

緒 言

1. 研究の背景と目的

近年、牛乳の生産コストを低減させるために乳牛個体の乳量は著しく増加している。北海道の乳用牛群総合改良推進事業の資料⁽⁷⁾によると305日間の平均乳量は、昭和50, 55, 60および平成3年度でそれぞれ5,788, 6,387, 7,076および7,841 kgであり、検定乳牛に占める8,000kg以上泌乳している乳牛の割合は昭和50年度に3.6%に過ぎないのに対して昭和55, 60および平成3年度ではそれぞれ11.0, 25.4および44.0%と著しく増加している。これに対応するように、乳量1kg生産に対する濃厚飼料の給与量も、それぞれ0.23, 0.27, 0.31および0.33kgと増加しており、飼料の自給率は低下の一途をたどっている⁽⁴⁾。今後も北海道酪農を安定的に発展させていくためには、輸入飼料である濃厚飼料に過度に依存することなく、恵まれた土地資源を活用して低コストで生産した良質で高栄養価の粗飼料を主体として高乳量を生産する乳牛の飼養技術を確立していくことが必要であると考えられる。

北海道において主要な飼料作物として牧草とサイレージ用トウモロコシがあり、北海道の畑作酪農地帯ではサイレージ用トウモロコシは牧草に比べて乾物やTDNの収量が多く、サイレージとして調製することが容易であり、そのサイレージはTDN含量が高いなどの利点⁽⁵⁾を有していることから、従来から乳牛の基幹粗飼料の一つとして利用されている。特に近年、早生品種の育成・普及および栽培技術の改善⁽³⁷⁾により安定的に収穫適期である黄熟期に調製できるようになり、トウモロコシサイレージの栄養価⁽⁹⁾並びに産乳価^(6, 7, 11)が向上していることから、自給粗飼料としての利用価値は更に向上したものと考えられる。また、トウモロコシサイレージは乾草および牧草サイレージに比べてTDN当たりの生産費が低いことが報

告⁽⁵⁾されており、トウモロコシサイレージを基本飼料とする乳牛飼養は経営的に有利であると考えられる。

しかし、北海道の畑作酪農地帯における1日1頭当たりのトウモロコシサイレージの平均給与量は14kg程度⁽³⁶⁾と少ない。これには我が国において乳牛に対するトウモロコシサイレージの多量給与についての体系的な検討が少ないことが影響していると考えられる。トウモロコシサイレージは細切されており、また高エネルギーの粗飼料であるがCPとミネラル類の含量が低く、繊維成分の含量も比較的低いことや乳牛による嗜好性が高いなどの特徴があることから、その多量給与に際しては種々の配慮が必要であると考えられる。

まず、トウモロコシサイレージの切断長については従来9mm程度が望ましい⁽¹⁰⁾とされていたが、近年黄熟期に調製したトウモロコシサイレージの給与に伴い子実の糞中への排泄が目立つことやサイレージの二次発酵の発生⁽⁶⁾、第四胃変位の増加傾向⁽³⁾、さらにハーベスタの性能向上⁽¹⁶⁾などから種々の見解が出されているので、適正な切断長についての検討が必要である。

また、トウモロコシサイレージの多量給与が乾乳牛および泌乳牛にどのような影響を及ぼすかについての検討やトウモロコシサイレージを基本飼料とする泌乳期の飼養において各種養分の摂取量や乳量を増加させるその他の粗飼料との組合せについての検討も重要である。さらに、トウモロコシサイレージと同時に他の粗飼料が併給される場合には粗飼料間における嗜好性の差異から特定粗飼料の過食、偏食となり、養分摂取に過不足、不均衡を生じ乳牛の生産性を低下させることが、特に今後の方向とされる高泌乳牛の群飼育において懸念される。トウモロコシサイレージを基本飼料とする条件において各種の粗飼料を設定どおり採食させて高泌乳牛群を安定的に飼養するための給

飼技術としてTMR・自由採食方式が極めて有用であると考えられる^{19, 27, 60, 130)}。しかし、我が国において、トウモロコシサイレージを基本飼料とするTMRの適正な粗飼料と濃厚飼料の比率並びにCP含量、およびTMRの切替え方法などについてはほとんど検討されていない。以上から、サイレージ用トウモロコシを安定的に栽培できる北海道の畑作酪農地帯ではトウモロコシサイレージを基本飼料とする乳牛の飼養技術を確立していくことが極めて重要であると考えられる。

このような背景から、本研究ではトウモロコシサイレージの切断長が消化率や分娩前後の飼養成績に及ぼす影響、乾乳期と泌乳期におけるトウモロコシサイレージ多量給与の影響、トウモロコシサイレージを基本飼料とする泌乳期の飼養における各種粗飼料併給の影響、トウモロコシサイレージを基本飼料とするTMRの飼料設計基準およびTMRの切替えの影響について検討し、トウモロコシサイレージを基本飼料とする乳牛の飼養技術の確立に資することを目的に実施した。

2. 従 来 の 研 究

1) トウモロコシサイレージの調製法と飼料価値および乳生産

トウモロコシサイレージの調製法と飼料価値および乳生産の関係については品種^{16, 40, 59, 71, 99, 128, 144)}、熟期^{14, 17, 32, 57, 66, 70, 82, 87, 97, 119, 146)}、切断長^{15, 25, 84, 98, 109, 110)}などとの関連において検討されている。品種の影響についてHEMKENら⁴⁰⁾は子実割合が異なる品種の間に乾物消化率において大差がなく乾物摂取量、乳量および乳組成において有意差が認められなかったことを、またBYERSら¹⁶⁾は品種によりサイレージのTDN含量は有意に異なったが乾物摂取量、FCM量および体重において有意差が認められなかったことを、それぞれ報告している。これに対してSTAKEら¹²⁸⁾は乾物消化率および乾物摂取量では品種による差異を認めていないがSCM量では有意な差異を認めている。一方、八幡ら¹⁴⁴⁾は早生品種が晩生品種に比べて乾物摂取量が多く、4%FCM量が有意に多いことを認め、

和泉ら⁷¹⁾も同様の報告をしている。名久井ら⁹⁹⁾はトウモロコシサイレージにおける早晩生品種の飼料価値、栄養収量の年次変動について4か年にわたり検討し、早生品種がこれらの点において優れていることを指摘している。そのほか、高リジン・トリプトファン品種 (Opaque-2 Corn)²⁾ や低リグニン品種 (Brown-Midrib Corn)^{75, 127)} のサイレージの産乳価値についても検討されている。

熟期との関係について、BRYANTら¹⁴⁾は黄熟期調製は乳熟期調製に比べて乾物摂取量が有意に多く、FCM量および産乳持続性においても優る傾向のあることを報告しており、和泉ら⁶⁶⁾も同様の傾向を認めている。またHUBERら⁵⁷⁾も熟期の進行につれて消化率は変化しないが乾物摂取量および乳量が増加することを認めている。MONTGOMERYら⁸⁷⁾は黄熟初期より更に熟期を進めても乾物摂取量において一定の傾向が認められず乳量および体重変化において有意差が認められないことを報告している。熟期を黄熟期より更に進めたり、登熟した原料を長期間圃場に放置したのち調製しても乾物摂取量や4%FCM量に影響しないとする報告^{17, 32, 70, 146)}が多いが、乾物摂取量や4%FCM量が増加したとする報告^{82, 119)}もある。名久井ら⁹⁷⁾はサイレージ用トウモロコシの収穫適期はサイレージの飼料成分、発酵品質、栄養価、栄養収量および乾物摂取量から判断して黄熟後期であることを認めている。

切断長と消化率の関係については、微細切によりNFEあるいは、でんぶんの消化率は向上するが粗繊維あるいはADFの消化率は低下し、栄養価にはほとんど影響しないことが報告^{25, 98, 109)}されている。また、乾物摂取量には切断長が影響しないことが認められており^{15, 84)}、4%FCM量あるいはSCM量においても乾物摂取量と同様に切断長が影響しないとする報告^{15, 110)}があるが、試験により結果が異なったとする報告⁸⁴⁾もある。乳組成との関係については切断長の影響が認められないとする報告^{15, 110)}があるが、乳脂率は微細切サイレージの給与により低下したとする報告⁸⁴⁾もある。各種の疾病が発症しがちな分娩前後において、

切断長の異なるサイレージを給与し、その影響を検討した報告はほとんどみられない。

そのほか、切断長と発酵品質^{98, 131)}、第一胃内発酵^{26, 84, 110, 129)} および反芻行動¹¹⁴⁾ との関係についても検討されている。

2) トウモロコシサイレージを主体とする粗飼料構成と乳生産

乾乳期、あるいは乾乳期と泌乳期を通して粗飼料としてトウモロコシサイレージの単用給与において疾病が増加しないとする報告^{35, 54)} があるが、第四胃変位^{10, 103, 126)}、ケトosis^{10, 133)}、起立不能症¹⁰⁾、胎盤停滞¹²⁶⁾、難産¹⁰³⁾の発症率が高いことや産子における甲状腺腫の発症³⁹⁾を認めている報告がある。JOHNSON and OTTERBY⁷²⁾は乾乳期に粗飼料として牧草サイレージとトウモロコシサイレージの組合せ給与は乾草単用給与に比べて乳房浮腫とカリフォルニアマスタイトテストの評点が高いことを指摘している。

トウモロコシサイレージと牧草サイレージの産乳価値について、MONTGOMERYら⁸⁶⁾はトウモロコシサイレージはアルファルファ・オーチャードグラス低水分サイレージに比べて乾物摂取量や4%FCM量が有意に低いことを認めているが、全飼料中のCP含量を同水準にして検討した場合にはトウモロコシサイレージとアルファルファ低水分サイレージの間にこれらの項目において差異のないことが報告¹²⁾されている。和泉ら^{66, 70, 71)}は早生品種の黄熟期～完熟期に調製したトウモロコシサイレージは早刈牧草サイレージに匹敵する高い産乳価値を有し、乳蛋白質率を高めることを認めている。また、トウモロコシサイレージはアルファルファ乾草に比べて産乳価値においてほとんど差異のないことが認められている^{12, 133)}。トウモロコシサイレージと北海道内で一般的に用いられているチモシー乾草の産乳価値について比較検討した報告はみられない。

トウモロコシサイレージに対する乾草の併給により乾物摂取量あるいは4%FCM量が増加したとする報告^{34, 54, 88, 139, 141)}があるが、効果を認めない報告もある¹¹⁾。HOLTERら⁵⁴⁾は濃厚飼料多給

条件で検討し、泌乳後期および乾乳期に過肥を避けるように配慮するならばトウモロコシサイレージの多給により、繁殖性に悪影響はなく健康を損なうことなく高乳量を維持できるが、乾物摂取量および乳脂率からみて乾草などの併給が望ましいとしている。和泉⁶⁴⁾はトウモロコシサイレージとチモシー1番草サイレージの併給の効果に関する一連の試験を実施し、トウモロコシサイレージ単用給与に比べて出穂始調製サイレージの併給では乾物とTDNの摂取量および4%FCM量が多い傾向にあり、DCPの摂取量が有意に増加したのに対して、出穂期調製サイレージの併給ではDCPの摂取量が増加したのみであり、出穂前期調製サイレージでは併給の効果が認められず、また高水分牧草サイレージ併給と予乾牧草サイレージ併給について比較した結果、両併給牧草サイレージ間に乾物摂取量および乳量、乳組成において有意差が認められないことを報告している。出岡ら²⁸⁾はトウモロコシサイレージを基本飼料とする飼養におけるチモシー主体1番草の低水分牧草サイレージと乾草の併給効果について飼料混合給与条件で比較し、両併給粗飼料間に乾物摂取量において有意差が認められず乳量、乳組成においてもほとんど差異のないことを指摘し、原ら⁸⁶⁾はこれと同様の飼養条件で検討し、高水分牧草サイレージ併給は予乾牧草サイレージ併給に比べて乾物摂取量が有意に低く、4%FCM量は僅かではあるが有意に多く、乳組成では有意差が認められないことを示している。BELYEAら^{10, 11)}はアルファルファ主体の乾草および牧草サイレージの併給の効果について3乳期にわたって検討し、乾物摂取量、SCM量、体重および繁殖性において各処理とも同様であるが、ケトosisはトウモロコシサイレージ単用給与および牧草サイレージ併給で、起立不能症はトウモロコシサイレージ単用給与で多く発症し、第四胃変位はトウモロコシサイレージ単用給与においてのみ発症したことを報告している。また、HOLTERら⁵³⁾はトウモロコシサイレージを基本飼料とする飼養における牧草サイレージ、牧草サイレージ+乾草あるいは乾草の併給効果について長期試験を実施し、乾物摂取量では乾草併給が

他の2処理に比べて有意に多く、SCM量および乳組成において有意差は認められず、牛群の繁殖性や健康に及ぼす粗飼料構成の影響を決定するためには大規模な試験が必要であるとしている。THOMASら¹³³⁾は粗飼料としてトウモロコシサイレージのみを給与しても少なくとも3産までは正常な乳量、繁殖性および健康状態を維持できるとしている。GRIEVEら^{33, 34, 35)}は生時から3産まで検討し、トウモロコシサイレージ単用給与でも健康や繁殖性に悪影響はないが、乾草併給に比べて乾物摂取量は18か月齢から初産までの期間、初産次および3産次において、またSCM量は初産次においてそれぞれ有意に低く、また牧草サイレージ併給に比べて3産次において乾物摂取量が有意に低くSCM量では有意差が認められないことを報告している。

そのほか、トウモロコシサイレージに対するビートパルプおよび飼料用ビートの併給効果⁶⁹⁾、トウモロコシサイレージと青刈草や放牧草の組合せの効果^{9, 48, 89)}、およびトウモロコシサイレージを主体とする粗飼料の多給と乳生産効率の関係⁹⁵⁾などについて報告されている。

また、先にも触れたようにトウモロコシサイレージは高エネルギーの粗飼料であるがCPの含量が低いので、これを低コストで補給するために尿素の飼料化について検討されている^{29, 30, 42, 52, 58, 79, 93, 121, 138, 142, 143)}。

北海道内において、トウモロコシサイレージは一般にチモシー乾草と組み合わせて給与されているが、それらの給与比率の影響については未検討であり、トウモロコシサイレージを基本飼料とする泌乳期の飼養における各種粗飼料の併給効果については更に検討する必要がある。また、トウモロコシサイレージを基本飼料とする泌乳期の飼養における尿素の利用については我が国では高泌乳時における検討が実施されていない。

3) トウモロコシサイレージを基本飼料とするTMRの飼料構成と乳生産

乳牛は2種類の粗飼料が給与された場合に一定の比率で採食しないこと²³⁾や不足する栄養素を含

む飼料に対して特別な食欲を有することはほとんど認められないこと²²⁾が報告されており、特に北海道の畑作酪農地帯においてトウモロコシサイレージを多給すると併給している乾草をあまり採食しないためにトウモロコシサイレージの過食、偏食になるなど、粗飼料を設定どおり採食させることが極めて困難であることが認められている。このような嗜好性の異なる粗飼料を設定どおり採食させる給飼技術としてはTMR・自由採食方式が望ましく^{19, 27, 60, 130)}、特に今後の方向とされる高泌乳牛の群飼養において極めて有用であると考えられる。

TMRの調製においては濃厚飼料と粗飼料の比率やCP含量の設定がまず必要になる。HERNANDEZ-URDANETAら⁴¹⁾は泌乳初期において粗飼料に対する濃厚飼料の割合が高い場合に乾物摂取量および実乳量が増加する傾向があり、乳蛋白質率および乳全固形分率が有意に向上することを認めている。また、MACLEODら⁸⁰⁾は初産牛の泌乳初期において検討し、粗飼料に対する濃厚飼料の比率が80:20から35:65へと高くなるにつれて乾物摂取量、実乳量および乳蛋白質率は有意に向上するが、乳脂率が有意に低下するために4%FCM量では有意な増加が認められないことを指摘している。COPPOCKら²⁰⁾は粗飼料と濃厚飼料の比率を75:25から30:70の範囲で1泌乳期にわたり検討し、粗飼料に対する濃厚飼料の割合が高まるにつれてエネルギーの要求量がより早期に充足されるが、SCM量では一定の傾向が認められず、乳脂率は30:70区で低下したことを報告しており、中辻ら⁹⁴⁾も乳脂率の低下を同じ粗飼料:濃厚飼料の比率で認めている。SMITHら¹²⁶⁾は粗飼料、高水分イヤーコンおよび濃厚飼料の比率を変えて調製した推定正味エネルギー濃度の異なる3種類のTMRを1泌乳期にわたり給与し、低エネルギー濃度のTMRが給与された乳牛は飼料摂取量の増加よりも乳量を減少することによりエネルギーのバランスを調節していると推測している。

TMRのCP含量が泌乳初期の乳生産に及ぼす影響については、TMRのCP含量が高くなるにつれて乾物摂取量および乳量が増加することが報

告^{18, 77, 81)}されている。ROFFLERら¹²²⁾は泌乳初期のトウモロコシサイレージを基本飼料とする飼養において飼料中のCP含量を大豆粕で高めることが乾物摂取量および乳量に及ぼす影響について飼料の混合給与および飼料分離給与条件で検討した多くの報告を取りまとめている。これによれば、乾物摂取量はCP含量が12%から17%まで高くなるにつれて増加するが、それ以上CP含量を高めてもほとんど増加せず、一方、乳量はCP含量が12%から19%まで高くなるにつれて増加し、特にCP含量が低い条件ではCP含量を高めることの効果は高く、CP含量が高くなるにつれてCP含量を高めることの効果は著しく減少することが認められている。

泌乳初期における粗飼料と濃厚飼料の比率とCP含量の交互作用についてMACLEODら⁸¹⁾は初産牛を用いて検討し、両要因間において乾物摂取量、4%FCM量、SCM量、乳脂率、乳糖率および血漿尿素窒素濃度において交互作用は認められないが、乳蛋白質率および試験終了時体重において交互作用が認められたことを報告している。

泌乳後期におけるTMRの粗飼料と濃厚飼料の比率の影響について検討した報告はほとんどみら

れない。また、TMRのCP含量の影響についても泌乳後期において検討した報告はあまりみられない。BARNEYら⁷⁾は泌乳中後期について検討し、TMRのCP含量が12%から18%の範囲では乾物摂取量、実乳量、SCM量、乳脂率および乳糖率では処理の影響が認められないが、乳蛋白質率はCP含量が向上するに伴い直線的に高くなり、体重は曲線的に増加したことを報告している。

TMR・自由採食方式では泌乳期においてTMRの即時切替えが実施されるので、その影響についても検討されている。HERNANDEZ-URDANETAら⁴¹⁾は分娩後4日目に粗飼料の割合が高いTMRから濃厚飼料の割合が高いTMRへの即時切替えが乾物摂取量、乳量、乳組成および第一胃内発酵に悪影響を及ぼさないことを認めている。また、MOSELEYら⁹²⁾は分娩後84日目および210日目におけるTMRの即時切替えが乾物摂取量、乳量、乳組成、第一胃内発酵、体重などに及ぼす影響について検討しているが、即時切替え前後におけるTMRの濃厚飼料の比率やTDN、CPの含量などの減少率と乾物摂取量、乳量、体重などの減少量の相互関係やこれらの減少量の推定式については検討していない。

