheid toe. Echter, de mate waarin en de rasverschillen zijn onduidelijk.

Op basis van oud onderzoek blijkt dat de energiewaarde in het oogsttraject van 23 – 35 % droge stof gelijk blijft. Met betrekking tot de energiewaarde van de gehele plant van het huidige snijmaïstypen sortiment kan niet eenduidig worden aangegeven of er een interactie is tussen snijmaïstype en oogsttijdstip.

De rasvolgorde in zetmeelgehalte is wel afhankelijk van het oogsttijdstip. Als de rasvolgorde in totale energie gelijk blijft dan is de verwachting die hieruit volgt dat de rasvolgorde in celwandverteerbaarheid ook verandert in dit droge stof traject. De meeste literatuur geeft echter aan dat de rasvolgorde in celwandverteerbaarheid gelijk blijft. Hier is een discrepantie.

Op basis van de afrijping van de stengel en het blad zijn twee extreme rastypen te onderscheiden, “dry-down” en “stay-green”. Hier spelen de eigenschappen van flint- en dentlijnen doorheen. “Stay-green”-rassen zijn niet per definitie beter verteerbaar dan “dry-down”-rassen. Het verschil in afrijpingspatroon heeft geen effect op de rasvolgorde in energiewaarde van de plant. Over verschillen in ontwikkeling van de celwandverteerbaarheid van de te onderscheiden typen is niets bekend.

Conservering

De beschikbare gegevens over inkuilverliezen zijn vrij oud. Er zijn geen recente gegevens die de verschillen tussen de extreme rastypen van het huidige rassensortiment weergeven. Een onderdeel van de inkuilverliezen zijn de perssapverliezen. Het lijkt erop dat het ds-gehalte bij inkuilen minimaal 33 % moet zijn om perssapverliezen te voorkomen. Er zijn aanwijzingen gevonden dat er verschillen zijn tussen rastypen wat betreft hoeveelheid perssap en het kritieke ds-gehalte waarbij perssap voorkomt. Ook hiervan zijn geen gegevens bekend die verschillen tussen de huidige extreme rastypen weergeven. De algemene aanname dat de broeigevoeligheid toeneemt naarmate de maïs later wordt geoogst kon niet worden onderbouwd met onderzoeksgegevens.

Over het effect van haksellengte op de inkuilverliezen is nauwelijks iets bekend. Het lijkt erop dat haksellengte bij natte maïs wel effect heeft op de hoeveelheid perssap. Kortere hakselen gaf bij natte maïs meer perssap. Het is daarom waarschijnlijk dat haksellengte ook effect heeft op het kritieke ds-gehalte waarbij perssap vrijkomt. Het effect van de korrelkneuzer op de inkuilverliezen was niet éénduidig. Het gebruik van een korrelkneuzer lijkt een positief effect te hebben op de broeigevoeligheid.

Toevoegmiddelen hebben over het algemeen nauwelijks effect op de conservering van snijmaïs. Broeibestrijdingsmiddelen op basis van propionzuur hebben over het algemeen een duidelijk effect. In mindere mate kan ook door toevoeging van bacteriemengsels broei worden verminderd. In alle gevallen geldt dat broei wel kan worden uitgesteld, maar niet kan worden voorkomen.

De toevoeging van ureum aan maïs heeft over het algemeen geen nadelige gevolgen voor de conservering. Het melkzuurgehalte is meestal wat hoger. Dit kan een positieve invloed hebben op de broeigevoeligheid. Niet bekend is in hoeverre de toevoeging van ureum tot ontsluiting van de celwanden leidt.

Dierprestatie

Er blijken duidelijke verschillen tussen snijmaïstypen te bestaan voor wat betreft de in situ afbreekbaarheid van celwanden en zetmeel. Voor wat betreft effecten op dierprestatie (voeropname en melkproductie) is daar nog weinig onderzoek naar gedaan. In een beperkt aantal vergelijkende proeven konden geen verschillen worden aangetoond tussen verschillende typen snijmaïs vanwege een te gering contrast in de samenstelling (NDF, celwandgehalte, zetmeelgehalte) tussen de onderzochte snijmaïstypen. Naast de verschillen in de afbreekbaarheid van zetmeel bestaan er ook verschillen in de verandering van de zetmeelafbreekbaarheid gedurende de afrijping tussen verschillende snijmaïstypen. Helaas is er nog geen onderzoek gepubliceerd waarin de effecten van verandering van zetmeelverteerbaarheid op de dierprestatie is beschreven of is vastgesteld wat het optimale oogsttijdstip is in relatie tot de zetmeelafbreekbaarheid en de dierprestaties.

Er is geen onderzoek gepubliceerd waarin de effecten van de huidige contrasterende afrijpingstypen (stay-green versus dry-down) en vroegheid (zeer vroeg versus middenvroeg) op dierprestaties met elkaar zijn vergeleken.

Het onderzoek naar de relatie tussen oogsttijdstip (afrijpingsstadium), voeropname en melkproductie is met name gericht op vergelijkingen binnen maïsrassen of over een reeks van rassen zonder dat deze nader zijn gespecificeerd. De onderzochte afrijpingstrajecten liggen globaal tussen de 25 en 40 % droge stof. Naarmate het gewas verder is afgerijpt neemt het zetmeelgehalte toe. De totale zetmeelafbraak in de pens en darm neemt eveneens toe, terwijl de zetmeelafbraaksnelheid en de zetmeelverteerbaarheid afneemt.

Er is geen onderzoek gevonden naar optimalisatie van het oogsttijdstip in relatie tot het afrijpingstype. Er bestaan rasafhankelijke verschillen in de veranderingen in verteerbaarheid van zetmeel en de celwanden gedurende de afrijping. Daarom is het mogelijk dat het optimale oogsttijdstip kan verschillen tussen afrijpingstypen. Tevens is in het tot op heden gepubliceerde onderzoek geen aandacht besteed aan het optimale drogestofgehalte bij de oogst in relatie tot het aandeel snijmaïs in het rantsoen. Bij een hoog zetmeel aanbod is de verteerbaarheid van het zetmeel lager. Naarmate een gewas verder is afgerijpt neemt het zetmeelgehalte en dus ook de zetmeelopname toe. Mogelijk ligt het optimale oogsttijdstip bij rantsoenen met een hoog aandeel snijmaïs daarom eerder, dus bij een lager zetmeelgehalte in de plant.

Het effect van haksellengte op kauwactiviteit is niet eenduidig. Een grotere haksellengte of grover hakselen van snijmaïs kan soms leiden tot meer kauwactiviteit per kg droge stof of per kg NDF, een langere totale kauwtijd of een verschuiving tussen de tijd die besteed wordt aan eten of herkauwen. De effecten op de totale kauwactiviteit zijn gering omdat een grotere haksellengte vaak gepaard gaat met een lagere drogestofopname. Grof hakselen heeft geen invloed op de pensfermentatie en de pH in de pens en de concentraties van vluchtige vetzuren. Er zijn daarom geen aanwijzingen dat een verhoogde kauwactiviteit zal leiden tot een grotere buffering van de pens pH en een betere pensfermentatie.

Grover hakselen leidt tot grotere voederverliezen doordat celwandrijkere delen zoals spildelen en schutbladeren makkelijker worden uitgeselecteerd. Grof hakselen leidt wel tot een hogere schijnbare verteerbaarheid van de celwandbestanddelen, echter het voordeel van een hogere celwandverteerbaarheid weegt niet op tegen de lagere verteerbaarheid van zetmeel, en de grotere verliezen van zetmeel en korreldelen in de mest.

De effecten van hakselen op de totale pens- en darmverteerbaarheid of schijnbare verteerbaarheid zijn niet eenduidig. Er zijn aanwijzingen dat de vertering van celwanden en ruwe celstof negatief wordt beïnvloed bij fijn hakselen. De verlaagde totale verteerbaarheid van NDF en ADF hangt mogelijk samen met een aantal verschillende factoren. Fijn hakselen en korrelkneuzen kan leiden tot een verhoogde zetmeelafbraak in de pens en daarmee tot ongunstige omstandigheden voor celwand afbrekende microben. Ook kan fijn hakselen en korrelkneuzen leiden tot een geringere gemiddelde deeltjesgrootte en daarmee tot een hogere passage snelheid van deeltjes uit de pens, waardoor voerdeeltjes gedurende een kortere tijd aan afbraak worden blootgesteld. Het negatieve effect heeft mogelijk een grotere impact op de totale verteerbaarheid bij gewassen met een hoog ruwe celstof gehalte (laag kolf-aandeel), bijvoorbeeld onrijpe gewassen of gewassen met kleine kolf/restplant

verhouding. Grof hakselen heeft geen positief effect op de melkproductie en melksamenstelling. Een productieverhoging is in bepaalde experimenten wel gevonden bij fijner hakselen en korrelkneuzen. Korrelkneuzen lijkt onder alle omstandigheden te leiden tot een betere verteerbaarheid van het zetmeel bij snijmaïs geoogst vanaf het deegrijpe stadium.

Onderzoeksvragen en aanbevelingen

Na de literatuurstudie omtrent de samenhang tussen snijmaïstype, oogsttijd, kwaliteit, conservering en dierprestatie bleven er nog een aantal onderzoeksvragen open staan. Deze vinden hun oorsprong vooral in de grotere diversiteit van het huidige snijmaïstypensortiment.

De literatuurstudie heeft wat kwaliteit betreft geen duidelijkheid gegeven binnen het huidige snijmaïstypensortiment gedurende het oogsttraject over het verloop van de energiewaarde van de gehele plant, samenstelling van de droge stof, celwandverteerbaarheid, bestendigheid van het zetmeel en drogestofgehalte kolf en restplant.

Wat betreft conservering zijn er vragen open blijven staan over de verschillen in inkuil- en persapverliezen tussen de huidige snijmaïstypen. Ook het effect van haksellengte op de inkuil- en persapverliezen en het effect van haksellengte en het oogsttijd op de broeigevoeligheid is niet duidelijk geworden.

Ook wat betreft dierprestaties zijn er geen gegevens gevonden over de effecten van de huidige verschillende snijmaïstypen. Daarnaast zijn onvoldoende gegevens bekend over de afbraakkinetiek van zetmeel en celwanden in de pens.

Om meer duidelijkheid te krijgen over bovenstaande vragen is het nodig dat er onderzoek wordt gedaan naar het optimale oogsttijd met een aantal uiterste snijmaïstypen. Om de eigenschappen van de verschillende snijmaïstypen meer te kunnen relateren aan het ingekuilde product en om een beter verband te kunnen leggen tussen geanalyseerde voederwaardes en werkelijke voederwaardes dienen de aspecten wat betreft kwaliteit, conservering en dierprestatie geïntegreerd te worden uitgevoerd.

Summary

Introduction

Already for a number of years more than 200,000 hectares of silage maize have been grown in the Netherlands, particularly due to the high nutritional value, high yield and certainty of harvest. Silage maize contains relatively much starch and is low in protein.

Before 1985, breeding in the Netherlands was particularly aimed at improving production and the certainty of harvest, which resulted in earlier varieties. Because maize breeders chose for different directions to realise this, different genotypes could develop. One genotype realises a particular dry matter content by a ripe hard kernel and a green crop, while another genotype realises the same dry matter content by a less ripe kernel and a more dried-off crop.

In the late 1980s breeding began to aim at increasing the nutritional value. Two different approaches can be distinguished, one aimed at an increase in starch content and one aimed at cell wall digestibility.

These developments have led to a large heterogeneity in genotypes. This variation particularly concerns the factors, earliness (very early \leftrightarrow medium early), ripening (hard kernel and green crop \leftrightarrow softer kernel and dried-off crop) and kind of energy (much starch \leftrightarrow good digestible cell walls).

As to application and utilisation of silage maize, a farmer has to make choices at various decision moments such as: choice of crop, share of silage maize in the ration, genotype, time of harvest, chop size and a possible additive. The large heterogeneity in genotypes makes these choices difficult. A complicating factor is that varieties are distinguished on the basis of measurements in fresh silage maize, while in practice it is almost only ensiled maize that is fed.

By means of a literature study it has been tried to map out the relation between genotype of silage maize, time of harvest, quality, preservation and animal performance as adequately as possible.

The conclusions should be interpreted with some care. When it concerns foreign data, climate and methods of analysis can be different. The Dutch data were relatively dated.

Quality

The total energy value of silage maize provides insufficient information about the eventual nutritional value for the animal, for which also the composition of the energy is needed. The energy value of dry matter is determined by the share of the various components and by their digestibility. As far as this share is concerned, most differences can be observed in the contents of starch, sugar and cell walls. As far as the digestibility is concerned, the genotype differences in cell wall digestibility are the largest.

The time of harvesting affects the composition of dry matter. After flowering, the content of starch increases, while the contents of sugar and cell walls decrease. The effect of the time of harvesting on the cell wall digestibility seems to be limited, but cannot be ruled out. In Dutch circumstances, the cell wall digestibility in the harvesting course seems to be constant to slightly decreasing. Starch is potentially always 100% digestible. As the maize is getting riper, the stability of the starch increases. However, the extent to which and the differences among the genotypes are not clear.

Based on dated research with old varieties it turned out that during the harvesting course, the energy value of 23-35% of dry matter remains the same. In foreign literature there are doubts about this. The order of the varieties in this dry matter course is constant, within a year as well as from year to year. The order of varieties in starch content is dependent on the time of harvesting. Expectations resulting from this are that the order of varieties in cell wall digestibility also changes in this dry matter course. Most of the literature indicates, however, that the order of varieties in cell wall digestibility remains constant, which is a discrepancy. In relation to the energy value of the entire plant of the present genotypes it cannot be clearly indicated whether there is interaction between genotype and time of harvesting. The variation in earliness of the present genotypes is larger. The effect of this large heterogeneity on the development of the energy value during the season is not clear.

On the basis of ripening of the stem and the leaves, two extreme genotypes can be distinguished, "dry-down" and "stay-green", in which the characteristics of flint and dent lines play a role. "Stay-green" genotypes are not necessarily better digestible than "dry-down" genotypes. The difference in the ripening pattern has no effect on the order of varieties in energy value of the entire plant. Nothing is known about the differences in development of the cell wall digestibility of the genotypes to be distinguished. For present genotypes of silage maize the literature study has not provided an answer to research questions about the development of the energy value of the whole plant, composition of dry matter, cell wall digestibility, stability of the starch and the dry matter content of the cob and the stover during the harvesting course.

Conservation

The data found about fermentation losses were fairly dated. No recent data are available that present the differences between the extreme genotypes of the current assortment of varieties. Part of the fermentation losses are the effluent losses. It seems that the dry matter content at ensiling has to be at least 33% to prevent these effluent losses. There have been indications that there are differences among the genotypes as to the amount of effluent and the critical dry matter content where effluent plays a role. No data are available either that represent those differences among the current extreme genotypes. The general assumption that aerobic stability increases as the maize is harvested later could not be underpinned by research data.

Hardly anything is known about the effect of chop size on the ensilage losses. It seems that a smaller chop length of wet maize does have an effect on the amount of effluent. A smaller chop size resulted in more effluent with wet maize. It is therefore likely that the chop size has also an effect on the critical dry matter content where effluent is released. The effect of the kernel crusher on the fermentation losses was not consistent. The use of a kernel crusher seems to improve the aerobic stability.

Additives have in general hardly any effect on the fermentation of silage maize. Additives to increase aerobic stability on the basis of propionic acid generally have a clear effect. To a lesser extent, heating can also be reduced by adding mixtures of bacteria. In all cases, however, heating can be postponed, but not prevented.

Adding urea to maize does not generally have unfavourable consequences for fermentation. The content of lactic acid is mostly somewhat higher, which can have a positive effect on the aerobic stability. It is not known to what extent adding urea leads to changes in cell wall degradability.

Animal performance

There are clear differences among the genotypes of silage maize as far as the in situ degradability of cell walls and starch is concerned. Not much research has been done as to the effects on animal performance (feed intake and milk production). In a small number of comparative trials, no differences could be detected among the various breeds of silage maize, due to too little a contrast (NDF, cell wall content, starch content) among the breeds of silage maize studied. Besides the differences in the degradability of starch, there are also differences in the change of the starch degradability during ripening among the various breeds of silage maize. Unfortunately, no studies have been published yet in which the effects of change in starch degradability on animal performance have been described or in which has been determined what the optimum time of harvesting is in relation to the starch degradability and animal performance.

No studies have been published in which the effects have been compared of the current contrasting ripening breeds ("stay-green" versus "dry-down") and earliness (very early versus medium early) on animal performance.

The study into the relation between the time of harvesting (ripening stage), feed intake and milk production has particularly been aimed at comparisons within maize genotypes or over a range of genotypes without these being specified in detail. The studies maturity stages are between 25% and 40% of dry matter. As the crop is ripened further, the starch content increases. The total degradability of starch in the rumen and intestine also increases, while the starch digestibility and degradation rate decrease.

No study could be found on optimising the time of harvesting in relation to the genotype. There are genotype-dependent differences in the changes in digestibility of starch and the cell walls during ripening. That is why it is possible that the optimum time of harvesting can differ among the genotypes with a different ripening characteristic. Moreover, in research having been published up to now, no attention has been paid to the optimum content of dry matter at harvesting in relation to the share of silage maize in the ration. With a large starch supply, the digestibility of the starch is lower. As a crop is ripened further, the content of starch, and thus starch intake, increases. The optimum time of harvesting may be earlier for rations with a large share of silage maize, thus with a lower content of starch in the plant.

The effect of chop size on the chewing activity is not consistent. A longer chop length can sometimes lead to more chewing activity per kg of dry matter or per kg of NDF, a longer total chewing time or a shift in the time that is spent on eating or ruminating. However the effects on the total chewing activity are small, because a longer chop size is often connected with a reduced intake of dry matter. Coarse chopping does not affect the rumen fermentation and the pH in the rumen and the concentrations of volatile fatty acids. Therefore, there are no indications that an increased chewing activity will lead to a greater buffering of the rumen pH and better rumen fermentation.

Coarse chopping leads to larger feed losses due to the fact that cell wall-rich parts, such as cob parts and husks, can be selected more easily. Coarse chopping does lead to a higher apparent digestibility of the cell wall parts. However, the advantage of a higher cell wall digestibility does not offset the lower digestibility of starch, and the larger losses in starch and parts of kernels in the manure.

There are indications that the digestibility of cell walls and crude fibre is negatively influenced by a smaller chop size. The reduced total digestibility of NDF and ADF may be connected to a number of different factors. Fine chopping and crushing kernels can lead to increased starch degradation in the rumen and hence to unfavourable circumstances for the cell wall degrading microbes. Also fine chopping and crushing kernels can lead smaller

average particle size and hence to a higher passage speed of parts from the rumen, by which feed particles are exposed to degradation during a shorter period of time. The negative effect possibly has a larger impact on the total digestibility in crops with a high content of crude fibre (low ear content), for example, unripe crops or crops with a small ration ear/stover of the plant. Coarse chopping has no positive effect on milk production and composition of the milk. In some experiments, an increase in production has been found with fine chopping and crushing kernels. In all circumstances, crushing kernels seems to lead to a better digestibility of the starch with silage maize harvested from the dough-ripe stage onwards.

Research questions and recommendations

After the literature study about the interaction between silage maize genotypes, maturity stage, quality, conservation and animal performance a number of research question remained. The main reason for these questions is the larger heterogeneity in genotypes.

Concerning the quality the literature study has provided no answer to the interaction between genotype and maturity stage on the energy value of the whole plant, composition of the dry matter, cell wall digestibility, starch stability, and dry matter content of the cob and stover within the present genotypes. Concerning the conservation research questions remained about de differences in fermentation and effluent losses between the present genotypes. Also the effect of chop length on fermentation and effluent losses and the effect of chop length and maturity stage on aërobic stability has not become clear.

Also concerning animal performance no results were found about the effects of the present genotypes. In additions to this insufficient results are known about the degradability dynamics of the starch and cell walls in the rumen.

To obtain more clearness about the research questions mentioned above research has to be carried out on the optimum maturity stage with a number of extreme genotypes. To relate the characteristics of the different genotypes more to the ensiled product and to get a better connection between the analysed nutrition value and the actual nutrition value the aspects concerning the quality, conservation en animal performance must carried out integrated.

Abstract

Silage maize has been an important fodder crop in the Netherlands for many years. Every year over 200,000 ha are now under this crop. Advances in crop breeding have led to more heterogeneity in silage maize and to types that are suitable for a variety of uses and situations. The recommendations on growing, harvesting, conserving and feeding silage maize do not take sufficient account of this variation in silage maize types, however.

This report describes the results of a review of the literature conducted to investigate the interaction between silage maize types, harvesting time, conservation, feeding and animal performance. It also gives an overview of the research questions that remain to be answered and of the recommendations resulting from research.

Inhoudsopgave

Voorwoord

Samenvatting

Summary

1	Inleiding	1
2	Kwaliteit	3
2.1	Inleiding	3
2.1.1	Energiewaarde	3
2.1.2	Drogestofgehalte en afrijpingspatroon	3
2.2	Snijmaïstype en energiewaarde	4
2.2.1	Snijmaïstype en samenstelling droge stof.....	5
2.2.2	Snijmaïstype en verteerbaarheid van de componenten.....	6
2.3	Oogsttijdstip en energiewaarde	7
2.3.1	Oogsttijdstip en samenstelling van de droge stof.....	8
2.3.2	Oogsttijdstip en verteerbaarheid van de componenten	9
2.4	Interacties van snijmaïstype en oogsttijdstip met energiewaarde	11
3	Conservering	13
3.1	Inleiding	13
3.2	Snijmaïstype.....	13
3.3	Oogsttijdstip.....	14
3.3.1	Totale inkuilverliezen	14
3.3.2	Perssapverliezen	15
3.3.3	Broei	16
3.4	Haksellengte en korrelkneuzen.....	16
3.5	Toevoegmiddelen.....	17
3.5.1	Conservering.....	17
3.5.2	Broei	17
3.5.3	Ureum	18
4	Dierprestaties	19
4.1	Snijmaïstype en dierprestatie	19
4.2	Oogsttijdstip en dierprestatie	20
4.3	Effecten van hakselintensiteit en korrelkneuzen op dierprestaties	22
4.2.1	Inleiding	22
4.2.2	Theoretische haksellengte (THL) en hakselintensiteit	22
4.2.3	Kauwactiviteit en penswerking.....	23
4.2.4	Verteerbaarheid en afbraakkenmerken.....	24
4.2.5	Voeropname.....	25
4.2.6	Melkproductie en samenstelling	26
5	Conclusies	27
5.1	Kwaliteit	27
5.2	Conservering	28
5.3	Dierprestaties.....	29
6	Toepassingsmogelijkheden in de praktijk	31

7	Onderzoeksvragen en aanbevelingen	32
7.1	Onderzoeksvragen	32
7.2	Aanbevelingen voor vervolgonderzoek	32
Bijlagen	34
	Bijlage 1 Samenvatting van de effecten van hakselintensiteit en korrelkneuzen op de dierprestatie.....	34
Literatuur	35

1 Inleiding

In Nederland wordt ruim 200.000 hectare snijmaïs verbouwd, met name vanwege een hoge voederwaarde-opbrengst per hectare en oogstzekerheid van het gewas (PRI, 2002). Snijmaïs is energierijk, eiwitarm en bevat relatief veel zetmeel.

De veredeling van snijmaïs in Nederland was voor 1985 vooral gericht op verbetering van de opbrengst en de oogstzekerheid door selectie op met name vroegrijpheid, stevigheid en fusariumresistentie. Het korte Nederlandse groeiseizoen vereist vroegrijpe snijmaïs die een voldoende hoog gehalte aan droge stof (ds) bereikt om conserveringsverliezen (met name perssap) te beperken. De vroegheid van de snijmaïstypen is verbeterd door zowel een vroegrijpe korrel als door een vroegrijpe plant. Doordat maïsveredelaars verschillende richtingen gekozen hebben, kan het voorkomen dat twee snijmaïstypen bij de oogst hetzelfde ds-gehalte bereiken, maar dat het ene snijmaïstype dit bereikt door een rijpe, harde korrel en een groen gewas, terwijl het andere snijmaïstype dit bereikt door een minder rijpe, zachtere korrel en een afgestorven gewas. Daarnaast is er tussen snijmaïstypen verschil in snelheid van afrijpen. Dit heeft alles te maken met de vroegheid van bloei. Er zijn snijmaïstypen die vroeg bloeien en vervolgens vrij traag afrijpen en daarnaast zijn er snijmaïstypen die laat bloeien en vervolgens snel afrijpen.

De maïsveredelaars en -kwekers zijn er in geslaagd snijmaïstypen te ontwikkelen die in onze klimaatzone voldoende oogstzeker zijn. De vroegrijpheid blijft echter een zeer belangrijk veredelingsdoel, met name voor de teelt in het noorden van Nederland.

Eind jaren '80, is de voederwaarde het belangrijkste veredelingsdoel geworden. Omdat verschillen tussen snijmaïstypen in voederwaarde hoofdzakelijk worden veroorzaakt door verschillen in kolfaandeel (zetmeelgehalte) en door verschillen in celwandverteerbaarheid zijn er globaal twee sporen te onderscheiden om de voederwaarde te verhogen:

1. Verhoging van het zetmeelgehalte (kolfaandeel) in de totale ds-opbrengst
2. Verhoging van de celwandverteerbaarheid

Beide sporen leiden tot een verhoging van de totale verteerbaarheid van de organische stof en tot een verhoogde energiewaarde. Veredelaars/kwekers hebben verschillende snijmaïstypen ontwikkeld die in uitersten variëren van een hoog kolfaandeel met een lage stengelverteerbaarheid tot een laag kolfaandeel met een hoge stengelverteerbaarheid; overigens soms met hetzelfde eindresultaat wat betreft VEM-waarde.

De bovengenoemde ontwikkelingen in maïsveredeling hebben geleid tot een grote heterogeniteit in snijmaïstypen. De variatie in snijmaïstypen heeft met name betrekking op drie factoren (tabel 1).

Tabel 1 Variatie in snijmaïstypen

Factor	Uiterste typen	
Vroegheid	Zeer vroeg	⇔ Middenvroeg
Afrijping	Harde korrel bij groen gewas	⇔ Zachte korrel bij afgerijpte plant
Soort energie	Veel zetmeel	⇔ Goed verteerbare celwanden

Deze variëteit in snijmaïstypen gaat samen met een grote verscheidenheid in plantsamenstelling, optimaal oogsttijdstip, conserveringsverliezen (o.a. perssap- en fermentatieverliezen), voedertechische aspecten (voeropname, haksellengte e.d.), verteerbaarheid en stofwisseling en productie door het vee. Dit bemoeilijkt de keuze van het juiste snijmaïstype door de veehouder. In tabel 2 is aangegeven op welke momenten de veehouder een beslissing moet maken rond gebruik en benutting van snijmaïs op zijn bedrijf.

Tabel 2 Beslismomenten rond gebruik en benutting van snijmaïs

Beslismomenten veehouder	Factoren voor besluitvorming
Gewaskeuze ruwvoer	Grondsoort, mogelijkheden andere gewassen, verkaveling, droogtegevoeligheid, ds-opbrengst, bedrijfseconomisch saldo, zelfvoorziening met ruwvoer, voederwaarde en voereigenschappen, beweidingmogelijkheden, verliesnorm, plaatsingsruimte dierlijke mest
Snijmaïsaandeel in rantsoen	Gewaskeuze ruwvoer, type voergroep (diercategorie), productieniveau veestapel, structuurwaarde rantsoen, eiwitwaarde
Keuze snijmaïstype	Snijmaïsaandeel in rantsoen, grondsoort, productiviteit veestapel, ruwvoerpositie, temperatuursom groeiseizoen (regio noord/zuid), snijmaïstype-eigenschappen (vroegheid, beginontwikkeling, stevigheid e.d.)
Keuze oogsttijdstip	Snijmaïstype, weersomstandigheden, grondsoort, opbrengst, verliezen, samenstelling en eigenschappen reeds aanwezig ruwvoer, snijmaïsaandeel rantsoen, productieniveau veestapel
Keuze haksellengte	Snijmaïsaandeel in rantsoen, oogsttijdstip, fysische structuur rantsoen
Keuze toevoegmiddel (toplaag)	Oogsttijdstip, houdbaarheid/moment van voeren, smaak, kosten, conserveringsverliezen, eiwitgehalte van de silage

Om op deze beslismomenten een weloverwogen keuze te kunnen maken dient de veehouder enerzijds goed geïnformeerd te zijn en anderzijds dient hij te beschikken over praktijktoepasbare managementinstrumenten. Huidige adviezen met betrekking tot teelt, oogst, conservering en voeding van snijmaïs houden onvoldoende rekening met verschillen in type snijmaïs. Complicerende factor bij interpretatie van de huidige eigenschappen voor snijmaïstypen is dat een belangrijk deel van de eigenschappen is afgeleid van metingen aan verse snijmaïs. In de praktijk wordt echter vrijwel uitsluitend ingekuilde snijmaïs gevoerd. Het is gewenst de eigenschappen van snijmaïs meer te relateren aan bepalingen aan het ingekuilde product.

In dit rapport wordt op basis van een literatuurstudie de samenhang tussen snijmaïstype, oogsttijdstip, kwaliteit, conservering, voeding en dierprestaties zo goed mogelijk in kaart gebracht en waar mogelijk gekwantificeerd. Concrete adviezen voor de praktijk worden beschreven. Tevens wordt aangegeven van welke aspecten nog onvoldoende kennis aanwezig is. Dit leidt tot enkele aanbevelingen voor vervolgonderzoek met snijmaïs.

2 Kwaliteit

2.1 Inleiding

2.1.1 Energiewaarde

De kwaliteit van een snijmaïsgewas is het best te vatten in de voederwaarde. Deze wordt bepaald door de samenstelling van de snijmaïs. Het aandeel aan en de verteerbaarheid van de verschillende componenten bepalen de voederwaarde op gewasniveau. Op dierniveau spelen ook de opname en de benutting door de koe een rol. Als zodanig bepaalt de voederwaarde in belangrijke mate de uiteindelijke melk- en/of vleesproductie. Hoewel het één niet los gezien kan worden van het ander wordt in dit hoofdstuk met name de voederwaarde op gewasniveau belicht. De opname en de benutting door de koe worden meegenomen in het hoofdstuk "Dierprestaties".

Bij de waardering van een voeder wordt bij rundvee vooral gekeken naar de energiewaarde, het eiwitgehalte en het gehalte aan mineralen en sporenelementen. Snijmaïs zit met name in het rantsoen voor de levering van energie, vandaar dat bij de waardering van snijmaïs de nadruk ligt op de energiewaarde.

De berekening van de energiewaarde van snijmaïs, uitgedrukt in VEM/kg ds, berust op de verteerbaarheid van de organische stof en het anorganischestofgehalte (as), dat hierin een negatieve rol speelt.

De laatste jaren wordt echter steeds duidelijker dat de energiewaarde, als getal alleen, onvoldoende informatie geeft om als component in de voederwaarde meegenomen te worden. Het blijkt dat inzicht in de opbouw van de energiewaarde onontbeerlijk is om de werkelijke voederwaarde van een maïsgewas aan te geven.

Niet alleen de hoogte, maar ook de samenstelling van de energiewaarde heeft invloed op de opname en de benutting door de koe. Het is mogelijk dat twee maïssoorten met een vergelijkbare energiewaarde, een verschil in voederwaarde op dierniveau laten zien, door een verschillende samenstelling van die energiewaarde (Schwarz et al., 1996; De Boever et al., 1993).

2.1.2 Drogestofgehalte en afrijpingspatroon

Zoals algemeen bekend is, bestaan er grote rasverschillen in ds-gehalte. Door veredelingsinspanning is het ds-gehalte de laatste 30 jaar met 7 % (absoluut) gestegen. Dit betekent dat er nu ook in het noorden van Nederland snijmaïs geteeld kan worden met een voldoende hoog ds-gehalte en daarmee acceptabele inkuilverliezen. In het zuiden van Nederland biedt dit de mogelijkheid snijmaïs te telen, die drie weken eerder geoogst kan worden. Op de Nederlandse Rassenlijst van 2002 loopt het relatieve ds-gehalte uiteen van 88 (laatste middenvroeg ras) tot en met 112 (vroegste ras), wat absoluut gezien neer komt op een verschil van 8 % drogestof (29 – 37 %).

Het ds-gehalte van de gehele plant wordt bepaald door de verhouding aan kolf en restplant en door het ds-gehalte van deze twee componenten (Struik, 1983; Eder, 1999). In het huidige Nederlandse rassensortiment zijn er de laatste jaren steeds meer rassen beschikbaar gekomen, die een extreme verhouding laten tussen het ds-gehalte van de korrel en van de restplant. De twee uiterste typen worden aangegeven met "stay green" en "dry down" (Schwarz en Etle, 2000; Schlagheck en Entrup, 2000). De "stay green"-typen zijn de typen waarvan de restplant relatief langer groen blijft en de "dry down"-typen zijn de typen waarvan de restplant relatief sneller indroogt.

In Nederland, waar met name gezocht is naar vroegere snijmaïsrassen, kwamen met name de "dry down"-typen naar voren. In Duitsland en Frankrijk, waar met name maïs geteeld werd voor de korrelmaïs, waren de "stay green"-typen meer in beeld, vanwege de betere oogstbaarheid van deze rassen. De verteerbaarheid van de restplant speelt bij dit teeltdoel geen rol. Hoewel dit beeld wel verandert, leeft in Duitsland en Frankrijk het idee dat een korrelmaïsras ook wel geschikt is voor snijmaïs. De "stay-green"-typen zijn in Nederland voor de teelt van snijmaïs tot nu toe minder van de grond gekomen, omdat ze veelal te laat zijn en vaak ook een mindere verteerbaarheid van de restplant hebben. De energiewaarde van de gehele plant is daardoor veelal te laag. Voorbeeld hiervan is het maïskolvensilage-ras Fanion.

Door "stay-green"-rassen te kweken met een relatief hoog kolfaandeel zijn er in Nederland nu rassen beschikbaar, die voor de teelt als snijmaïs een voldoende rijpheid combineren met een voldoende energiewaarde. Voorbeeld hiervan is Symphony. Daarnaast wordt er de laatste 10 jaar met name in Nederland, maar nu toch ook in Duitsland en Frankrijk, meer aandacht besteed aan de verteerbaarheid van de celwanden. In de toekomst zullen er daardoor meer "staygreen"-typen beschikbaar komen voor de teelt van snijmaïs in Nederland.

Een ander fenomeen dat variatie in ds-gehalte tussen rassen veroorzaakt is het voorkomen van dent- en flintmaïs. Uiterlijk vertonen deze twee typen een verschil in korrelvorm. De korrels van de dent-typen zijn langgerekter en platter. Tijdens de afrijping ontstaan een indeuking in de top van de korrel. De korrels van de flint-typen zijn ronder en hebben geen indeuking. De dentmaïs is in het voorjaar wat koudegevoeliger en heeft een mindere beginontwikkeling. Over het algemeen bloeit deze maïs wat later, maar rijpt deze sneller af. De flintmaïs is wat beter afgestemd op het koelere klimaat in Nederland. De in Nederland geteelde rassen zijn allemaal combinaties van dent- en flintlijnen, waarbij de een wat meer flint en de ander wat meer dent is (van Dijk; 1993). Door de variatie in mate van dent of flint zijn van rassen en door de extremere verhouding tussen het ds-gehalte van de korrel en van de restplant vertonen de huidige rassen een groot verschil in afrijpingspatroon.

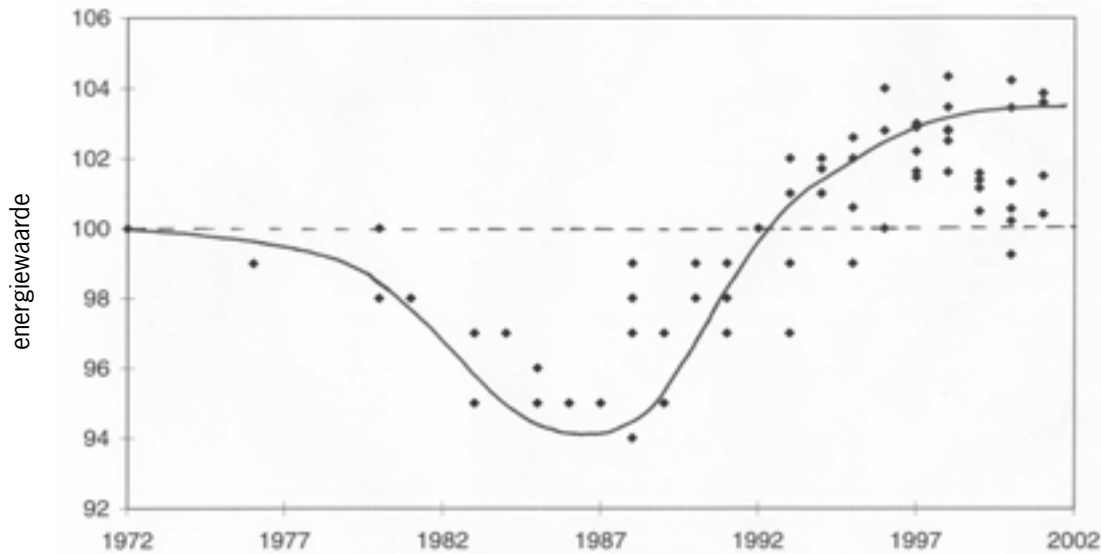
2.2 Snijmaïstype en energiewaarde

Vanuit het cultuur- en gebruikswaarde onderzoek in Nederland is natuurlijk veel informatie bekend over de snijmaïsverschillen in energiewaarde. Hetgeen hier omschreven wordt is dan ook met name gebaseerd op gegevens uit dit onder Nederlandse omstandigheden uitgevoerd onderzoek, aangevuld met relevante info uit de literatuur.

De berekening van de energiewaarde van snijmaïs, uitgedrukt in VEM/kg ds, berust op de verteerbaarheid van de organische stof (VOS) en het as-gehalte, dat hierin een negatieve rol speelt. Sinds 1985 is de energiewaarde met 10 % toegenomen door betere snijmaïssen (figuur 1). In het begin werd de verbetering vooral bewerkstelligd door een hoger kolfaandeel. De laatste jaren is er echter veel aandacht voor verhoging van de celwandverteerbaarheid. De snijmaïsverschillen in energiewaarde op de snijmaïsselijst van 2002 lopen uiteen van relatief 97 tot en met 103, wat neerkomt op een absoluut verschil van 60 VEM/kg ds. De verteringscoëfficiënt van de organische stof (VCOS) wordt in het cultuur- en gebruikswaarde onderzoek sinds 1978 vastgesteld via een in-vitro-verteerbaarheidsbepaling aan het vers geoogste product (methode van Tilley en Terry, 1963). Het as-gehalte wordt in het cultuur- en gebruikswaarde onderzoek bepaald via verassen (klassieke methode).

Bij de beoordeling van de literatuur over snijmaïsverschillen in energiewaarde is de hiervoor gebruikte bepalingmethode en de regio vanwaar de gegevens verkregen zijn van groot belang.

De bepalingmethode heeft namelijk invloed op de rasvolgorde (Groten, 1998 en 2000). De in-vitro methode met pensvocht volgens Tilley en Terry (1963) geeft de beste inschatting van de verteringscoëfficiënt van de organische stof (in-vitro VCOS) voor de praktijk (Struik, 1983; Dolstra et al., 1990). Bij de enzymatische methode (bv. cellulase/amylase) wordt veelal het zetmeelgehalte overschat en bij een bepaling van de VCOS via de NIRS (Nabij Infrarood Reflectie Spectrometrie) wordt de celwandverteerbaarheid veelal onjuist ingeschat. Snijmaïstypen met een laag zetmeelgehalte en daarmee een hoog celwandgehalte en een zeer goede celwandverteerbaarheid worden door NIRS ruim onderschat in VCOS. De mate van onderschatting is echter wel afhankelijk van de methode waarop de NIRS-ijklijn gekalibreerd is.

Figuur 1 Ontwikkeling energiewaarde gedurende de periode 1972 – 2001

Elk punt in de figuur is een ras, waarbij de relatieve energiewaarde is uitgezet tegen het jaar van opname op de rassenlijst. De energiewaarde van het ras LG11 opname in 1972 is op 100 gesteld.

Bij de vergelijking van rassen op een grote range is NIRS goed te gebruiken om rassen met een hoge en lage energiewaarde van elkaar te onderscheiden. Binnen de range waarin de rassen op de aanbevelende rassenlijst zich bevinden, voldoet deze methode echter niet. De NIRS-methode wordt wél gebruikt voor bepaling van de verteringscoëfficiënt van praktijkmonsters. De NIRS is hiervoor beter toepasbaar, omdat door perceels-, teelt- en weersomstandigheden de variatie tussen praktijkmonsters behoorlijk groot kan zijn en veelal groter is dan het raseffect.

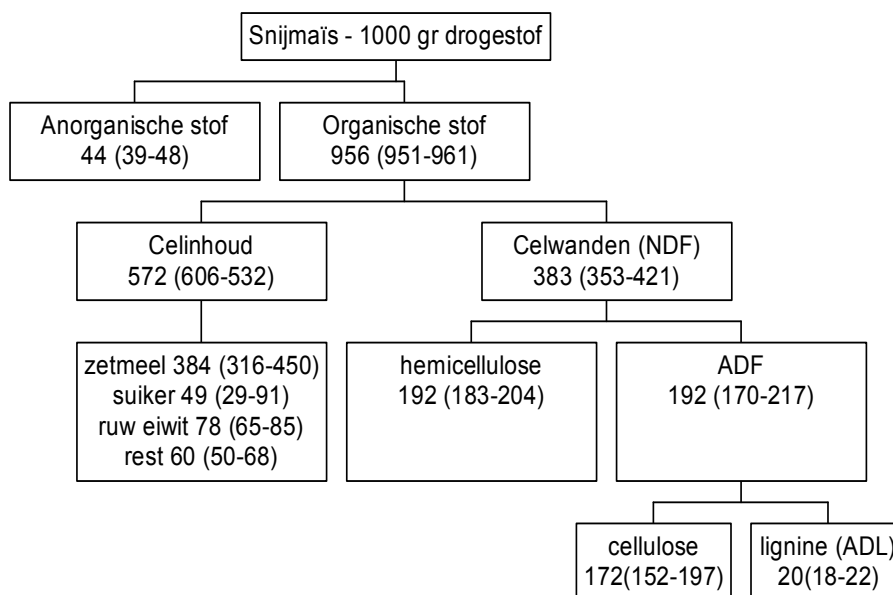
Bij de beoordeling van de literatuur over snijmaïstypeschillen in energiewaarde moet ook de regio waar deze gegevens verkregen zijn in ogenschouw worden genomen. De temperatuur tijdens het groeiseizoen heeft bijvoorbeeld invloed op de hoogte en de mate van afname van de celwandverteerbaarheid (Dolstra et al., 1990). Daarnaast heeft de lichtintensiteit na de bloei een grote invloed op de ontwikkeling van het zetmeelgehalte (Struik, 1983). Ook kan het toegepaste teeltsysteem (bv. plantaantal) invloed uitoefenen op de kwaliteit. Het weer en het teeltsysteem zijn mede bepalend voor de kwaliteit van snijmaïs. Daarom kunnen we ons het best richten op resultaten verkregen in Noord-West Europa en met name in Nederland.

2.2.1 Snijmaïstypen en samenstelling droge stof

De energiewaarde van snijmaïs wordt bepaald door de verhouding as-gehalte, celinhoud en celwanden en door de specifieke verteerbaarheid van de twee laatst genoemde componenten. Dus de samenstelling van de drogestof is één van de bepalende factoren voor de energiewaarde

Het gaat hierbij om de verhouding as/celinhoud/celwanden. De celinhoud is verder op te delen in zetmeel, suiker, ruw eiwit, vet en organische zuren. De celwanden (Neutral Detergent Fibre (NDF)) zijn op te delen in de hoofdbestanddelen hemicellulose, cellulose en lignine (Acid Detergent Lignine (ADL)). Cellulose en lignine vormen samen het Acid Detergent Fibre (ADF). Daarnaast bestaan de celwanden uit proteïnen, mineralen, cutinen, taninen (Dolstra et al., 1990; Argillier en Barriere, 1996). In deze paragraaf wordt aangegeven welke snijmaïstypen verschillen er bestaan in de hoofdbestanddelen op het oogstmoment (momentopname, waarbij de typen kunnen verschillen in ds-gehalte). De invloed van het oogsttijdstip wordt behandeld in paragraaf 2.3.1.

Sinds 1993 wordt in het rassenonderzoek het zetmeelgehalte bepaald en sinds 1999 is deze informatie in de rassenlijst opgenomen. Extra informatie over de gehalten aan suiker, ruw eiwit, celwanden, hemicellulose, cellulose en lignine is beschreven door Groten (2001).

Figuur 2 Samenstelling snijmaïs (g/kg ds) en range over rassenlijstrassen (gemiddelde van 1999 en 2000)

Gemiddeld over de rassen is de globale verhouding waarin de verschillende componenten in de drogestof van snijmaïs voorkomen: 4,4 % as, 57,2 % celinhoud en 38,3% celwanden. Een verfijnde indeling van celinhoud en celwanden laat zien dat de drogestof bestaat uit zetmeel (38,4%), suiker (4,9 %), eiwit (7,8 %), hemicellulose (19,2 %), cellulose (17,2%), lignine (2 %) en rest (6 %). In de restfractie zitten vet, organische zuren, mineralen, cutine en tanine; dus naast celinhoud ook celwandcomponenten.

Zoals in figuur 2 te zien is zijn er grote rasverschillen. De grootste rasverschillen doen zich voor in het zetmeelgehalte (32-45 %), het celwandgehalte (35-42 %) en het suikergehalte (3-9 %). Figuur 2 geeft de gemiddelde samenstelling van het huidige snijmaïssortiment, onder gemiddelde Nederlandse omstandigheden, weer.

2.2.2 Snijmaïstype en verteerbaarheid van de componenten

Naast de samenstelling van de droge stof is de verteerbaarheid van de te onderscheiden componenten de tweede bepalende factor voor de energiewaarde. Van het as-gehalte is bekend dat deze onverteerbaar is en daar in bestaan dan ook geen rasverschillen. De verteerbaarheid van de organische stof is gemiddeld over de rassen 78,4 %, met een range van 76 tot 80,5 %. De rasvolgorde in energiewaarde van de organische stof is van jaar tot jaar zeer constant (rassenonderzoek snijmaïs).

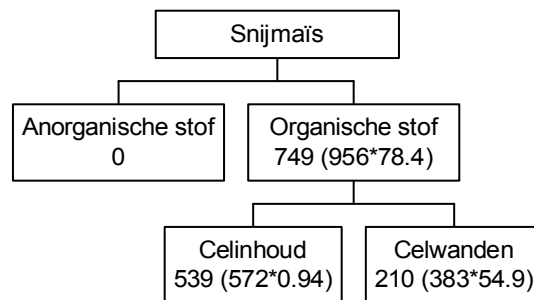
In het onderzoek van Groten (2001) ook de verteerbaarheid van de celwanden bepaald. Gemiddeld over de rassen is de celwandverteerbaarheid 54,9%, met een range van 50,4 tot 58,5 %. Het is goed te realiseren dat zowel voor de verteerbaarheid van de organische stof als van de celwanden dit verschillen zijn tussen topassen, die in Nederland geteeld worden. Met in achtneming van rassen die niet op de rassenlijst staan zijn de rasverschillen groter.

Rasverschillen in verteerbaarheid van de celwanden van de stengel lopen uiteen van 41,5 tot 69,3 (Dolstra et al., 1990). Hierbij zijn de hemicellulose en cellulose voor 20-100 % verteerbaar en de lignine, cutine en tanine zijn onverteerbaar. De verteerbaarheid van de celwandfracties verschilt nogal, waarbij hemicellulose het best verteerbaar en lignine onverteerbaar is. Cellulose zit daar qua verteerbaarheid tussen in (Struik, 1983).