I トウモロコシサイレーズの調製法, 特に切断長と飼料価値および乳生産

トウモロコシサイレーズの調製において原料の切断は埋蔵密度の向上, 乳酸発酵の促進, 原料の詰込みとサイレーズの取出作業の省力化に必要であり, 従来適正な切断長として9 mm¹⁰¹⁾ が推奨されてきた。しかし近年, サイレーズの黄熟期調製に伴い糞中への子実の排泄が目立つことや通年給与に伴いサイレーズの二次発酵^{24, 96)} がみられること, さらにハーベスタの性能が向上していること¹¹⁶⁾ などから切断長を従来推奨されている9 mmより更に細かく切断した方が良いとの主張がなされている。しかし一方では乳牛において第四胃変位の発症が増加傾向⁴³⁾ にあり, その原因の一つとしてトウモロコシサイレーズの切断長が短すぎることが考えられるので切断長はもっと長くした方が良いのではないかととの相反する見解もある。

そこで, 本試験ではトウモロコシサイレーズの切断長, 特に微細切が発酵品質および乳牛による消化率, 乾物摂取量, 乳量, 乳組成, 疾病発症状況などに及ぼす影響について検討した。

試験 I - 1 切断長および子実の破碎程度と発酵品質, 栄養価

目 的

トウモロコシサイレーズの切断長が発酵品質に影響しないとする報告¹³¹⁾ と, 影響するとする報告⁹⁸⁾ とがあり, これらの関係については一定の見解が得られていない。また, 切断長と消化率の関係については微細切によりNFEあるいはでんぶんの消化率は向上するが粗繊維あるいはADFの消化率は低下し栄養価にはほとんど影響しないことが認められている^{25, 98, 109)}。しかし, サイレーズの子実の破碎程度と子実の糞中への排泄量および消化率の関係については我が国ではあまり検討されていない⁹⁶⁾。

そこで, トウモロコシサイレーズの切断長と子

実の破碎程度が発酵品質, 子実の排泄量, 消化率, 栄養価などに及ぼす影響について検討した。

試験方法

黄熟期の早生品種「ワセホマレ」を原料として, 同一日に自走式ハーベスタおよび牽引式ハーベスタを用いて, 設定切断長と子実の破碎程度の良否から5 mm - 良好, 10 mm - 良好および10 mm - 不良の3種類のトウモロコシサイレーズを調製した。供試サイロは5 mm - 良好および10 mm - 良好でバンカーサイロ, 10 mm - 不良で塔型サイロであった。サイレーズの切断長分布は乾燥したものをフルイで選り分けることにより測定した。子実の破碎程度は肉眼により分類した。飼料の一般成分およびサイレーズのpH, 有機酸並びにVBNは常法⁹¹⁾ により測定した。トウモロコシサイレーズの評点はフリーク法¹¹⁵⁾ によった。

消化試験に供試した牛は第一胃にフィステルを装着したホルスタイン乾乳牛3頭で, 1期12日間(予備期7日間, 本期5日間)の3×3ラテン方格法により全糞採取法を用いて実施した。サイレーズの給与量はTDN要求量¹⁰⁷⁾の100%を目途として, 1日量を9時と16時の2回に分けて給与した。水と固形塩は自由摂取させた。

なお, 消化率, およびDCPとTDNの含量の処理間差の有意性はTUKEYの方法¹⁴⁵⁾ により検定した。

試験結果および考察

サイレーズの切断長分布および破碎程度を表1, 2に示した。切断長5 mmでは5 mm以下の割合が50.2%と過半を占めていたのに対して, 切断長10 mmでは5 mm以上の割合が多かった。また子実の破碎程度が良好な場合には完全粒の割合が0.4~1.5%と極めて少なかったが, 不良では9.9%と多かった。

サイレージの発酵品質は表3に示すようにいずれも良好で、各処理区間に差異が認められず、高野の報告¹³¹⁾と一致した。

表1 サイレージの切断長分布 (試験I-1)

設定切断長 (mm)	子実の破碎 程度	切断長 (mm)						
		~1.0	1.0~2.5	2.5~5.0	5.0~10.0	10.0~20.0	20.0~30.0	30.0~
		(乾物割合%)						
5	良好	3.8	13.4	33.0	36.4	11.1	1.3	1.0
10	良好	3.1	9.0	20.1	41.0	20.7	4.2	1.9
10	不良	1.5	5.3	12.0	44.8	25.5	7.9	3.0

表2 子実の破碎程度 (試験I-1)

設定切断長 (mm)	子実の破碎 程度	乾物中%			
		完全粒	3/4粒	2/4粒	1/4粒
5	良好	0.4	0.4	1.5	5.9
10	良好	1.5	1.3	1.7	6.4
10	不良	9.9	3.4	5.6	4.2

表3 サイレージの発酵品質 (試験I-1)

設定切断長 (mm)	子実の破碎 程度	水分 (%)	pH	原物中%					VBN/TN (%)	フリーク 評点
				総酸	乳酸	酢酸	プロピ オン酸	酪酸		
5	良好	70.2	3.98	2.01	1.63	0.38	0	0	4.1	98
10	良好	71.1	3.99	1.91	1.58	0.33	0	0	3.9	99
10	不良	71.2	3.85	2.21	1.72	0.49	0	0	4.2	96

サイレージの一般成分、子実の糞中への排泄量、消化率および栄養価を表4, 5, 6に示した。一般成分には差異が認められなかった。子実の糞中への排泄量はその破碎程度が不良な場合に増加する傾向があり、既往の報告^{15, 84)}と一致した。消化率では粗繊維においてのみ各サイレージ間に有意差が認められ、10mm-不良で最も高く、次いで10mm-良好であり、5mm-良好で最も低かった。このような切断長による繊維成分の消化率の差異は既往の報告^{25, 98, 109)}と同様であり、この理由として、切断長が長いサイレージほど消化管内の通過速

度が遅いため第一胃内で微生物による消化作用を受ける時間が長くなることが考えられている⁹⁸⁾。また、切断長が同じでも子実の破碎程度が良好な場合に粗繊維の消化率が低下した原因としては、糞中に対する微生物の消化作用が優先することが考えられた。西壁ら¹⁰²⁾はトウモロコシ子実の粉碎において粗碎あるいは全粒よりも繊維成分の消化率が有意に低いことを報告している。サイレージのDCP含量においても一部の処理区間に有意差が認められたがその差は極めて小さく、TDN含量では有意差が認められなかった。TDN含量

についての結果は既往の報告^{25, 98, 109)}と一致した。 度の良否の間に発酵品質および栄養価においてほとんど差異は認められなかった。

表4 サイレージの一般成分 (試験 I - 1)

設定切断長 (mm)	子実の破碎程度	水分 (%)	CP	粗脂肪 NFE 粗繊維 粗灰分 (乾物中%)			
				5	- 良好	70.2	8.7
10	- 良好	71.1	8.9	4.0	62.5	19.6	5.0
10	- 不良	71.2	8.2	3.4	63.5	20.3	4.6

表5 消化試験における子実の排泄量 (試験 I - 1)

設定切断長 (mm)	子実の破碎程度	子実の排泄量	
		子実量 (g/日)	同左摂取乾物比 (%)
5	- 良好	39.5	0.52
10	- 良好	32.1	0.44
10	- 不良	120.6	1.67

表6 サイレージの消化率と栄養価 (試験 I - 1)

設定切断長 (mm)	子実の破碎程度	消化率 (%)					栄養価 (乾物中%)	
		乾物	CP	粗脂肪	NFE	粗繊維	DCP	TDN
5	- 良好	66.9	55.4	82.6	74.3	54.8 ^c	4.8 ^{ab}	70.0
10	- 良好	66.6	56.4	81.7	73.2	57.9 ^b	5.0 ^a	69.5
10	- 不良	66.0	53.6	81.9	72.1	60.8 ^a	4.4 ^b	68.8

異なる肩文字を持つ数値間に有意差 ($P < 0.05$) あり。

試験 I - 2 切断長と飼料摂取量および乳生産

目的

乾乳期において粗飼料としてトウモロコシサイレージの単用給与は第四胃変位の発症を増加させることが報告^{10, 103, 126)}されており、特に微細切した場合にはこれを助長することが考えられる。また、泌乳期に粗飼料として微細切したトウモロコシサイレージの単用給与において牛乳の脂肪率が

低下したとする報告⁸⁴⁾があるが、脂肪率に影響しないとする報告^{15, 110)}もある。また一方では、トウモロコシサイレージの自由採食条件において乾草を体重の0.5%併給することにより脂肪率の低下を防止できたとする報告⁵⁴⁾もある。

そこでトウモロコシサイレージを基本飼料とし乾草を体重の0.5%と少量併給する粗飼料構成において、トウモロコシサイレージと併給する乾草の切断長の差異が乳牛の分娩前後の飼料摂取量および疾病発症状況並びに泌乳初期の乳生産に及ぼ

す影響について検討した。

試験方法

トウモロコシサイレーズは黄熟期の早生品種「ワセホマレ」を原料として、同一日に同一圃場から自走式ハーベスタの設定切断長を5mm(以下、S区と略記する)と10mm(L区)の2処理として収穫し、バンカーサイロにより調製した。一方、乾草は出穂期のチモシー1番草を原料として調製し、切断長は13mm(s区)と無細切(1区)の2処理とした。これらを2元配置法により組み合わせてS-s区、S-1区、L-s区およびL-1区の4処理とした。

供試牛は北海道立新得畜産試験場繋養のホルスタイン経産牛で、1年につき8頭ずつ2か年にわたり延べ16頭を供試した。各処理ごとの供試牛はいずれも延べ4頭であり、飼養試験は平行比較試験法により行い、採食量が個体ごとに測定できるスタンション型式の牛舎で実施した。試験期間は各種の疾病を発症しがちな分娩前6週間(乾乳期)、分娩後6週間(泌乳初期)の延べ12週間とした。

飼料の給与量は乾乳期において乾草を乾物量で体重の0.5%とし、不足するTDN量¹⁰⁷⁾をトウモロコシサイレーズで給与した。濃厚飼料(乳牛用配合飼料)は分娩予定2週間前より分娩まで1日当たり1kg給与した。カルシウム剤は分娩予定の2週間前まで給与し、以後分娩まで無給与とした。食塩およびビタミンA・D・E剤は乾乳期間中給与した。泌乳期も乾草の給与量は乾物量で体重の0.5%とし、トウモロコシサイレーズは飽食量を給与した。乳牛用配合飼料は分娩日の翌日から1日当たり1kgずつ7kgになるまで増給し、更に大豆粕を分娩後7日目から1kg上積みした。以後、1日当たり配合飼料7kgと大豆粕1kgの合計8kgを全牛に一律に給与した。カルシウム剤、食塩およびビタミンA・D・E剤は濃厚飼料に混合して給与した。

乾草は13時、トウモロコシサイレーズは6時と16時に、濃厚飼料は乾乳期に13時に、泌乳初期では6、13、16時の3回に分けて給与し、飼料の給

与量と残食量は毎日測定した。搾乳は6時と16時の2回であり、乳量は毎回測定した。乳牛の運動は毎日10時から13時の間実施した。

飼料の消化率はトウモロコシサイレーズでホルスタイン乾乳牛、乾草と配合飼料で去勢雄めん羊を用いた消化試験により測定し、大豆粕では日本標準飼料成分表¹⁰⁵⁾に記載されている数値を用いた。飼料の乾物率は毎週1回測定し、そのサンプルを混合して一般成分の分析に供した。牛乳試料の採取は1週間ごとに朝と夕の搾乳時に実施した。体重の測定は毎週1回および分娩日に実施した。

飼料の一般成分の分析は常法⁸¹⁾により、また牛乳の全固形分率、脂肪率および蛋白質率はそれぞれTMS装置(日本冶金化学工業製)、Milko-tester法⁸³⁾およびPro-Milk法⁷⁸⁾により測定した。トウモロコシサイレーズの切断長分布は乾燥したサンプルをフルイを用いて選り分け測定した。乳牛のDCPとTDNの要求量は日本飼養標準(乳牛)¹⁰⁷⁾を用いて算出した。飼養試験の統計処理は乱塊法と組み合わせた2元配置法¹⁴⁵⁾として行った。

供試飼料の一般成分、消化率および栄養価を表7に示した。

試験結果および考察

トウモロコシサイレーズの切断長分布を表8に示した。5mmサイレーズでは5mm以下の割合が50.9%と過半を占めているのに対して、10mmサイレーズでは34.7%と少なく、切断長分布に差異が認められた。飼料摂取量を表9に、その推移を図1-1、1-2に示した。乾物摂取量ではいずれの項目においても各処理区間に有意な差異および交互作用は認められなかった。トウモロコシサイレーズの切断長が乾物摂取量に影響しないという結果は既往の報告^{15,84)}と一致した。乾物摂取量体重比では泌乳初期の全飼料において乾草のs区と1区の間においてのみ有意差が認められたが、処理区間の差は0.20%単位と小さかった。

DCPとTDNの摂取量を表10に示した。DCP摂取量では各処理区間に有意な差異および交互作用は認められなかった。その充足率(日本飼養

標準から算出した要求量に対する摂取量の割合、
以下省略) では泌乳初期において交互作用が認め
られたが、いずれも100%以上であった。TDN摂

取量およびその充足率においては各処理区間に有
意な差異および交互作用は認められなかった。

表7 供試飼料の一般成分、消化率および栄養価 (試験 I - 2)

飼 料 切 断 長		トウモロコシサイレージ		乾 草 ²⁾	配合飼料	大豆粕
		5 mm	10mm			
一般成分 (%) ¹⁾						
水	分	72.9	73.1	13.7	15.1	14.2
C	P	8.7	8.5	10.7	19.7	53.0
粗 脂 肪		3.5	3.3	2.6	3.1	1.0
N F E		63.1	62.1	47.4	62.4	34.2
粗 織 維		20.0	21.3	32.3	6.9	5.4
粗 灰 分		4.7	4.8	7.0	7.9	6.4
消 化 率 (%)						
乾 物		66.9	66.6	63.9	82.3	-
C	P	55.4	56.4	61.1	80.0	92.0
粗 脂 肪		82.6	81.7	56.2	80.0	84.0
N F E		74.3	73.2	62.7	88.7	94.0
粗 織 維		54.8	57.9	71.5	61.7	74.0
栄 養 価 (乾物中%)						
D C P		4.8	4.8	6.5	15.8	48.8
T D N		69.2	68.7	62.7	81.0	86.9

¹⁾ 水分以外は乾物中の含量を示す。

²⁾ 切断長13mmおよび無細切を含む。

表8 トウモロコシサイレージの切断長分布 (試験 I - 2)

設定切断長 (mm)	切 断 長 (mm)					
	~1.0	1.0~2.5	2.5~5.0	5.0~10.0	10.0~20.0	20.0~
	(乾物割合%)					
5	8.0	14.5	28.4	31.5	14.7	2.9
10	6.5	8.6	19.6	32.9	25.1	7.3

表9 飼料摂取量（試験I-2）

	S		L		サイレージ		乾 草		交互作用	
	s	l	s	l	S	L	s	l		
乾物摂取量 (kg/日)										
乾 乳 期										
乾 草	3.2	3.4	3.5	3.4	3.3	3.5	3.3	3.4	NS	
トウモロコシサイレージ	7.6	7.5	6.8	7.2	7.5	7.0	7.2	7.4	NS	
全 粗 飼 料	10.8	10.9	10.3	10.6	10.8	10.5	10.5	10.8	NS	
配 合 飼 料	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	NS	
全 飼 料	11.1	11.2	10.6	10.9	11.1	10.8	10.8	11.1	NS	
泌 乳 初 期										
乾 草	2.6	2.6	3.1	2.5	2.6	2.8	2.8	2.6	NS	
トウモロコシサイレージ	9.1	10.0	8.6	9.1	9.6	8.9	8.9	9.6	NS	
全 粗 飼 料	11.7	12.6	11.7	11.6	12.2	11.7	11.7	12.2	NS	
配 合 飼 料	5.7	5.7	5.7	5.6	5.7	5.6	5.7	5.6	NS	
大 豆 粕	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	NS	
全 飼 料	18.2	19.1	18.2	18.0	18.7	18.1	18.2	18.6	NS	
乾物摂取量体重比 (%)										
乾 乳 期										
乾 草	0.42	0.48	0.47	0.48	0.45	0.47	0.45	0.48	NS	
トウモロコシサイレージ	1.01	1.08	0.93	1.01	1.04	0.97	0.97	1.04	NS	
全 粗 飼 料	1.43	1.56	1.40	1.49	1.49	1.44	1.42	1.52	NS	
配 合 飼 料	0.04	0.04	0.03	0.03	0.04	0.03	0.03	0.04	NS	
全 飼 料	1.47	1.60	1.43	1.52	1.53	1.47	1.45	1.56	NS	
泌 乳 初 期										
乾 草	0.37	0.40	0.45	0.39	0.39	0.42	0.41	0.40	NS	
トウモロコシサイレージ	1.32	1.55	1.26	1.38	1.43	1.32	1.29	1.46	NS	
全 粗 飼 料	1.69	1.95	1.71	1.77	1.82	1.74	1.70	1.86	NS	
濃 厚 飼 料	0.92	0.98	0.93	0.96	0.95	0.94	0.93	0.97	NS	
全 飼 料	2.61	2.93	2.64	2.73	2.77	2.68	2.63 ^a	2.83 ^b	NS	

注) 1. S : トウモロコシサイレージの切断長5mm

L : トウモロコシサイレージの切断長10mm

s : 乾草の切断長13mm

l : 乾草無細切

2. 異なる肩文字を持つ数値間に有意差 (P < 0.05) あり

3. NS : P > 0.05

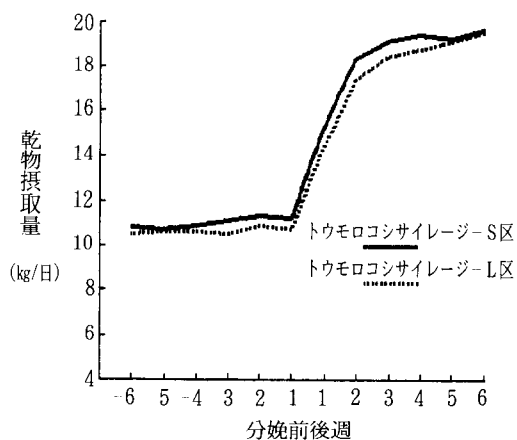


図1-1 乾物摂取量の推移 (試験I-2)

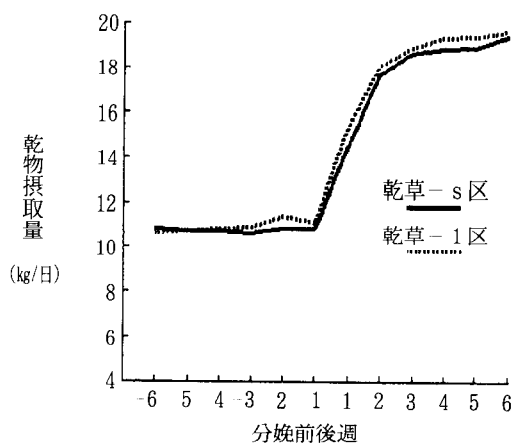


図1-2 乾物摂取量の推移 (試験I-2)

表10 DCPとTDNの摂取量 (試験I-2)

	S		L		サイレージ		乾草		交互作用	
	s	l	s	l	S	L	s	l		
DCP摂取量 (kg/日)										
乾乳期										
全粗飼料	0.57	0.58	0.56	0.57	0.57	0.57	0.56	0.58	NS	
全飼料	0.62	0.63	0.60	0.62	0.62	0.61	0.61	0.62	NS	
泌乳初期										
全粗飼料	0.61	0.66	0.61	0.61	0.63	0.61	0.61	0.63	NS	
全飼料	1.86	1.90	1.86	1.85	1.88	1.85	1.86	1.87	NS	
同上日本飼養標準比 (%)										
乾乳期	100	106	98	102	103	100	99	104	NS	
泌乳初期	105	101	102	109	103	106	104	105	*	
TDN摂取量 (kg/日)										
乾乳期										
全粗飼料	7.2	7.4	6.9	7.1	7.3	7.0	7.1	7.2	NS	
全飼料	7.5	7.6	7.1	7.3	7.5	7.2	7.3	7.4	NS	
泌乳初期										
全粗飼料	8.0	8.6	7.8	7.8	8.3	7.8	7.9	8.2	NS	
全飼料	13.2	13.8	13.1	13.1	13.5	13.1	13.1	13.5	NS	
同上日本飼養標準比 (%)										
乾乳期	97	103	93	98	100	95	95	100	NS	
泌乳初期	86	88	84	91	87	87	85	89	NS	

注) 1. S : トウモロコシサイレージの切断長5mm

L : トウモロコシサイレージの切断長10mm

s : 乾草の切断長13mm

l : 乾草無細切

2. * : $P < 0.05$ 3. NS : $P > 0.05$

乳量, 乳組成および体重を表11に示した。また, 4%FCM量の推移を図2-1, 2-2に, 体重の推移を図3-1, 3-2に示した。4%FCM量ではトウモロコシサイレージおよび併給乾草の切断長間に有意差は認められなかったが, 交互作用が認められた。すなわち, トウモロコシサイレージの切断長が10mmでは切断長13mmの乾草, また,

トウモロコシサイレージの切断長が5mmでは無細切の乾草との組合せにおいて4%FCM量が多かった。トウモロコシサイレージの切断長が乳量に影響しないことはBuckら¹⁵⁾および尾台ら¹¹⁰⁾によって報告されている。しかし, このような交互作用を認めた報告はみられないので, 更に供試頭数を増加して検討する必要がある。

表11 乳量, 乳組成および体重 (試験I-2)

	S		L		サイレージ		乾 草		交互作用	
	s	l	s	l	S	L	s	l		
乳 量 (kg/日)										
実 乳 量	31.3	35.5	32.9	31.2	33.4	32.1	32.1	33.4	NS	
4 % F C M 量	32.8	35.0	34.2	30.5	33.9	32.3	33.5	32.7	*	
乳 組 成 (%)										
全 固 形 分	13.35	12.86	13.16	12.82	13.10	12.99	13.26 ^a	12.84 ^b	NS	
脂 肪	4.31	3.91	4.24	3.86	4.11	4.05	4.27 ^a	3.88 ^b	NS	
S N F	9.04	8.95	8.92	8.96	8.99	8.94	8.99	8.96	NS	
蛋 白 質	3.54	3.52	3.56	3.54	3.52	3.55	3.55	3.53	NS	
体 重 (kg)										
開 始 時	743	680	734	695	711	714	738 ^a	687 ^b	NS	
分 娩 前	783	725	764	744	754	754	774	735	NS	
分 娩 後	719	658	695	664	688	679	707	661	NS	
終 了 時	692	648	691	665	670	678	691	656	NS	
体 重 変 化 (kg/日)										
乾 乳 期	0.95	1.18	0.57	1.05	1.06	0.81	0.76	1.11	NS	
泌 乳 初 期	-0.63	-0.25	-0.09	0.01	-0.44	-0.04	-0.36	-0.12	NS	

- 注) 1. S : トウモロコシサイレージの切断長5mm
 L : トウモロコシサイレージの切断長10mm
 s : 乾草の切断長13mm
 l : 乾草無細切
2. 異なる肩文字を持つ数値間に有意差 ($P < 0.05$) あり
3. * : $P < 0.05$
 NS : $P > 0.05$

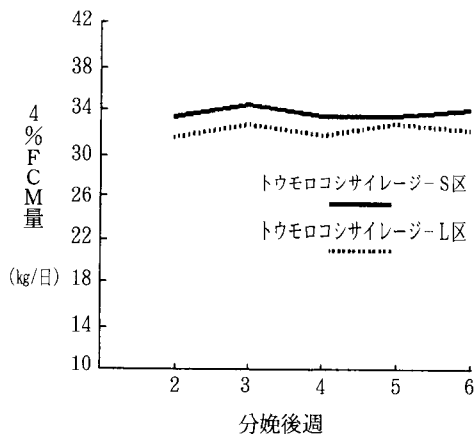


図 2-1 4%FCM量の推移 (試験 I-2)

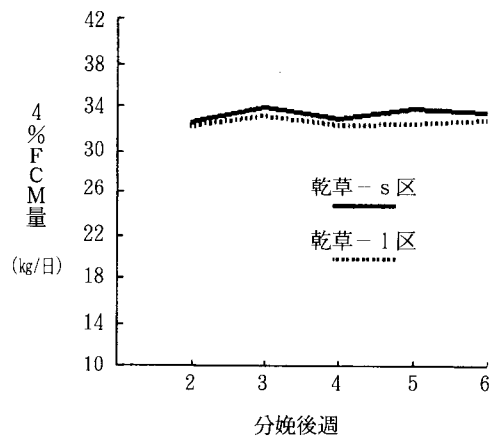


図 2-2 4%FCM量の推移 (試験 I-2)

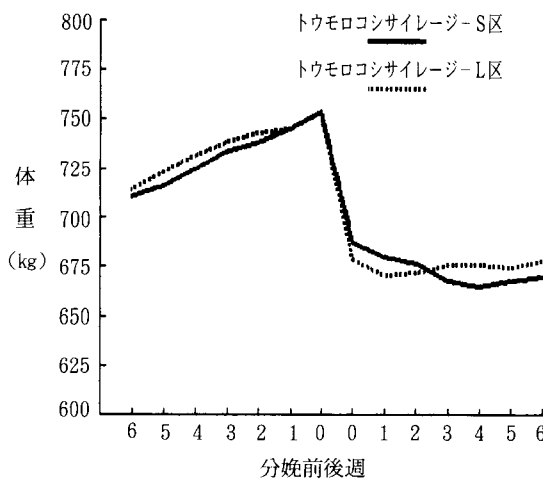


図 3-1 体重の推移 (試験 I-2)

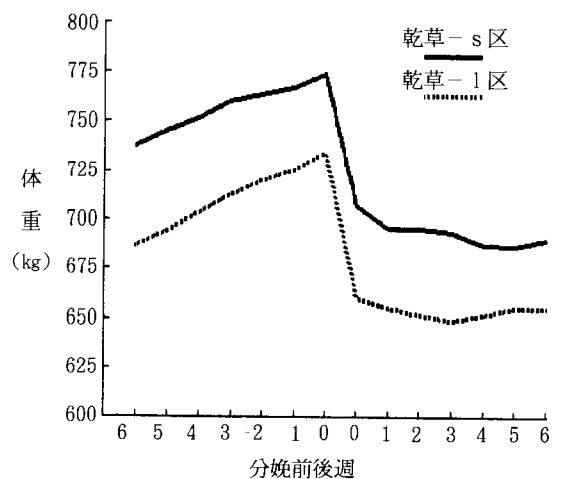


図 3-2 体重の推移 (試験 I-2)

乳組成ではトウモロコシサイレージの切断長間に有意差は認められず、BUCKら¹⁵⁾ および尾台ら¹¹⁰⁾ の報告と一致した。しかし、MILLERら⁸⁴⁾ の切断長13mm調製トウモロコシサイレージに比べてこれを再細切して調製した場合には脂肪率が低下したという報告とは異なっていた。これらの相違はトウモロコシサイレージの微細切の程度が試験により異なることによるものと推察される⁵⁶⁾。一方、併給乾草では全固形分率と脂肪率においてs区が1区より有意に高かったが、このような検討を行った報告は見当たらない。この点について

も更に供試頭数を増加して検討する必要がある。体重では乾草のs区と1区の間に試験開始時において有意差が認められたのみであり、体重変化においても各処理区間に有意差は認められなかった。

疾病の発生状況を表12に示した。懸念された第四胃変位の発症は認められず、消化器の疾病としては軽度の食滞・下痢がL-1区において1例認められたのみであり、その他の疾病と同様にいずれも治療により治癒した。

表12 疾病の発症状況（試験I-2）

	S		L		サイレージ		乾	草
	s	l	s	l	S	L	s	l
供試頭数	4	4	4	4	8	8	8	8
疾病発症件数								
乾乳期								
感冒	0	0	1	2	0	3	1	2
打撲	1	0	0	1	1	1	1	1
泌乳初期								
飛節腫脹	1	0	0	0	1	0	1	0
食滞・下痢	0	0	0	1	0	1	0	1
乳頭裂傷	0	0	0	1	0	1	0	1
皮膚炎	1	0	1	0	1	1	2	0
合計	3	0	2	5	3	7	5	5

注) 1. S : トウモロコシサイレージの切断長5mm
 L : トウモロコシサイレージの切断長10mm
 s : 乾草の切断長13mm
 l : 乾草無細切

小 括

トウモロコシサイレージの切断長および子実の破碎程度が発酵品質、消化率および子実の糞中への排泄に及ぼす影響、並びにトウモロコシサイレージと併給乾草の切断長が分娩前後の飼養成績に及ぼす影響について検討した。トウモロコシサイレージの切断長を10mmから5mmにすると粗繊維の消化率が低下し、子実の破碎程度が良好であると子実の糞中への排泄量が減少する傾向があり粗繊維の消化率が低下した。しかし、トウモロコシサイレージの発酵品質とTDN含量では切断長5mmと10mmあるいは子実の破碎程度の良いと不良の間に、それぞれ有意な差異が認められなかった。DCP含量では子実の破碎程度良好と不良の間に有意差が認められたが、その差は極めて小さかった。

また、トウモロコシサイレージの切断長5mmと10mmの間に乾物、DCPおよびTDNの摂取量、4

%FCM量、乳組成、日体重変化において有意差は認められなかった。併給乾草の切断長間においても乾物、DCPおよびTDNの摂取量、4%FCM量、日体重変化において有意差は認められず、疾病の発症状況においても特定の傾向は認められなかった。しかし、併給乾草では細切（切断長13mm）が無細切に比べて牛乳の全固形分率および脂肪率において有意に高く、さらに4%FCM量においてトウモロコシサイレージと乾草の間に交互作用が認められた。併給乾草の切断長と牛乳の全固形分率および脂肪率の関係、並びにトウモロコシサイレージと乾草の交互作用の関係については更に検討する必要がある。

以上、本研究においてトウモロコシサイレージの切断長を10mmから5mmにすることによる栄養価および乾物摂取量に対する効果は認められなかった。

Ⅱ トウモロコシサイレージを主体とする 粗飼料構成と乳生産

近年、乾乳期は分娩後の高泌乳に備える準備期間として重視されている。しかし、我が国において乾乳期における粗飼料構成の差異が分娩前後の飼養成績や疾病の発症状況に及ぼす影響について検討した報告は少なく^{74, 112)}、トウモロコシサイレージを用いて検討した報告はほとんどみられない。

また、泌乳期における粗飼料構成が乳量や乳組成に及ぼす影響については多くの検討がなされているが、北海道の畑作酪農地帯で最も一般的に用いられているチモシー乾草とトウモロコシサイレージの給与比率の影響については未検討であり、トウモロコシサイレージを基本飼料とする粗飼料構成における併給粗飼料については牧草の調製形態、刈取時期、草種などの影響など検討すべき点が残されている⁶⁴⁾。

以上から、本章では乾乳期および泌乳期におけるトウモロコシサイレージと乾草の給与比率の影響、および泌乳期のトウモロコシサイレージ主体飼養における併給粗飼料として高水分および低水分牧草サイレージ、刈取時期と窒素施肥量を異にする牧草サイレージ並びにマメ科牧草サイレージの給与効果について検討した。また、併せてトウモロコシサイレージ主体飼養において不足するCPを低コストで補給するために尿素配合飼料の給与効果についても検討した。

試験Ⅱ-1 乾乳期における粗飼料構成と 分娩前後の飼料摂取量および 乳生産

目 的

近年、乾乳期は乳腺細胞の更新・増殖、胎児の発育に加えて各種疾病の防止や分娩後の高い養分摂取を可能にするための準備期間として重視されている。そこで、北海道の畑作酪農地帯において

主要な粗飼料であるチモシー乾草とトウモロコシサイレージの乾乳期における給与比率が分娩前後の飼養成績並びに血液性状に及ぼす影響について検討し、乾乳期における両粗飼料の適正な給与比率を明らかにする。

試験方法

乾乳期における乾草とトウモロコシサイレージの給与比率を乾物で100:0(乾草単用)、67:33、33:67および0:100(トウモロコシサイレージ単用)の4処理(以下、本文中ではCS0%区、CS33%区、CS67%区およびCS100%区と略記する)とし、CS33%区およびCS67%区では乾草を1~2cmに細切しトウモロコシサイレージと混合して給与した。いずれの処理区も飽食量を給与した。分娩後は同一飼養とし、各処理とも供試頭数の半数ずつをトウモロコシサイレージを主体とする粗飼料と濃厚飼料の比率が乾物で65:35あるいは50:50で、全飼料の乾物中CP含量が16%のTMRに割り当て、飽食量を給与した。乾乳期における飼料の給与比率、飼料成分および栄養価を表13に示した。なお、分娩予定の2週間前から分娩まではいずれの処理区においても大豆粕を1日当たり1kg給与するとともにカルシウム剤を無給与とした。また、この期間にCS0%区においてトウモロコシサイレージを乾物で1日当たり3kg併給した。泌乳初期に給与したTMRの原料割合、飼料成分および栄養価を表14に示した。供試濃厚飼料の内訳は大豆粕、圧べんトウモロコシ、アルファルファペレット、ビートパルプおよびポテトプロテインであった。供試牛は北海道立新得畜産試験場繋養のホルスタイン経産牛20頭であり、CS0%区には8頭を、CS33%、CS67%およびCS100%区にそれぞれ4頭を割り当て、採食量が個体ごとに測定できるスタンション型式の牛舎で飼養試験を実施した。試験期間は分娩前8週間(乾乳期)、

表13 乾乳期における飼料の給与比率，飼料成分および栄養価（試験Ⅱ－1）

	乾草：トウモロコシサイレージの給与比率			
	100：0	67：33	33：67	0：100
給 与 比 率 (乾物%)				
トウモロコシサイレージ	0	33.3	65.5	99.0
乾 草	99.0	65.7	33.5	0
食 塩	0.2	0.2	0.2	0.2
ミネラル・ビタミン剤 ¹⁾	0.8	0.8	0.8	0.8
飼 料 成 分 (%) ²⁾				
水 分	14.2	50.7	68.9	72.6
C P	9.6	10.7	9.3	9.2
粗 織 維	34.4	31.2	24.6	20.7
Ca	0.50	0.47	0.44	0.44
P	0.31	0.33	0.31	0.31
Mg	0.15	0.15	0.13	0.13
栄 養 価 (乾物中%)				
D C P	5.4	6.4	5.6	5.5
T D N	57.3	59.2	65.7	68.1

¹⁾ 第三リン酸カルシウム，炭酸カルシウム，微量ミネラル剤およびビタミンA・D・E剤の混合物を示す。

²⁾ 水分以外は乾物中の含量を示す。

表14 泌乳初期に給与したTMRの原料割合，飼料成分および栄養価（試験Ⅱ－1）

	粗飼料：濃厚飼料の混合比率	
	65：35	50：50
混 合 割 合 (乾物%)		
トウモロコシサイレージ	42.9	32.8
乾 草	21.2	16.5
濃 厚 飼 料	34.3	49.1
食 塩	0.5	0.5
ミネラル・ビタミン剤 ¹⁾	1.1	1.1
飼 料 成 分 (%) ²⁾		
水 分	56.8	51.2
C P	16.0	15.9
粗 織 維	18.7	16.1
Ca	0.62	0.62
P	0.48	0.47
Mg	0.16	0.16
栄 養 価 (乾物中%)		
D C P	12.3	12.3
T D N	70.8	73.9

¹⁾ 第三リン酸カルシウム，炭酸カルシウム，微量ミネラル剤およびビタミンA・D・E剤の混合物を示す。

²⁾ 水分以外は乾物中の含量を示す。

分娩後5週間(泌乳初期)であり、試験は供試牛の関係から4か年にわたって実施した。

トウモロコシサイレージは早生品種「ハイゲンワセ」を用い、切断長を10mmに設定したハーベスタで収穫し塔型サイロに詰め込み調製した。乾草は出穂揃のチモシー1番草を用いて調製した。

飼料は6時、13時および16時の3回に分けて給与した。乳牛の管理、牛乳試料の採取および体重の測定方法は試験1-2と同様であった。採血は分娩前9週、同2週、分娩直後および分娩後5週に実施し、いずれも頸静脈から採取した。

飼料の一般成分は常法⁹¹⁾、カルシウムとマグネシウムは原子吸光度法¹²⁵⁾、リンはバナドモリブデン酸法¹²⁵⁾により分析した。牛乳の脂肪率、蛋白質率および乳糖率は赤外線牛乳分析器(Foss Electric社製 Milko-Scan104型)により測定し、これらの含量に1.0%を加えて全固形分率を算出した。供試牛の健康および栄養状態を判定するために血液および血清の性状の検査を表15に示した方法により実施した。供試飼料の栄養価は去勢雄めん羊を用いた消化試験により求めたが、その内、

大豆粕、圧ペントウモロコシおよびポテトプロテインについては日本標準飼料成分表¹⁰⁵⁾に記載されている消化率を用いて算出した。また、乳牛のDCP、TDNの要求量は日本飼養標準(乳牛)¹⁰⁷⁾を用いて算出した。

なお、試験が多年にわたるために成績の統計処理は行わず、その傾向について考察した。また、分娩後の同一飼養期においては処理間の差が小さいことから、成績を取りまとめて表示した。