Op basis van bovenstaande percentages en de hoeveelheden in figuur 2 kan de hoeveelheid verteerbare organische stof, verteerbare celwanden en verteerbare celinhoud worden berekend. Dit is samengevat in figuur 3. Uit de figuur blijkt dat er gemiddeld over de rassen 749 gram verteerbare organische stof en 210 gram verteerbare celwanden per kilogram snijmaïs aanwezig is. Het verschil tussen beiden is de hoeveelheid verteerbare celinhoud, te weten 539 gram. Dit betekent dat de celinhoud voor ongeveer 94% verteerbaar is. Dit

is een berekende waarde, waarin echter ook analysefouten en onverteerbare celwandcomponenten (bv. cutine) zitten. Ook is er gerekend met het gemiddelde over rassen waardoor deze waarde slechts als indicatief moet worden gezien. De werkelijke verteerbaarheid van de celinhoud zal dan ook hoger liggen. In de literatuur wordt er vrijwel uitsluitend van uit gegaan dat de celinhoud voor bijna 100 % verteerbaar is (Struik, 1983; Reinartz, 1989). Aangenomen mag worden dat zetmeel, suiker en organische zuren voor vrijwel 100 % verteerbaar zijn en dat hier ook geen rasverschillen bestaan. Er zijn namelijk ook geen rasverschillen in verteerbaarheid van de kolf (Schlagheck et al., 2000). In het rassenonderzoek voor maïskolvensilage bleek dat er wel rasverschillen waren in verteerbaarheid van de kolf, maar niet in die van de korrel. Dus zijn er geen rasverschillen in verteerbaarheid van zetmeel. Of het zetmeel in de koe ook werkelijk volledig op pensniveau verteert is echter afhankelijk van de bestendigheid van het zetmeel, waarover zeer weinig rasinformatie beschikbaar is. De bestendigheid is sterk afhankelijk van het ds-gehalte en hierin zijn ook duidelijke rasverschillen (Schwarz en Ettle, 2000).

Figuur 3 Samenstelling verteerbare snijmaïs (g/kg ds) over rassenlijstrassen (gemiddelde van 1999 en 2000)



Er van uitgaande dat zetmeel en suiker voor 100% verteren kan uit figuur 2 en 3 berekend worden dat bij een gemiddeld snijmaïstype de eiwit/rest-fractie voor ongeveer 77% verteerbaar is, waarin ook onverteerbare celwandfracties zijn meegenomen. Vetten en eiwitten zijn voor 90-100% verteerbaar (Dolstra et al., 1990). Hieruit kan geconcludeerd worden dat mede gezien het aandeel zetmeel en suiker in de celinhoud de verteerbaarheid van de celinhoud ergens rond de 98% moet liggen.

Uitgaande van de gegevens in figuur 3 blijkt dat bij het gemiddeld snijmaïstype de energiewaarde van de organische stof voor 72% wordt geleverd door de celinhoud en voor 28% door de celwanden. Omdat er rasverschillen zijn in zowel de samenstelling van snijmaïs als in de verteerbaarheid van de componenten, bestaan er verschillen in hoeveelheden verteerbare componenten. De verdeling van de totale energie over celinhoud en celwanden kan van ras tot ras verschillen. Uitgaande van twee uiterste rassenlijstrassen is de verhouding tussen de energiebronnen (celinhoud en celwanden) bij het ene ras 76 en 24% en bij het andere ras 68% en 32%, hoewel de totale energiewaarde gelijk kan zijn.

2.3 Oogsttijdstip en energiewaarde

Gedurende het groeiseizoen maakt de maïsplant bepaalde ontwikkelingsstadia door. De belangrijkste stadia zijn: kieming, vegetatieve ontwikkeling, bloei, korrelvulling en afrijping. De snelheid waarmee de stadia worden doorlopen is met name afhankelijk van: temperatuur, daglengte, lichtintensiteit en vochtvoorziening (van Dijk, 1993; Meisser, 1998; Struik, 1983). Het klimaat speelt hier een grote rol. Resultaten die zijn verkregen onder niet Nederlandse klimatologische omstandigheden moeten met enige voorzichtigheid worden geïnterpreteerd.

Over de jaren heen lijkt de gemiddelde energiewaarde van de gehele plant, onder Nederlandse omstandigheden, gedurende het oogsttraject gelijk te blijven. Na de opkomst is er een sterke achteruitgang van de energiewaarde van de gehele plant, door afname van de celwandverteerbaarheid van de stengel. De achteruitgang is het sterkst gedurende de stengelstrekking. Er is een rechtlijnig negatief verband tussen de plantlengte en de celwandverteerbaarheid in de stengel (Struik, 1983).

De gemiddelde temperatuur in Nederland is dusdanig dat de achteruitgang in celwandverteerbaarheid gering is, waardoor deze gecompenseerd wordt door de toename van de energiewaarde door zetmeelopslag in de korrels (Struik; 1983; Dolstra et al., 1988).

De lichtintensiteit gedurende de maand september en bij de latere typen ook gedurende de maand oktober zal bepalend zijn of de geringe achteruitgang in celwandverteerbaarheid al dan niet gecompenseerd kan worden. In een donkere septembermaand zal minder zetmeel geproduceerd worden en is er kans dat de totale energiewaarde licht terugloopt. In een heldere septembermaand zal er veel zetmeel geproduceerd worden en zal de totale energiewaarde licht toe kunnen nemen. Gemiddeld zal de energiewaarde van de gehele plant in Nederland vanaf de bloei constant blijven (Struik, 1983). Struik (1983) geeft namelijk aan dat in het traject van 23 tot 35 % droge stof de energiewaarde van de gehele plant constant is. Deze conclusie is gebaseerd op onderzoek met het destijds aanwezig rassensortiment, welke te vergelijken zijn met de huidige middenvroeg rassen. Het huidige rassensortiment bezit daarnaast ook rassen die drie weken vroeger zijn en die de belangrijke ontwikkelingsstadia (bloei, korrelvulling en afrijping) in een vroeger en over het algemeen gunstiger deel van het groeiseizoen doorlopen. Momenteel is het onduidelijk of deze omstandigheden het verloop van de energiewaarde gedurende het groeiseizoen beïnvloeden. In buitenlandse literatuur wordt het constant blijven van de energiewaarde gedurende het bovengenoemde traject ten zeerste betwijfeld. Bovenstaande conclusie van Struik (1983) is daarom niet direct door te trekken naar het huidige snijmaïstypen sortiment.

Een fusariumaantasting aan het eind van het groeiseizoen kan de energiewaarde negatief beïnvloeden (PRI, 2002). Van Waes et al. (1998) vonden dat de verteerbaarheid 3% terugliep ten gevolge van een fusariumaantasting.

Om de invloed van het oogsttijdstip op de energiewaarde beter te kunnen beoordelen wordt de verandering van de energiewaarde tijdens de korrelvulling en de afrijping bekeken. De energiewaarde wordt bepaald door de samenstelling van de drogestof en door de energiewaarde van de te onderscheiden componenten. Ter beoordeling van de invloed van het oogsttijdstip op de energiewaarde zal daarom bekeken worden hoe de samenstelling van de maïs en de energiewaarde van de componenten veranderen tijdens de korrelvullings- en afrijpingsfase.

2.3.1 Oogsttijdstip en samenstelling van de droge stof

Indien het oogsttijdstip bepalend is voor de samenstelling van de droge stof zal deze gedurende het groeiseizoen veranderen. De drogestof bestaat uit anorganisch materiaal, celwanden en celinhoud. De energiewaarde verandert indien er tijdens het groeiseizoen verschuivingen plaatsvinden in de verhouding celinhoud/celwand en/of in de samenstelling binnen deze componenten.

Verhouding celinhoud/celwand

Vanaf de opkomst tot enige weken na de vrouwelijke bloei vindt er vorming en uitgroei van de vegetatieve delen plaats. Op het moment dat de plant generatief wordt worden de pluim en de kolf gevormd. Al dit materiaal bestaat uit celwanden en celinhoud. De celwandvorming in de stengel houdt aan het begin van de korrelvullingsfase op (Struik, 1983). Het gewicht aan celwanden in de stengel stijgt tot ongeveer drie en een halve maand na zaaien (106 dagen), waarna deze gelijk blijft. Bij zaai rond 1 mei betekent dit dat half augustus alle stengelcelwanden gevormd zijn (Ton, 1994). Struik (1983) geeft aan dat onder Nederlandse omstandigheden het celwandgewicht in de stengel toeneemt tot ongeveer 90 dagen na opkomst. Celwandgewicht in de gehele plant neemt toe tot ongeveer 120 dagen na opkomst. De laatste maand dus alleen vorming van kolfcelwanden. Rond 1 september zijn alle celwanden gevormd.

Hierna wordt er alleen nog maar celinhoud geproduceerd in de vorm van sucrose en uiteindelijk zetmeel.

Tijdens de korrelvullingsperiode neemt het gehalte aan celinhoud in de drogestof toe, waardoor het gehalte aan celwanden afneemt (verdunding) (Argillier et al., 1996; Deaville en Givens, 2001). Dit geldt ook voor het asgehalte in de droge stof.

Door translocatie van suikers naar de korrel neemt het totale ds-gewicht van de stengel af, waardoor het celwandgehalte van de stengel toeneemt (Ton, 1994).

Het celwandgehalte van de gehele plant neemt toe tot de bloei, blijft dan een tijdje gelijk en neemt vervolgens af tijdens de korrelvulling (Struik, 1983). De mate van zetmeelvorming en daarmee de mate van verdunding van het celwandgehalte wordt sterk beïnvloed door de lichtintensiteit in deze fase van het groeiseizoen (Struik, 1983).

De perioden waarin de diverse celwanden (stengel/kolf) en de celinhoud gevormd worden vallen voor een deel niet samen en zijn verschillend van duur. De duur van de perioden wordt bepaald door de ontwikkelingssnelheid van het gewas. De snelheid wordt bepaald door milieufactoren (temperatuur, daglengte, lichtintensiteit en vocht) (Struik, 1983; Schwarz, 1998; Herter et al., 1996).

De weersomstandigheden tijdens het groeiseizoen hebben een grote invloed op de mate waarin de verschillende bestanddelen gevormd worden en daarmee op de uiteindelijke samenstelling van de droge stof. Hierdoor kan de samenstelling van jaar tot jaar nog al verschillen.

De verhouding tussen celinhoud en celwanden in de drogestof verandert gedurende de korrelvullings- en afrijpingsfase, waarmee het oogstmoment bepalend is voor de samenstelling. Een latere oogst betekent over het algemeen een hoger gehalte aan celinhoud en een lager gehalte aan celwand. Dit is niet oneindig, want zodra het black-layer (zwart kurk laagje onder aan de korrelpunt) zichtbaar is, vindt er geen transport naar de korrel meer plaats.

Samenstelling celinhoud

Vóór de bloei van de maïs bestaat de droge stof in de celinhoud uit organische zuren, vetten, eiwit en met name suiker. Als de bevruchting en korrelzetting geslaagd zijn, worden de korrels gevuld met zetmeel. De sucrose die hiervoor nodig is, wordt deels tijdens de korrelvulling geproduceerd en is deels afkomstig uit de celinhoud van stengel, kolfsteel, kolfspil en schutblad. In deze organen worden onder gunstige omstandigheden aanzienlijke voorraden oplosbare assimilaten opgeslagen, die bij de korrelvulling worden getransloceerd naar de korrel (Argillier et al., 1996; Dolstra et al. 1988). Bij de vorming van zetmeel neemt het suikergehalte in het gewas af. Tevens neemt door verdunning het gehalte aan organische zuren, vetten en eiwitten af.

Uit bovenstaande blijkt dat de samenstelling van de celinhoud gedurende de korrelvullings- en afrijpingsfase verandert. De suiker wordt omgezet in zetmeel. Met name op het ds-gehalte traject van 29 – 33 % treden de grootste veranderingen op (Herter et al., 1996).

Samenstelling celwanden

Om te kunnen beoordelen of de samenstelling van de celwanden verandert moet in eerste instantie bekeken worden hoe de celwandvorming verloopt. De middenlamel van de celwanden wordt gevormd tijdens de celdeling, waarna de primaire celwand aan beide zijden van de middenlamel wordt afgezet (Ton, 1994). De secundaire celwand wordt vanuit de cel tegen de primaire celwand afgezet. Tijdens de vorming van de secundaire celwand wordt in de primaire celwand en de middenlamel lignine afgezet (Jung, 1998). Lignine is een polymeer van phenylpropan-derivaten. De grote vraag is echter tot welk tijdstip de lignificatie blijft plaatsvinden. Struik (1983) geeft aan dat de celwanden tot ongeveer 1 september gevormd worden, onduidelijk is of dan ook het proces van lignificatie stopt. Argillier et al. (1996) geven aan dat het ligninegehalte in de NDF toeneemt tot het tijdstip waarop 32 % droge stof wordt bereikt en dat deze daarna gelijk blijft. Hierbij spelen ook de groeiomstandigheden een rol. De lignificatie is sterk afhankelijk van de temperatuur. Bij hogere temperaturen wordt het lignificatieproces versneld (Struik, 1983).

Een ander punt is dat de samenstelling van de celwanden afhankelijk is van in welk onderdeel van de plant deze celwanden zich bevinden. Celwanden in de kolf hebben een lager lignine- en cellulosegehalte en een hoger hemicellulosegehalte dan de celwanden in de stengel (Argillier et al., 1996). Dit houdt in dat de gemiddelde samenstelling van de celwanden in de gehele plant gedurende het groeiseizoen verandert. In de vegetatieve fase ontstaat er celwanden met een bepaalde samenstelling, tijdens de generatieve fase wordt het gehalte aan hemicellulose hoger en het gehalte aan cellulose en lignine lager. Dit werkt compenserend op de toename van het ligninegehalte in de diverse componenten, mogelijk blijft hierdoor op een gegeven moment het ligninegehalte gehele plant wel gelijk (Argillier et al., 1996) of neemt deze zelfs af. Daarnaast blijkt dat de celwanden in de mergfractie van de maïsstengels een andere samenstelling hebben dan de celwanden in de schilfractie (Morrison, 1998; Dolstra et al., 1990).

2.3.2 Oogsttijdstip en verteerbaarheid van de componenten

Uit bovenstaande blijkt dat de samenstelling van de droge stof en van de diverse componenten hieruit gedurende het groeiseizoen en ook gedurende het oogsttraject (28-35 % droge stof) verandert. De vraag is echter of de verteerbaarheid van de componenten en daarmee van de totale droge stof ook verandert. De anorganische stof is onverteerbaar en dat verandert niet tijdens het groeiseizoen, maar hoe zit het met de celinhoud en met de celwanden.

Verteerbaarheid celinhoud

Zoals eerder reeds aangegeven is de celinhoud voor ongeveer 98-99 % verteerbaar. Het zetmeel- en suikergehalte, welke het grootste aandeel in de celinhoud bepalen, zijn voor vrijwel 100 % verteerbaar. Daarnaast zijn de belangrijkste overige componenten van de celinhoud voor 90-100 % verteerbaar. In het begin van het groeiseizoen zal de celinhoud met name uit de laatstgenoemde componenten bestaan en voor gemiddeld 95 % verteerbaar zijn. Tijdens het groeiseizoen zal door de productie van suiker en met name zetmeel zal de

verteerbaarheid van de celinhoud gedurende het oogsttraject (28-35 % droge stof) toenemen tot 98-99 %. In de literatuur wordt er veelal vanuit gegaan dat de celinhoud voor 100 % verteerbaar is en dat hier gedurende het groeiseizoen geen verandering in optreedt (Struik, 1983; Dolstra et al., 1990).

De verteerbaarheid van de kolf wordt vrijwel niet beïnvloed door het oogsttijdstip en is sterk gecorreleerd aan het ligninegehalte ($r=-0.93$) (Flachowsky et al. 1993). Lignine zit in de celwanden van de kolf (met name spil), hieruit kan geconcludeerd worden dat de verteerbaarheid van het zetmeel gedurende het oogsttraject niet verandert.

Of het zetmeel ook werkelijk op pensniveau verteerbaar is hangt wel af van het oogsttijdstip (Weissbach et al., 1995; Lebzien, 2000). Tijdens de afrijping wordt het zetmeel bestendiger en daarmee minder afbreekbaar in de pens (Bal et al., 2000; Andrea et al., 2001). Met name boven een ds-gehalte van 35 % wordt het zetmeel aanmerkelijk bestendiger. In principe is het zetmeel nog steeds 100 % verteerbaar, maar het duurt langer. De afbreekbaarheid van zetmeel op pensniveau van denttypen is hoger dan van flinttypen (Philippeau en Michalet-Doreau, 1998).

Gedurende het oogsttraject zal de verteerbaarheid van de celinhoud toenemen tot vrijwel 100 % door toename van het zetmeelgehalte. Op pensniveau kan de verteerbaarheid van de celinhoud echter afnemen door het bestendiger worden van het zetmeel.

Verteerbaarheid celwanden

De celwanden bestaan hoofdzakelijk uit hemicellulose, cellulose en lignine. Hierbij staan de componenten in volgorde van verteerbaarheid (Argillier et al., 1996).

De verteerbaarheid van de celwanden neemt gedurende het groeiseizoen af (Struik, 1983; Deaville, 2001). In het begin blijken met name etherverbindingen de celwandverteerbaarheid te verlagen. Later is dit verband er niet meer. Er is dan een sterke productie van lignine, die de celwandverteerbaarheid verlaagt. Deze lignineproductie verstoort het effect van de etherverbindingen (Jung et al., 1998). De afname wordt in belangrijke mate veroorzaakt door lignificatie (Giardini et al., 1976; Hatfield et al., 1999). Barriere et al. (1998) vinden een negatieve correlatie tussen de celwandverteerbaarheid en het ligninegehalte ($r=-0.85$).

Het minder verteerbaar worden van de celwanden begint vanuit de hoeken van de celwanden. Van daaruit trekken de celwanden dicht met lignine. Lignificatie begint grenzend aan de hoekverdikking die grenst aan de middenlamel en verspreidt zich van daaruit naar de middenlamel en de primaire celwand (Ton, 1994). De afname doet zich vooral voor in de primaire celwand, de secundaire celwanden blijven tot aan de bloei zeer goed verteerbaar (Cone et al., 1993).

Er worden niet veel volledig verteerbare en volledig onverteerbare celwanden gevonden. Van de celwanden die in de tussenstadia gevonden zijn is niet duidelijk of de verteerbaarheid gelijk blijft of geleidelijk verder afneemt. Waarschijnlijk het eerste, omdat de hoeveelheid onverteerbare celwand tijdens de veroudering niet toeneemt (Deinum, 1976).

Daarnaast is er ook een grote invloed van de diverse verbindingen in de lignine en tussen de lignine en de overige celwandfracties. Lignine is een keten van polymeren, die nogal eens van samenstelling kunnen verschillen. De eerste aanleg van de celwand is bepalend voor de structuur en de afbreekbaarheid daarvan. Bepaalde zuren die in deze fase zich in de celwanden vestigen reageren later met de monoligninen en zijn daarmee bepalend voor hoe de lignine zich later in de celwanden vestigt. In celwand treden matrix-interacties op, dit maakt het geheel zeer complex (Hatfield et al., 1999). De anatomische structuur lijkt van groter belang dan de samenstelling van de celwand (Ton, 1994). De celwandverteerbaarheid is dus afhankelijk van het ligninegehalte en van de structuur waarin de lignine in de celwand is gebonden (Argillier et al., 1996; Barriere et al., 1998; Casler et al., 1999).

Tijdens de ontwikkeling neemt de celwandverteerbaarheid af. De vraag is echter of deze ook in het oogsttraject (28-35 % droge stof) nog steeds afneemt. De meningen hierover zijn verdeeld.

In de meeste literatuur wordt aan gegeven dat de celwandverteerbaarheid in eerste instantie sterk afneemt, maar dat deze een geringe periode na de bloei nog gering afneemt (Struik, 1983; Dolstra et al., 1988) of zelfs constant wordt (Cone et al., 1993). De celwandverteerbaarheid lijkt af te nemen tot een bepaald temperatuursafhankelijk minimum niveau (Struik 1983)

Over de exacte periode na de bloei wordt volgende aangegeven, waarbij de ene keer over celwanden van de stengel en een andere keer over de celwanden van de gehele plant wordt gesproken. De celwandverteerbaarheid van de stengel neemt af tot eind augustus, waarna deze tot 1 november constant blijft (Cone et al., 1993). Dolstra et al. (1990) geven aan dat er direct na de bloei nog een sterke afname is van de celwandverteerbaarheid van de stengel, maar dat er in het tweede deel van de korrelvullingsfase, één maand na de bloei, de afname minimaal is. Zij schrijven: in een oogstrijpgewas is de celwandverteerbaarheid van de stengel vrijwel onafhankelijk van het fysiologische ontwikkelingsstadium. Argillier et al. (1996) hebben gevonden dat na 28 % droge stof, 35 dagen na het 50 %-bloeitijdstip, de celwandverteerbaarheid van de stengel niet meer afneemt.

Struik (1983) maakt een opsplitsing naar celwandverteerbaarheid stengel en gehele plant. Onder gemiddelde Nederlandse temperaturen, dagtemperatuur 18-24°C en nachttemperatuur 12-18°C, neemt de celwandverteerbaarheid van de stengel af tot 100 dagen na opkomst en van de gehele plant tot gemiddeld 70

dagen na opkomst (spreiding 60-80), daarna blijven beide constant. Dit is mogelijk door de compenserende werking van de beter verteerbare celwanden van de kolf. Celwanden van de stengel hebben een relatief hoog gehalte aan lignine en cellulose en een relatief laag gehalte aan hemicellulose, terwijl dat bij de celwanden van de kolf net anders om is. Kolfcelwanden bevatten zeer weinig cellulose (Argillier et al., 1996).

Bij opkomst rond half mei betekent dit dat celwandverteerbaarheid van de stengel afneemt tot eind augustus en van de gehele plant tot ongeveer 1 augustus. Onder warmere omstandigheden, dagtemperatuur 30°C en nachttemperatuur 24°C, is de celwandverteerbaarheid van de stengel en dus van de gehele plant (vóór de bloei) al na 50 dagen na opkomst op het minimumniveau beland. Na de bloei neemt in deze situatie de celwandverteerbaarheid van de gehele plant toe door productie van beter verteerbare celwanden. Hoge temperaturen bevorderen de lignificatie en daarmee de afname van de celwandverteerbaarheid (Meisser et al., 1999; Struik, 1983.). In Nederland met gematigde temperaturen is de teruggang in celwandverteerbaarheid daarmee geringer dan in warmere regionen. Ook binnen Nederland is er een temperatuurseffect op de celwandverteerbaarheid waar te nemen. De monsters van de rassenproefvelden in het noorden vertonen telkens een hoger niveau van celwandverteerbaarheid dan die van de proeven in het zuiden van Nederland (persoonlijke mededeling).

Gemiddeld genomen kan gesteld worden, dat de celwandverteerbaarheid in Nederland sterk afneemt tot ongeveer een maand na bloei en daarna nog gering af kan nemen. In een gemiddeld jaar is de bloei afgelopen rond 1 augustus. Dit houdt in dat de celwandverteerbaarheid vanaf 1 september vrijwel constant blijft. Rond de oogst van de snijmaïs vanaf half september lijkt de invloed van het oogsttijdstip vrij gering, maar niet geheel uit te sluiten.

2.4 Interacties van snijmaïstype en oogsttijdstip met energiewaarde

Zoals eerder aan gegeven blijkt dat de energiewaarde van snijmaïs wordt bepaald door de samenstelling van de droge stof en door de verteerbaarheid van de diverse componenten. Zowel het type als het oogsttijdstip hebben invloed op beide aspecten. De grootste rasverschillen doen zich voor in de verhouding celinhoud/celwanden en in de energiewaarde (verteerbaarheid) van de celwanden. De grootste verschuivingen gedurende het groeiseizoen doen zich ook voor in de verhouding celinhoud/celwanden en in de celwandverteerbaarheid. De verhouding celinhoud/celwanden verschuiven in de richting van de celinhoud en de celwandverteerbaarheid neemt af tot een temperatuursafhankelijk minimumniveau.

De vraag is of type en oogsttijdstip met betrekking tot de energiewaarde een interactie vertonen, dan wel of de ontwikkeling van de energiewaarde gedurende het groeiseizoen varieert afhankelijk van het type. Zo ja, dan zal de rasvolgorde in samenstelling van de droge stof (verhouding celinhoud/celwanden) of in energiewaarde van de componenten veranderen gedurende het groeiseizoen.

In eerste instantie wordt het verloop van de rasvolgorde in de verhouding celinhoud/celwanden bekeken.

Na de bloei tot aan het oogsttijdstip neemt de celinhoud, met name in de vorm van zetmeel, toe en dientengevolge neemt het suikergehalte en het celwandgehalte af.

Uit gegevens van het cultuur- en gebruikswaarde onderzoek blijkt dat de rasvolgorde in zetmeelgehalte afhankelijk is van het oogsttijdstip. Hierom wordt in de rassenlijst de rasvolgorde in zetmeelgehalte bij drie ds-gehalten (28-32-36 %) weer gegeven (PRI, 2002). Voor het zetmeelgehalte kunnen de rassen het best worden vergeleken binnen een vroegheidsgroep (van Waes et al., 1998).

Het korrelvullingsproces is afhankelijk van het ras. In bepaalde rassen is de translocatie van koolhydraten belangrijker dan bij andere rassen (Argillier en Barriere, 1996). Het verschil in afrijpingspatroon tussen typen heeft mogelijk effect op de energiewaarde en de opbouw hiervan. Groenblijvende typen kunnen langer (eind oktober) doorgaan met de zetmeelproductie. Mogelijk heeft dit invloed op de verhouding celinhoud/celwand en daarmee op de energiewaarde van de gehele plant. Gemiddeld genomen zijn de weersomstandigheden in Nederland eind oktober echter dusdanig matig dat de "stay-green"-typen 's nachts meer verdampen dan ze overdag produceren (van der Schans et al., 1993). De gedurende de dag geproduceerde suikers worden 's nachts weer verademd en kunnen dus niet opgeslagen worden als zetmeel. Dit effect speelt bij "dry-down"-typen veel minder tot niet (Schlagheck et al., 2000).

Indien de rasvolgorde in zetmeelgehalte tijdens het oogsttraject verandert dan geldt dit ook voor het celwandgehalte. Deze twee eigenschappen zijn namelijk omgekeerd evenredig, een snelle stijging van het zetmeelgehalte gaat gepaard met een snelle daling van het celwandgehalte. Afname van het suikergehalte speelt hierbij een geringe versturende rol.

In tweede instantie wordt, nadat het verloop celinhoud/celwanden is bekeken, het verloop van de rasvolgorde in celwandverteerbaarheid gedurende het groeiseizoen bekeken. Op basis van onderzoek begin jaren tachtig aan een oud sortiment rassen blijkt dat de energiewaarde onder Nederlandse omstandigheden in het traject van 23 tot 35% drogestof gemiddeld over de jaren gelijk blijft, waarbij ook de rasvolgorde constant blijft (Struik, 1983;

Arguiller en Barriere, 1996). Ook vanuit Frans onderzoek wordt aan gegeven dat, hoewel hier de energiewaarde van de gehele plant gedurende het oogsttraject toeneemt, de rasvolgorde in deze energiewaarde constant is (Argillier en Barriere, 1996). Ook in het cultuur- en gebruikswaarde onderzoek blijkt dat de rasvolgorde in energiewaarde van jaar tot jaar zeer constant is. Vanuit Duits onderzoek wordt echter aan gegeven dat er met betrekking tot de energiewaarde van de gehele plant een rassen specifiek optimaal oogstmoment is (Schwarz, 1998). In Duitsland wordt de energiewaarde echter veelal bepaald met de NIRS, waarbij de invloed van het zetmeel overschat wordt.

Als de rasvolgorde in energiewaarde van de gehele plant gelijk blijft en de rasvolgorde in zetmeelgehalte (celinhoud) verandert en dientengevolge ook de rasvolgorde in celwandgehalte, kan geconcludeerd worden dat tijdens het oogsttraject de rasvolgorde in celwandverteerbaarheid moet veranderen. Het zetmeel is namelijk veel beter verteerbaar dan de celwanden. De rasvolgorde in celwandverteerbaarheid moet daarom veranderen om de rasvolgorde in energiewaarde van de gehele plant constant te houden. Uit de literatuur blijkt echter dat rasvolgorde in celwandverteerbaarheid constant is vanaf ongeveer een maand na de vrouwelijk bloei (Dolstra et al., 1990; Struik, 1983; Argillier en Barriere, 1996). Hier zit een discrepantie. Mogelijk speelt hier de rasverschillen in vroegheid van vrouwelijk bloei doorheen. Het verschil tussen het vroegst en het laatst bloeiende ras bedraagt ongeveer 10 dagen.

Momenteel wordt getracht de rasverschillen in celwandverteerbaarheid op de Rassenlijst te plaatsen. Het is duidelijk dat er significante rasverschillen zijn. Momenteel worden de verschillen echter nog niet op de Rassenlijst vermeld, omdat de constantheid van de celwandverteerbaarheid en de rasvolgorde hierin in het oogsttraject onduidelijk is.

Er is een goed verband tussen de celwandverteerbaarheid en de verteerbaarheid van de restplant, hoewel het suikergehalte hier door heen speelt. Het idee leeft dat groenblijvende typen (stay green) gezonder blijven en daardoor een hogere restplantverteerbaarheid hebben. Uit het weinige onderzoek dat er met deze typen in Duitsland is uitgevoerd, blijkt dat er significante rasverschillen zijn in verteerbaarheid van de restplant. De “stay-green”-typen hadden niet de hoogste restplantverteerbaarheid. De afname in restplantverteerbaarheid was bij dit type groter dan bij het “dry-down”-type. De snellere afrijping van de restplant heeft geen negatief effect op de restplantverteerbaarheid van de “dry-down”-typen (Schlagheck et al., 2000). Er zijn significante rasverschillen in energiewaarde van de gehele plant, maar de rasvariatie is niet afhankelijk van het afrijpingstype (Schwarz en Etle, 2000). Naar het verschil in afname van de celwandverteerbaarheid is bij deze typen geen onderzoek verricht.

3 Conservering

3.1 Inleiding

Voor een efficiënt gebruik van snijmaïs als voedermiddel is een goede conservering noodzakelijk. Conserveringsverliezen treden met name op door vergistingsprocessen in de kuil en door het verlies van perssap. Bovendien kunnen na openen van de kuil door nabroei extra verliezen optreden. Conserveringsverliezen geven in eerste instantie verliezen aan droge stof. Omdat bij het conserveringsproces en met het perssap vooral gemakkelijk verteerbare fracties (suikers e.d.) omgezet worden en verloren gaan neemt ook de energiedichtheid per kg droge stof neemt af. Dit resulteert in uiteindelijke voederwaardeverliezen die altijd hoger liggen dan de droge stof verliezen (Zimmer,1985; Mistele,1991).

Momenteel is er een tabel beschikbaar (zie tabel 3), waarin de relatie tussen het ds-gehalte van de snijmaïs bij de oogst en de conserveringsverliezen aan droge stof en voederwaarde zijn weergegeven (PR, 1997). In deze tabel wordt geen onderscheid gemaakt in snijmaïstypen. Het huidige rassenassortiment heeft een breder scala aan rastypen en wijkt nogal af van de rassen uit de periode waarin deze tabel is ontwikkeld. Het is dus goed mogelijk dat er een andere relatie bestaat tussen ds-gehalte en inkuilverliezen of dat er andere parameters bij betrokken moeten worden om de inkuilverliezen goed te schatten. Dit wordt ondersteund door geluiden vanuit de praktijk waar men maïs met een ds-gehalte van rond de 32 % inkuilt en er vervolgens veel perssap uit de kuil loopt, terwijl dit op basis van de tabel niet te verwachten is.

De laatste tijd is er als gevolg van structuurproblemen in het rantsoen bij melkkoeien een discussie gaande over de vergroting van haksellengte van snijmaïs. Algemeen wordt aangenomen dat een grotere haksellengte een nadelige invloed heeft op de conservering en met name op de broeigevoeligheid.

Bij conservering speelt ook het al dan niet gebruiken van toevoegmiddelen een rol. Hierbij kan worden gedacht aan ureum. Dit toevoegmiddel verhoogt het ruw eiwitgehalte van de snijmaïssilage, maar heeft mogelijk een effect op ontsluiting van de celwanden en daarmee op de voereigenschappen en voederwaarde van snijmaïs. Ook toevoegmiddelen gericht op het verbeteren van de conservering en op het bestrijden van broei zijn er op de markt. Met name de laatst genoemde worden in de praktijk gebruikt, meestal voor behandeling van de toplaag.

Tabel 3 Inkuilverliezen bij diverse rijpheidstadia (PR, 1997)

Rijpingsstadium kolf	Ds % totale plant	Inkuilverliezen in (%)	
		Droge stof	VEM
Melkrijp	18-21	10-15	15-20
Zachtdeegrijp	21-25	8-12	11-15
Deegrijp	25-29	6-10	8-12
Harddeegrijp	29-35	4-8	6-10

3.2 Snijmaïstype

In tabel 3, die momenteel gehanteerd wordt, waarin de relatie tussen het ds-gehalte bij de oogst en de inkuilverliezen aan droge stof en voederwaarde worden weergegeven (PR, 1997), wordt geen onderscheid gemaakt tussen snijmaïstypen.

Uit onderzoek van Wyss (1996) blijkt dat de conserveringsverliezen rasafhankelijk kunnen zijn. In dit onderzoek werden twee rassen (Eclat en Senator) ingekuult bij een droge stofgehalte van 25 en 30 %. De beide rassen hadden een gelijk kofaandeel. De inkuilverliezen aan drogestof van het ras Eclat waren bij de beide ds-gehalten resp. 7 en 4,5 % en van het ras Senator 3,8 en 3,1 %. De persapverliezen van het ras Eclat waren 20 % hoger dan van Senator. Dit verschil werd verklaard uit het ruwe celstofgehalte en de dichtheid bij inkuilen. In vergelijking met het ras Senator was het ruwe celstofgehalte van het ras Eclat 10 % lager en de dichtheid bij inkuilen was 10 tot 15 % hoger.

In onderzoek van Van der Wel (1993) werd een vroeg ras (Sonia) en een middenvroeg tot middenlaat ras (Ascot) ingekuult op verschillende oogsttijdstippen. Er konden echter nauwelijks verschillen in inkuilverliezen tussen de beide rassen worden geconstateerd. Als oorzaak hiervoor werd aangegeven dat de beide rassen achteraf onvoldoende verschilden in vroegheid en eigenlijk geen goede representanten waren van de beide vroegheidsklassen.

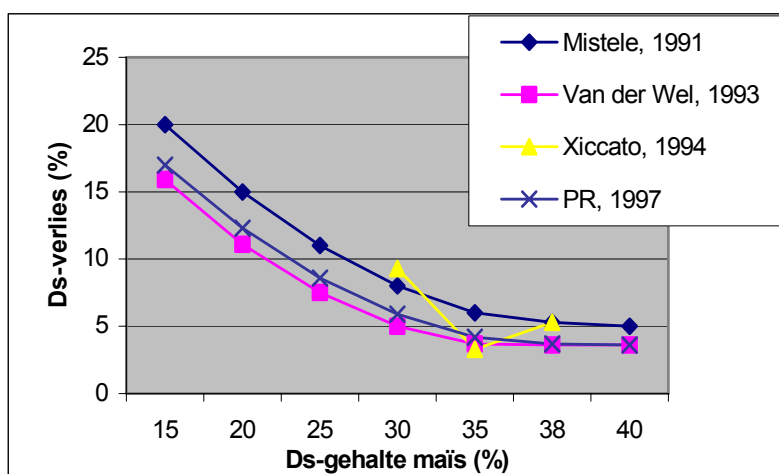
3.3 Oogsttijdstip

3.1.1 Totale inkuilverliezen

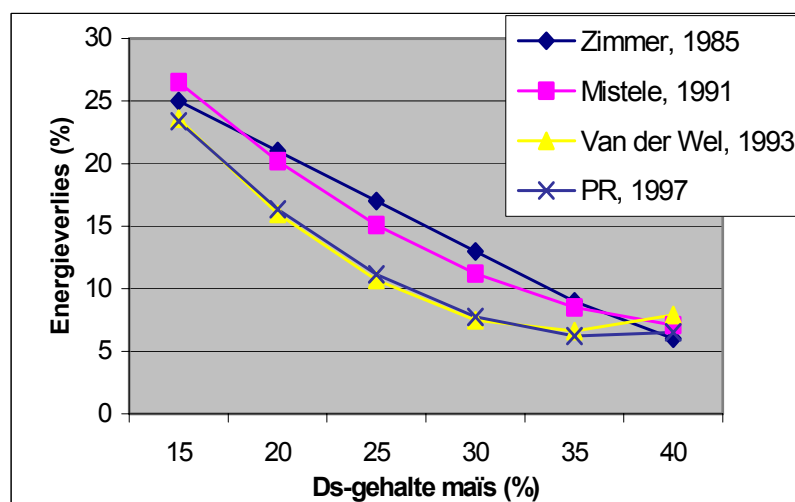
Het oogsttijdstip is van grote invloed op de inkuilverliezen. Naarmate het oogsttijdstip later wordt neemt het ds-gehalte van de totale plant toe. Uit diverse onderzoeken blijkt dat naarmate het ds-gehalte stijgt de inkuilverliezen aan droge stof en voederwaarde afnemen (Zimmer, 1985; Mistele, 1991; Van der Wel, 1993; Xiccato, 1994) In de figuren 4 en 5 zijn de resultaten van de diverse onderzoeken weergegeven. De gevonden energieverliezen in het ds-gehalte traject van 25 tot 35 % ds varieerden van 10,7-17 % bij een ds-gehalte van 25 % tot 6,2-9 % bij een ds-gehalte van 35 %.

De tabel die op dit moment wordt gehanteerd waarbij de inkuilverliezen worden gerelateerd aan het ds-gehalte bij de oogst (PR, 1997) is in de begin jaren tachtig ontwikkeld (PR,1988) en bijgesteld aan de hand van de onderzoeksresultaten van Van der Wel (1993). Uit dit onderzoek kwam naar voren dat vergeleken met de tabel uit de jaren tachtig met name de verliezen bij natte snijmaïs (20-25 % ds) lager uitkwamen.

Figuur 4 Relaties tussen ds-verliezen en ds-gehalte bij inkuilen



Figuur 5 Relaties tussen energieverliezen en ds-gehalte bij inkuilen



Mistele (1991) berekende uit verschillende onderzoeken de inkuilverliezen. De verliezen aan droge stof die hij berekende zijn duidelijk hoger dan die op dit moment gehanteerd worden (PR, 1997) Het verschil is het grootst bij natte maïs en neemt af naarmate de maïs droger wordt. Ook de voederwaarde verliezen die Mistele (1991) berekende zijn duidelijk hoger dan de verliezen waar op dit moment mee gerekend wordt. Bij een ds-gehalte van circa 30 % komt hij op energieverliezen uit die ongeveer een factor 1,5 hoger liggen.

Zimmer (1985) beschrijft een rechtlijnig verband tussen het ds-gehalte en de energieverliezen. Dit in tegenstelling tot de andere resultaten die een kwadratisch verband beschrijven. Het niveau van deze lijn komt gemiddeld het best overeen met dat van Mistele (1991) en ligt dus ook duidelijk hoger dan waar op dit moment mee gerekend wordt. Dit is waarschijnlijk te verklaren uit het feit dat de resultaten van zowel Zimmer (1985) als Mistele (1991) gebaseerd zijn op nog oudere gegevens dan de gegevens waarop de huidige tabel is gebaseerd (PR, 1997).

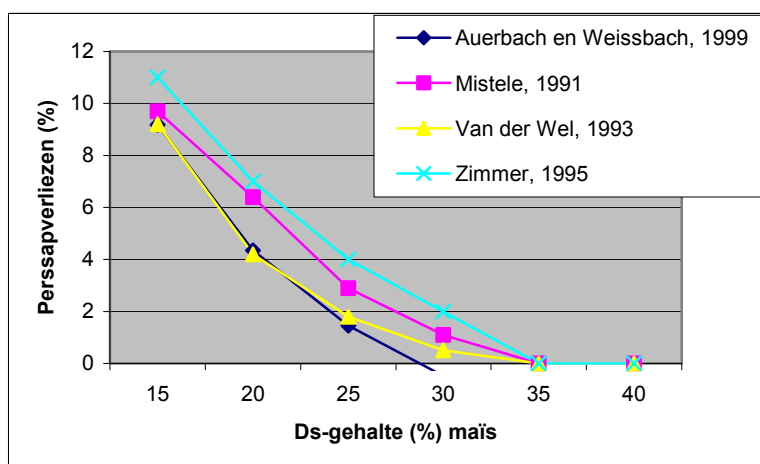
Xiccato et al. (1994) onderzochten de conserveringsverliezen van maïs bij ds-gehalten die tussen de 29 en 38 % lagen. Ze vonden ook een kwadratisch verband tussen het ds-gehalte en droge stofverliezen bij inkuilen waarbij de verliezen boven een ds-gehalte van 35 % oplopen. Zij schrijven dit toe aan een slechtere verdichting. Van der Wel (1993) concludeert ook dat bij maïs met een ds-gehalte boven de 35 % de voederwaardeverliezen weer kunnen oplopen als gevolg van een slechtere verdichting. De slechtere verdichting wordt nog eens bevestigd door onderzoek van Johnson et al. (2001). Zij vonden in hun onderzoek, waarbij maïs met een ds-gehalte tussen de 25 % en 45 % werd ingekuuld, een lagere dichtheid naarmate de maïs droger wordt.

3.3.2 Perssapverliezen

Bij inkuilen van maïs kunnen de inkuilverliezen voor een deel worden veroorzaakt door perssapverliezen. Deze verliezen kunnen vooral bij natte maïs aanzienlijk zijn. Perssapverliezen geven verliezen aan voederwaarde en zijn daarom bedrijfseconomisch gezien nadelig. Daarnaast kan perssap het grond- en oppervlaktewater vervuilen, wanneer het niet wordt opgevangen en apart wordt afgevoerd.

Uit diverse onderzoeken blijkt dat de grootte van deze verliezen voor een groot deel afhankelijk is van het droge stofgehalte bij inkuilen (Van der Wel,1993; Wyss,1996; Auerbach en Weissbach,1999). Dit is weergegeven in figuur 6.

Figuur 6 Relaties tussen perssapverliezen en ds-gehalte bij inkuilen



Auerbach en Weissbach (1999) vonden een rechtlijnig verband tussen de hoeveelheid perssap (kg per ton) en het ds-gehalte van de hele plant. Ten behoeve van figuur 6 is dit omwille van de vergelijkbaarheid omgerekend naar percentages ds-verliezen, waarbij een ds-gehalte van het perssap is aangenomen van 5 %. De lijn van Zimmer (1985) geeft de energieverliezen weer terwijl de overige lijnen de ds-verliezen weergeven. Mistele (1991) geeft aan dat het voederwaarde niveau van perssap 120 % is ten opzichte van de maïs. Wanneer hiervoor gecorrigeerd wordt dan komen de lijnen van Zimmer (1995) en Mistele(1991) redelijk met elkaar overeen. Mistele (1991) en Zimmer (1985) komen gemiddeld op hogere perssapverliezen uit dan Van der Wel (1993) en Auerbach en

Weissbach (1999). Auerbach en Weissbach (1999) berekenden uit hun proefresultaten dat het kritieke ds-gehalte voor het optreden van perssapverliezen tussen de 25,7 en 28,3 % ligt bij kuilhoogtes van resp. 1 tot 5 m. Voorwaarde daarbij is dat het ds-gehalte van de kolf minimaal 55 % is en dat het kolfaandeel niet erg laag is. Auerbach en Weissbach (1999) constateerden namelijk dat maïskorrels van een kolf met een dergelijk ds-gehalte in staat zijn perssap te absorberen. Hieruit trekken ze de conclusie dat het daarom geen probleem is om "stay green" typen bij een wat lager ds-gehalte (iets beneden de 30%) in te kuilen zonder perssapverliezen. Uit oogpunt van optimale voederwaarde zou dit volgens hun interessant kunnen zijn.

Het kritieke ds-gehalte voor het vrijkomen van perssap van Auerbach en Weissbach (1999) ligt aanmerkelijk lager dan wat Van der Wel (1993), Misteale (1991) en Zimmer (1985) vonden. In het onderzoek van Van der Wel (1993) werden perssapverliezen geconstateerd tot een droge stofgehalte van 32,5 % . Misteale (1991) en Zimmer (1985) geven zelfs perssapverliezen aan tot een ds-gehalte van circa 35 %. Een verklaring voor het verschil met Auerbach en Weissbach (1999) zou kunnen zijn dat zij een wat afwijkende methode van perssap meten hebben toegepast. Het perssap werd niet opgevangen tijdens het inkuilproces, maar werd achteraf uit het ingekuilde materiaal geperst.

Naast de relatie tussen de hoeveelheid perssap en het ds-gehalte van de hele plant vonden Auerbach en Weissbach (1999) ook een relatie tussen de hoeveelheid perssap en het ds-gehalte van de restplant en tussen de hoeveelheid perssap en het ds-gehalte van de kolf. Deze variabelen gaven echter geen betere voorspelling van de hoeveelheid perssap (r -waarden resp. 0,990, 0,964 en 0,952) .

In het onderzoek van Van der Wel (1993) werden twee kuilhoogtes van 1,5 en 2,5 m nagebootst. Er wordt vermeld dat er significante verschillen in hoeveelheden perssap zijn gevonden tussen de beide kuilhoogtes, maar dat deze praktisch gezien klein zijn. Niet duidelijk is in hoeverre deze verschillen afhangen van het ds-gehalte bij inkuilen.

3.3.3 Broei

Algemeen wordt aangenomen dat de broeigevoeligheid van maïs toeneemt naarmate het rijper wordt ingekuild. Dit wordt niet bevestigd door het onderzoek van Johnson et al. (2002). In dit onderzoek met maïs met een ds-gehalte tussen de 23 en 45 % werd geen éénduidig effect gevonden van de rijpheid op de broeigevoeligheid ondanks het feit dat er wel een tendens naar een lagere dichtheid was naarmate de rijpheid toenam. Hiervoor kon geen verklaring worden gevonden.

3.4 Haksellengte en korrelkneuzen

Over het effect van de haksellengte en korrelkneuzer op de conserveringsverliezen is weinig recente kwantitatieve informatie bekend. Gross (1979) beschrijft in een tabel het effect van haksellengte op de kuildichtheid. Vervolgens beschrijft hij in een tabel de relatie tussen dichtheid en energieverliezen. Hieruit is af te leiden dat wanneer de haksellengte toeneemt van 5-10 mm tot 10-20 mm en 20-30, de energieverliezen toenemen met resp. 0,45 % en 1,2 %.

Onderzoek van Messer en Hawkins (1977) laat een effect van haksellengte op perssapverliezen zien bij lage ds-gehaltes. Bij maïs met een ds-gehalte van 20 % gaf hakselen op 32 mm de helft aan perssap vergeleken met hakselen op 6 mm. Bij maïs met een ds-gehalte van 30 % werd geen verschil meer tussen de beide haksellengtes geconstateerd.

Johnson et al. (2002) onderzochten in een drietal proeven o.a. het effect van korrelkneuzen op de inkuilverliezen maar vonden geen éénduidig effect. Ze schrijven dit toe aan verschillen groeiomstandigheden en hakselkwaliteit tussen de proeven.

Haksellengte en korrelkneuzen lijken een effect te hebben op het gehalte van verschillende fermentatie producten (Stockdale en Beavis, 1994; Bal et al., 2000). Stockdale en Beavis (1994) vergeleken drie verschillende haksellengtes (fijn, medium en grof) door zeven met verschillende doorlaten (9 cm², 36 cm² en geen zeef) in de hakselaar te plaatsen en bepaalden het gehalte aan ammonia stikstof, azijnzuur, propionzuur en boterzuur. Bij alle gehalten was er een tendens naar hogere waarden bij toenemende haksellengte, wat duidt op een tendens naar iets hogere conserveringsverliezen. Bal et al. (2000) vonden een tendens tot hogere gehalten aan met name melkzuur wanneer een korrelkneuzer werd toegepast bij een theoretische haksellengte van 9,5 mm. Er werd echter geen effect gevonden van haksellengte in combinatie met het gebruik van een korrelkneuzer. Verschillende haksellengtes zonder gebruik van een korrelkneuzer werden niet onderzocht.

Het toepassen van een korrelkneuzer lijkt een positief effect te hebben op de broeigevoeligheid. Johnson et al. (2002) vonden in twee van drie proeven een significant effect van de korrelkneuzer op het aantal uren dat het duurde voordat de temperatuur van maïs 1,7 °C hoger was dan de omgeving.