試験結果および考察

飼料摂取量、乳量、乳組成および体重を表16に示した。また、乾物摂取量体重比、4%FCM量および体重の推移を図4、5、6に示した。乾物摂取量体重比の推移についてみると、CS0%区では乾乳期間中の変動が極めて少なく、分娩後速やかに上昇した。これに対して、CS100%区では分娩前5週において乾物摂取量体重比がやや高くなったが、分娩前1週には最も低くなり分娩後もあまり上昇がみられず低く推移したために、泌乳初期の乾物摂取量体重比は他の処理区に比べて低

表15 血液および血清の分析項目と分析方法(試験II-1)

分析項目	分析方法
ヘマトクリット(Ht)	毛細管法
総蛋白質(TP)	屈折計法
アルブミン	B C G法
血液中尿素窒素(BUN)	ウレアーゼ・インドフェノール法
血 糖	ムタロターゼ・GOD法
総コレステロール	酵素法
リン脂質	酸素法
遊離脂肪酸	ACS-ACOD法
G O T	POP-p-クロロフェノール発色法
γ-G T P	γ-グルタミール-p-N-エチル-N-ヒドロキシジエチル-アミノアニリド基質法
Ca	原子吸光度法
無機リン(Pi)	モリブデンブルー直接法
Mg	原子吸光度法
Na	炎光光度法
K	炎光光度法

かった。CS 33%およびCS 67%区では乾乳期における乾物摂取量体重比は比較的高く推移し、分娩後にはCS 33%区はCS 0%区とほぼ同様の推移を示したのに対してCS 67%区はCS 0%区とCS 100%区の中間的な推移を示した。COPPOCKら²⁰⁾は乾乳期における乾物摂取量の推移について検討し、濃厚飼料の割合が高いTMRにおいて乾乳末期に乾物摂取量が低下したのに対して、濃厚飼料の割合が低いTMRでは乾乳期間中の変動が

少ないことを報告している。また、NOCEKら¹⁰³⁾は乾乳期に1) 乾草自由採食, 2) 乾草50%:トウモロコシサイレージ50%で自由採食, および3) トウモロコシサイレージ制限給与+蛋白質添加物併給が泌乳初期の乾物摂取量に及ぼす影響について検討した結果、トウモロコシサイレージ制限給与+蛋白質添加物併給で乾物摂取量が低いことを認めている。

DCP摂取量では、乾乳期、泌乳初期のいずれ

表16 飼料摂取量, 乳量, 乳組成および体重 (試験Ⅱ-1)

	乾乳期における乾草とトウモロコシサイレージの給与比率			
	100:0	67:33	33:67	0:100
乾物摂取量 (kg/日)				
乾乳期	11.9	12.3	13.1	12.5
泌乳初期	20.1	19.8	19.1	18.3
乾物摂取量体重比 (%)				
乾乳期	1.64	1.70	1.74	1.58
泌乳初期	2.98	2.91	2.77	2.49
DCP摂取量 (kg/日)				
乾乳期	0.79	0.89	0.87	0.83
泌乳初期	2.40	2.24	2.33	2.19
同上日本飼養標準比 (%)				
乾乳期	132	148	142	131
泌乳初期	130	135	127	123
TDN摂取量 (kg/日)				
乾乳期	7.2	7.4	8.7	8.5
泌乳初期	14.5	13.9	14.0	13.0
同上日本飼養標準比 (%)				
乾乳期	92	99	112	106
泌乳初期	92	95	90	87
乳量 (kg/日)				
実乳量	35.6	33.3	35.6	34.5
4%FCM量	35.6	32.0	34.8	32.9
乳組成 (%)				
全固形分	12.94	12.69	12.63	12.52
脂肪	4.02	3.75	3.89	3.76
SNF	8.92	8.94	8.74	8.76
蛋白質	3.28	3.20	3.11	3.18
体重 (kg)				
試験開始時	719	693	726	771
乾乳期日体重変化	0.47	1.07	1.24	0.98
泌乳初期日体重変化	0.06	0.21	-0.36	-0.49

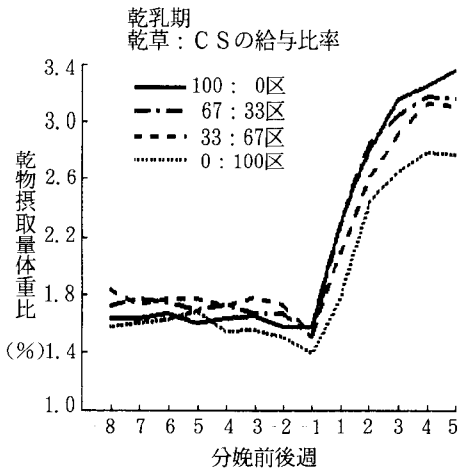


図4 乾物摂取量体重比の推移 (試験Ⅱ-1)

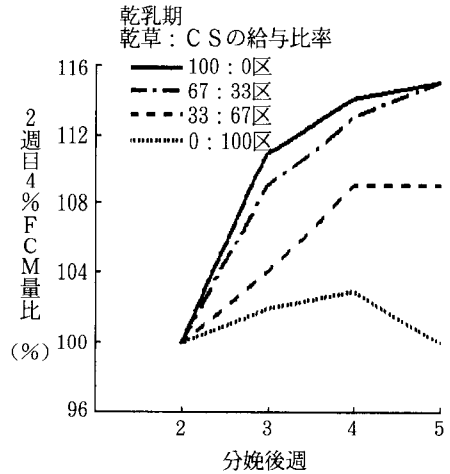


図5 4%FCM量の推移 (試験Ⅱ-1)

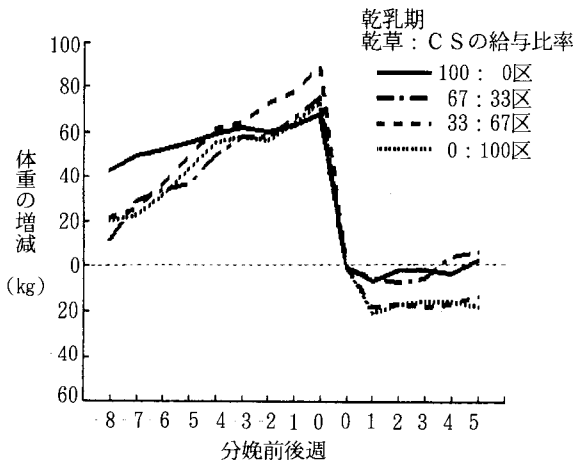


図6 体重の推移 (試験Ⅱ-1)

においても処理区間に大差は認められなかった。TDN摂取量では乾乳期においてCS 67%およびCS 100%区が給与飼料のTDN含量が高いためにCS 33%およびCS 0%区に比べて多かったが、泌乳初期ではCS 100%区がその他の処理区に比べて低い傾向が認められた。

一方、4%FCM量ではCS 0%区が最も多かったが処理区間に一定の傾向は認められなかった。また、その推移についてみると、CS 0%およびCS 33%区では分娩後速やかに上昇したのに対してCS 100%区では上昇が極めて僅かであった。CS 67%区はCS 0%区とCS 100%区の間

的な推移を示した。乳組成はいずれも良好であった。乾乳期の日増体量はCS 0%区で0.47kgであるのに対してCS 33%、CS 67%およびCS 100%区では、それぞれ1.07、1.24および0.98kgと多かった。泌乳初期ではCS 0%およびCS 33%区ではそれぞれ0.06、0.21kgと増加傾向であるのに対して、CS 67%およびCS 100%区ではそれぞれ-0.36、-0.49kgであり、乾乳期に乾草あるいは乾草主体で飼養するとトウモロコシサイレーズ単用あるいはトウモロコシサイレーズ主体の飼養に比べて分娩後の体重の減少が少ない傾向が伺われた。

血液および血清の性状を表17に示した。BUN

表17 血液および血清の性状（試験Ⅱ-1）

	分娩 9週前	2週前	直後	5週後	分娩 9週前	2週前	直後	5週後
Ht (%)					TP (g/dl)			
100: 0 ¹⁾	34.5	33.0	35.0	32.0	100: 0	7.6	6.9	6.7
67: 33	33.5	33.0	35.0	32.0	67: 33	7.2	6.7	6.5
33: 67	32.5	33.0	33.0	30.5	33: 67	7.2	7.1	6.4
0:100	33.5	35.0	35.5	32.0	0:100	7.3	6.8	6.5
アルブミン (g/dl)					BUN (mg/dl)			
100: 0	3.9	3.6	3.6	3.8	100: 0	11.3	9.6	12.2
67: 33	3.3	3.5	3.6	3.9	67: 33	11.5	9.0	13.5
33: 67	3.6	3.6	3.5	3.8	33: 67	10.9	8.7	10.1
0:100	3.5	3.5	3.5	3.7	0:100	8.0	5.8	9.5
血糖 (mg/dl)					総コレステロール (mg/dl)			
100: 0	68	61	75	63	100: 0	129	70	54
67: 33	63	59	62	55	67: 33	130	96	74
33: 67	62	59	65	57	33: 67	119	83	64
0:100	66	60	79	60	0:100	115	80	58
リン脂肪 (mg/dl)					遊離脂肪酸 (mEq/l)			
100: 0	123	72	55	147	100: 0	-	-	0.45
67: 33	121	98	75	180	67: 33	-	-	0.32
33: 67	107	81	62	137	33: 67	-	-	0.33
0:100	117	86	61	131	0:100	-	-	0.52
GOT (KU)					γ-GTP (IU/l)			
100: 0	54	39	46	56	100: 0	-	-	15
67: 33	64	40	62	51	67: 33	-	-	12
33: 67	49	42	52	57	33: 67	-	-	13
0:100	53	37	55	50	0:100	-	-	19
Ca (mg/dl)					Pi (mg/dl)			
100: 0	10.2	9.9	9.0	9.9	100: 0	5.4	5.5	4.6
67: 33	10.1	9.4	8.5	9.7	67: 33	5.4	5.3	5.7
33: 67	10.7	10.0	8.8	9.8	33: 67	5.1	4.7	3.7
0:100	9.9	9.4	8.1	9.2	0:100	6.1	5.7	4.4
Mg (mg/dl)					Na (mEq/l)			
100: 0	2.3	2.2	2.1	2.5	100: 0	146	148	152
67: 33	2.1	2.0	2.0	2.3	67: 33	144	147	151
33: 67	2.1	2.2	2.4	2.3	33: 67	144	147	150
0:100	2.2	2.2	2.5	2.3	0:100	146	148	150
K (mEq/l)								
100: 0	4.8	5.1	4.9	4.7				
67: 33	4.7	4.7	4.9	4.8				
33: 67	4.5	4.2	4.6	4.3				
0:100	4.6	4.4	4.4	4.4				

¹⁾ 乾乳期における乾草とトウモロコシサイレーズの給与比率（乾物）を示す。以下の項目についても同じである。

表18 疾病の発症状況 (試験Ⅱ-1)

	乾乳期における乾草とトウモロコシサイレージの給与比率			
	100 : 0	67 : 33	33 : 67	0 : 100
供試頭数	8	4	4	4
疾病発症件数				
乾乳期				
前膝部浮腫	1	0	0	0
泌乳初期				
胎盤停滞	1	0	0	0
乳房炎	0	0	2	0
合計	2	0	2	0

濃度は分娩2週前にいずれの処理区も低下したが、特にCS100%区において低値であった。乾乳期においてDCPの摂取量および充足率において各処理区間に差がみられなかったので、これらの差異には易発酵性炭水化物の摂取量の差異が影響しているものと考えられた^{81,90)}。小倉ら¹¹¹⁾は泌乳牛においてDCPの摂取量が同程度でも牧草サイレージに対するトウモロコシサイレージの比率が高くなるにつれてBUN濃度が低下することを報告している。血清Ca濃度は各処理とも分娩直後に低下したが、特にCS100%区において顕著であり、4頭中3頭が8.0mg/dl以下に低下した。これに対してCS0%区では全頭が8.0mg/dl以上であった。分娩後の低Ca血症は起立不能症において認められている³⁸⁾。BELYEAら¹⁰⁾は長期の飼養試験を実施し、トウモロコシサイレージ単用は乾草併給に比べて分娩日の血漿Ca濃度が有意に低く、起立不能症の発症が多いことを認めている。その他の測定項目では各処理区間に差異はみられず、分娩直後の測定値を別にすればいずれも正常値の範囲⁵⁰⁾にあった。

疾病の発生状況を表18に示した。分娩前後の飼養管理の失誤に起因するとされている起立不能症、ケトーシス、第四胃変位は発症せず、著しい乳房浮腫も認められなかった。NOCEKら¹⁰³⁾は乾乳期にトウモロコシサイレージ制限給与+蛋白質飼料併給は乾草自由採食あるいは乾草+トウモロコシサイレージ自由採食に比べて第四胃変位の発症が多いことを報告している。また、COPPOCK

ら²¹⁾は乾乳期に濃厚飼料の割合が高い飼料構成において乾乳末期に乾物摂取量が低下し第四胃変位の発症が多いことを認めている。このような結果は乾乳期または乾乳末期に乾物摂取量が低下するような飼養法は第四胃変位の誘因となることを示している。さらに、BELYEAら¹⁰⁾は長期の飼養試験を実施し、トウモロコシサイレージ単用においてのみ第四胃変位が発症し、また乾草併給に比べてケトーシスの発症率が高いことを認めている。

以上、本試験の結果から乾乳期にはトウモロコシサイレージの単用給与は避ける必要があり、乾草単用給与が最も望ましいと考えられた。

試験Ⅱ-2 泌乳期における粗飼料構成と乳生産

試験Ⅱ-2-1 トウモロコシサイレージと乾草の給与比率と飼料摂取量および乳生産

目 的

北海道の畑作酪農地帯において乳牛用の主要な粗飼料としてチモシー乾草とトウモロコシサイレージが用いられている。チモシー乾草は収穫適期間に晴天日が少ないなどの気象的制約が大きいため刈遅れになりがちであり、その品質や栄養価はあまり向上していない¹³⁶⁾。これに対してトウモロコシサイレージは近年早生品種の育成・導入や栽培技術の向上¹³⁷⁾により収穫適期の黄熟期に

調製することが可能になっており、その栄養価⁹⁹⁾や産乳価値^{66, 70, 71)}は向上している。また、サイレージ用トウモロコシは牧草に比べて単位面積当たりのTDN収量が多くサイレージの調製も容易であり、そのTDN含量も高いなどの利点がある⁵⁾。

したがって、今後、粗飼料を主体として乳牛個体の乳量を増加させるためにはチモシー乾草に対するトウモロコシサイレージの給与比率を高める必要があると考えられる。しかし、乾草とトウモロコシサイレージの給与比率や併用給与が牛乳生産に及ぼす影響についてはアルファルファ乾草^{88, 133)}やオーチャードグラス乾草など^{54, 118, 139)}との組合せにおいて検討されており、チモシー乾草を用いて検討した報告はほとんどみられない。

そこで、北海道の畑作酪農地帯において平均的な栄養価の、1番草の出穂揃に調製したチモシー乾草と早生品種を用いて調製したトウモロコシサイレージを種々の割合で採食するように給与し、飼料摂取量、乳量、乳組成および体重に及ぼす影響について検討した。

試験方法

乾草は出穂揃のチモシー1番草を用い、圃場で雨に当てることなく調製した。トウモロコシサイレージは黄熟期の早生品種「ワセホマレ」を用い、ハーベスタの設定切断長を9mmとして調製した。乾草とトウモロコシサイレージの給与比率は乾草で75:25, 50:50, 25:75および0:100の4処理(以下、本文中ではCS25%区, CS50%区, CS75%区およびCS100%区と略記する)とした。

飼養試験は北海道立新得畜産試験場繋養の最高泌乳期を経過したホルスタイン泌乳牛12頭を供試し、採食量が個体ごとに測定できるスタンション型式の牛舎で、4×4のラテン方格法により実施した。試験期間は1期18日間とし、各期とも最後の1週間を本期とした。

粗飼料の給与量は設定した比率で採食し、かつ給与粗飼料全体の10%程度の残食量(乾物換算)が出るように毎日調整した。すなわち、トウモロコシサイレージの給与量はCS100%区で飽食量とし、その他の処理区では、その嗜好性が乾草に比

べて高いことから、前日の乾草の乾物摂取量にトウモロコシサイレージの乾草に対する設定給与比率を乗じた量に制限した。乾草の給与量はCS100%区以外の処理区において、前日の乾草の乾物摂取量に残食量として見込んだ量を加えて算出した。濃厚飼料の給与量は1日当たり2kg(大豆粕1.5kgと配合飼料0.5kg)を下限とし、4%FCM日量が16kg以上ではこれを超えた量の1/2量の配合飼料を下限量に加えた。飼料の給与回数は粗飼料で6時, 13時および16時の3回とし、1回につき乾草あるいはトウモロコシサイレージのいずれかを給与した。また、濃厚飼料は6時と13時の2回に分けて給与した。搾乳回数は6時と16時の2回であり、乳量は毎回測定した。牛乳試料の採取は各期の最後の2日間、体重測定は各期の最後の3日間、それぞれ連続して実施した。

飼料の一般成分、サイレージのpH、有機酸およびVBNの分析は試験I-1と同様に、また牛乳の全固形分率、脂肪率および蛋白質率の測定は試験I-2と同様に実施した。

乾草、トウモロコシサイレージおよび配合飼料の栄養価は去勢雄めん羊を用いた消化試験から求めた。大豆粕の栄養価は日本標準飼料成分表¹⁰⁶⁾に記載されている消化率を用いて算出した。また、乳牛のDCPとTDNの要求量は日本飼養標準(乳牛)¹⁰⁷⁾を用いて算出した。

飼養試験成績の各処理区間の差の有意性はTUKEYの方法¹⁴⁵⁾により検定した。

試験結果および考察

供試飼料の一般成分、消化率および栄養価を表19に示した。トウモロコシサイレージのDCPおよびTDNの含量はそれぞれ4.5%, 74.0%であり、特にTDN含量が高かった。これに対して乾草ではそれぞれ5.5%, 57.7%であり、北海道の畑作酪農地帯において平均的な栄養価の乾草¹³⁶⁾であった。トウモロコシサイレージのpHは3.93、総酸、乳酸、酢酸およびプロピオン酸の原物中の含量はそれぞれ2.22, 1.73, 0.48および0.01%であり、TNに占めるVBNの割合は5.5%であった。両粗飼料とも試験期間中に発熱、発カビは認めら

れなかった。

飼料摂取量, 乳量, 乳組成および体重を表20に示した。粗飼料の乾物摂取量に占めるトウモロコシサイレージの割合はCS25%, CS50%, CS75%およびCS100%区でそれぞれ, $26.5 \pm 1.6\%$ (平均値 \pm 標準偏差), $50.7 \pm 1.9\%$, $75.2 \pm 1.9\%$ および100%であり, ほぼ設定した比率で採食した。また, 乾草の採食率(採食乾物量/給与乾物量)はCS25%, CS50%およびCS75%区でそれぞれ $79.2 \pm 2.7\%$, $75.1 \pm 3.3\%$ および $65.3 \pm 6.2\%$ であった。これに対して, トウモロコシサイレージの採食率はCS25%, CS50%およびCS75%区でそれぞれ $98.9 \pm 2.5\%$, $97.4 \pm 3.2\%$ および $96.0 \pm 2.3\%$ と100%に近く, その嗜好性は乾草に比べて優っていた。