3.5 Toevoegmiddelen

3.5.1 Conservering

Maïs bevat relatief veel vergistbare koolhydraten en heeft een laag gehalte aan eiwit en mineralen. Hierdoor is maïs gemakkelijk zonder conserveringsmiddel in te kuilen. Uit onderzoek van Sheperd en Kung (1996) blijkt inderdaad dat oplosbare suikers geen limiterende factor zijn bij de conservering van maïs. Door toevoeging van verschillende doseringen van een enzymproduct met cellulase en hemicellulase activiteit kon geen effect op de fermentatie worden geconstateerd. Wel werd een daling van het celwandgehalte gevonden maar er werd geen eenduidig effect op de NDF verteerbaarheid gevonden. Ook in onderzoeken van Hunt et al. (1993) waarbij snijmaïs met een ds-gehalte van circa 32 % werd geïnoculeerd met een mengsel van melkzuurbacteriën, en Kung et al. (1998) waarbij toevoegmiddelen op basis van propionzuur werden gebruikt werden geen verschillen in conservering gevonden.

Higginbotham et al. (1998) onderzochten het effect van een bacteriemengsel met propionzuur- en melkzuurbacteriën op o.a. de fermentatie van snijmaïs dat ingekuild was bij een ds-gehalte tussen de 21 en 23 %. Ook is dit droge stof traject vonden zij geen effect op het gehalte aan melkzuur, vluchtige vetzuren, water oplosbare koolhydraten en ethanol.

3.5.2 Broei

Maïs wordt over het algemeen gezien als relatief vrij broeigevoelig. Naast maatregelen als voldoende voersnelheid en goed verdichten en afdichten bij inkuilen kunnen ook toevoegmiddelen broei bestrijden. Toevoegmiddelen op basis van propionzuur hebben over het algemeen een goed effect tegen broei wanneer er voldoende van wordt toegevoegd en goed verdeeld (Van Dijk, 1995). Kung et al., (1998) vonden in drie onderzoeken op laboratorium schaal ook een duidelijk effect op broei bij een dosering van 0,6 % op droge stof basis. Hierbij werd een vloeibaar en droog toevoegmiddel op basis van propionzuur aangevuld met verschillende andere organische zuren onderzocht. Deze dosering was echter tweemaal de geadviseerde dosering. De controlekuilen waren gemiddeld al 60 uur stabiel wat praktisch gezien over het algemeen al voldoende is.

Ranjit en Kung (2000) onderzochten het effect van van twee soorten melkzuurbacteriën (*Lactobacilles buchneri* en *Lactobacilles plantarum*) op de broeigevoeligheid bij snijmaïs. Bij een normale dosering nam de broeigevoeligheid gemeten als aantal uren waarbij de temperatuur 2 °C stijgt t.o.v. de stabiele temperatuur door toevoeging van de bacteriën slechts licht af. Bij de controlekuil was het aantal uren 26,5 en bij de behandelde kuilen varieerde dit van 32,8 tot 37. Bij een tienvoudige dosering van de *Lactobacilles buchneri* was het aantal uren meer dan 900.

Johnson et al. (2002) onderzochten het effect van een bacteriemengsel met *Lactobacilles plantarum* en *Enterococcus faecium* op de broeigevoeligheid bij snijmaïs in drie proeven. Het ds-gehalte lag tussen 24 en 44 %. De broeigevoeligheid gemeten als aantal uren waarbij de temperatuur 1,7 °C stijgt t.o.v. de omgevingstemperatuur nam door toevoeging van het mengsel af. Bij de onbehandelde maïs waren de aantallen uren 51, 45 en 46 en bij de behandelde maïs resp. 67, 52 en 69.

In het onderzoek van Higginbotham et al. (1998) is naast het effect op conservering ook gekeken naar het effect van bacteriemengsels met propionzuurbacteriën op de broeigevoeligheid. De toevoeging had geen effect op het aantal schimmels, gisten en melkzuurbacteriën. Wel werd opwarming licht vertraagd. Zonder toevoeging duurde het 36 uur voordat de maïs 2°C was opgewarmd. Met toevoeging duurde dit circa 2 uur langer.

3.5.3 Ureum

Maïs is relatief arm aan eiwit. Dit heeft als consequentie dat een ruwvoerrantsoen dat voor een groot deel uit snijmaïs bestaat met eiwit aangevuld moet worden. Een mogelijkheid is om tijdens de oogst ureum toe te voegen op de hakselaar als granulaat of in vloeibare vorm (Spiekers, 2002).

Begin jaren zeventig is al onderzoek gedaan naar het effect van ureum toevoeging op het inkuilproces van snijmaïs (Schukking en Hengeveld, 1971; Keuning et al., 1978). Bij drie van de vier proeven waarbij twee doseringen ureum werd toegevoegd (1 en 2 %) werden geen nadelige gevolgen geconstateerd op de kuil kwaliteit. Het melkzuurgehalte dat bij twee proeven was gemeten, was van de kuilen met ureum hoger dan van de controlekuilen. De ds-gehalten van de maïskuilen waren resp. circa 28, 30 en 34 %. Bij één proef waarbij de maïs een ds-gehalte had van circa 31 % werd het inkuilproces zowel bij de lage als de hoge dosering negatief beïnvloed. De pH werd onvoldoende verlaagd waardoor er boterzuurvorming op gang kwam.

Spiekers (2002) meldt dat door toevoeging van 0,7 % ureum het melkzuurgehalte in de maïskuil door de bufferende werking van ureum met circa 1% verhoogd wordt. Verder meldt hij een positieve werking op de broeigevoeligheid. Door de vrijkomende ammoniak uit ureum wordt de activiteit van gisten, die veelal verantwoordelijk zijn voor het ontstaan van broei, verminderd. In hoeverre het toevoegen van ureum tot ontsluiting van celwanden leidt is niet duidelijk.

4 Dierprestaties

4.1 Snijmaïstypen en dierprestatie

Onderzoek naar dierprestaties bij verschillende snijmaïstypen is vaak uitgevoerd met snijmaïsrassen die zijn ontwikkeld voor een verschillend gebruiksdoel. Meestal betreft dit vergelijkingen tussen maïsrassen die (ook) geschikt zijn voor de korrelproductie en rassen die specifiek zijn bedoeld voor de productie van snijmaïssilage. Het eerst genoemde type wordt gekarakteriseerd door een hoog korrel aandeel in de totale ds-opbrengst. Het laatst genoemde type is bestemd voor een hoge totale ds-opbrengst (korrel plus restplant). Daarnaast zijn er nog zogenaamde “leafy” (bladrijke) typen, hetgeen slaat op het feit dat dit type twee tot vier extra bladeren heeft boven de kolfaanzet (Kuehn, 1999). Bovendien heeft “leafy” snijmaïs vaak een zachtere en vochtiger korrels (Bal, 2000).

(Kuehn, 1999) vond in een vergelijking tussen maïsrassen van het graantype, het bladrijk type en een mengsel van deze twee geen verschillen in ds-opname, melkproductie en verteerbaarheid en passagesnelheid van de drogestof, organische stof en NDF. Het aandeel snijmaïs in het rantsoen bedroeg 40 % van de totale droge stof. Opgemerkt dient te worden dat er in de samenstelling (ruw eiwit, NDF, ADF) en de verteerbaarheid van de silage en de afzonderlijke plantendelen (kolf, stengels, blad, schutbladeren, spil, korrel) geen verschillen waren. Alleen de in-vitro verteerbaarheid van de droge stof was van bladrijke snijmaïs significant hoger dan van het graantype en het mengsel (Kuehn, 1999). Ook waren er geen verschillen in het relatieve aandeel van de afzonderlijke plantendelen in de totale droge stof tussen de verschillende typen (Kuehn, 1999). Bal et al. (2000) onderzochten de effecten van bladrijke en conventionele maïstypen bij twee niveaus van plantdichtheid (61000 vs. 77000 planten/ha) op de opname en productie van melkkoeien bij een snijmaïs aandeel van 33,5 % van de totale droge stof. Er waren geen verschillen in de drogestofopname en melkproductie tussen de behandelingen. De samenstelling van deze snijmaïssilages was daarbij nagenoeg identiek. Ballard (2001) vond in een vergelijking tussen een bladrijk type en een dubbeldoel type een hogere drogestofopname bij het bladrijke type ten opzichte van het dubbeldoel type. Er werden in een productie experiment met rantsoenen die op drogestofbasis voor 31,4% uit snijmaïs bestonden geen verschillen gevonden in melkproductie en melksamenstelling. Tussen het bladrijke type en het dubbeldoel type bestonden slechts geringe verschillen in het gehalte aan NDF, ADF, ADL, zetmeel en suikers.

De experimenten (Bal, 1997; Ballard, 2001; Kuehn, 1999) geven de indruk dat het maïstype er weinig toe lijkt te doen. Echter, binnen de experimenten bestond er weinig relevant verschil in de chemische samenstelling (celwandfracties, zetmeel) en de in-vitro verteerbaarheid tussen de verschillende maïstypen. De afwezigheid van een effect van het maïstype is waarschijnlijk terug te voeren op te weinig contrast in de samenstelling van de onderzochte maïstypen. Bij de interpretatie van deze onderzoeksresultaten dient te worden gerealiseerd dat in vergelijking met de situatie in Nederland, de onderzochte snijmaïstypen in alle gevallen hoge NDF (>415 – 460 g/kg ds) en lage zetmeelgehalten (262-300 g/kg ds) hadden.

Celwandverteerbaarheid

In het buitenland, en met name in de Verenigde Staten, is veel onderzoek gedaan naar maïstypen met een hoge verteerbaarheid van de celwandfractie. Het gaat hierbij met name om zogeheten brown-midrib (BM) typen. Brown-midrib is een eigenschap die door mutatie is ontstaan. Snijmaïs van dit type wordt gekarakteriseerd door een laag lignine gehalte en een hoge in-vitro verteerbaarheid van de NDF fractie. Echter, de kolfopbrengst en de totale ds-opbrengst van de brown-midrib maïstypen is dermate laag dat deze rassen nog niet in de praktijk worden toegepast. Bovendien is de stevigheid te gering voor toepassing in de praktijk. Hoewel het gebruik van brown-midrib maïstypen voor de praktijk dus niet van direct belang zijn, kunnen voederproeven met brown-midrib typen wel indicaties geven welke effecten mogelijk zijn te verwachten wanneer maïstypen met een hoge plantverteerbaarheid in het rantsoen worden opgenomen. Een vergelijking tussen een gangbare snijmaïstype en een BM-mutant met een gelijk netto energiegehalte resulteerde in een hogere ds-opname en melkproductie bij de BM-mutant (Oba, 1999). In rantsoenen met een in de Verenigde Staten gangbaar NDF-niveau gaf een rantsoen met de BM-mutant een verlaagd melkvetgehalte, terwijl in rantsoenen met een verhoogd NDF-niveau geen depressie van het vetgehalte gevonden (Oba, 1999). Ballard et al. (2001) vonden een hogere ds-opname, melkgift en FCM-productie (fat corrected milk) met een BM-mutant in het rantsoen in vergelijking met een bladrijk type en een dubbeldoeltype.

Theoretisch kunnen twee contrasterende maïstypen een gelijke voederwaarde hebben. Bijvoorbeeld een maïstype met een hoog kolfaandeel en een lage restplant verteerbaarheid tegenover een maïstype met een laag kolfaandeel en een hoge restplant verteerbaarheid. Soms worden deze maïstypen getypeerd op basis van hun

NDF-gehalte. Het NDF-gehalte in de plant is negatief gecorreleerd met korrelaandeel (Bal, 2000; Andrea, 2001). In het algemeen hebben hoog-NDF snijmaïsrassen een hoger ADF, ADL en ruw eiwit gehalte, maar tevens een lager zetmeelgehalte ten opzichte van laag-NDF maïsrassen (Bal, 2000; Andrea, 2001).

In een vergelijking tussen twee snijmaïsrassen met een “hoog” NDF (390 g/kg ds) en een “laag” NDF gehalte (330 g/kg ds) bij twee niveaus van ruwvoeraandeel (48% vs. 60%) gaf aan dat de voeropname, melkproductie en melksamenstelling niet werd beïnvloed door het NDF-gehalte van de snijmaïs (Bal, 2000). Het snijmaïsaandeel in de totale drogestof bedroeg voor de rantsoenen met 48% en 60% ruwvoer respectievelijk 36% en 42%. Het zetmeelgehalte bedroeg voor het hoog-NDF en laag-NDF type respectievelijk 240 en 338 g/kg ds. De totale pens en darmverteerbaarheid van NDF en ADF was hoger voor de hybride met het hoge NDF-gehalte, echter de totale pens en darmverteerbaarheid van het zetmeel was lager (Bal, 2000).

Zetmeelafbreekbaarheid

Er is in de praktijk veel belangstelling voor gegevens met betrekking tot de celwandafbreekbaarheid (restplant verteerbaarheid) van snijmaïs. In de praktijk wordt dit aspect meegewogen bij de keuze voor een bepaald snijmaïstype. Echter, de afbreekbaarheid en de afbraaksnelheid (kinetiek) van zetmeel bij verschillende rijpheidstadia heeft nog niet veel aandacht gekregen in het onderzoek (Cone, 2002). Er zijn belangrijke genetische verschillen in de afbreekbaarheid en afbraaksnelheid van zetmeel. Maïszetmeel bestaat globaal voor een kwart uit amylose en voor driekwart uit amylopectine. Echter, er is een grote spreiding tussen rassen en variëteiten. De extremen bestaan voor 50% amylose en 50% uit amylopectine. Er zijn ook mutanten waarvan het zetmeel vrijwel volledig uit amylopectine bestaat: de zogenaamde “waxy” typen (Michalet Doreau, 1999). De afbreekbaarheid van het zetmeel wordt met name bepaald door de textuur van het endosperm (Philippeau, 1998). De textuur van het endosperm zelf wordt bepaald door verhouding tussen hard (vitreous) en zacht (floury) endosperm dat de zetmeelkorrels omringt. Maïsrassen met ongeveer 70% hard (vitreous) endosperm worden aangeduid met flint, rassen met 70% zacht (floury) endosperm worden aangeduid met dent. De in-situ zetmeelafbreekbaarheid van flint maïs is lager dan van dent maïs (Michalet Doreau, 1999). De afbreekbaarheid van zetmeel verandert ook onder invloed van het inkuilproces. Philippeau et al. (1998) onderzochten de in-situ zetmeelafbreekbaarheid van dent en flint maïs geoogst bij 30% drogestof (half-milk line). De in-situ zetmeelafbreekbaarheid van verse gehakselde snijmaïs was voor flint en dent maïs respectievelijk 72,6% en 61,6%. In het ingekuilde product was de zetmeelverteerbaarheid gemiddeld 5,8% hoger dan van het verse product, het verschil tussen flint en dent bleef constant. De hardheid (vitreousness) van het endosperm neemt toe naarmate het gewas verder afrijpt. Andrea (2001) vond bij twee maïstypen bij twee oogsttijdstippen (half en full milkline) dat er verschil bestaat in de mate waarin de hardheid van het endosperm toeneemt en dus de afbraaksnelheid afneemt. Dit impliceert dat er wat zetmeelverteerbaarheid verschillen zijn in het optimale oogsttijdstip.

Uit de literatuur zijn weinig gegevens bekend over de factoren die van invloed zijn op de verschillen in de afbreekbaarheid van zetmeel. Evenmin zijn er vanuit de literatuur inzichten bekend over de effecten van verschillen in zetmeelverteerbaarheid op de pensfermentatie en de benutting van nutriënten.

Verteerbaarheid en voederwaarde

De voederwaarde van snijmaïs (VEM/kg ds) is een belangrijk kenmerk waarop veehouders hun keuze voor een bepaald maïsras baseren. De voederwaarde wordt voor een belangrijk deel bepaald door de in vitro verteerbaarheid van de organische stof. Barriere et al. (1995) vonden een 1 tot 2 kg hogere ds-opname voor maïsrassen met een hoge verteerbaarheid c.q. energie-inhoud. In een vergelijking tussen twee maïsrassen met een lage en hoge verteerbaarheid werd een hogere opname, een hogere melkproductie en een grotere aanzet van lichaamsreserves gevonden (Emile, 1996). Zom et al. (2002) stelden op basis van de analyse van een grote dataset vast dat de opname van snijmaïs positief is gecorreleerd met het gehalte aan verteerbare organische stof. De verzadigingswaarde van snijmaïs neemt lineair af naar mate het gehalte aan verteerbare organische stof toeneemt.

4.2 Oogsttijdstip en dierprestatie

Het oogsttijdstip van snijmaïs is met name gebaseerd op het totale ds-gehalte van de plant (zie hoofdstuk 3). Een voldoende hoog ds-gehalte is nodig om perssapverliezen te voorkomen. Een te hoog ds-gehalte kan conserveringsproblemen veroorzaken omdat een dergelijke maïskuil moeilijker is te verdichten. Het ds-gehalte

wordt vaak afgeleid van de korrelrijpheid (melkrijp, deegrijp, hard deegrijp en volrijp). Het advies is om te oogsten vanaf het deegrijpe stadium. Dit komt overeen met een ds-gehalte van minimaal 28%. In met name Noord-Amerika wordt de mate van afrijping vaak uitgedrukt in de zogenaamde melklijn. De melklijn wordt bepaald aan de hand van de rijpheid van de korrel. De melklijn geeft de grens aan tussen de zetmeelachtige en melkachtige inhoud van de korrel. Bij 1/4 melklijn is het bovenste 1/4 deel van de korrel gevuld met zetmeel en de onderste deel 3/4 deel met melkachtige inhoud. Bij 1/2 melklijn is de helft van de korrel gevuld met zetmeelachtige inhoud en de andere helft met melkachtige inhoud, enzovoort. De melklijn wordt zichtbaar kort na inknippen van de korrel. Volledige rijpheid wordt ook wel aangeduid met black-layer. De embryo van de maïskorrel in het puntje van de korrel is dan donker bruin tot zwart verkleurd. De melklijn-methode wordt gebruikt voor het bepalen van het optimale oogsttijdstip. De mate waarin de melklijn zich ontwikkeld is een indicatie voor het ds-gehalte van de gehele plant. Echter, de Canadese landbouwvoorlichtingsdienst van het Ministry of Agriculture and Food geeft aan dat de bepaling van het oogsttijdstip op basis van de melklijn alleen niet meer voldoende is. Bij nieuwe rassen kan de melklijn afrijping (korrelafrijping) anders (sneller) verlopen dan de plant afrijping. Hierdoor ontstonden, met name bij torensilo's, in toenemende mate problemen met het inkuielen als gevolg van een te laag ds-gehalte van de restplant. Het Canadese advies is om eerst te kijken naar de melklijn rijpheid, en vervolgens wanneer het gewenste melklijn rijpheid stadium is bereikt, te wachten met de oogst tot het gewenste totale ds-gehalte is bereikt (Website Ministry of Agriculture and Food, 2002).

Het afrijpingsstadium is ook van invloed op de samenstelling van het gewas. Gedurende de afrijping neemt het ds-gehalte toe alsmede het zetmeelgehalte per kg drogestof terwijl de celwandfractie afneemt. Binnen de celwandfractie vind er een verschuiving plaats naar relatief meer lignine. De verteerbaarheid van de organische stof verandert weinig tijdens de afrijping omdat de afname van de celwandverteerbaarheid wordt gecompenseerd door een groter korrelaandeel (Gallasz, 1973; Johnson, 1999; Philippeau, 1999; Sutton, 2000). Naarmate een gewas verder afrijpt neemt ook de pensafbreekbaarheid van het zetmeel af (Philippeau, 1999; Philippeau, 1998; Sutton, 2000). Ook tussen maïsrassen bestaan verschillen in de afrijping, en invloed van de afrijping op verteerbaarheid van zetmeel en celwanden.

Johnson et al. (1999) komen op basis van verschillende studies tot de conclusie dat snijmaïs de hoogste netto energie voor melkproductie (NEL) per kg droge stof bevat bij een rijpheidsstadium tussen 1/2 tot 2/3 melklijn, hetgeen overeen zou komen met een ds-gehalte dat varieert tussen 33 en 36 % droge stof. Bij hogere ds-gehalten neemt de netto energie voor melkproductie (NEL) weer af onder invloed van een afname van de verteerbaarheid van de restplant (toename ADF, ADL).

In een proef met melkvee dat een basisrantsoen kreeg met 75 % snijmaïs en 25 % graskuil aangevuld met 8,7 kg droge stof krachtvoer, bleek binnen het traject van 22 % tot 38 % drogestof van de snijmaïs, de schijnbare verteerbaarheid van de organische stof toe te nemen met het ds-gehalte (Sutton, 2000). De pensverteerbaarheid van NDF nam af met een hogere zetmeelopname, maar de totale schijnbare verteerbaarheid werd niet beïnvloed. Met toename van het ds-gehalte nam ook de zetmeelopname, de zetmeelafbraak in de pens en in de darm significant toe. Echter, de totale pens en darmverteerbaarheid nam procentueel gezien iets af bij toename van het ds-gehalte (Sutton, 2000; Cammell et al., 2000). In een respiratieproef met dezelfde rantsoenen als in de proeven van Sutton (2000) werd ondanks grote verschillen in de nutriëntensamenstelling geen verschillen in de benutting van energie gevonden. De hoeveelheid metaboliseerbare energie was significant lager bij 22 % drogestof ten opzicht van 28, 33 en 38 % droge stof (Cammell, 2000).

Phipps et al. (2000) vonden in een productieproef met een basisrantsoen bestaande uit 75 % snijmaïs en 25 % graskuil aangevuld met 8,7 kg krachtvoer een hogere ds-opname bij toename van het ds-gehalte van 22 naar 38 % drogestof. Echter, de opname neigde iets af te nemen bij een ds-gehalte boven 33 %. Zom et al. (2002) hebben ook een curvilineair verband gevonden tussen het ds-gehalte en de verzadigingswaarde van snijmaïskuil.

De gevonden relatie geeft aan dat de verzadigingswaarde het laagst is bij 33 % drogestof, resulterend in de hoogste opname. Bij lagere of hogere ds-gehalten neem de verzadigingswaarde toe en daalt de opname.

Johnson et al. (1999) vonden dat de hoogste melkproductie gerealiseerd wordt bij een rijpheidsstadium tussen 1/2 tot 2/3 melklijn. Dit is gerelateerd aan de netto energie voor melkproductie (NEL) per kg droge stof, die tussen 1/2 tot 2/3 melklijn (33-36 % droge stof) het hoogst is. Phipps et al. (2000) vonden in een productieproef een toename van de melkproductie bij een toename van het ds-gehalte van snijmaïs. Het melkvet-, melkeiwit- en lactosegehalte werd niet beïnvloed door het ds-gehalte.

4.3 Effecten van hakselintensiteit en korrelkneuzen op dierprestaties

4.2.1 Inleiding

Snijmaïs wordt ingekuuld en geogst als gehakseld product. Hakselen is niet alleen een manier van oogsten maar het kan ook bijdragen aan verbetering van het conserveringsproces, vermindering van de inkuilverliezen, verbetering van de celwand- en zetmeelverteerbaarheid en de benutting van nutriënten door de koe.

Het aspect van haksellengte is de laatste jaren veelvuldig ter sprake gekomen in artikelen in de vakpers. Sommige veehouders ervaren een tegenvallende melkproductie bij een hoog aandeel snijmaïs in het rantsoen. Dit wordt vaak geweten aan een gebrek aan structuur in het rantsoen. Het gevolg hiervan zou een onvoldoende prikkeling van de penswand en verminderde kauw- en herkauwactiviteit zijn. De verminderde kauw- en herkauwactiviteit zou weer leiden tot een lagere speekselproductie en daardoor een verminderde buffercapaciteit van de pH in de pens. Een grotere deeltjesgrootte, dus grover hakselen zou de kauw- en herkauwactiviteit kunnen stimuleren. Er wordt dan ook gesuggereerd dat het huidige advies van 6-8 mm haksellengte (PR, 1997) aan herziening toe is. De haksellengte zou groter moeten zijn, zeker bij een hoog aandeel snijmaïs in het rantsoen. Dit hoofdstuk gaat in op de effecten van de haksellengte en het korrelkneuzen van snijmaïs op voeropname, kauwactiviteit, verteerbaarheid en melkproductie.