粗飼料の乾物摂取量はCS25%区で12.2kgと最も低く, トウモロコシサイレージの給与比率が高くなるにつれて増加し, CS100%区では16.1kgと最も多く, CS25%, CS75%およびCS100%区のそれぞれの間, またCS50%区とCS100%区の間有意差が認められた。また, 粗飼料の乾物摂取量体重比はCS25%区で1.89%と最も低く, トウモロコシサイレージの給与比率が高くなるに

つれて増加し, CS100%区で2.42%と最も高かった。全乾物摂取量においても粗飼料の場合と同様の結果であった。このような結果はトウモロコシサイレージ^{66, 70, 71)} およびチモシー乾草⁶⁷⁾を生育時期別に調製し乾物摂取量について検討した報告からも十分に予想される場所である。OWENら¹¹⁸⁾も十分に登熟したトウモロコシサイレージの給与量を3水準とし低栄養価のオーチャードグラス乾草を併給した場合には, 全般的に乾物摂取量が低く, トウモロコシサイレージの給与量が減少するにつれて低下する傾向のあることを報告している。これに対して, アルファルファ乾草ではトウモロコシサイレージに対する給与比率が高くなるにつれて粗飼料の乾物摂取量が有意に増加することが認められている¹³³⁾。また, トウモロコシサイレージを自由採食させる条件において良質なオーチャードグラス乾草(低乾物率のトウモロコシサイレージ給与時)¹³⁹⁾や早刈のイネ科牧草主体の乾草⁵⁴⁾を併給することによりトウモロコシサイレージ単用よりも乾物摂取量が有意に増加することが報告されている。これらの相違にはトウモロコシサイレージの給与量および併給する乾草の品質や栄養価の差異が影響していると考えられる。

表19 供試飼料の一般成分, 消化率および栄養価(試験II-2-1)

	乾 草	トウモロコシサイレージ	配合飼料	大 豆 粕
一般成分(%) ¹⁾				
水 分	14.7	71.2	14.7	11.5
C P	9.5	8.8	18.5	52.0
粗 脂 肪	2.3	4.2	3.2	3.9
N F E	45.0	66.6	62.8	31.3
粗 繊 維	34.6	16.0	6.3	6.5
粗 灰 分	8.6	4.4	9.2	6.3
消 化 率 (%)				
乾 物	60.3	70.9	82.3	—
C P	57.8	51.3	80.0	92.0
粗 脂 肪	50.2	81.9	80.0	84.0
N F E	59.9	79.1	88.7	94.0
粗 繊 維	65.3	56.2	61.7	74.0
栄 養 価 (乾物中%)				
D C P	5.5	4.5	14.8	47.8
T D N	57.7	74.0	80.2	89.4

¹⁾ 水分以外は乾物中の含量を示す。

表20 飼料摂取量, 乳量, 乳組成および体重 (試験Ⅱ-2-1)

	乾草：トウモロコシサイレージの給与比率			
	75 : 25	50 : 50	25 : 75	0 : 100
乾物摂取量 (kg/日)				
乾 草	9.0	6.5	3.5	0
トウモロコシサイレージ	3.2	6.9	10.6	16.1
全 粗 飼 料	12.2 ^a	13.4 ^{ab}	14.1 ^b	16.1 ^c
配 合 飼 料	2.3	2.4	2.4	2.4
大 豆 粕	1.3	1.3	1.3	1.3
全 飼 料	15.8 ^a	17.1 ^{ab}	17.8 ^b	19.8 ^c
乾物摂取量体重比 (%)				
乾 草	1.39	1.02	0.54	0
トウモロコシサイレージ	0.50	1.08	1.63	2.42
全 粗 飼 料	1.89 ^a	2.10 ^b	2.17 ^b	2.42 ^c
全 飼 料	2.45 ^a	2.66 ^b	2.74 ^b	2.97 ^c
D C P 摂取量 (kg/日)				
全 粗 飼 料	0.65 ^a	0.67 ^{ab}	0.67 ^{ab}	0.73 ^b
全 飼 料	1.62 ^a	1.64 ^{ab}	1.64 ^{ab}	1.70 ^b
同上日本飼養標準比 (%)	136 ^a	133 ^{ab}	130 ^{bc}	129 ^c
T D N 摂取量 (kg/日)				
全 粗 飼 料	7.6 ^a	8.9 ^b	9.8 ^c	11.9 ^d
全 飼 料	10.6 ^a	11.9 ^b	12.9 ^b	15.0 ^c
同上日本飼養標準比 (%)	100 ^a	108 ^b	115 ^c	128 ^d
乳 量 (kg/日)				
実 乳 量	17.9 ^a	19.1 ^{ab}	19.6 ^b	20.4 ^b
4 % F C M 量	17.5 ^a	18.6 ^{ab}	19.3 ^{bc}	20.3 ^c
乳 組 成 (%)				
全 固 形 分	12.69 ^a	12.64 ^a	12.73 ^{ab}	12.96 ^b
脂 肪	3.92 ^{ab}	3.85 ^b	3.92 ^{ab}	4.02 ^a
S N F	8.77 ^a	8.79 ^a	8.81 ^{ab}	8.94 ^b
蛋 白 質	3.32 ^a	3.33 ^a	3.33 ^a	3.43 ^b
体 重 (kg)	654 ^{ab}	645 ^a	652 ^{ab}	670 ^b

異なる肩文字を持つ数値間に有意差 (P < 0.05) あり。

粗飼料からのDCP摂取量は一部の処理区間に有意差が認められたが、いずれも0.7kg程度と少なく、牛体の維持と7kg程度の4%FCM量を生産するために必要な量を充足するに過ぎなかった。粗飼料からのTDN摂取量はCS25%区が7.6kgと最も低く、トウモロコシサイレージの給与比率が高くなるにつれて著しく増加し、CS100%区では11.9kgと最も高く、各処理区間の差は有意であった。CS75%およびCS100%区におけるTDNの摂取量は牛体の維持と15~20kgの4%FCM量を生産するために必要な量に相当した。このように、トウモロコシサイレージを主体とし乾草を併給する粗飼料構成では粗飼料からのDCP摂取量がTDN摂取量に比べて相対的に少ないので、その補給が極めて重要であると考えられた。

DCPの充足率は各処理区とも乳牛用の配合飼料に加えて大豆粕を給与したために130%程度となった。TDNの充足率はCS25%区で100%と最も低く、トウモロコシサイレージの給与比率が高くなるにつれて増加し、CS100%区では128%と最も高く、各処理区間の差は有意であった。以上のことは、トウモロコシサイレージ主体あるいはその単用給与においてDCP含量の高い濃厚飼料を用いることにより、その給与量を本試験より節減できることを示唆している。

4%FCM量はCS25%区で17.5kgと最も低く、トウモロコシサイレージの給与比率が高くなるにつれて増加し、CS100%区で20.3kgと最も高く、CS25%区とCS75%およびCS100%の両区の間、またCS50%区とCS100%区の間に、それぞれ有意差が認められた。このような処理区間の乳量の差異はTDN摂取量と同じ傾向であり、その多少が乳量に影響していると考えられ、黄熟期から完熟期に調製したトウモロコシサイレージの産乳価値は高いとする報告^{70,71)}と一致した。これに対して、トウモロコシサイレージとアルファルファ乾草の給与比率は乳量に影響しない¹³³⁾ことや、トウモロコシサイレージを自由採食させる条件においてイネ科草の乾草を体重の0.7%あるいは0.5%併給することにより4%FCM量¹³⁹⁾あるいはSCM量⁵⁴⁾が有意に増加したことが報告されている。

このような相違にはトウモロコシサイレージや濃厚飼料の給与量ならびに乾草の品質・栄養価の差異が影響していると考えられる。

牛乳の全固形分率およびSNF率はCS25%およびCS50%区に比べてCS75%およびCS100%区において高くなる傾向があり、前2処理区とCS100%区の差は有意であった。脂肪率ではトウモロコシサイレージの給与比率の変化に伴う一定の傾向は認められず、CS50%区が3.85%と最も低く、一方CS100%区が4.02%と最も高く、両処理区間に有意差が認められた。蛋白質率はCS100%区が最も高く、他の3処理区間との差は有意であった。これらの結果は黄熟期~完熟期に調製したトウモロコシサイレージの多給により良好な乳成分の牛乳が生産されるという報告^{70,71)}と一致した。

体重はCS100%区で著しく増加した。この増加は牛乳のSNF率や蛋白質率の向上^{13,117)}と同様にエネルギーの充足率が高いことによると考えられる。

以上、トウモロコシサイレージ主体の飼養は出穂揃に調製したチモシー1番刈乾草主体の飼養に比べて、乾物およびTDNの摂取量並びに乳量が多く、乳成分も向上する傾向が認められた。

試験Ⅱ-2-2 トウモロコシサイレージ に対する水分含量別牧草サイ レージの併給と飼料摂取量お よび乳生産

目 的

試験Ⅱ-2-1においてチモシー乾草に対するトウモロコシサイレージの給与比率が高くなるにつれて乾物およびTDNの摂取量並びに乳量が増加し、乳成分も向上する傾向のあることが認められた。トウモロコシサイレージはCPやミネラルの含量が低いので、これを主体とする粗飼料構成においてはCPやミネラルの含量が高い粗飼料を併給することが望ましいと考えられる。

しかし、トウモロコシサイレージに併給する粗飼料として一般に用いられている乾草は収穫適期間に晴天日が少ないことなどから刈遅れになりが

ちであり、またマメ科牧草をほとんど含んでいない。このため、乾草のCPやミネラルの含量は一般に低く¹³⁶⁾、飼料成分からみてトウモロコシサイレージの補完的な役割をあまり果たしていない。

これに対して、近年北海道の畑作酪農地帯、特に十勝地方において牧草の利用形態として増加¹⁴⁾している牧草サイレージは調製において気象条件による制約が少なく、またマメ科牧草でも調製が容易であるなどの利点がある。このため、十勝地方で生産された牧草サイレージはCP、TDNおよびミネラルの含量が乾草に比べて高い¹³⁶⁾ので、トウモロコシサイレージを補完する粗飼料として望ましいと考えられる。しかし、トウモロコシサイレージを基本飼料とする泌乳期の飼養において併給粗飼料として牧草サイレージと乾草を比較検討した報告は我が国において極めて少ない²⁸⁾。

そこで、トウモロコシサイレージを基本飼料とする泌乳期の飼養における高水分あるいは低水分牧草サイレージの併給が飼料摂取量、乳量、乳組成および体重に及ぼす影響について乾草の併給を対照にして比較検討した。

試験方法

トウモロコシサイレージは黄熟期の早生品種「ワセホマレ」を用い、ハーベスタの設定切断長を10mmとして収穫し、塔型サイロに詰め込み調製した。高水分牧草サイレージは出穂期のチモシー1番草を用いて6月27日にダイレクトカット方式により、また低水分牧草サイレージも高水分牧草サイレージと同一の原料草を用い、1日間予乾したのち、ピックアップ方式によりそれぞれ10~20mmに切断して、バンカーサイロに詰め込み調製した。同時に乾草も調製したが天候不順のために品質の低下が著しく試験に供することができなかった。そこで、その代わりに同一草地の2番草を用いて低水分サイレージおよび乾草を調製した。2番草の低水分サイレージは、出穂揃チモシー2番草を8月24日に刈り取り、半日間予乾したのち1番草と同様に切断して、塔型サイロに詰め込み調製した。2番草の乾草は2番草低水分サイレージ

と同一の原料草を用いて調製した。

飼養試験は、北海道立新得畜産試験場繋養の最高泌乳期を経過したホルスタイン泌乳牛12頭を供試し、採食量が個体ごとに測定できるスタンション型式の牛舎で、1群3頭の4×4ラテン方格法により実施した。試験期間は1期21日間とし、各期とも最後の7日間を本期とした。

処理区は併給する粗飼料の違いを基にして1番草高水分サイレージ区（以下、1番草高水分区と略記する）、1番草低水分サイレージ区（1番草低水分区）、2番草低水分サイレージ区（2番草低水分区）および2番草乾草区の4区とした。トウモロコシサイレージの給与量は一律に1日当たり35kgとし、牧草サイレージまたは乾草は飽食量を給与した。濃厚飼料の給与量は1日当たり1kg（大豆粕）を下限とし、4%FCM日量が17kg以上では、これを超えた乳量の1/2量（配合飼料）を下限量に加えた。飼料の1日当たりの給与回数は、粗飼料で6時、13時および16時の3回とし、6時および16時には牧草サイレージまたは乾草を、13時にはトウモロコシサイレージを、それぞれ給与した。濃厚飼料は6時と13時の2回に分けて給与した。搾乳方式、乳量の測定、牛乳試料の採取および体重測定は試験Ⅱ-2-1と同様に実施した。

トウモロコシサイレージの栄養価は単味給与により、牧草サイレージおよび乾草の栄養価はトウモロコシサイレージと等量給与して、それぞれ乾乳牛を用いた消化試験から算出した。配合飼料の栄養価は去勢雄めん羊を用いた消化試験から求めた。大豆粕の栄養価は日本標準飼料成分表¹⁰⁶⁾に記載されている消化率を用いて算出した。乳牛のDCPとTDNの要求量は日本飼養標準（乳牛）¹⁰⁸⁾を用いて算出した。

飼料および牛乳の分析並びに飼養試験成績の統計処理は試験Ⅱ-2-1と同様に実施した。また、サイレージの評点は試験Ⅰ-1と同様に実施した。サイレージの発酵品質を表21に、供試飼料の一般成分、消化率および栄養価を表22に示した。

表21 サイレージの発酵品質 (試験Ⅱ-2-2)

	水分	pH	総酸	乳酸	酢酸	プロピオン酸	酪酸	吉草酸	VBN/TN	フリーク評点
	(%)		(原物中%)				(%)			
1 番草高水分サイレージ	82.7	4.57	1.87	0.32	0.45	0.12	0.97	0.01	14.1	1
1 番草低水分サイレージ	56.9	4.74	1.21	0.71	0.23	0.02	0.25	0	5.2	34
2 番草低水分サイレージ	54.1	4.46	1.66	1.17	0.37	0.01	0.11	0	5.0	51
トウモロコシサイレージ	72.6	3.81	2.42	1.91	0.51	0	0	0	4.9	97

表22 供試飼料の一般成分, 消化率および栄養価 (試験Ⅱ-2-2)

	1 番 草		2 番 草		トウモロコシ サイレージ	配合飼料	大豆粕
	高水分 ²⁾	低水分 ²⁾	低水分 ²⁾	乾 草			
一 般 成 分 (%) ¹⁾							
水 分	82.7	56.9	54.1	12.8	72.6	13.0	13.3
C P	11.8	11.4	12.4	11.2	9.1	19.5	53.0
粗 脂 肪	5.1	4.1	4.7	3.4	3.4	3.2	0.3
N F E	36.6	40.7	39.5	43.5	61.6	61.5	36.6
粗 繊 維	38.5	36.0	33.6	32.2	20.4	7.2	3.9
粗 灰 分	8.0	7.8	9.8	9.7	5.5	8.6	6.2
消 化 率 (%)							
乾 物	70.3	71.0	64.1	64.9	67.8	82.3	-
C P	65.8	63.7	61.4	57.6	61.3	80.0	92.0
粗 脂 肪	74.3	72.8	70.1	56.9	76.9	80.0	84.0
N F E	66.2	70.3	62.8	66.7	73.0	88.7	94.0
粗 繊 維	83.5	80.2	76.6	76.9	61.8	61.7	74.0
栄 養 価 (乾物中%)							
D C P	7.8	7.3	7.6	6.5	5.6	15.6	48.8
T D N	72.6	71.5	65.5	64.7	69.1	80.4	86.7

¹⁾ 水分以外は乾物中の含量を示す。

²⁾ 牧草サイレージ。

試験結果および考察

飼料摂取量, 乳量, 乳組成および体重を表23に示した。牧草サイレージあるいは乾草の乾物摂取量では1番草高水分区が1番草低水分区に比べて, また2番草低水分区が2番草乾草区に比べて, それぞれ少ない傾向がみられたが各処理区間の差は小さく有意でなかった。本試験に供試した1番草高水分サイレージは総酸に占める乳酸の割合が低いなどその発酵品質は1番草および2番草の低

水分サイレージに比べて劣っていた。1番草の牧草サイレージの乾物摂取量と総酸に占める乳酸の割合との間に正の有意な相関関係が認められている¹⁸⁾ので, 乳酸の割合が同程度の条件では1番草高水分区と1番草低水分区における牧草サイレージの乾物摂取量の差は更に縮小すると考えられる。トウモロコシサイレージおよび粗飼料の乾物摂取量においても各処理区間に有意差は認められなかった。また, 全乾物摂取量でも1番草高水分

表23 飼料摂取量，乳量，乳組成および体重（試験Ⅱ-2-2）

	併 給 粗 飼 料			
	1 番 草		2 番 草	
	高水分 ¹⁾	低水分 ¹⁾	低水分 ¹⁾	乾 草
乾物摂取量 (kg/日)				
牧草サイレージまたは乾草	5.8	6.3	5.8	6.2
トウモロコシサイレージ	8.9	9.0	9.1	9.4
全粗飼料	14.7	15.3	14.9	15.6
配合飼料	1.0	1.0	1.0	0.9
大豆粕	0.9	0.9	0.9	0.9
全飼料	16.6 ^a	17.2 ^{ab}	16.8 ^{ab}	17.4 ^b
乾物摂取量体重比 (%)				
牧草サイレージまたは乾草	0.90	0.98	0.90	0.95
トウモロコシサイレージ	1.38	1.40	1.42	1.46
全粗飼料	2.28	2.38	2.32	2.41
全飼料	2.56	2.66	2.59	2.68
D C P 摂取量 (kg/日)				
牧草サイレージまたは乾草	0.46	0.46	0.44	0.40
トウモロコシサイレージ	0.50	0.51	0.51	0.53
全粗飼料	0.96	0.97	0.95	0.93
全飼料	1.53	1.55	1.52	1.49
同上日本飼養標準比 (%)	113	118	115	113
T D N 摂取量 (kg/日)				
牧草サイレージまたは乾草	4.3	4.5	3.8	4.0
トウモロコシサイレージ	6.1	6.2	6.3	6.5
全粗飼料	10.4	10.7	10.1	10.5
全飼料	12.0 ^{ab}	12.3 ^a	11.7 ^b	12.0 ^{ab}
同上日本飼養標準比 (%)	103 ^{bc}	109 ^a	101 ^c	106 ^{ab}
乳 量 (kg/日)				
実 乳 量	21.2	20.6	21.0	20.7
4 % F C M 量	20.1	19.4	20.1	19.6
乳 組 成 (%)				
全 固 形 分	12.20	12.24	12.30	12.33
脂 肪	3.67	3.61	3.72	3.68
S N F	8.53	8.63	8.58	8.65
蛋 白 質	3.23	3.26	3.26	3.29
体 重 (kg)	645	649	648	648

¹⁾ 牧草サイレージ

異なる肩文字を持つ数値間に有意差 (P < 0.05) あり。

区と1番草低水分区、および2番草低水分区と2番草乾草区の間に、それぞれ有意差は認められなかった。全乾物摂取量の体重に対する割合においても各処理区間に有意差は認められなかった。MONTGOMERYら⁸⁸⁾はトウモロコシサイレージを基本飼料とする飼養において低水分牧草サイレージ併給と乾草併給の間に粗飼料の乾物摂取量および全乾物摂取量において有意差が認められないことを報告しており、出岡ら²⁸⁾も飼料の混合給と条件で検討し同様の結果を認めている。BELYEAら¹¹⁾は低水分牧草サイレージまたは乾草の併給について3乳期にわたり比較検討し、これらの処理における粗飼料の乾物摂取量および全乾物摂取量は同程度であると結論づけており、GRIEVEら³⁴⁾も1部を除き両併給粗飼料間に有意差が認められないことを示している。これに対してHOLTERら⁵³⁾は乾草併給が予乾牧草サイレージ併給あるいは予乾牧草サイレージと乾草の併給よりも粗飼料および全飼料からの風乾物摂取量が有意に多いことを報告している。また、和泉⁶⁴⁾は予乾牧草サイレージの併給は高水分牧草サイレージの併給に比べて乾物摂取量が多い傾向があるがその差は有意でないことを、原ら³⁶⁾は予乾牧草サイレージ併給が高水分牧草サイレージ併給に比べて乾物摂取量が有意に多いことを、それぞれ報告している。本試験の結果は、トウモロコシサイレージを基本飼料とする飼養において同一原料草から調製した高水分牧草サイレージ、低水分牧草サイレージまたは乾草のいずれを併給しても粗飼料の乾物摂取量および全乾物摂取量において大きな差異を生じないことを示していると考えられた。

粗飼料からのDCP摂取量、DCP充足率、粗飼料からのTDN摂取量では各処理区間に有意差は認められなかった。全TDN摂取量では1番草高水分区と1番草低水分区、および2番草低水分区と2番草乾草区の間に、それぞれ有意差は認められなかった。TDN充足率は1番草低水分区が最も高く、2番草乾草区、1番草高水分区、2番草低水分区の順に低だし、一部の処理区間に有意差が認められたが、いずれも100%以上であった。

実乳量、4%FCM量、乳組成および体重にお

いても各処理区間に有意差は認められなかった。乳量、乳組成および体重についての結果はHOLTERら⁵³⁾、GRIEVEら³⁴⁾、和泉⁶⁴⁾、およびMONTGOMERYら⁸⁸⁾の報告と一致した。また、出岡ら²⁸⁾は乾草併給と低水分牧草サイレージ併給の間に乳量および乳組成においてほとんど差異が認められないことを指摘し、原ら³⁶⁾は予乾牧草サイレージ併給は高水分牧草サイレージ併給に比べて僅かではあるが4%FCM量が有意に少なく乳組成では有意差が認められないことを報告している。BELYEAら¹¹⁾は3乳期にわたり検討し、低水分牧草サイレージ併給は乾草併給に比べて脂肪率が第2乳期および第3乳期に有意に高かったが第1乳期では有意差が認められず、SNF率、SCM量および体重では各乳期において有意差が認められなかったことを報告している。

以上から、同一原料草から調製した高水分牧草サイレージ、低水分牧草サイレージおよび乾草はトウモロコシサイレージを基本飼料とする飼養において併給粗飼料として給与した時に産乳価値において差異がほとんどないと考えられた。

試験Ⅱ-2-3 トウモロコシサイレージ に対する刈取時期および窒素 施肥量別調製牧草サイレージ の併給と飼料摂取量および乳 生産

目 的

試験Ⅱ-2-2においてトウモロコシサイレージを基本飼料とする飼養において併給する粗飼料として同一原料草から調製した乾草と牧草サイレージを比較した場合に乳牛の飼料摂取量、乳量、乳組成および体重においてほとんど差異がないことを認めた。

牧草サイレージはこのような試験結果、および北海道の畑作酪農地帯において乾草に比べてCP、TDNおよびミネラルの含量が高いこと¹³⁶⁾から、トウモロコシサイレージを基本飼料とする飼養において併給する粗飼料として望ましいと考えられる。しかし、併給する牧草サイレージの刈取時期、

窒素施肥量、草種などの違いが飼料摂取量や乳生産に及ぼす影響について検討した報告はあまりみられない⁶⁴⁾。

そこで、トウモロコシサイレージを基本飼料とする飼養において、刈取時期および窒素施肥量を異にして調製した1番草サイレージの併給が飼料摂取量と乳生産に及ぼす影響について検討した。

試験方法

チモシー草地を供試し、施肥量は窒素(N)を10a当たり7.5kg(以下、標準窒素と略記する)と15.0kg(高窒素)の2水準とし、リン酸(P_2O_5)とカリ(K_2O)を両水準とも、それぞれ10a当たり8.0kgと9.0kgとし、5月10日に施用した。1番草の刈取りは6月20日(出穂始、以下早刈と略記する)と7月16日(開花揃、遅刈)の2時期とし、窒素施肥量と刈取時期とを組み合わせる4種類(早刈標準窒素、早刈高窒素、遅刈標準窒素および遅刈高窒素)の牧草サイレージを調製した。これらのサイレージはいずれも原料草を刈取り後、半日間程度予乾したのちハーベスタにより10~20mmに切断し、塔型サイロに詰め込み調製した。トウモロコシサイレージは早生品種「ワセホマレ」を用い黄熟期にハーベスタの設定切断長を10mmとして収穫し、塔型サイロに詰め込み調製した。

飼養試験は北海道立新得畜産試験場繋養の最高泌乳期を経過したホルスタイン泌乳牛8頭を供試し、採食量が個体ごとに測定できるスタンション型式の牛舎で、4×4のラテン方格法により実施した。試験期間は1期21日間とし、各期とも最後の7日間を本期とした。処理区は併給する牧草サイ

レージの違いにより早刈標準窒素区、早刈高窒素区、遅刈標準窒素区および遅刈高窒素区の4区とした。

トウモロコシサイレージと牧草サイレージの給与量は、両粗飼料を乾物比で2:1の割合で採食し、かつ給与粗飼料全体の10%程度の残食量が出るように毎日調整した。濃厚飼料(配合飼料+大豆粕)の給与量は1日当たり1.5kgを下限とし、このうち大豆粕の給与量は早刈標準窒素区、早刈高窒素区、遅刈標準窒素区および遅刈高窒素区でそれぞれ0.7、0.3、1.5および1.1kgとした。4%FCM日量が18kg以上ではこれを越えた乳量の1/2量の配合飼料を下限量に加えた。飼料の給与方法、牛乳試料の採取方法、体重の測定方法、飼料の一般成分、サイレージの有機酸組成、VB_Nおよび乳成分の分析方法、サイレージの評点並びに統計処理の方法は試験Ⅱ-2-2と同様とした。飼料のカルシウム、リンおよびマグネシウムは試験Ⅱ-1と同じ方法により、また、ナトリウムおよびカリウムは炎光光度法¹²⁵⁾によりそれぞれ測定した。また、飼料のADFおよびNDFはGOERING and VAN SOESTの方法³¹⁾により分析した。

供試粗飼料および配合飼料の栄養価は去勢雄めん羊を用いた消化試験から求めた。大豆粕の栄養価は日本標準飼料成分表¹⁰⁶⁾に記載されている消化率を用いて算出した。泌乳牛のDCPとTDNの要求量は日本飼養標準(乳牛)¹⁰⁸⁾を用いて算出した。

試験結果および考察

サイレージの発酵品質を表24に示した。牧草サイレージのフリーク評点は25点から54点の範囲にあった。

表24 サイレージの発酵品質(試験Ⅱ-2-3)

	水分 (%)	pH	総酸	乳酸	酢酸	プロピ オン酸	酪酸	吉草酸	VBN/TN (%)	フリーク 評点
						(原物中%)				
牧草サイレージ										
早刈・標準窒素	62.9	4.79	1.16	0.59	0.06	0.04	0.45	0.02	7.8	25
早刈・高窒素	66.1	4.73	1.56	1.12	0.11	0.02	0.31	0	11.4	50
遅刈・標準窒素	73.9	3.94	1.88	1.37	0.22	0	0.29	0	8.0	54
遅刈・高窒素	73.7	3.97	2.32	1.70	0.30	0.01	0.31	0	12.8	53
トウモロコシサイレージ	70.1	3.90	2.34	1.91	0.43	0	0	0	7.8	98

供試飼料の飼料成分、消化率および栄養価を表25に示した。牧草サイレージのCPの含量と消化率およびDCP含量は早刈が遅刈より高く、また早刈および遅刈のいずれにおいても高窒素が標準窒素に比べて高かった。また、乾物、NFEおよび粗繊維の消化率並びにTDN含量は早刈が遅刈より高く、窒素施肥量間ではほとんど差がなかった。これらの結果は既往の報告^{4,6,65,67)}とほぼ一致した。

飼料摂取量、乳量、乳組成および体重を表26に示した。牧草サイレージ、粗飼料および全飼料からの乾物摂取量はいずれも早刈標準窒素区が最も多く、次いで早刈高窒素区であり、遅刈の両区が最も少なかったが、各処理区間の差は有意でなかった。体重当たりの乾物摂取量もこれと同様の傾向であった。蔦野ら¹³⁴⁾ および小倉・蔦野¹¹³⁾ は牧草サイレージ主体飼養においてその刈取時期が遅

くなると乾物摂取量が低下することを認め、和泉ら⁶⁵⁾ も刈取時期が遅くなると乾物摂取量が低下し、窒素施肥量が乾物摂取量に及ぼす影響は認められないことを報告しており、本試験もこれらと同様の傾向であった。

牧草サイレージおよび粗飼料からのDCPの摂取量では早刈高窒素区が最も多く、次いで早刈標準窒素区、遅刈高窒素区、遅刈標準窒素区の順に低下し、早刈高窒素区、早刈標準窒素区および遅刈の両区のそれぞれの間に有意差が認められた。以上の結果から、粗飼料からのDCP摂取量を高めるためには牧草サイレージの刈取時期を早めることと、早刈では窒素施肥量を増加することが有効であると考えられた。DCPの充足率では各処理区ともDCPの不足を生じないように大豆粕の給与量を調整したために、いずれも100%以上であった。

表25 供試飼料の飼料成分、消化率および栄養価 (試験Ⅱ-2-3)

		牧草サイレージ				トウモロコシ サイレージ	配合飼料	大豆粕
		早 標準窒素	刈 高窒素	遅 標準窒素	刈 高窒素			
飼料成分 (%) ¹⁾								
水	分	62.9	66.1	73.9	73.7	70.1	14.3	14.0
C	P	13.7	19.1	9.4	12.2	8.4	19.7	53.8
粗	脂	4.4	5.1	3.5	3.8	3.5	3.1	1.1
N	F	41.4	36.0	42.9	41.3	62.7	62.4	33.2
粗	纖	32.9	32.2	37.5	35.6	20.3	6.9	5.5
粗	灰	7.6	7.6	6.7	7.1	5.1	7.9	6.4
N	D	60.9	57.9	66.2	63.2	39.5	22.9	13.5
A	D	36.5	35.4	42.1	41.4	25.0	9.5	7.8
Ca		0.28	0.29	0.30	0.30	0.19	0.90	0.27
P		0.34	0.40	0.26	0.30	0.22	0.92	0.68
Mg		0.19	0.21	0.18	0.20	0.12	0.34	0.31
Na		0.03	0.03	0.03	0.02	0.01	0.77	0.01
K		2.56	2.58	1.72	1.72	1.41	1.15	2.49
消 化 率 (%)								
乾	物	65.6	65.8	54.7	54.7	66.6	82.3	—
C	P	65.7	72.3	57.1	62.7	56.4	80.0	92.0
粗	脂	64.2	67.6	58.2	60.8	81.7	80.0	84.0
N	F	61.6	58.8	50.5	48.5	73.2	88.7	94.0
粗	纖	75.8	74.3	62.9	63.4	57.9	61.7	74.0
栄養価 (乾物中%)								
D	C	9.0	13.8	5.4	7.6	4.7	15.8	49.5
T	D	65.8	66.7	55.3	55.4	68.8	81.0	86.9

¹⁾ 水分以外は乾物中の含量を示す。

表26 飼料摂取量, 乳量, 乳組成および体重 (試験Ⅱ-2-3)

	併給牧草サイレージ			
	早	刈	遅	刈
	標準窒素	高窒素	標準窒素	高窒素
乾物摂取量 (kg/日)				
牧草サイレージ	5.9	5.3	4.6	4.6
トウモロコシサイレージ	9.3	9.5	9.0	9.0
全粗飼料	15.2	14.8	13.6	13.6
配合飼料	3.1	3.6	2.5	2.9
大豆粕	0.6	0.3	1.3	0.9
全飼料	18.9	18.7	17.4	17.4
乾物摂取量体重比 (%)				
牧草サイレージ	0.89	0.81	0.72	0.71
トウモロコシサイレージ	1.43	1.46	1.41	1.37
全粗飼料	2.32	2.27	2.13	2.08
全飼料	2.88	2.86	2.72	2.67
D C P 摂取量 (kg/日)				
牧草サイレージ	0.53 ^b	0.73 ^a	0.25 ^c	0.35 ^c
トウモロコシサイレージ	0.44	0.45	0.42	0.42
全粗飼料	0.97 ^b	1.18 ^a	0.67 ^c	0.77 ^c
全飼料	1.76 ^{ab}	1.89 ^a	1.71 ^b	1.68 ^b
同上日本飼養標準比 (%)	108 ^b	119 ^a	112 ^{ab}	109 ^b
T D N 摂取量 (kg/日)				
牧草サイレージ	3.9 ^a	3.5 ^a	2.6 ^b	2.5 ^b
トウモロコシサイレージ	6.4	6.5	6.2	6.2
全粗飼料	10.3 ^a	10.0 ^a	8.8 ^b	8.7 ^b
全飼料	13.4 ^a	13.2 ^a	12.0 ^b	11.9 ^b
同上日本飼養標準比 (%)	97	98	92	92
乳量 (kg/日)				
実乳量	25.6 ^a	24.9 ^{ab}	24.3 ^{ab}	24.1 ^b
4% F C M 量	25.7 ^a	25.0 ^{ab}	23.7 ^b	23.9 ^b
乳組成 (%)				
全固形分	12.88 ^a	12.81 ^a	12.52 ^b	12.71 ^{ab}
脂 肪	4.07 ^a	4.02 ^{ab}	3.84 ^b	3.95 ^{ab}
S N F	8.81	8.79	8.68	8.76
蛋白質	3.47	3.46	3.39	3.41
体 重 (kg)	656	653	644	645

異なる肩文字を持つ数値間に有意差 (P < 0.05) あり。

牧草サイレージ、粗飼料および全飼料からのTDN摂取量は早刈の両区が遅刈の両区に比べて有意に多かったが、窒素施肥量間では有意差が認められなかった。TDN充足率は早刈の両区が97～98%と遅刈の両区の92%より高かったが、その差は有意でなかった。粗飼料からのDCPとTDNの摂取量に関するこれらの結果は1番草サイレージ主体飼養条件で検討した既往の報告^{65,134)}と同様の傾向であった。

4%FCM量では早刈標準窒素区が最も多く、次いで早刈高窒素区、遅刈の両区の順序であり、早刈標準窒素区と遅刈の両区の間には有意差が認められた。以上のように本試験では乳量に対する刈取時期の影響が大きいものに対して、窒素施肥量の影響はほとんど認められなかった。これらの結果は1番草サイレージ主体飼養条件で検討した既往の報告^{65,134)}と同様の傾向であった。

牛乳の各成分の含量においても、4%FCM量と同様に早刈標準窒素区が最も高く、次いで早刈高窒素区、遅刈高窒素区、遅刈標準窒素区の順序であり、全固形分率では早刈の両区が遅刈標準窒素区より有意に高く、脂肪率では早刈標準窒素区が遅刈標準窒素区より有意に高かった。SNF率および蛋白質率では各処理区間に有意差が認められなかった。1番草サイレージ主体飼養条件^{65,134)}では、本報告と異なり早刈牧草サイレージの給与において脂肪率が有意に向上していない。一方、出穂期に調製した牧草サイレージ⁶⁴⁾や放牧草⁶⁸⁾の単用に比べて、これにトウモロコシサイレージを併給すると脂肪率が向上することが報告されている。このような結果は栄養価の高い放牧草や牧草サイレージとトウモロコシサイレージの組合せは脂肪率を向上させることを示唆しているため、その機序について今後究明する必要がある。

体重では早刈の両区が遅刈の両区に比べて大きい傾向がみられたが各処理区間の差異は有意でなかった。

以上、トウモロコシサイレージを基本飼料とする飼養において、併給する牧草サイレージの窒素施肥量は乾物およびTDNの摂取量、乳量並びに乳組成にほとんど影響を及ぼさなかったのに対し

て、その刈取時期の影響は大きく、早刈が遅刈より望ましいことが明らかになった。

試験Ⅱ-2-4 トウモロコシサイレージ に対するマメ科牧草サイレー ジの併給と飼料摂取量および 乳生産

目 的

トウモロコシサイレージは高エネルギーの粗飼料であるがCPやミネラルの含量が低いので、併給する粗飼料としてはCPやミネラルに富むマメ科牧草が望ましいと考えられている⁸⁾。しかし、このようなマメ科牧草の併給が乳牛による乾物摂取量や乳量、乳組成などにどのような影響を及ぼすかについて検討した報告はほとんどみられない。

そこで、トウモロコシサイレージを基本飼料とする飼養において、アルファルファ主体1番草サイレージ、アカクロバ主体1番草サイレージおよびアカクロバ主体2番草サイレージの併給が乳牛の乾物摂取量、乳量、乳組成および体重に及ぼす影響についてチモシー1番草サイレージの併給を対照として比較検討した。

試験方法

供試した牧草サイレージはアルファルファ主体1番草、アカクロバ主体1番草、アカクロバ主体2番草およびチモシー1番草であり、いずれも造成後2年目の草地を供試して調製した。供試草地の概要を表27に示した。アルファルファ、品種「ソア」主体およびアカクロバ、品種「サッポロ」主体の草地はいずれもチモシー、品種「センボク」とシロクロバ、品種「カリフォルニアラジノ」との混播であり、チモシー、品種「センボク」の草地は単播であった。1番草の草地に対する10a当たりの施肥量はアルファルファおよびアカクロバ主体草地で窒素(N)4.1kg、リン酸(P_2O_5)10.5kg、加里(K_2O)8.0kg、苦土(MgO)1.4kgであり、チモシー草地でそれぞれ7.8、10.5、8.0および2.7kgであった。また、アカクロバ主体