4.2.2 Theoretische haksellengte (THL) en hakselintensiteit

De technologische ontwikkeling van hakselaars voor snijmaïs heeft de afgelopen decennia niet stilgestaan. De eerste generatie hakselaars was vrij eenvoudig van ontwerp. Bij deze hakselaars werd het geogste product verkleind met behulp van een snel ronddraaiende kooi of schijf waarop een aantal snijmesses was gemonteerd die geplaatst waren tegenover een vast tegenmes. Moderne hakselaars zijn nog steeds gebaseerd op het principe van sneldraaiende messen maar er is een enorme variatie ontstaan in het aantal, de vorm, de plaatsingshoek en omtreksnelheid van de messen en het toevoermecanisme. Verder kunnen hakselaars worden voorzien van korrelkneuzers, recirculatioesters (recutterscreens) en andere attributen waarmee de hakselintensiteit kan worden gevarieerd. De korrelkneuzer is een voorziening waarmee de harde maïskorrel kan worden beschadigd of geplet. Het materiaal dat de messenkooi verlaat wordt tussen twee rollen van gehard staal doorgeleid. De afstand tussen deze rollen is zodanig klein (één tot enkele millimeters) dat alle harde delen (korrels) worden geplet. Afhankelijk van het type van de hakselaar zijn de kneusrollen voorzien van groeven of een vertanding. Bovendien kan de snelheid van de kneusrollen ten opzichte van elkaar worden gevarieerd. De verkleiningsintensiteit kan ook nog worden gevarieerd met behulp van een recirculatioester of recutterscreen. Dit is een zeef waarvan de doorlaat groter of kleiner kan worden gemaakt. Grote delen die de zeef niet kunnen passeren worden weer teruggevoerd naar de hakselkooi en nogmaals verkleind. De theoretische haksellengte (THL) wordt bepaald door de toevoersnelheid van de maïs, het aantal messen en het toerental van de hakselkooi. Echter, de afmetingen van de gehakselde deeltjes kan bij eenzelfde THL verschillend zijn afhankelijk van de afstelling en ontwerp van de rest van de machine. Vergelijkend onderzoek tussen een conventioneel (C) en een multi-knife (M) hakselsysteem toonde aan dat bij dezelfde THL (6,8 mm) grote verschillen in de deeltjesgrootte verdeling kunnen bestaan (tabel 4) (Weigand, 1993).

Tabel 4 Deeltjesgrootteverdeling van twee verschillende hakselsystemen bij een THL van 6,8 mm (Weigand, 1993)

Maaswijdte zeef (mm)	achterblijvende fracties (% van de totale droge stof)	
	Conventioneel (C)	Multi-knife (M)
20	2,4	3,0
10	8,7	6,1
5	29,8	16,6
2	36,8	35,4
1	11,4	18,0
0,5	6,1	12,2
Doorval	4,8	8,7

Johnson (1999) concludeert op basis van een studie dat de THL alléén geen goede maat is voor deeltjesgrootte van snijmaïs omdat er oneindig veel machinevariabelen zijn die invloed hebben op de deeltjesgrootte. De

belangrijkste variabelen die bepalend zijn voor de werkelijke deeltjesgrootte zijn: de doorvoersnelheid, het ontwerp van de messenkooi, aantal messen en de omtreksnelheid van de messen, afstelling van het recirculatioerooster en de korrelkneuzer en de vorm en vertanding van de kneusrollen. Het geven van adviezen met betrekking tot een optimale haksellengte van snijmaïs is daarom niet mogelijk zonder hierin het type machine en de afstelling te betrekken (Johnson, 1999). Deze resultaten betekenen dat een algemeen geldend advies met betrekking tot de haksellengte niet kan worden gegeven. Bovendien kunnen resultaten van verschillende onderzoeken naar het effect van haksellengte niet zondermeer met elkaar vergeleken worden. Hiervoor is meer aanvullende informatie nodig over de deeltjesgrootteverdeling en de gemiddelde deeltjesgrootte van de snijmaïskuil en het totale rantsoen. Ten aanzien van de (theoretische) haksellengte kan worden geconcludeerd dat de haksellengte alléén geen goede maat is voor de deeltjesgrootteverdeling en de gemiddelde deeltjesgrootte van snijmaïs in de praktijk. In diverse onderzoeken wordt gebruik gemaakt van standaard laboratoriumprocedures. Voor de veehouderijpraktijk zijn deze procedures echter ongeschikt. Voor veehouders is een eenvoudig systeem voor visuele beoordeling van de deeltjesgrootte van snijmaïs waarschijnlijk beter werkbaar. Dit eventueel in combinatie met een eenvoudige en gestandaardiseerde zeefmethode zoals bijvoorbeeld is ontwikkeld door Lammers (1996).

4.2.3 *Kauwactiviteit en penswerking*

Grover hakselen wordt vaak toegepast met als doel de kauwactiviteit te stimuleren. Uit een meta-analyse van verschillende proeven met snijmaïskuil gehakseld met een THL variërend van 4, 8 en 16 mm blijkt dat de eetindex (het aantal minuten kauwen bij opname per kg droge stof) niet toenam in het traject tussen 4 en 8 mm THL maar wel van 8 naar 16 mm THL (Boever, 1993). Daarentegen nam de herkauwindex (minuten herkauwen per opgenomen kg drogestof) wel toe in het traject van van 4 tot 8 mm THL, maar niet tussen 8 en 16 mm THL. Het uiteindelijke resultaat is dat de totale kauwindex (totaal aantal minuten kauwen per kg drogestof) lineair toeneemt van 4 tot 16 mm THL. De totale kauwindex is negatief gecorreleerd met het afrijpingsstadium van het gewas (traject tussen 25 en 37 % droge stof) veroorzaakt door een groter korrelaandeel. De kauwindex werd het best voorspeld door de factoren in-vitro VCOS en de zeeffractie groter dan 2,38 mm (Boever, 1993).

Weigand (1993) vergeleek het effect van twee hakselsystemen bij een basisrantsoen bestaande uit snijmaïskuil en graskuil in een verhouding van 4:1 aangevuld met 1,4 tot 3,2 kg eiwitrijk krachtvoer. Uiteindelijk resulteerde intensiever gehakselde snijmaïs in het rantsoen in een langere vreettijd en een kortere herkauwtijd en een kortere totale kauwtijd in vergelijking met grof gehakselde snijmaïskuil. De koeien die intensiever gehakselde snijmaïskuil in het basisrantsoen kregen maakten minder kauwbewegingen per kg droge stof maar hadden een hogere ds-opname. Intensiever hakselen leidde tot een verschuiving binnen de totale kauwarbeid van herkauwen naar vreten. Guth (1998) vond in een vergelijking tussen twee hakselmethoden met 2,8 en 6,8 mm THL een significante afname van de herkauwtijd en totale kauwtijd per kg drogestof bij korter hakselen. Door een hogere totale ds-opname was de totale kauwtijd in minuten per dag niet verschillend.

Andrighetto (1998) vergeleek 5 verschillende rantsoenen bestaande uit respectievelijk: 1) hooi, 2) fijne snijmaïskuil (6,7 mm THL), 3) grove snijmaïskuil (14 mm THL), 4) 10 % hooi en 90 % fijne snijmaïskuil of 5) 10 % hooi en 90 % grove snijmaïskuil. Er waren geen significante verschillen in herkauwtijd tussen de rantsoenen met 10 % hooi, volledig hooi, of grof gehakselde snijmaïskuil. De totale herkauwtijd van het rantsoen bestaande uit alleen fijne snijmaïskuil was significant lager dan van de andere rantsoenen (419 minuten tegenover gemiddeld 531 minuten voor de overige rantsoenen). Bij het rantsoen met uitsluitend fijn gehakselde snijmaïs bleek de vorming van een vezelmat in de pens geringer dan bij de andere rantsoenen (Andrighetto, 1998). In een vergelijkend onderzoek met melkkoeien, die naast 5,8 kg krachtvoer een basisrantsoen kregen bestaande uit snijmaïskuil gehakseld op 7 mm of 19 mm THL, bleek geen significant verschil in herkauwtijd, en totale kauwtijd (eten plus herkauwen) te bestaan. De totale eettijd bleek wel significant korter voor de korter gehakselde snijmaïs (Andrighetto, 1999). De kleine verschillen in kauwactiviteit zijn mogelijk een gevolg geweest van het feit dat koeien die een rantsoen met grof gehakselde snijmaïs kregen het grove materiaal (blad en spildelen) hebben laten liggen en weliswaar grover materiaal hebben aangeboden gekregen maar juist het fijne materiaal hebben opgenomen (Andrighetto, 1999). Ook uit ander onderzoek blijkt dat grover hakselen leidt tot meer selectie van de dieren en het weigeren van grotere delen (Shinners, 2000).

Clark et al. (1999) vonden geen effect van hakselintensiteit op de kauwactiviteit van koeien op rantsoenen met 33,6 % luzernekuil, 22% krachtvoer, 23,5 % CCM aangevuld met 19,8 % fijn gehakselde snijmaïskuil of met 19,8 % grof gehakselde snijmaïskuil of met 19,8 % van een mengsel van grof en fijn gehakselde snijmaïskuil. In een onderzoek waarin de rantsoenen bestonden uit snijmaïskuil, luzernekuil en krachtvoer in een verhouding 34:16:50 bleken de eet-, herkauw- en totale kauwtijd niet te verschillen tussen snijmaïs gehakseld met 9,5, 14,5 en 19 mm THL met en zonder korrelkneuzer (Bal, 2000). De totale kauwtijd per kg droge stof voor 9,5 mm THL in combinatie met een korrelkneuzer was significant lager dan voor de andere behandelingen als gevolg van een

hogere ds-opname. In het onderzoek werd ook de stabiliteit en de weerstand van de vezelmat in de pens bepaald door te meten met welke snelheid een kegel door de pensinhoud heen getrokken kon worden. Bij de behandelingen met snijmaïs gehakseld op 9,5 mm en 14,5 THL in combinatie met een korrelkneuzer was de stabiliteit van de vezelmat lager dan 19 mm THL met en zonder korrelkneuzen (Bal, 2000). De THL en korrelkneuzen had geen effect op de pH van de pens. De behandelingen hadden geen effect op de concentratie vluchtige vetzuren en de verhouding tussen azijnzuur en propionzuur en de ammoniakconcentratie. Het boterzuurgehalte in de pens was bij 9,5 THL met korrelkneuzen significant hoger dan bij 19 mm THL met korrelkneuzen. Stockdale en Beavis (1994) vonden ook geen verschillen in de pens pH en de concentratie van vluchtige vetzuren in de pens bij rantsoenen met fijne, medium en grove snijmaïskuil en naast vers gras (snijmaïskuil:gras 55:45). Ook hier was de concentratie boterzuur bij de fijn gehakselde snijmaïskuil significant hoger dan bij de grof gehakselde snijmaïskuil. Er waren geen verschillen in de uitstroomsnelheid van de pensvloeistof.

4.2.4 *Verteerbaarheid en afbraakarakteristieken*

Intensiever hakselen en korrelkneuzen verhoogt de effectieve oppervlakte van voerdeeltjes. Verkleining van de THL van 6,8 naar 2,8 mm resulteerde in een toename van de effectieve oppervlakte van voerdeeltjes van 1,21 naar 2,56 m² per 100 g droge stof (Guth, 1998). Door een grotere oppervlakte van de voerdeeltjes komen de substraten voor de pensmicroben sneller en in grotere hoeveelheden beschikbaar.

In onderzoek van (Bal, 2000) met snijmaïs met een ds-gehalte van 35 % bleek dat de totale pens- en darmverteerbaarheid van droge stof, organische stof, ruw eiwit en zetmeel als gevolg van hakselen op 9,5, 14,5 en 19 mm THL met en zonder korrelkneuzen niet significant werd beïnvloed door de THL (al dan niet in combinatie met korrelkneuzen). Bij 9,5 mm THL was de NDF verteerbaarheid lager dan bij 19 mm THL. Korrelkneuzen had geen effect op de totale pens- en darmverteerbaarheid van NDF. De totale pens- en darmverteerbaarheid van ADF was lager bij 9,5 mm THL en korrelkneuzen. De totale pens- en darmverteerbaarheid van zetmeel was bij de behandelingen met korrelkneuzen (gemiddeld 99,3 %) significant beter dan bij de behandeling zonder korrelkneuzen (95,1 %). Tussen de behandelingen 9,5, 14,5, en 19 mm THL met korrelkneuzen bestond geen verschil in totale pens- en darmverteerbaarheid van zetmeel. De in-situ nylon zakjes verteerbaarheid met korrelkneuzen was gemiddeld 97,1 % tegenover 77,6 % voor de behandeling zonder korrelkneuzen. De resultaten suggereren dat een haksellengte van 19 mm THL een verteringsdepressie van NDF en ADF kan voorkomen, zoals die optrad bij 9,5 mm THL, maar dat toch een goede zetmeelverteerbaarheid werd verkregen door korrelkneuzen. Ook in ander onderzoek wordt een verband gelegd tussen haksellengte en korrelkneuzen en de verteerbaarheid van celwanden en zetmeel.

Uit onderzoek van Jirovec (1998), dat een deelonderzoek is van het werk van Bal (2000) en Shinnars (2000), kwam naar voren dat de in-situ drogestof afbraak varieert als gevolg van THL en het gebruik van een korrelkneuzer. Hakselen bij 9,5 mm THL zonder korrelkneuzer, 9,5 mm THL met korrelkneuzer, 14 mm THL met korrelkneuzer en 19 mm THL met korrelkneuzer resulteerde in een 24 uren in-situ afbraak van de totale droge stof van respectievelijk 51,0 %, 58,3 %, 57,2 % en 52,9 % (LSD = 4 %).

Schwarz (1997) vond in metabolismeproeven met snijmaïs met een ds-gehalte van 28 % een negatief effect op de verteerbaarheid van de ruwe celstof wanneer de haksellengte werd verkleind van 8 naar 4 mm THL. Door verminderde verteerbaarheid nam de netto energie-inhoud met 4 tot 5 % af. Tussen snijmaïs met een ds-gehalte van 32 % gehakseld op 6 of 8 mm met of zonder korrelkneuzer bestond geen verschil in de totale verteerbaarheid. De zetmeelverteerbaarheid werd wel positief beïnvloed door korrelkneuzen. Tussen snijmaïs met een ds-gehalte van 37 % gehakseld op 4 of 8 mm THL met en zonder korrelkneuzer bleek geen verschil te bestaan in de verteerbaarheid van ruwe celstof. Hakselen op 8 mm THL zonder korrelkneuzen resulteerde in een significant lagere verteerbaarheid van de organische stof, zetmeel en overige koolhydraten in vergelijking met 4 mm THL zonder korrelkneuzen en 4 en 8 mm THL met korrelkneuzen. De zetmeelverteerbaarheid van de behandelingen met korrelkneuzen was significant hoger dan van de behandelingen zonder korrelkneuzen. Weiss (2000) vergeleek de effecten hakselen van twee typen snijmaïs (conventioneel, high-oil) met een ds-gehalte van 33 % op 10 mm THL zonder korrelkneuzen met hakselen op 19 mm met korrelkneuzen. Snijmaïs gehakseld op 19 mm THL met korrelkneuzer had een grotere deeltjes grootte, maar het zetmeelgehalte van de fractie kleine deeltjes was groter dan bij snijmaïs gehakseld op 10 mm THL. De snijmaïs gehakseld op 19 mm THL met korrelkneuzer had een hogere zetmeel verteerbaarheid. Conventionele snijmaïs gehakseld op 19 mm THL met korrelkneuzer had een hogere concentratie totaal verteerbare nutriënten, echter de oogstmethode had geen effect op de totaal verteerbare nutriënten van high-oil snijmaïs.

In onderzoek van Andrea (2001) werd effect van korrelkneuzen bestudeerd in twee snijmaïsrassen (hoog NDF-ras en laag NDF-ras) bij twee rijpheidsstadia (half melklijn en vol melklijn). Korrelkneuzen resulteerde in een kleinere gemiddelde deeltjes grootte en leidde voor beide rassen en beide rijpingsstadia tot een verbetering van de totale

pens- en darmverteerbaarheid van zetmeel. Ook leidde korrelkneuzen tot een verlaging van de totale pens- en darmverteerbaarheid van NDF en ADF. De verlaagde totale verteerbaarheid van NDF en ADF hangt mogelijk samen met een aantal verschillende factoren. Korrelkneuzen kan leiden tot een verhoogde zetmeelafbraak in de pens en daarmee tot ongunstige omstandigheden voor celwand afbrekende microben. Ook kan korrelkneuzen leiden tot een geringere deeltjes grootte en daarmee tot een hogere passage snelheid van deeltjes uit de pens, waardoor voerdeeltjes gedurende een kortere tijd aan afbraak worden blootgesteld. Andrea (2001) suggereert dat de schijnbaar betere celwandverteerbaarheid van grovere snijmaïs het gevolg is van selecteren in het voer. De proefdieren op rantsoenen met grove snijmaïs hebben de grovere slecht verteerbare delen (spil en schutbladeren) laten liggen, waardoor de totale schijnbare pens en darmverteerbaarheid wellicht is overschat. Problemen met selectie in rantsoenen met grove snijmaïs en de interpretatie van de totale pens- en darmverteerbaarheid wordt ook elders gerapporteerd (Bal, 2000; Andrighetto, 1999; Jirovec, 1998; Shinnars, 2000).

Stockdale en Beavis (1994) vonden bij snijmaïs met een ds-gehalte van 39 % geen enkel effect van fijn, medium en grof hakselen op de schijnbare verteerbaarheid van droge stof, organische stof, stikstof, NDF, ADF en ADL. Ook de hoeveelheid maïskorrels die in de mest terug werden gevonden was niet verschillend tussen de behandelingen. Weigand (1993) vond geen verschil in de schijnbare verteerbaarheid van organische stof, NDF, cellulose, hemicellulose en zetmeel tussen grove en fijne snijmaïs met een ds-gehalte van 36 %.

De in deze paragraaf genoemde literatuur gaat met name in op de effecten van haksellengte en korrelkneuzen op de pens- en darmverteerbaarheid van snijmaïs. Met betrekking tot de afbraakarakteristieken (kinetiek van afbraak, met name in de pens) van snijmaïs of componenten uit snijmaïs is in de literatuur nauwelijks iets beschreven (Cone, 2002).

4.2.5 Voeropname

De gemiddelde deeltjesgrootte van voerdeeltjes in de pens beïnvloedt de passage van die voerdeeltjes uit de pens. Theoretisch zou grotere uitstroom van deeltjes een hogere voeropname mogelijk maken. Guth (1998) vond in een proef met een basisrantsoen bestaande uit 80 % snijmaïs en 20 % graskuil een 1,5 kg droge stof hogere voeropname bij kort (2,8 mm THL) ten opzichte van grover hakselen (6,8 mm THL). Weigand (1993) vond een 1,5 kg hogere ds-opname bij fijn gehakselde kuil ten opzichte van grof gehakselde snijmaïskuil. Preissinger et al. (1998) vonden in twee experimenten geen effect van hakselintensiteit (4, 6 en 8 mm THL) met en zonder korrelkneuzen op de ds-opname. In een derde experiment werd een 1,2 kg hogere ds-opname gemeten bij 4 mm THL ten opzichte van 8 mm THL. De combinatie van 4 mm met korrelkneuzen gaf een significante verhoging van de ds-opname. In alle proeven bestond het basisrantsoen uit 1,7 kg droge stof hooi en onbepakt snijmaïskuil met een krachtvoeraanvulling van ongeveer 5 tot 6 kg drogestof. In de eerste twee experimenten van Preissinger et al. (1998) was het ds-gehalte van de snijmaïs 28 en 32 %, in het derde experiment 37% droge stof. Stockdale en Beavis (1994) vonden een significant hogere snijmaïsoptname bij fijn gehakselde snijmaïs in vergelijking tot grof gehakselde snijmaïs. Andrea (2001) vond een snijmaïshybride x behandeling interactie op de opname van snijmaïskuil: bij een snijmaïshybride met een hoog NDF gehalte bleek korrelkneuzen een positief effect te hebben op de voeropname. Echter, de snijmaïshybride met het hoge NDF gehalte bleek ook hardere, meer compacte korrels te hebben dan het ras met het lage NDF-gehalte. De hardheid van de korrel is negatief gecorreleerd met de fractie snelafbreekbaar zetmeel en de afbraaksnelheid van het zetmeel (Philippeau, 1998). Clark et al. (1999) vonden geen effect van de deeltjesgrootte van snijmaïs op de opname van rantsoenen met 19,8 % snijmaïs, 33,6 % luzernekuil en 46,6 % krachtvoer (ds- basis). Andrighetto (1998) vond geen significante verschillen in de opname van fijne snijmaïskuil (6,7 mm THL) en grove snijmaïskuil (14 mm THL). In een vergelijking tussen snijmaïskuil gehakseld op 7 mm of 19 mm THL bleek geen significant verschil op de ds-opname (Andrighetto, 1999). In onderzoek van Bal (2000) werd een hogere totale ds-opname gemeten wanneer korrelkneuzen werd toegepast bij haksellengtes van 9,5, 14 en 19 mm THL. Binnen de behandeling met korrelkneuzen werd tussen de verschillende haksellengtes geen effect gemeten van de haksellengte op de ds-opname.

Wanneer er effecten haksellengte op de voeropname worden waargenomen is dit effect altijd ten gunste van een kleinere haksellengte. Het effect van haksellengte kan mogelijk samenhangen met het rijpheidstadium van het gewas. Naar mate het gewas verder is afgerijpt is het positieve effect van een kleinere haksellengte en korrelkneuzen groter. Een positief effect van een kleinere haksellengte en korrelkneuzen bij een rijper gewas kan via verschillende mechanismen worden verklaard. Een rijper gewas is sterker gelnificeerd waardoor de afbraak wordt vertraagd. Deeltjesgrootte verkleining zou voor een betere ontsluiting van de celwanden kunnen zorgen waardoor pensmicroben makkelijker toegang hebben waardoor de fermentatie wordt bevorderd (Andrea, 2001). Een rijper gewas heeft ook hardere en minder poreuze korrel waardoor de afbraak trager is (Philippeau, 1998). Fijn hakselen en korrelkneuzen maakt de korrelinhoud beter beschikbaar. Mogelijk spelen ook raseffecten een rol. Tussen maïsrassen kunnen verschillen bestaan in de hardheid van de korrel en de afbreekbaarheid van de korrelinhoud (Philippeau, 1998). Het voordeel van korrelkneuzen is groter bij een hardere korrel. Selecteren van

voer is een ander aspect met betrekking tot voeropname dat wellicht in onderzoek is onderbelicht. Diverse auteurs rapporteren dat bij grovere snijmaïs meer wordt geselecteerd door de koeien. Grover hakselen kan daardoor verhoogde voederverliezen tot gevolg hebben.

4.2.6 *Melkproductie en samenstelling*

Voor de veehouder telt uiteindelijk in welke mate haksellengte en korrelkneuzen de melkproductie en melksamenstelling beïnvloeden. Stockdale en Beavis (1994), Andrighetto (1999) en Guth (1998) vonden geen enkel effect van haksellengte op melkproductie en melksamenstelling. Echter, bij de proeven van Guth (1998) was er een tendens tot een hoger melkeiwitgehalte bij fijner gehakselde snijmaïs. Bal (2000) vond een hogere melkproductie en hogere melkvetproductie bij hakselen op 9,5 mm 14,5 mm en 19 mm THL met korrelkneuzen ten opzichte van 19 mm THL zonder korrelkneuzen. Preissinger (1998) vond geen effect van hakselen op 4 of 8 mm THL zonder korrelkneuzer bij een rantsoen met ad libitum snijmaïs met 28 % droge stof. Bij een vergelijking tussen snijmaïs met 32 % droge stof die was gehakseld op 8 mm THL zonder korrelkneuzen of 6 mm en 8 mm THL met korrelkneuzen bleek dat de behandeling van 8 mm zonder korrelkneuzen resulteerde in lagere melkgift, vet-, eiwit- en meetmelkproductie ten opzichte van 6 en 8 mm THL met korrelkneuzen. Echter, een vergelijking tussen snijmaïs met 37 % droge stof gehakseld op 4 mm en 8 mm THL zonder korrelkneuzen en 4 en 8 mm met korrelkneuzen resulteerde niet in een verschil in melkproductie ondanks dat een hogere voer en netto energieopname werd gevonden bij een kleinere THL en korrelkneuzen. Clark et al. (1999) vonden in één experiment geen effect van THL op de melkproductie, terwijl in een herhaling van het experiment wel een lineaire toename van melkgift, vet en eiwitproductie werd gevonden bij een kleinere haksellengte.