の2番草の草地では窒素3.0kg, 加里7.5kgであった。

牧草サイレージは原料草の刈取りを1番草ではいずれも6月26日, 2番草では9月9日に行い, これを半日～1日間予乾したのちハーベスタにより10～20mmに切断し, 塔型サイロに詰め込み調製した。トウモロコシサイレージは早生品種「ワセホマレ」を用い, 10月14日(黄熟期)にハーベスタの設定切断長を10mmとして収穫し, 塔型サイロに詰め込み調製した。

飼養試験は北海道立新得畜産試験場繋養の最高泌乳期を経過したホルスタイン泌乳牛12頭を供試し, 採食量が個体ごとに測定できるスタンション型式の牛舎で4×4のラテン方格法により実施した。試験期間は1期21日間とし, 各期とも最後の7日間を本期とした。

処理区はアルファルファ主体1番草サイレージを併給する区(以下, アルファルファ1番草区と略記する), アカクロバ主体1番草サイレージを併給する区(アカクロバ1番草区), アカクロバ主体2番草サイレージを併給する区(アカクロバ2番草区)およびチモシー1番草サイレージを併給する区(チモシー1番草区)の4区とした。

トウモロコシサイレージと牧草サイレージの給与量は, 両粗飼料を乾物比で2:1の割合で採食し, かつ給与粗飼料全体の10%程度の残食量ができるように毎日調整した。配合飼料の給与量は1日当たり1kgを下限とし4%FCMH量が17kg以上ではこれを超えた乳量の1/2量の配合飼料を下限量に加えた。飼料の給与回数は6時, 13時および16時の3回とし, 6時と16時に牧草サイレージ, 13時にトウモロコシサイレージを給与した。配合飼料は6時, 13時および16時の3回に分けて給与した。搾乳回数, 牛乳試料の採取方法および体重の測定方法は試験Ⅱ-2-1と同様であった。

飼料の一般成分, サイレージの有機酸組成および乳成分の分析方法, サイレージの評点並びに統計処理の方法は試験Ⅱ-2-2と同様であった。飼料のNDF, ADF, リン, カルシウム, マグネシウム, ナトリウムおよびカリウムの分析は試験Ⅱ-2-3と同様の方法により実施した。供試飼

料の栄養価は去勢雄めん羊を用いた消化試験から求めた。また, 乳牛の養分要求量は日本飼養標準(乳牛)¹⁰⁸⁾を用いて算出した。

試験結果および考察

サイレージの発酵品質を表28に示した。サイレージの水分含量はいずれも中水分の範囲内にあった。アルファルファ主体1番草およびアカクロバ主体1, 2番草サイレージの乳酸含量は非常に高く, 一方酪酸は検出されず, 評点は極めて高かった。チモシー1番草サイレージはこれらのマメ科主体牧草サイレージに比べて乳酸含量が低く, 酪酸を含んでおり, その評点は劣っていた。しかし, 牧草サイレージの乾物摂取量と正の有意な相関関係が認められている総酸に占める乳酸の割合¹³⁵⁾は各サイレージ間に大差がなかった。

供試飼料の飼料成分, 消化率および栄養価を表29に示した。各マメ科主体牧草サイレージはチモシー1番草サイレージに比べていずれもCP, カルシウムおよびマグネシウムの含量が高く, トウモロコシサイレージを補完する成分組成を示していた。また, ADF含量はいずれも同程度であったが, NDF含量では各マメ科主体牧草サイレージがチモシー1番草サイレージに比べて低かった。また, 消化率ではアルファルファおよびアカクロバ主体の1番草サイレージはチモシー1番草サイレージに比べてCPおよびNFEが高く, 粗繊維で低く, 乾物では同程度であった。アカクロバ主体2番草サイレージの消化率は1番草の各サイレージに比べて粗脂肪を除く各成分において低かった。DCP含量では各マメ科主体牧草サイレージがチモシー1番草サイレージに比べて高く, 一方, TDN含量はアルファルファ主体1番草でやや低く, 特にアカクロバ主体2番草で顕著に低かった。このような草種間の差異は生草で検討した報告⁶³⁾と同様の傾向であった。

飼料摂取量, 乳量, 乳組成および体重を表30に示した。牧草サイレージの乾物摂取量はアルファルファ1番草区が最も多く, 次いでアカクロバ1番草区, 同2番草区であり, チモシー1番草区が最も少なかったが, 各処理区間の差はいずれも

表27 生育時期, 植生割合および収量 (試験Ⅱ-2-4)

	刈取 時期	生育 時期	植 生 割 合					生 草 収 量
			アルファ ルファ	アカ クローバ	シロ クローバ	チモシー	その他	
	(月・日)		(原物割合%)					(t/10a)
アルファルファ主体1番草	6.26	開花始	71	0	16	13	0	2.1
アカクローバ主体1番草	6.26	開花期	0	50	10	40	0	3.3
アカクローバ主体2番草	9.9	開花揃	0	50	7	27	16	2.6
チモシー1番草	6.26	出穂揃	0	0	2	98	0	2.8

表28 サイレージの発酵品質 (試験Ⅱ-2-4)

	水分	pH	総酸	乳酸	酢酸	プロピ オン酸	酪酸	VBN/TN	フリー ク評点
	(%)		(原物中%)					(%)	
アルファルファ主体1番草	71.2	4.50	3.23	2.54	0.69	0	0	10.3	97
アカクローバ主体1番草	73.9	4.19	3.56	2.91	0.65	0	0	7.6	98
アカクローバ主体2番草	71.2	4.14	2.95	2.51	0.44	0	0	8.3	100
チモシー1番草	65.9	4.56	2.29	1.80	0.23	0	0.26	9.4	65
トウモロコシサイレージ	73.3	3.98	1.74	1.44	0.30	0	0	3.7	99

表29 供試飼料の飼料成分, 消化率および栄養価 (試験Ⅱ-2-4)

	牧 草 サ イ レ ー ジ				トウモロコシ サイレージ	配合飼料
	アルファルファ 主体1番草	アカクローバ 主体1番草	アカクローバ 主体2番草	チモシー 1番草		
飼料成分 (%) ¹⁾						
水分	71.2	73.9	71.2	65.9	73.3	14.8
C P	19.2	20.0	18.0	15.3	9.0	19.7
粗脂肪	3.3	3.9	3.4	4.3	2.6	3.1
N F E	39.6	39.1	39.3	39.2	60.8	62.4
粗繊維	28.0	26.6	28.7	32.9	22.8	6.9
粗灰分	9.9	10.4	10.6	8.3	4.8	7.9
N D F	52.1	49.4	53.2	62.4	48.8	22.9
A D F	37.3	35.6	37.3	38.1	27.7	9.5
Ca	1.09	0.91	0.88	0.31	0.18	0.90
P	0.36	0.35	0.36	0.33	0.24	0.92
Mg	0.34	0.33	0.35	0.18	0.17	0.34
Na	0.02	0.01	0.02	0.01	0.02	0.77
K	3.19	3.58	3.27	3.13	1.40	1.15
消化率 (%)						
乾物	63.7	65.1	58.9	65.3	66.2	82.3
C P	74.3	71.0	63.9	66.8	53.7	80.0
粗脂肪	59.4	71.5	70.0	66.4	75.3	80.0
N F E	65.0	63.6	55.2	59.2	71.6	88.7
粗繊維	59.2	64.9	62.5	75.5	62.9	61.7
栄養価 (乾物中%)						
D C P	14.3	14.2	11.5	10.2	4.8	15.8
T D N	61.0	62.7	56.5	64.6	67.0	81.0

¹⁾ 水分以外は乾物中の含量を示す。

表30 飼料摂取量, 乳量, 乳組成および体重 (試験Ⅱ-2-4)

	併給牧草サイレージ			
	アルファルファ 主体1番草	アカクローバ 主体1番草	アカクローバ 主体2番草	チモシー1番草
乾物摂取量 (kg/日)				
牧草サイレージ	5.1	4.9	4.7	4.6
トウモロコシサイレージ	10.7 ^a	10.1 ^b	10.1 ^b	10.0 ^b
全粗飼料	15.8 ^a	15.0 ^{ab}	14.8 ^b	14.6 ^b
配合飼料	2.6	2.6	2.6	2.6
全飼料	18.4 ^a	17.6 ^{ab}	17.4 ^b	17.2 ^b
乾物摂取量体重比 (%)				
牧草サイレージ	0.77	0.74	0.72	0.70
トウモロコシサイレージ	1.61 ^a	1.52 ^b	1.55 ^{ab}	1.53 ^{ab}
全粗飼料	2.38 ^a	2.26 ^b	2.27 ^{ab}	2.23 ^b
全飼料	2.76 ^a	2.64 ^b	2.66 ^{ab}	2.62 ^b
D C P 摂取量 (kg/日)				
牧草サイレージ	0.73 ^a	0.69 ^a	0.54 ^b	0.47 ^b
トウモロコシサイレージ	0.51 ^a	0.48 ^b	0.48 ^b	0.48 ^b
全粗飼料	1.24 ^a	1.17 ^a	1.02 ^b	0.95 ^b
全飼料	1.64 ^a	1.57 ^a	1.43 ^b	1.35 ^b
同上日本飼養標準比 (%)				
	119 ^a	115 ^b	110 ^c	100 ^d
T D N 摂取量 (kg/日)				
牧草サイレージ	3.1 ^a	3.1 ^a	2.7 ^b	3.0 ^{ab}
トウモロコシサイレージ	7.2 ^a	6.8 ^b	6.8 ^b	6.7 ^b
全粗飼料	10.3 ^a	9.9 ^{ab}	9.5 ^b	9.7 ^{ab}
全飼料	12.4 ^a	12.0 ^{ab}	11.6 ^b	11.8 ^{ab}
同上日本飼養標準比 (%)				
	103 ^a	99 ^b	100 ^{ab}	99 ^b
乳 量 (kg/日)				
実 乳 量	21.0 ^a	20.9 ^{ab}	19.6 ^c	19.9 ^{bc}
4 % F C M 量	21.1 ^a	20.9 ^a	19.8 ^b	20.9 ^a
乳 組 成 (%)				
全 固 形 分	12.99 ^{ab}	12.96 ^b	13.11 ^{ab}	13.28 ^a
脂 肪	4.08 ^{ab}	4.01 ^b	4.10 ^{ab}	4.35 ^a
S N F	8.91	8.95	9.01	8.93
蛋 白 質	3.53	3.52	3.53	3.55
体 重 (kg)				
	668	663	654	657

異なる肩文字を持つ数値間に有意差 (P < 0.05) あり。

有意ではなかった。本試験における牧草サイレージの水分含量はマメ科牧草で71~74%と同程度であったが、チモシーでは65.9%と低かった。牧草サイレージの水分含量と乾物摂取量の間には負の有意な相関関係が認められている¹³⁵⁾ので、水分含量が同程度の条件では各マメ科主体牧草サイレージとチモシーサイレージの乾物摂取量の差は更に大きくなると推測される。トウモロコシサイレージの乾物摂取量ではアルファルファ1番草区と他の3区の間、粗飼料の乾物摂取量および全乾物摂取量ではアルファルファ1番草区とアカローバ2番草区およびチモシー1番草区との間に、それぞれ有意差が認められた。また、体重当たりの乾物摂取量は粗飼料および全飼料においてアルファルファ1番草区が最も多く、アカローバ1番草区およびチモシー1番草区との差は有意であった。

APGARら³⁾はアルファルファのサイレージや乾草の乾物摂取量はオーチャードグラスのそれらよりも有意に多いことを、また、THOMASら¹³²⁾はアカローバ1番草サイレージの乾物摂取量はペレニアルライグラス1番草サイレージよりも有意に多いことを報告している。このようにマメ科牧草の乾物摂取量はイネ科牧草よりも多いことが一般的に認められており、その理由としてマメ科牧草のNDF含量がイネ科牧草に比べて低いことが考えられている¹⁴⁰⁾。また、マメ科牧草(アルファルファ)給与時の不消化NDF排泄量がイネ科牧草(オーチャードグラス)給与時に比べて多いこともその要因の一つとしてあげられている^{61, 62)}。

牧草サイレージおよび粗飼料からのDCP摂取量はアルファルファ1番草区において最も多く、次いでアカローバ1番草区であり、この両区はアカローバ2番草区およびチモシー1番草区より有意に多かった。全飼料からのDCP摂取量もこれらと同じ順序であった。DCP充足率はアルファルファ1番草区が最も高く、アカローバ1番草区、アカローバ2番草区、チモシー1番草区の順に低下し、各処理区間に有意差が認められたが、いずれも100%以上であった。一方、TDN摂取量についてみると、牧草サイレージからの摂

取量ではアルファルファ1番草とアカローバ1番草の両区が最も多く、次いでチモシー1番草区、アカローバ2番草区の順序であり、前2区とアカローバ2番草区との差は有意であった。粗飼料および全飼料からのTDN摂取量においても同じ傾向であり、アルファルファ1番草区とアカローバ2番草区との差は有意であった。TDN充足率ではアルファルファ1番草区がアカローバ1番草区およびチモシー1番草区に比べて有意に高かったが、その差は小さかった。

実乳量ではアルファルファ1番草区が最も多く、次いでアカローバ1番草区、チモシー1番草区、アカローバ2番草区の順序であり、アルファルファ1番草区とアカローバ2番草区およびチモシー1番草区との間に、またアカローバ1番草区と同2番草区との間に、それぞれ有意差が認められた。4%FCM量ではアルファルファ、アカローバおよびチモシーの各1番草区の間には有意差が認められず、これらの3区はアカローバ2番草区より有意に多かった。

牛乳の全固形分率および脂肪率ではチモシー1番草区が最も高く、アカローバ2番草区、アルファルファ1番草区、アカローバ1番草区の順序であり、チモシー1番草区とアカローバ1番草区との差は有意であった。牛乳のSNF率および蛋白質率ならびに体重では各処理区間に有意差が認められなかった。APGARら³⁾はアルファルファのサイレージと乾草の給与区はオーチャードグラスのそれらを給与した区に比べて4%FCM量が有意に多く、SNF率が僅かではあるが有意に高く、脂肪率では差のないことを報告している。また、THOMASら¹³²⁾はアカローバ1番草サイレージ給与区はペレニアルライグラス1番草サイレージ給与区に比べて泌乳初期において実乳量が有意に多く、脂肪率が有意に低く、乳糖率が僅かではあるが有意に高く、蛋白質率では差異がなく、泌乳中期では実乳量が有意に多く、脂肪率が有意に低く、乳糖率と蛋白質率では差異が認められないことを報告している。本試験の処理条件はこれらの試験と異なるので、結果の比較は困難であるが、アルファルファサイレージの産乳価値はイネ

科牧草サイレーズに比べてやや高いことやアカクロバ1番草サイレーズでは実乳量は増加するが脂肪率が低下するなどの点で一致していた。

以上、本試験では飼料成分、乾物摂取量、DCPおよびTDNの摂取量、乳量、乳組成などから総合的に判断して、トウモロコシサイレーズを基本飼料とする飼養において併給する牧草サイレーズとしてはアルファルファ主体1番草が最も優れており、次いでアカクロバ主体1番草、チモシー1番草の順であり、アカクロバ主体2番草はこれらより劣ると考えられた。

試験Ⅱ-2-5 トウモロコシサイレーズに対する牧草サイレーズおよび尿素配合飼料の併給と飼料摂取量および乳生産

目 的

試験Ⅱ-2-2において、泌乳安定期のトウモロコシサイレーズを基本飼料とする飼養における併給粗飼料として牧草サイレーズが一般的に用いられている乾草の代わりに用いられることが認められた。しかし、我が国において泌乳前期のトウモロコシサイレーズを基本飼料とする飼養において牧草サイレーズの併給が乾物摂取量、乳量、乳組成、体重および繁殖性などに及ぼす影響について乾草の併給を対照にして比較検討した報告はみられない。また、泌乳牛において安価なCP源として尿素が利用されているが、特にトウモロコシサイレーズのようにでんぷん質に富む粗飼料を主体として給与している条件では利用効果が高いと考えられる。しかし、この点についても我が国では検討した報告は極めて少ない。

そこで、トウモロコシサイレーズを基本飼料とする飼養における牧草サイレーズ並びに尿素配合飼料の併給が乳牛の泌乳前期における乾物摂取量、乳量、乳組成、体重並びに繁殖性に及ぼす影響について乾草および尿素無配合飼料の併給を対照にして比較検討した。

試験方法

処理は併給粗飼料において乾草と牧草サイレー

ズの2処理、配合飼料において尿素無配合飼料と尿素配合飼料の2処理とし、それぞれを組み合わせて4処理区、すなわち乾草+尿素無配合飼料区（以下、H+SBM区と略記する）、乾草+尿素配合飼料区（H+U区）、牧草サイレーズ+尿素無配合飼料区（GS+SBM区）および牧草サイレーズ+尿素配合飼料区（GS+U区）とした。

供試牛は北海道立新得畜産試験場繁養のホルスタイン経産牛14頭であり、H+SBM区およびH+U区にそれぞれ3頭ずつ、GS+SBM区とGS+U区にそれぞれ4頭ずつ（分娩前は3頭ずつとし、分娩直後の乳牛を1頭ずつ追加した）割り当て、採食量が個体ごとに測定できるスタンション型式の牛舎で平行比較試験法により実施した。試験期間は分娩前5週間（乾乳期）、分娩後16週間（泌乳前期）とし、さらにその後4週間の同一飼養期を設けた。

乾乳期におけるトウモロコシサイレーズと乾草あるいは牧草サイレーズの給与比率は乾物で2:1とし、これに尿素無配合飼料あるいは尿素配合飼料を1日当たり1kgを加えて、TDN要求量¹⁰⁷⁾に相当する量を給与した。泌乳前期に給与する粗飼料の給与比率は乾乳期と同様とし、飽食量を給与した。配合飼料は分娩の翌日から毎日1kgずつ1日当たり8kgになるまで増給し、以後35日まで全牛一律に8kgを給与した。その後給与下限を3kgとし、4%FCM日量が21kg以上ではこれを越えた乳量の1/2の量を下限量に加えて給与した。同一飼養期には粗飼料としてトウモロコシサイレーズと乾草を用い、乾物で2:1の割合で飽食量を給与し、配合飼料としては一般配合飼料を用い、その給与基準は泌乳前期と同様とした。乾草あるいは牧草サイレーズは6時に、トウモロコシサイレーズは13時と16時に給与し、配合飼料は乾乳期に6時および13時に、泌乳期には6時、13時および16時に、それぞれ分けて給与した。飼料の給与量および残食量の測定方法、並びに搾乳方法は試験Ⅰ-2と同様であった。

トウモロコシサイレーズは黄熟期の早生品種「ヘイゲンワセ」を原料とし、ハーベスタの設定切断長を9mmとして調製した。乾草と牧草サイレ

ージは同一草地のチモシー出穂期1番草を用いて調製した。乾草は6月26日に刈り取り圃場で乾燥し、刈取り後3日目に梱包した。牧草サイレージも6月26日～27日に刈り取り、1日間予乾したのちハーベスタにより細切して調製した。配合飼料の原料割合を表31に示した。尿素配合飼料と尿素無配合飼料の調製においては我が国における既往の報告³⁷⁾を参考にするとともに、DCPとTDNの含量が等しくなるように飼料の原料¹⁰⁵⁾を選択した。尿素配合飼料は窒素源として尿素を2%、大豆粕を16%含むのに対して尿素無配合飼料は大豆粕を26%含んでおり、尿素を用いることにより大豆粕を約40%節減できた。