De effecten van hakselintensiteit en korrelkneuzen op de dierprestatie is in tabelvorm samengevat in Bijlage 1. Het lijkt voor de hand liggend dat de effecten van haksellengte en korrelkneuzen op melkproductie en melksamenstelling zijn gerelateerd aan veranderingen in de pensfermentatie en voeropname. Echter, op basis van de literatuur blijkt dat veranderingen in de voeropname of pensfermentatie onder invloed van haksellengte niet altijd leiden tot een aantoonbaar effect op de melkproductie en melksamenstelling. Omgekeerd kan een verandering in melkproductie en melksamenstelling niet altijd direct worden gerelateerd aan veranderingen in de pensfermentatie en voeropname. Wanneer effecten van haksellengte en korrelkneuzen worden gerapporteerd dan is er vrijwel altijd sprake van een positief effect van korter hakselen en korrelkneuzen op melkgift, vet- en eiwitproductie.

5 Conclusies

In dit hoofdstuk worden de conclusies voor de onderdelen kwaliteit, conservering en dierprestatie puntsgewijs weergegeven. De conclusies zijn getrokken op basis van resultaten verkregen in binnen- en buitenland. Algemeen kan gesteld dat buitenlandse resultaten voorzichtig geïnterpreteerd moeten worden. Het rassensortiment en de gebruikte analysemethode is in het buitenland vaak nogal afwijkend. Daar waar conclusies zijn getrokken op basis van Nederlands onderzoek ging het vaak om oud onderzoek (jaren 70/80).

5.1 Kwaliteit

- De energiewaarde (verteerbaarheid) van snijmaïs is een belangrijke raseigenschap. Deze energiewaarde kan op verschillende manieren bepaald worden. De in-vitro-verteerbaarheidsbepaling met pensvocht volgens de methode van Tilley en Terry (1963) is een van de weinig juiste methoden om rasverschillen in verteerbaarheid aan te geven.
- De energiewaarde alleen geeft onvoldoende informatie om het uiteindelijke effect hiervan op de voederwaarde op dierniveau aan te geven. Niet alleen de totale energiewaarde, maar met name de opbouw hiervan heeft een grote invloed op de uiteindelijke voederwaarde. Niet duidelijk is het verschil in opbouw tussen de huidige verschillende maïstypen.
- De energiewaarde van de droge stof wordt bepaald door het aandeel van de diverse componenten in de droge stof (samenstelling) en door de verteerbaarheid van de componenten. Bij snijmaïs is de drogestof op te splitsen in anorganische en organische stof. De organische stof is verder op te splitsen in celwanden (met name hemicellulose, cellulose en lignine) en celinhoud (met name zetmeel, suiker en eiwit).
- Zowel in de verhouding celinhoud/celwanden als binnen de samenstelling van de celinhoud en de celwanden zijn er betrouwbare rasverschillen. De grootste rasverschillen doen zich voor in zetmeel- en suikergehalte en daarmee in het celwandgehalte. Het zetmeel-/suikergehalte en het celwandgehalte zijn namelijk negatief gecorreleerd. Wat de verteerbaarheid van de componenten betreft doen de grootste rasverschillen zich voor in de energiewaarde van de celwanden (celwandverteerbaarheid).
- Het oogsttijdstip heeft invloed op de samenstelling van de droge stof. In de loop van het groeiseizoen vindt er een verschuiving plaats in het aandeel van de diverse componenten in de droge stof en in de verteerbaarheid van de componenten. Na de bloei van de maïs wordt er zetmeel opgeslagen in de kolf. Het zetmeelgehalte neemt gedurende de rest van het groeiseizoen toe. Dientengevolge neemt het suikergehalte en het celwandgehalte af. De verhouding celinhoud/celwanden verschuift in de richting van de celinhoud. Niet duidelijk is of deze verschuiving voor de huidige maïstypen gelijk verloopt.
- Gedurende het groeiseizoen verandert de samenstelling van de celwanden, door met name lignificatie, waardoor ook de celwandverteerbaarheid afneemt. Onder Nederlandse omstandigheden lijkt de celwandverteerbaarheid in het oogsttraject vrij constant tot licht afnemend. De invloed van het oogsttijdstip op de celwandverteerbaarheid lijkt vrij gering, maar is niet uit te sluiten.
- Het zetmeel is voor 100% verteerbaar, dit wordt niet beïnvloed door het oogsttijdstip. Toch neemt op pensniveau de verteerbaarheid van het zetmeel gedurende het groeiseizoen af. Het zetmeel verteert trager of te wel de zetmeelbestendigheid neemt toe. In welke mate dit gebeurt en de verschillen tussen snijmaïstypen hierin zijn onduidelijk.
- Op basis van onderzoek begin jaren tachtig blijkt dat de energiewaarde onder Nederlandse omstandigheden in het traject 23-25 % droge stof gemiddeld over de jaren gelijk blijft. Met betrekking tot de energiewaarde van de gehele plant van het huidige snijmaïstypen assortiment kan niet eenduidig worden aangegeven of er een interactie is tussen snijmaïstype en oogsttijdstip.
- De rasvolgorde in zetmeelgehalte is afhankelijk van het oogsttijdstip. De invloed van het oogsttijdstip op de rasvolgorde in celwandverteerbaarheid is onduidelijk. Op basis van oud onderzoek lijkt de rasvolgorde in

celwandverteerbaarheid vrij constant vanaf 1 maand na bloei. Als de rasvolgorde in totale energiewaarde gelijk blijft en in zetmeelgehalte verandert, dan is de verwachting, dat bij een gelijk blijvende verteerbaarheid van het zetmeel, de rasvolgorde in celwandverteerbaarheid ook verandert. De meeste literatuur geeft echter aan dat de rasvolgorde in celwandverteerbaarheid gelijk blijft. Hier is een discrepantie.

- “Stay-green”-typen zijn per definitie niet beter verteerbaar dan “dry-down”-typen. Het verschil in afrijpingspatroon heeft geen effect op de rasvolgorde in energiewaarde van de gehele plant. Over verschillen in ontwikkeling van de celwandverteerbaarheid van de te onderscheiden typen is niets bekend.

5.2 Conservering

- Alle gevonden gegevens over inkuilverliezen bij snijmaïs zijn vrij oud. Er zijn geen gegevens gevonden die van recentere datum zijn dan het onderzoek waarop de huidige tabel (PR,1997) is gebaseerd. Uit de gevonden gegevens blijkt dat inzichten over de hoogtes van de inkuilverliezen niet eenduidig zijn.
- Er zijn aanwijzingen gevonden dat er verschillen in inkuilverliezen bestaan tussen rastypen o.a. als gevolg van verschillen in hoeveelheden perssap. Verschillen in inkuilverliezen tussen snijmaïstypen van het huidige rassenassortiment zijn echter niet bekend. Deze verschillen zouden de rasvolgorde wat betreft kwaliteit kunnen veranderen omdat de rasvolgorde nu bepaald wordt aan de hand van voederwaardecijfers van het verse product.
- Er zijn aanwijzingen gevonden dat er verschillen zijn in hoeveelheden perssap bij inkuilen tussen verschillende typen. Ten aanzien van de huidige extreme snijmaïstypen (“stay green” en “dry down”) die in Nederland worden gebruikt is hierover echter niets bekend.
- Het kritieke ds-gehalte waarbij perssap vrijkomt is niet duidelijk. Het lijkt erop dat dit minimaal 33 % moet zijn, maar er zijn ook aanwijzingen dat dit bij bepaalde snijmaïstypen lager kan zijn. Omdat er verschillen zijn gevonden in hoeveelheden perssap tussen rassen zullen er naar verwachting ook verschillen zijn tussen de snijmaïstypen in het kritieke ds-gehalte waarbij perssap vrijkomt. Ook hiervan is ten aanzien van de huidige extreme typen (“stay green” en “dry down”) die in Nederland worden gebruikt echter niets bekend.
- Gemiddeld lijken de inkuilverliezen boven een ds-gehalte van 35 % weer op te lopen als gevolg van een slechtere verdichting.
- De algemene aanname dat de broeigevoeligheid toeneemt naarmate de maïs later wordt geoogst kon niet worden onderbouwd met onderzoeksgegevens.
- Over het effect van haksellengte op de inkuilverliezen is nauwelijks iets bekend. Het lijkt erop dat haksellengte bij natte maïs wel effect heeft op de hoeveelheid perssap. Kortere hakselen gaf bij natte maïs meer perssap. Het is daarom waarschijnlijk dat haksellengte ook effect heeft op het kritieke ds-gehalte waarbij perssap vrijkomt. Het effect van de korrelkneuser op de inkuilverliezen was niet éénduidig.
- Kortere haksellengte lijkt een verhogend effect te hebben op het gehalte aan de fermentatieproducten melkzuur en azijnzuur. Het is echter niet bekend is in hoeverre dit de broeigevoeligheid beïnvloed. In de discussie over haksellengte die momenteel gaande is, is het van belang om hierover kwantitatieve informatie te hebben zodat een onderbouwd advies kan worden gegeven. Het gebruik van een korrelkneuser lijkt een positief effect te hebben op de broeigevoeligheid.
- Toevoegmiddelen hebben over het algemeen nauwelijks effect op de conservering van snijmaïs. Deze verloopt in het algemeen ook zonder toevoegmiddel goed.
- Broeibestrijdingsmiddelen op basis van propionzuur hebben over het algemeen een duidelijk positief effect. Ook kan door toevoeging van bacteriemengsels groei worden uitgesteld. In alle gevallen geldt dat groei wel kan worden uitgesteld, maar niet worden voorkomen.
- De toevoeging van ureum aan maïs om het eiwitgehalte te verhogen heeft over het algemeen geen nadelige gevolgen voor de conservering. Het melkzuurgehalte is meestal wat hoger. Dit kan een positieve invloed

hebben op de broeigevoeligheid. Niet bekend is in hoeverre de toevoeging van ureum tot ontsluiting van de celwanden leidt.

5.3 Dierprestaties

Snijmaïstypen en dierprestaties

- Er blijken duidelijke verschillen tussen snijmaïstypen te bestaan voor wat betreft de in situ afbreekbaarheid van celwanden en zetmeel. Er is nog weinig onderzoek gedaan naar de verschillen tussen snijmaïstypen voor wat betreft hun effecten op de dierprestatie (voeropname en melkproductie). Echter, in een beperkt aantal vergelijkende proeven konden geen verschillen worden aangetoond tussen verschillende typen snijmaïs vanwege een te gering contrast in de samenstelling (NDF, celwandgehalte, zetmeelgehalte) tussen de onderzochte snijmaïstypen.
- Er bestaan naast grote verschillen in de afbreekbaarheid van zetmeel ook verschillen in de verandering van de zetmeelafbreekbaarheid gedurende de afrijping tussen verschillende snijmaïstypen. Helaas is er nog geen onderzoek gepubliceerd waarin de effecten van verandering van zetmeelverteerbaarheid op de dierprestatie (voeropname en melkproductie) is beschreven of is vastgesteld wat het optimale oogsttijdstip is in relatie tot de zetmeelafbreekbaarheid en de dierprestaties.
- Er is geen onderzoek gepubliceerd waarin de effecten van contrasterende afrijpingstypen (stay-green versus dry-down) en vroegheid (zeer vroeg versus middenvroeg) op dierprestaties met elkaar zijn vergeleken.

Oogsttijdstip en dierprestaties

- Het onderzoek naar de relatie tussen oogsttijdstip (afrijpingsstadium), voeropname en melkproductie is met name gericht op vergelijkingen binnen maïsrasen of over een reeks van rassen zonder dat deze nader zijn gespecificeerd. De onderzochte afrijpingstrajecten liggen globaal tussen de 25 en 40 % droge stof. Naarmate het gewas verder is afgerijpt neemt het zetmeelgehalte toe. De totale zetmeelafbraak in de pens en darm neemt eveneens toe, terwijl de zetmeelafbraaksnelheid en de zetmeelverteerbaarheid afneemt.
- Er is geen onderzoek gevonden naar optimalisatie van het oogsttijdstip in relatie tot het afrijpingstype. Er bestaan rasafhankelijke verschillen in de veranderingen in verteerbaarheid van zetmeel en de celwanden gedurende de afrijping. Daarom is het mogelijk dat het optimale oogsttijdstip kan verschillen tussen afrijpingstypen. Tevens is in het tot op heden gepubliceerde onderzoek geen aandacht besteed aan het optimale ds-gehalte bij de oogst in relatie tot het aandeel snijmaïs in het rantsoen. Bij een hoog zetmeel aanbod is de verteerbaarheid van het zetmeel lager. Omdat naarmate een gewas verder is afgerijpt neemt ook de zetmeelgehalte dus ook zetmeelopname toe. Mogelijk ligt het optimale oogsttijdstip bij rantsoenen met een hoog aandeel snijmaïs daarom eerder, dus bij een lager zetmeelgehalte in de plant.

Haksellengte en dierprestaties

- Het effect van haksellengte op kauwactiviteit is niet eenduidig. Een grotere haksellengte of grover hakselen van snijmaïs kan soms leiden tot meer kauwactiviteit per kg droge stof of per kg NDF, een langere totale kauwtijd of een verschuiving tussen de tijd die besteed wordt aan eten of herkauwen. De effecten op de totale kauwactiviteit zijn gering omdat een grotere haksellengte vaak gepaard gaat met een lagere ds-opname. Grof hakselen heeft geen invloed op de pensfermentatie en de pH in de pens en de concentraties van vluchtige vetzuren. Er zijn daarom geen aanwijzingen dat een verhoogde kauwactiviteit zal leiden tot een grotere buffering van de pens pH en een betere pensfermentatie.
- Grover hakselen leidt tot grotere voederverliezen doordat celwandrijkere delen zoals spildelen en schutbladeren makkelijker worden uitgeselecteerd.
- Grof hakselen leidt tot een betere schijnbare verteerbaarheid van de celwandbestanddelen, echter het voordeel van een betere celwandverteerbaarheid weegt niet op tegen de veel slechtere verteerbaarheid van zetmeel, en de grotere verliezen van zetmeel en korreldelen in de mest.
- De effecten van hakselen op de totale pens- en darmverteerbaarheid of schijnbare verteerbaarheid zijn niet eenduidig. Er zijn aanwijzingen dat de vertering van celwanden en ruwe celstof negatief wordt beïnvloed bij fijn hakselen. De verlaagde totale verteerbaarheid van NDF en ADF hangt mogelijk samen met een aantal verschillende factoren. Fijn hakselen en korrelkneuzen kan leiden tot een verhoogde zetmeelafbraak in de pens en daarmee tot ongunstige omstandigheden voor celwand afbrekende microben. Ook kan fijn hakselen en korrelkneuzen leiden tot een geringere gemiddelde deeltjesgrootte en daarmee tot een hogere passage snelheid van deeltjes uit de pens, waardoor voerdeeltjes gedurende een kortere tijd aan afbraak worden blootgesteld. Het negatieve effect heeft mogelijk een grotere impact op de totale verteerbaarheid bij

gewassen met een hoog ruwecelstofgehalte (laag kolfaandeel), bijvoorbeeld onrijpe gewassen of gewassen met kleine kolf/restplant verhouding.

- Korrelkneuzen lijkt onder alle omstandigheden te leiden tot een betere verteerbaarheid van het zetmeel bij snijmais geoogst vanaf het deegrijpe stadium.
- Grof hakselen heeft geen positief effect op de melkproductie en melksamenstelling. Een productieverhoging is in bepaalde experimenten wel gevonden bij fijner hakselen en korrelkneuzen.

6 Toepassingsmogelijkheden in de praktijk

Kwaliteit

Wees er alert op dat indien u snijmaïsrassen wilt vergelijken op totale energiewaarde (VEM/kgds) deze cijfers bepaald moeten zijn via de Tilley en Terry-methode en niet via NIRS. Voor kuilmonsters is NIRS momenteel wel de meest praktische methode.

Naast rassenkeuze is het zetmeelgehalte ook te beïnvloeden door het oogsttijdstip. Mocht tijdens het teeltseizoen blijken dat op bedrijfsniveau een hoger zetmeelgehalte in de maïs gewenst is, oogst dan later. Blijf echter alert op een aantasting door fusarium (stengelrot). Oogst niet te laat door een afname van het suikergehalte en meer afgestorven materiaal kan het inkuilresultaat te wensen over laten. Het optimale oogsttijdstip ligt tussen 30 en 35 % droge stof.

Hoewel de commercie dit als verkoopargument gebruikt zijn groenblijvende rassen (Stay-green) per definitie niet beter verteerbaar dan snel afrijpende rassen (Dry-down).

Conservering

Omdat er op dit moment geen differentiatie gemaakt kan worden tussen inkuilverliezen van verschillende rastypen is het uit oogpunt van inkuilverliezen het beste om in te kuilen bij een ds-gehalte tussen 33 en 35 %. Enerzijds om persapverliezen te voorkomen en anderzijds om een slechte verdichting te voorkomen.

De toepassing van een korrelkneuzer is niet alleen beter voor een betere voerbenutting maar verlaagt ook de broeigevoeligheid.

Hoewel geen kwantitatieve informatie is gevonden over het effect van de haksellengte op de inkuilverliezen en broeigevoeligheid is het waarschijnlijk dat met name bij droog materiaal grof hakselen de risico's verhoogt. Dit effect wordt versterkt door de grote capaciteit van de hakselaars en silagewagens waardoor er minder tijd is voor het secuur vastrijden van snijmaïskuilen.

Het gebruik van een toevoegmiddel om de conservering van snijmaïs te verbeteren is weinig zinvol omdat deze ook zonder toevoegmiddel over algemeen goed verloopt. Broei kan met een middel op basis van propionzuur en in mindere mate met bacteriemengsels van melkzuur- en propionzuur- bacteriën worden bestreden. Maatregelen als goede afdichting en verdichting en voldoende voersnelheid zijn echter beter en goedkoper.

Dierprestaties

De energie uit snijmaïs is met name afkomstig uit zetmeel en uit verteerbare celwanden. Energie uit zetmeel is een goede (glucogene) energiebron voor met name nieuwmelkte koeien. Voor nieuwmelkte koeien kan daarom gekozen worden voor een zetmeelrijk snijmaïstype. Echter, ook via de keuze van een later oogsttijdstip (waardoor het zetmeelgehalte in snijmaïs stijgt) of verhoging van het aandeel snijmaïs in het rantsoen kan op de behoefte aan glucogene energie worden ingespeeld.

Voor oudmelkte koeien (met name bij een laag productieniveau) is een hoog zetmeelgehalte in het rantsoen ongewenst om vervetting te voorkomen. Voor deze koeien past een snijmaïstype dat meer leunt op energie uit celwanden beter dan een zetmeelrijk snijmaïstype. Echter, ook via tijdig oogsten of verlaging van het snijmaïsaandeel in het rantsoen kan het zetmeelaanbod voor oudmelkte koeien beperkt blijven.

In de praktijk verdient fijn hakselen van snijmaïs in combinatie met korrelkneuzen vrijwel altijd de voorkeur boven grof hakselen. Tijdens het oogsten dient regelmatig de hakselintensiteit te worden gecontroleerd. Gehakselde snijmaïs mag absoluut geen hele korrels meer bevatten. Korrels dienen geplet of geheel doorgesneden te zijn. Bij verwachte verteringsproblemen als gevolg van onvoldoende structuur in het rantsoen wordt soms gekozen voor grof gehakselde snijmaïs (bijvoorbeeld 12 mm of meer). Waarschijnlijk is het echter effectiever om het aandeel krachtvoer te verlagen, eventueel te kiezen voor een andere krachtvoersamenstelling met minder snelafbrekbare koolhydraten of verlaging van het aandeel snijmaïs in het rantsoen ten gunste van bijvoorbeeld graskuil of (graszaad)stro.

7 Onderzoeksvragen en aanbevelingen

In deze literatuurstudie is de beschikbare kennis omtrent de samenhang tussen snijmaïstype, oogsttijdstip, kwaliteit, conservering, voeding en dierprestatie samengevat. In dit hoofdstuk worden de onderzoeksvragen vermeld die nog open zijn blijven staan. Vervolgens worden hieruit aanbevelingen voor onderzoek gedaan.

7.1 Onderzoeksvragen

Kwaliteit

Hoe is binnen het huidige snijmaïstypensortiment gedurende het oogsttraject (28-35 % droge stof) het verloop van:

- De energiewaarde van de gehele plant.
- De samenstelling van de drogestof (met name zetmeelgehalte, suikergehalte en celwandgehalte).
- Celwandverteerbaarheid.
- Bestendigheid van het zetmeel.
- Ds-gehalte kolf en restplant ?

Conservering

- Wat zijn de verschillen in inkuilverliezen tussen de snijmaïstypen van het huidige rassensortiment bij verschillende oogsttijdstippen ? Bij het onderzoek moeten verschillen in perssapverliezen expliciet meegenomen worden, zodat zowel verschillen in perssapverliezen als verschillen in kritieke ds-gehalte waarbij perssap vrijkomt gekwantificeerd kunnen worden.
- Wat zijn de effecten van haksellengte op de inkuilverliezen, met name op de perssapverliezen ?
- Wat zijn de effecten van haksellengte en oogsttijdstip op de broeigevoeligheid van snijmaïs ?
- Wanneer er verschillen in inkuilverliezen tussen rastypen bestaan is het denkbaar dat er meerdere of andere parameters dan alleen het ds-gehalte betrokken moeten worden bij de voorspelling van de inkuilverliezen.

Dierprestaties

- Wat zijn de kwantitatieve effecten van verschillen in snijmaïstype, met name het onderscheid in "energietypen" en "afrijpingstypen", op dierprestaties ?
- Wat is de invloed van snijmaïstype en oogsttijdstip op de afbraakkinetiek in de pens ? Over de afbraakkinetiek van zetmeel en -celwanden in de pens is onvoldoende bekend.
- Er is behoefte aan een eenvoudige, herhaalbare methode om de deeltjesgrootte van ruwvoer en complete rantsoenen te bepalen.

7.2 Aanbevelingen voor vervolgonderzoek

Er is tegenwoordig een grote diversiteit aan snijmaïstypen beschikbaar. Huidige adviezen met betrekking tot teelt, oogst, conservering en voeding van snijmaïs houden onvoldoende rekening met deze grote verschillen in snijmaïstypen. Het is van belang om te weten hoe, per type, de verschillende componenten van snijmaïs zich gedurende de oogst ontwikkelen en wat het effect is op de inkuilverliezen en op de dierprestaties. Op bedrijfsniveau kan dan het meest geschikte snijmaïstype kan worden gekozen en deze kan dan ook op het meest optimale moment kan worden geoogst.

Daarvoor is het nodig dat er (veld)onderzoek wordt gedaan met een aantal uiterste snijmaïstypen in combinatie met verschillende oogsttijden. In dit onderzoek dienen de volgende aspecten te worden meegenomen:

- Opbrengst, energiewaarde en energieopbouw van het verse en ingekuilde materiaal.
- Conserveringsverliezen inclusief perssapverliezen.
- Afbraakkenmerken van vers en ingekuild materiaal
- Opname, benutting en productie door melkkoeien
- Conserveringsverliezen en afbraakkenmerken bij verschillende haksellengtes.

Om de eigenschappen van de verschillende snijmaïstypen meer te kunnen relateren aan het ingekuilde product en om een beter verband te kunnen leggen tussen geanalyseerde voederwaardes en werkelijke voederwaardes dienen de diverse bovengenoemde aspecten geïntegreerd te worden uitgevoerd.

Literatuur

- Andrea, J. G., G. T. Pritchard, et al. (2001). "Effect of hybrid, maturity and mechanical processing of corn silage on intake and digestibility by beef cattle." *Journal of Animal Science* 79: 2268-2275.
- Andrighetto, I., P. Berzaghi, et al. (1998). "Chopping length and quality of maize silage." *Informatore Agrario* 54(8): 87-90.
- Andrighetto, I., P. Berzaghi, et al. (1999). "Longer maize, feeding costs reduced." *Informatore Agrario* 55(31): 35-38.
- Argillier, O. and Y. Barrière (1996). "Genotypic variation for digestibility and composition traits of forage maize en their changes during the growing season." *Maydica* 41: 279-285.
- Auerbach, H. and F. Weissbach (1999). "Quality of forage maize and maize silage - Effects of growth stage on feeding value, fermentability, fermentation characteristics and effluent production potential." *Landbauforschung Völkenrode* 206.
- Azim, A., A. G. Khan, et al. (2000). "Influence of maize and cowpea intercropping on fodder production and characteristics of silage." *Asian Australasian Journal of Animal Sciences* 13(6): 781-784.
- Bailey, A. T., R. A. Erdman, et al. (1990). "Particle size reduction during initial mastication of forages by dairy cattle." *Journal of Animal Science* 68(7): 2084-2094.
- Bal, M., R. Shaver, et al. (2000). "Crop processing and chop length of corn silage: Effects on intake, digestion and milk production by dairy cows." *Journal-of-Dairy-Science* 83: 1264-1273.
- Bal, M., R. Shaver, et al. (2000). "Corn silage hybrid effects on intake, digestion and milk production by dairy cows." *Journal-of-Dairy-Science* 83(12): 2849-2858.
- Bal, M. A., J. G. Coors, et al. (1997). "Impact of the Maturity of Corn for Use as Silage in the Diets of Dairy Cows on intake, Digestion and Milk Production." *Journal of Animal Science* 71(10): 2497-2503.
- Bal, M. A., A. J. Jirovec, et al. "Update on UW-Madison corn silage feeding trials."
- Bal, M. A., R. D. Shaver, et al. (2000). "Stage of maturity, processing, and hybrid effects on ruminal in situ disappearance of whole-plant corn silage." *Animal Feed Science and Technology* 86(1-2): 83-94.
- Ballard, C. S., E. D. Thomas, et al. (2001). "Effect of corn silage hybrid on dry matter yield, nutrient composition, in vitro digestion, intake by heifers and milk production by dairy cows." *Journal-of-Dairy-Science* 84(2): 442-452.
- Barriere, Y., C. Demarquilly, et al. (1991). "Influences de la variabilité génétique et environnementale sur la digestibilité in vitro ou in vivo du fourrage." *Agronomie Paris* 11: 151-167.
- Barriere, Y., J. C. Emile, et al. (1995). "Effect of genotype of ensiled maize on performance of dairy cows." *Productions Animales* 8(5): 315-320.
- Barriere, Y., J. C. Emile, et al. (1995). "Genetic variation in the feeding efficiency of maize genotypes evaluated from experiments with fattening bulls." *Agronomie-Paris* 15(9-10): 539-546.
- Barriere, Y., J. C. Emile, et al. (1995). "Genetic variation in the feeding efficiency of maize genotypes evaluated from experiments with dairy cows." *Plant Breeding* 114(2): 144-148.
- Barriere, Y., Y. Hebert, et al. (1993). "Genetic variation for silage and NIRS traits in an half-diallel design of 21 inbred lines of maize." *Maydica* 38: 7-13.
- Barriere, Y., M.-R. Tovar Gomez, et al. (1998). "Genetic variation in rate and extent of the in situ cell wall degradation of maize stalks at silage harvest time." *Agronomie Paris* 18: 581-589.

- Boever de, J. L., D. L. d. Brabander, et al. (1993). "Evaluation of physical structure. 2. Maize silage." *Journal of Dairy Science* 76(6): 1624-1634.
- Boever de, J. L. e. a. (1966). "The evaluation of the feeding value of maize silage for ruminants." Communication no. 994 of the Naional Institute for Animal Nutrition/ Agricultural Research Centre Belgie.
- Bohm, M., M. Kirchgessner, et al. (1984). "Feed intake and milk yield of cows given maize silage of different stages of maturity and different amounts of hay. 3. Use of maize silage (end of dough stage) with different proportions of hay." *Wirtschaftseigene Futter* 30(1): 14-25.
- Browne, E. M., M. J. Bryant, et al. (1999). "Apparent digestibility and nitrogen utilization of maize silage harvested at three stages of maturity and fed to beef cattle." *Proc. Br. Soc. Animal Sciences* 82: 82.
- Cammell, S. B., J. D. Sutton, et al. (2000). "The effect of crop maturity on the nutritional value of maize silage for lactating dairy cows 1. Energy and nitrogen utilization." *Animal Science* 71(2): 381-390.
- Casler, M. D. and K. P. Vogel (1999). "Accomplishments and impact from breeding for increased forage nutritional value." *Crop science* 39: 12-20.
- Chamberlain, C. C., H. A. Fribourg, et al. (1971). "Effect of maturity of corn silage at harvest on the performance of feeder heifers." *Journal of Animal Science* 33(1): 161-166.
- Clark, P. W. and L. E. Armentano (1999). "Influence of particle size on the effectiveness of the fiber in corn silage." *Journal of Dairy Science* 82(3): 581-588.
- Cone, J. W. (2002). *Persoonlijke mededelingen*. Lelystad, ID TNO Diervoeding.
- Cone, J. W. and F. M. Engels (1993). "The influence of ageing on cell wall composition and degradability of three maize genotypes." *Animal Feed Science and Technology* 40: 331-342.
- Cusicanqui, J. A. and J. G. Lauer (1999). "Plant density and hybrid influence on corn forage yield and quality." *Agronomy Journal* 91(6): 911-915.
- Daenicke, R. (2000). "Fütterungsversuche zum Einsatz verschiedener Stärkequellen bei Milchkühen. Feeding trials on the use of different starch sources for dairy cows." *Landbauforschung-Volkenrode* 217: 60-70.
- Deaville, E. R. and D. I. Givens (2001). "Use of the automated gas production technique to determine the fermentation kinetics of carbohydrate fractions in maize silage." *Animal Feed Science and Technology* 93: 205-215.
- Deinum, B. (1976). Effect oaf age, leaf number and temperature on cell wall digestibility of maize. *Misc. Papers, Agricultural University Wageningen*. 12: 29-41.
- Dijk van, H. (1995). *Voederwinning, conservering en bewaring*. Lelystad, Informatie en Kennis Centrum Landbouw.
- Dijk van, W. (1993). *Teelt van snijmais. PAGV-teelthandleiding*. Lelystad, PAGV. 58.
- Dolstra, O., M. A. Jongmans, et al. (1988). "Celwandverteerbaarheid bij snijmais: genetische variatie en overerving." *Bijlage Prophyta* 9: 248-250.
- Dolstra, O., M. A. Jongmans, et al. (1990). "Inhoudstoffen en kwaliteit; Celwandverteerbaarheid."
- Dolstra, O. e. a. (1990). "Digestibility of maize and prospects for genetic improvement." *International advanced course: maize breeding, production, processing and marketing in Mediterranean countries, Maize'90; Yugoslavia*: 489-503.
- Eder, J. (1999). "Reife Leistung. Zu frühe silomaisernte bedeutet Verluste an Ertrag und Qualität." *Mais* 27: 139-141.

- Emile, J. C., Y. Barriere, et al. (1996). "Effects of maize and alfalfa genotypes on dairy cow performances." *Annales de Zootechnie* 45(1): 17-27.
- Flachowsky, G. (2000). "Glucosebedarf und Glucosequellen der Hochleistungskuh. Glucose demand and glucose sources of high yielding dairy cows." *Landbauforschung-Völkenrode* 217: 3-13.
- Flachowsky, G., W. Peyker, et al. (1993). "Fibre analyses and in sacco degradability of plant fractions of two corn varieties harvested at various times." *Animal Feed Science and Technology* 43: 41-50.
- Fonseca, A. J. M., A. R. J. Cabrita, et al. (2000). "Evaluation of the chemical composition and the particle size of maize silages produced in north-west of Portugal." *Animal Feed Science and Technology* 83(3-4): 173-183.
- Gallasz, E. (1973). "Influence of stage of maturity on feeding value and silo losses of maize silage." *Schweizerische Landwirtschaftliche Forschung* 12(4): 379-390.
- Giardini, A., M. Vecchietini, et al. (1976). "Energy supplementation of maize silage harvested at different maturity stages." *Animal Feed Science and Technology* 1(2-3): 369-379.
- Givens, D. I. and E. R. Deaville (2001). "Comparison of major carbohydrate fractions and cell wall digestibility in silages made from older and newer genotypes grown in the UK." *Animal Feed Science and Technology*(89): 69-82.
- Gross, F. (1979). *Der Einfluss siliertechnischer Massnahmen auf Gärfutterqualität und Nährstoffverluste. Landtechnik.* 12: 560-563.
- Gross, F. (1988). "Investigations into the influence of storage period of maize silages differing in dry matter content on changes in chemical composition and on losses." *Wirtschaftseigene-Futter* 34(3): 227-237.
- Groten, J. (1998). "Verteerbaarheid van snijmaïs: vergelijking analysemethoden Tilley and Terry versus NIRS." PAV-projectrapport nr 96.0.49.
- Groten, J. (2001). "Kwaliteit van snijmaïs, celwandverteerbaarheid, NDF, ADF, ADL en suikergehalte." PPO-projectrapport nr 110004/110005.
- Guth, N., E. Weigand, et al. (1998). Feed intake, utilization and chewing activity of dairy cows after feeding of silage of different length. Einfluss von Erzeugung und Verarbeitung auf die Qualität landwirtschaftlichen Produkte. Vorträge zum Generalthema des 110 VDLUFA Kongresses, 14-18 September 1998, Giessen, Germany. 1998, 389-392; VDLUFA Schriftenreihe 49., VDLUFA-Verlag; Darmstadt; Germany.
- Hameleers, A., K. A. Leach, et al. (1999). "The effects of incorporating sugar beet pulp with forage maize at ensiling on silage fermentation and effluent output using drum silos." *Grass and Forage Science*(54): 322-335.
- Hatfield, R. D., J. Ralph, et al. (1999). "Cell wall structural foundations: molecular basis for improving forage digestibility." *Crop science* 39: 27-37.
- Hein, W., L. Gruber, et al. (1996). "Restpflanze ist nicht gleich Restpflanze." *Mais* 24.
- Herter, U., A. Arnold, et al. (1996). "Sorte, Ort, Jahr und Reife bestimmen die Silomaisqualität." *Agrarforschung* 3(11-12): 539-542.
- Higginbotham, G. E., S. C. Mueller, et al. (1998). "Effects of inoculants containing propionic acid bacteria on fermentation and aerobic stability of corn silage." *Journal of Dairy Science* 81(8): 2185-2192.
- Hoover, L. L., D. R. Buckmaster, et al. (1998). "Particle size and compaction characteristics of mechanically processed corn silage at varying lengths of cut." *Paper American Society of Agricultural Engineers*(98103): 10 p.
- Hric, I., B. Kallus, et al. (2000). "Einfluss des Reifestadiums auf die in situ-Abbaubarkeit von Maiskörnern verschiedener Sorten im Pansen von Milchkühen." *Proc. Soc. Nutr. Physiol.* 9.

- Hunt, C. W., W. Kezar, et al. (1993). "Effects of hybrid and ensiling with and without a microbial inoculant on the nutritional characteristics of whole-plant corn." *Journal of Animal Science* 71(1): 38-43.
- Jirovec, A. G., K. J. Shinnors, et al. (1998). Physical properties of wilted alfalfa and whole-plant corn silages processed with crop processing rolls. ASAE Annual International Meeting, Orlando, Florida, USA, 12-16 July, 1998. 1998, 20 pp.; ASAE Paper no. 981119; 16 ref., American Society of Agricultural Engineers (ASAE); St Joseph; USA.
- Johnson, L., J. H. Harrison, et al. (1999). "Nutritive value of corn silage as affected by maturity and mechanical processing: a contemporary review." *Journal of Dairy Science* 82(12): 2813-2825.
- Johnson, L. M., J. H. Harrison, et al. (2002). "Corn silage management: Effects of maturity, inoculation and mechanical processing on pack density and aerobic stability." *Journal of Dairy Science* 85(2): 434-444.
- Journet, M. (1973). "Utilisation by dairy cows of urea added to a ration of maize silage harvested at an early stage of maturity." *Annales de Zootechnie* 22(1): 115-119.
- Jung, H. G., T. A. Morrison, et al. (1998). "Degradability of cell-wall polysaccharides in maize internodes during stalk development." *Crop science* 38: 1047-1051.
- Keuning, J. A., D. Oostendorp, et al. (1978). "Toevoeging van ureum aan snijmaiskuil." *Stikstof* 90: 193-200.
- Kirchgessner, M., M. Bohm, et al. (1983). "Feed intake and milk yield of cows given maize silage of different stages of maturity and different amounts of hay. 1. Use of maize silage (start of milk stage) with different proportions of hay." *Wirtschaftseigene Futter* 29(3): 220-232.
- Kuehn, C., J. Linn, et al. (1999). "Effect of feeding silages from corn hybrids selected for leafines or grain to lactating dairy cattle." *Journal-of-Dairy-Science* 82(12): 2746-2755.
- Kung, L., Jr., A. Sheperd, et al. (1998). "The effect of preservatives based on propionic acid on the fermentation and aerobic stability of corn silage and a total mixed ration." *Journal of Dairy Science* 81: 1322-1330.
- Ladely, S. R., R. A. Stock, et al. (1995). "Effect of corn hybrid and grain processing method on rate of starch disappearance and performance of finishing cattle." *Journal of Animal Science* 73(2): 360-364.
- Lammers, B. P., D. R. Buckmaster, et al. (1996). "A simple method for the analysis of particle sizes of forage and total mixed rations." *Journal of Dairy Science* 79(5): 922-928.
- Lebzien, P. (2000). "Pansenphysiologische Effekte unterschiedlicher Stärkeabbauraten. Influence of different starch degradation rates on ruminal physiology." *Landbauforschung-Völkenrode* 217: 25-32.
- Lebzien, P., J. Shoo, et al. (1997). "Vergleich der in situ - Abbaubarkeit verschiedener Sorten von Körnermais." *Proc. Soc. Nutr. Physiol.* 6.
- Martin, C., C. Philippeau, et al. (1999). "Effect of wheat and corn variety on fiber digestion in beef steers fed high-grain diets." *Journal of Animal Science* 77(8): 2269-2278.
- Meisser, M. and U. Wyss (1998). "Effect of weather on growth and maturation of silage maize." *Agrarforschung* 5(7): 317-320.
- Meisser, M. and U. Wyss (1999). "The influence of weather conditions on growth, maturation and nutritive value of silage maize." *Revue Suisse d'Agriculture* 31(2): 71-76.
- Messer, H. J. M. and J. C. Hawkins (1977). "The influence of moisture content and chop length of forage maize on silage bulk density and the pressure on bunker silo walls." *Journal of Agricultural Engineering* 22: 175-182.
- Michalet Doreau, B. and M. Doreau (1999). "Maize genotype and ruminant nutrition." *Sciences des Aliments* 19(3-4): 349-365.
- Mistele, M. (1991). Quantifizierung von Verlusten bei Silomais. *Mais*. 4: 16-19.

- Mistele, M., J. Zeddies, et al. (1994). "Economic aspects of breeding for yield and quality traits in forage maize." *Plant Breeding* 112: 102-109.
- Morrison, T. A., H. Jung, et al. (1998). "Cell wall composition of maize internodes of varying maturity." *Crop science* 38: 455-460.
- Oba, M. and M. S. Allen (1999). "Effects of brown-midrib 3 mutation in corn silage on dry matter intake and productivity of high yielding dairy cows." *Journal of Dairy Science* 82(1): 135-142.
- O'Kiely-P (1998). "A note on the conservation characteristics of physiologically immature forage maize ensiled with different additives." *Irish Journal of Agricultural* 37(2): 237-242.
- Pex, E. J., F. J. Schwarz, et al. (19..). "Zum Einfluss des Erntezeitpunkts von Silomais auf Verdaulichkeit und Energiegehalt von Maissilage bei Rind und Schaf." *Das Wirtschaftseigene Futter* 42(1): 83-96.
- Pflaum, J. and N. Buchele (1999). "Chop length of maize. Effects on silage quality and performance." *Milchpraxis* 37(3): 154-157.
- Philippeau, C., F. Le Deschault de Moredon, et al. (1999). "Relationship between ruminal starch degradation and the physical characteristics of corn grain." *Journal of Animal Science* 77(1): 238-243.
- Philippeau, C. and B. Michalet Doreau (1998). "Influence of genotype and ensiling of corn grain on in situ degradation of starch in the rumen." *Journal of Dairy Science* 81(8): 2178-2184.
- Phipps, R. H., J. D. Sutton, et al. (2000). "The effect of crop maturity on the nutritional value of maize silage for lactating dairy cows 3. Food intake and milk production." *Animal Science* 71(2): 401-409.
- Polan, C. E. and C. N. Miller (1978). "Two maturities of corn silage fed in complete rations to lactating cows at two protein intakes." *Journal of Dairy Science* 61(Suppl. 1): 185.
- Praktijkonderzoek Rundvee, S. e. P. (1997). *Handboek Melkveehouderij*. Lelystad.
- Preissinger, W., F. J. Schwarz, et al. (1998). "Effect of physical structure of maize silage on feed intake, milk yield and milk composition of dairy cows." *Archives of Animal Nutrition* 51(4): 327-339.
- PRI (2001). *77e Rassenlijst voor landbouwgewassen 2002*. Wageningen, Plant Research International B.V.
- Proefstation voor de Rundveehouderij, S. e. P. (1988). *Handboek voor de Rundveehouderij*. Lelystad.
- Ranjit, N. K. and L. J. Kung (2000). "The effect of lactobacilles buchneri, lactobacilles plantarum or a chemical preservative on the fermentation and aerobic stability of corn silage." *Journal of Dairy Science* 83: 526-535.
- Reinartz, S. (1989). *Studie van snijmaïs ten aanzien van verteerbaarheid, de waterbalans en de LAI ontwikkeling onder invloed van waterstress*. Wageningen, Landbouwniversiteit-Theoretische productie ecologie.
- Ruiz, T. M., A. S. Achacoso, et al. (1984). Feeding rolled mature corn silage in a complete ration to lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 1984, 67: Suppl. 1, 224.
- San Emeterio, F., R. B. Reis, et al. (2000). "Effect of coarse or fine grinding on utilization of dry or ensiled corn by lactating dairy cows." *Journal of Dairy Science* 83(12): 2839-2848.
- Schans, D. A. v. d. (1993). "Productie- en kwaliteitsverloop van snijmaïs." *PAGV-verslag* 155.
- Schlagheck, A., N. L. Entrup, et al. (2000). "Effect of the ripening character ("Stay Green"/"Dry Down") on the in vitro digestibility of maize genotypes with regard to different parts of the maize plant." *Landbauforschung-Völkenrode* 217: 94-101.
- Schukking, S. and A. G. Hengeveld (1971). "Invloed van ureum op het inkuilproces en de opname van snijmaïs." *Verslag "De Olde Weije"*.

- Schwarz, F. J. (1998). "Untersuchungen zum Futterwert vom Maissilage." *Viehwirtschaftliche Fachtagung* 25: 19-20.
- Schwarz, F. J., M. Bohm, et al. (1984). "Feed intake and milk yield of cows given maize silage of different stages of maturity and different amounts of hay. 2. Use of maize silage (start of dough stage) with different proportions of hay." *Wirtschaftseigene Futter* 30(1): 5-13.
- Schwarz, F. J. and T. Etle (2000). "Time of harvest and hybrid and their effects on chemical composition, digestibility and in situ degradability of starch in silage maize." *Landbauforschung-Volkenrode* 217: 102-115.
- Schwarz, F. J., E. J. Pex, et al. (1996). "Influence of different maize varieties on digestibility and energy content of maize silage by cattle and sheep." *Wirtschaftseigene Futter* 42(2): 161-172.
- Schwarz, F. J., W. Preissinger, et al. (1997). "Digestibility and energy content of variously chopped maize silage in cattle and sheep." *Agribiological Research* 50(3): 225-236.
- Sheperd, A. and L. J. Kung (1996). "An enzyme additive for corn silage: Effects on silage composition and animal performance." *Journal-of-Dairy-Science*. 1996, 79: 10, 1760-1766; 28 ref. 79(10): 1760-1766.
- Sheperd, A. C. and L. Kung, Jr. (1996). "Effects of an enzyme additive on composition of corn silage ensiled at various stages of maturity." *Journal of Dairy Science* 79(10): 1767-1773.
- Shinners, K. J., A. G. Jirovec, et al. (2000). "Processing whole-plant corn silage with crop processing rolls on a pull-type forage harvester." *Applied Engineering in Agriculture* 16(4): 323-331.
- Sibma, L. (1987). "Ontwikkeling en groei van maïs onder Nederlandse omstandigheden." Pudoc Wageningen.
- Spiekers, H. (2002). "Harnstoffeinsatz zu Silomais." *Mais* 1: 26-29.
- Srinivasulu, C., A. R. S. Reddy, et al. (2001). "Chemical changes during ensiling of maize stover with broiler litter." *Indian Veterinary Journal* 78(3): 223-227.
- St Pierre, N. R., R. Bouchard, et al. (1983). "Effects of stage of maturity and frost on nutritive value of corn silage for lactating dairy cows." *Journal of Dairy Science* 66(7): 1466-1473.
- Stockdale, C. R. and G. W. Beavis (1994). "Nutritional evaluation of whole plant maize ensiled at three chop lengths and fed to lactating dairy cows." *Australian Journal of Experimental Agriculture* 34(6): 709-716.
- Struik, J. C. (1983). "Physiology of forage maize in relation to its production and quality." PhD Thesis Wageningen Agricultural University.
- Sutton, J. D., S. B. Cammell, et al. (2000). "The effect of crop maturity on the nutritional value of maize silage for lactating dairy cows. 2. Ruminal and post-ruminal digestion." *Animal Science* 71(2): 391-400.
- Tilley, J. M. and R. E. Terry (1963). "A two-stage technique for the in vitro digestion of forage crops." *Journal of British Grassland Society* 18: 104-111.
- Titterton, M. and B. V. Maasdorp (1977). "Nutritional improvement of maize silage for dairying: mixed crop silages from sole and intercropped legumes and a long season variety of maize. 2. Ensilage." *Animal Feed Science Technology*(69): 263-270.
- Ton, J. (1994). De ontwikkeling en verteerbaarheid van celwanden in internodia van maïs (*Zea mays* L.). PCM-verslag, Bibliotheek Biotechnica. 056.
- Tovar Gomez, M. R., J. C. Emile, et al. (1997). "In situ degradation kinetics of maize hybrid stalks." *Animal Feed Science and Technology* 68(1-2): 77-88.
- Vuuren van, A. (2002). Persoonlijke mededelingen. Lelystad, ID-TNO Diervoeding.

- Waes, J. v., L. Carlier, et al. (1998). "Evolution of quantitative and qualitative characteristics of silage maize varieties at different harvest dates." *Plant Science* 35: 731-735.
- Weigand, E., U. Meyer, et al. (1993). "Intake, chewing activity and carbohydrate digestibility by lactating dairy cows fed maize silage with a different physical structure." *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 69(2-3): 120-132.
- Weisbach, F. e. a. (1996). Problems of the evaluation of silage maize quality, Institute of grassland and forage research/ Federal research centre of Agriculture Braunschweig-Völkenrode.
- Weiss, W. P. and D. J. Wyatt (2000). "Effect of oil content and kernel processing of corn silage on digestibility and milk production by dairy cows." *Journal of Dairy Science* 83(2): 351-358.
- Weissbach, F. and H. Auerbach (1999). "When is maize mature for silage? The demand for higher silage quality and the new maturity classification of silage maize." *Mais*(2): 72-77.
- Wel van der, C. (1993). Inkuilverliezen bij snijmais. PR rapport. Lelystad. 146.
- Werff, H. M. G. v. d. (1988). "Het optimale oogsttijdstip van snijmais." PAGV-verslag 73.
- Wermke, M. and J. v. Hoyningen-Huene (1987). "Influence of genotype and density on chemical composition and nutritive value of silage maize." *Journal of Agronomy and Crop Science* 158: 73-83.
- Wernli, K. C. and L. A. Atria (1990). "Faecal grain losses in cows fed on maize silage harvested at two stages of maturity." *Agricultura Tecnica Santiago* 50(1): 17-21.
- Wyss, U. (1995). "Gärsaftverluste bei Maissilagen möglichst vermeiden." *Agrarforschung* 2(9): 393-396.
- Wyss, U. (1996). "Ensilage de maïs: minimiser les pertes de jus." *Revue-Suisse-d'Agriculture* 28(4): 231-235.
- Xiccato, G., M. Cinetto, et al. (1994). "The effect of silo type and dry matter content on the maize silage fermentation process and ensiling loss." *Animal Feed Science and Technology* 49(3-4): 311-323.
- Zimmer, E. (1985). Verluste bei der Maiskonservierung. *Mais*. 4: 30-35.
- Zom, R. L. G., J. v. Riel, et al. (2002). Voorspelling van de voeropname met het Koemodel 2002. Lelystad, Praktijkonderzoek Veehouderij: 42.