飼料の消化率は去勢雄めん羊を用いた消化試験により測定した。飼料の一般成分とミネラル類は試験Ⅱ-2-3、サイレージのpHおよび有機酸組成並びにサイレージの評点は試験Ⅰ-1、牛乳試料の採取方法および分析方法並びに体重の測定方法は試験Ⅰ-2と同様に実施した。乳牛のDCPとTDNの要求量は日本飼養標準(乳牛)¹⁰⁷⁾を用いて算出した。

試験結果および考察

トウモロコシサイレージおよび牧草サイレージの切断長分布を表32に示した。両サイレージとも10～20mmの分布が多かった。サイレージの発酵品質を表33に示した。トウモロコシサイレージの発酵品質はきわめて良好であったが、牧草サイレージではやや劣っていた。供試飼料の飼料成分、消化率および栄養価を表34に示した。牧草サイレ-

ージの水分含量は51.2%と低く低水分サイレージであり、乾草に比べてCP、粗脂肪および粗繊維の含量が高く、NFEの含量が低く、ミネラル類およびDCPとTDNの含量ではほとんど同様であった。また尿素配合飼料は尿素無配合飼料に比べてCPおよびDCPの含量が高かったが、各成分の消化率およびTDNの含量ではほとんど同じであった。

乾物摂取量およびその推移を表35、図7-1、7-2に示した。尿素配合飼料の嗜好性は尿素無配合飼料と同様に良好であり残食は認められず、VAN HORNら¹³⁸⁾の尿素配合飼料の採食性は劣るという結果と異なっていた。各飼料および全飼料の乾物摂取量は乾乳期、泌乳前期とも各処理区間に有意差は認められなかった。また、乾物摂取量体重比では泌乳前期において牧草サイレージが乾草に比べて有意に低かったが、その差は極めて僅かであり粗飼料および全飼料では乾乳期、泌乳前期とも有意差が認められなかった。また、これらの項目において交互作用は認められなかった。乾物摂取量の推移についてみるとGS区はH区に比べて泌乳のごく初期における摂取量がやや低く、最高摂取量に達する時期が遅れる傾向が認められた。HOLTERら⁵³⁾は牧草サイレージ併給が乾草併給に比べて泌乳前期において粗飼料の乾物摂取量が少ないことを認めている。また、粗飼料としてトウモロコシサイレージを給与している条件でCP源として尿素を利用した場合と尿素を利用しない場合とにおいて乾物摂取量あるいは乾物摂取量体重比において差異のないことが認められている^{29, 30, 79, 93, 121, 142)}。

表31 配合飼料の原料割合(配合割合%) (試験Ⅱ-2-5)

原 料	尿素無配合飼料	尿素配合飼料	原 料	尿素無配合飼料	尿素配合飼料
尿 素	0	2.0	糖 蜜	6.0	6.0
大 豆 粕	26.0	16.0	食 塩	1.0	1.0
トウモロコシ	10.0	20.0	炭酸カルシウム	2.2	2.2
マ イ ロ	30.0	30.0	第三リン酸カルシウム	2.0	2.0
大 麦	0	3.5	微量ミネラル剤	0.1	0.1
フ ス マ	12.5	7.0	硫酸ソーダ	0.1	0.1
デハイ・アルファルファミール	10.0	10.0	ビタミンA・D・E剤	0.1	0.1

表32 サイレージの切断長分布（試験Ⅱ-2-5）

	切断長 (mm)			
	～5	5～10	10～20	20～
	(乾物割合%)			
トウモロコシサイレージ	19	17	41	23
牧草サイレージ	4	20	43	23

表33 サイレージの発酵品質（試験Ⅱ-2-5）

	水分	pH	総酸	乳酸	酢酸	プロピオン酸	酪酸	吉草酸	VBN/TN	フリーク評点
	(%)		(原物中%)						(%)	
トウモロコシサイレージ	70.0	3.85	1.81	1.44	0.37	0	0	0	5.9	97
牧草サイレージ	51.2	4.90	1.29	0.71	0.35	0.03	0.19	0.01	7.0	32

表34 供試飼料の飼料成分、消化率および栄養価（試験Ⅱ-2-5）

		乾草	牧草サイレージ	トウモロコシサイレージ	尿素無配合飼料	尿素配合飼料	一般配合飼料
飼料成分 (%) ¹⁾							
水分		14.5	51.2	70.0	13.9	14.0	14.1
C	P	10.1	11.2	8.6	20.4	22.5	19.7
粗脂肪		3.2	4.3	4.1	3.4	2.5	4.0
NFE		45.1	40.5	64.5	60.2	60.9	61.2
粗繊維		34.3	36.3	17.8	5.8	5.0	6.4
粗灰分		7.3	7.7	5.0	10.2	9.1	8.7
Ca		0.29	0.28	0.18	2.26	1.92	1.13
P		0.28	0.30	0.26	0.87	0.74	0.89
Mg		0.14	0.14	0.18	0.24	0.21	0.39
Na		0.03	0.02	0.03	0.64	0.60	0.94
K		2.46	2.83	1.47	1.28	1.12	1.03
消化率 (%)							
乾物		63.0	61.6	66.8	84.4	84.9	82.3
C	P	57.3	58.2	45.4	81.5	83.7	80.0
粗脂肪		59.1	63.0	84.5	89.5	89.1	80.0
NFE		61.3	55.2	77.5	89.4	90.0	88.7
粗繊維		71.4	72.3	40.3	92.1	88.5	61.7
栄養価 (乾物中%)							
DCP		5.8	6.5	3.9	16.6	18.8	15.8
TDN		62.2	61.2	68.9	82.5	82.3	81.2

¹⁾ 水分以外は乾物中の含量を示す。

表35 飼料摂取量 (試験Ⅱ-2-5)

	H		GS		粗飼料		濃厚飼料		交互作用	
	SBM	U	SBM	U	H	GS	SBM	U		
乾物摂取量 (kg/日)										
乾乳期										
乾草または牧草サイレージ	3.3	3.5	3.5	3.3	3.4	3.4	3.4	3.4	NS	
トウモロコシサイレージ	7.0	6.8	7.1	6.9	6.9	7.0	7.0	6.9	NS	
配合飼料	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	NS	
全飼料	11.2	11.2	11.5	11.1	11.2	11.3	11.3	11.2	NS	
泌乳前期										
乾草または牧草サイレージ	4.7	4.5	3.9	4.1	4.6	4.0	4.2	4.3	NS	
トウモロコシサイレージ	8.7	8.6	8.5	8.7	8.6	8.6	8.6	8.7	NS	
配合飼料	5.3	6.1	6.3	5.8	5.7	6.0	5.8	5.9	NS	
全飼料	18.7	19.2	18.7	18.6	18.9	18.6	18.6	18.9	NS	
乾物摂取量体重比 (%)										
乾乳期										
乾草または牧草サイレージ	0.47	0.48	0.48	0.46	0.47	0.47	0.47	0.47	NS	
トウモロコシサイレージ	0.98	0.94	0.98	0.97	0.96	0.97	0.98	0.95	NS	
配合飼料	0.11	0.12	0.13	0.13	0.12	0.13	0.12	0.13	NS	
全飼料	1.56	1.54	1.59	1.56	1.55	1.57	1.57	1.55	NS	
泌乳前期										
乾草または牧草サイレージ	0.74	0.69	0.58	0.63	0.72 ^a	0.61 ^b	0.65	0.66	NS	
トウモロコシサイレージ	1.37	1.30	1.29	1.36	1.33	1.33	1.32	1.33	NS	
配合飼料	0.83	0.93	0.94	0.89	0.88	0.91	0.90	0.91	NS	
全飼料	2.94	2.92	2.81	2.88	2.93	2.85	2.87	2.90	NS	

注) 1. H: 乾草, GS: 牧草サイレージ, SBM: 尿素無配合飼料, U: 尿素配合飼料を示す。
 2. 異なる肩文字を持つ数値間に有意差 ($P < 0.05$) あり。
 NS: $P > 0.05$ 。

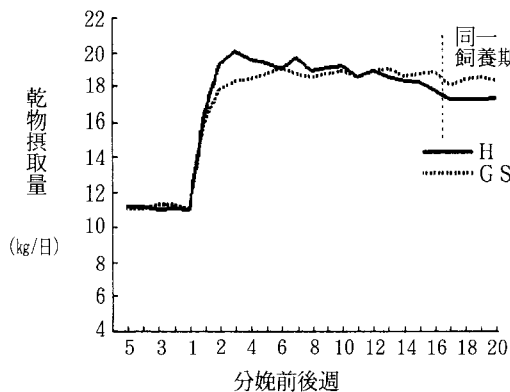


図7-1 乾物摂取量の推移 (試験Ⅱ-2-5)

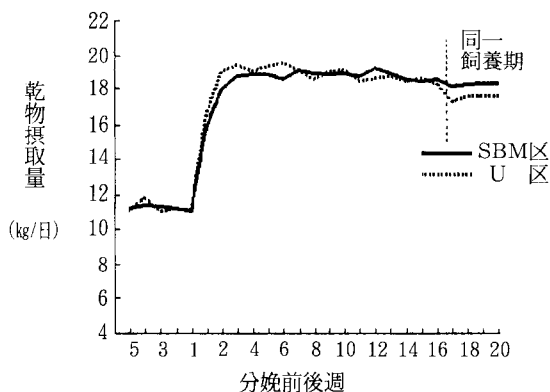


図7-2 乾物摂取量の推移 (試験Ⅱ-2-5)

尿素の摂取量を表36に示した。泌乳前期における尿素の摂取量およびその全乾物摂取量中の含量はU区で、それぞれ137 g、0.72%であった。摂取全飼料の飼料成分および栄養価を表37に示した。乾乳期および泌乳前期におけるCPの平均含量は10.3%および13.1%であり、TDN含量では67.8%および71.5%であった。

DCPおよびTDNの摂取量を表38に示した。DCP摂取量では乾乳期においてのみH区とGS区間に有意差がみられたが、その差は極めて小さかった。また、DCP充足率において、乾乳期にH区とGS区、泌乳前期にSBM区とU区間に有意差が認められた。これらの差異は主にDCP摂取量の差異を反映しているものと考えられた。TD

表36 尿素の摂取量（試験Ⅱ-2-5）

	H		GS		粗飼料		濃厚飼料	
	SBM	U	SBM	U	H	GS	SBM	U
乾乳期								
摂取量 (g/日)	0	20	0	20	10	10	0	20
全摂取乾物中含量 (%)	0	0.18	0	0.18	0.09	0.09	0	0.18
泌乳前期								
摂取量 (g/日)	0	141	0	134	71	67	0	137
全摂取乾物中含量 (%)	0	0.73	0	0.72	0.37	0.36	0	0.72

注) 1. H : 乾草, GS : 牧草サイレージ, SBM : 尿素無配合飼料, U : 尿素配合飼料を示す。

表37 摂取全飼料の飼料成分および栄養価（試験Ⅱ-2-5）

	H		GS		粗飼料		濃厚飼料	
	SBM	U	SBM	U	H	GS	SBM	U
(乾物中%)								
乾乳期								
CP	10.0	10.2	10.3	10.5	10.1	10.4	10.2	10.4
DCP	5.5	5.7	5.7	5.9	5.6	5.8	5.6	5.8
TDN	68.0	67.9	67.7	67.7	68.0	67.7	67.8	67.8
粗繊維	21.7	21.9	22.4	22.3	21.8	22.4	22.2	22.1
Ca	0.38	0.36	0.38	0.35	0.37	0.37	0.38	0.35
P	0.32	0.31	0.32	0.31	0.32	0.32	0.32	0.31
泌乳前期								
CP	12.3	13.3	13.1	13.5	12.8	13.3	12.8	13.4
DCP	7.9	9.0	8.7	9.1	8.5	8.9	8.4	9.1
TDN	71.0	71.4	71.9	71.4	71.3	71.7	71.5	71.4
粗繊維	18.6	17.7	17.6	17.9	18.2	17.8	18.0	17.8
Ca	0.79	0.75	0.90	0.74	0.77	0.82	0.85	0.75
P	0.44	0.42	0.48	0.41	0.43	0.45	0.46	0.42

注) 1. H : 乾草, GS : 牧草サイレージ, SBM : 尿素無配合飼料, U : 尿素配合飼料を示す。

表38 DCPとTDNの摂取量 (試験II-2-5)

	H		GS		粗飼料		濃厚飼料		交互作用
	SBM	U	SBM	U	H	GS	SBM	U	
D C P 摂取量 (kg/日)									
乾乳期									
乾草または牧草サイレージ	0.19	0.20	0.23	0.21	0.20	0.22	0.21	0.21	NS
トウモロコシサイレージ	0.27	0.27	0.28	0.27	0.27	0.27	0.28	0.27	NS
配合飼料	0.15	0.17	0.15	0.17	0.16	0.16	0.15	0.17	NS
全飼料	0.61	0.64	0.66	0.65	0.63 ^a	0.65 ^b	0.64	0.65	NS
泌乳前期									
乾草または牧草サイレージ	0.27	0.27	0.25	0.26	0.27	0.26	0.26	0.27	NS
トウモロコシサイレージ	0.34	0.34	0.33	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	NS
配合飼料	0.87	1.14	1.04	1.08	1.01	1.06	0.97	1.11	NS
全飼料	1.48	1.75	1.62	1.68	1.62	1.66	1.57	1.72	NS
同上日本飼養標準比 (%)									
乾乳期	103	107	108	109	105 ^a	109 ^b	105	108	NS
泌乳前期	92	100	93	102	96	98	93 ^a	101 ^b	NS
T D N 摂取量 (kg/日)									
乾乳期									
乾草または牧草サイレージ	2.0	2.1	2.1	2.0	2.1	2.1	2.1	2.1	NS
トウモロコシサイレージ	4.8	4.6	4.9	4.8	4.7	4.8	4.8	4.7	NS
配合飼料	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	NS
全飼料	7.5	7.4	7.7	7.5	7.5	7.6	7.6	7.5	NS
泌乳前期									
乾草または牧草サイレージ	2.9	2.8	2.4	2.5	2.9	2.4	2.6	2.6	NS
トウモロコシサイレージ	6.0	5.9	5.9	6.0	6.0	6.0	5.9	6.0	NS
配合飼料	4.3	5.0	5.2	4.7	4.7	5.0	4.8	4.8	NS
全飼料	13.2	13.7	13.5	13.2	13.6	13.4	13.3	13.4	NS
同上日本飼養標準比 (%)									
乾乳期	101	100	102	99	100	100	101	99	NS
泌乳前期	99	95	93	96	97	94	96	95	NS

注) 1. H: 乾草, GS: 牧草サイレージ, SBM: 尿素無配合飼料, U: 尿素配合飼料を示す。

2. 異なる肩文字を持つ数値間に有意差 ($P < 0.05$) あり。

NS: $P > 0.05$ 。

Nの摂取量および充足率において各処理区間に有意差は認められなかった。また、これらの項目において交互作用は認められなかった。

乳量、乳組成および体重を表39に、4%FCM量の推移を図8-1、8-2に、体重の推移を図9-1、9-2に示した。乳量、乳組成、体重および日体重変化において各処理区間に有意差は認められなかった。また、これらの項目において交

互作用は認められなかった。H区はGS区に比べて泌乳の持続性において劣る傾向がみられたが、これにはH区において乳房炎の発症が多いことが影響していると考えられた。このことは、粗飼料構成がH区と同じである同一飼養期の乳量の推移からも推察された。また、U区とSBM区の成績はFOLDAGER and HUBER³⁰⁾、KWANら⁷⁹⁾およびMURDOCK and HODGSON⁹³⁾の泌乳前期におい

て尿素を利用した場合と尿素を利用していない場合とにおいて3.5%FCM量あるいはSCM量並びに乳組成において差異がないとする報告と一致した。WOHLT and CLARK¹⁴²⁾は4%FCM量は全飼料中のCP含量が11~12%では尿素を利用した場合と尿素を利用しない場合との間に差異はないが、13.5~14.5%では尿素を利用した場合に少ない傾向があることを認めている。本試験における全飼料中のCP含量はこれらの中間に位置していた。

分娩前から連続して試験を実施した12頭の疾病の発生状況および繁殖成績を表40, 41に示した。血乳症がH-U区に2頭認められたが、尿素的給与により血乳症が発症したとする報告はみられないようであり、その原因については明らかでない。H-U区およびGS-SBM区で疾病の発生が多い

傾向が認められたが飼料に起因すると考えられる疾病は少なく、いずれも治癒しており、第四胃変位、ケトosis、起立不能症および胎盤停滞など分娩前後に発症する疾病は認められなかった。各処理区において生殖器病の発症は認められず、供試牛全頭が受胎した。この結果はトウモロコシサイレージに対する牧草サイレージの併給は乾草の併給と繁殖性において差異がなく^{10, 35)}、また、尿素的給与は繁殖性に悪影響を及ぼさないとする既往の報告^{52, 123, 142)}と一致した。

以上、泌乳前期のトウモロコシサイレージを基本飼料とする飼養において、牧草サイレージは乾草の代わりに用いることが可能であり、尿素配合飼料は尿素無配合の対照飼料と同等の産乳価値のあることが認められた。

表39 乳量、乳組成および体重(試験Ⅱ-2-5)

	H		GS		粗飼料		濃厚飼料		交互作用
	SBM	U	SBM	U	H	GS	SBM	U	
乳量 (kg/日)									
実乳量	28.6	30.1	30.6	27.9	29.4	29.3	29.8	28.8	NS
4%FCM量	26.1	29.3	29.4	27.8	27.7	28.6	28.0	28.5	NS
乳組成 (%)									
全固形分	12.09	12.35	12.43	12.71	12.22	12.57	12.29	12.56	NS
脂肪	3.47	3.83	3.75	3.99	3.65	3.87	3.63	3.92	NS
S N F	8.62	8.52	8.68	8.72	8.57	8.70	8.66	8.64	NS
蛋白質	3.18	3.21	3.22	3.38	3.20	3.30	3.20	3.32	NS
体重 (kg)									
分娩前5週目	678	718	709	700	698	705	696	708	NS
分娩前	721	754	743	738	738	740	734	745	NS
分娩後	638	676	688	653	657	670	667	663	NS
分娩後1週目	642	682	673	647	662	660	660	662	NS
分娩後16週目	647	653	661	647	650	654	655	649	NS
体重変化 (kg/日)									
乾乳期	1.15	1.01	1.03	1.04	1.08	1.03	1.09	1.02	NS
泌乳前期	0.05	-0.28	-0.12	0	-0.12	-0.06	-0.04	-0.12	NS

注) 1. H: 乾草, GS: 牧草サイレージ, SBM: 尿素無配合飼料, U: 尿素配合飼料を示す。

2. NS: $P > 0.05$ 。

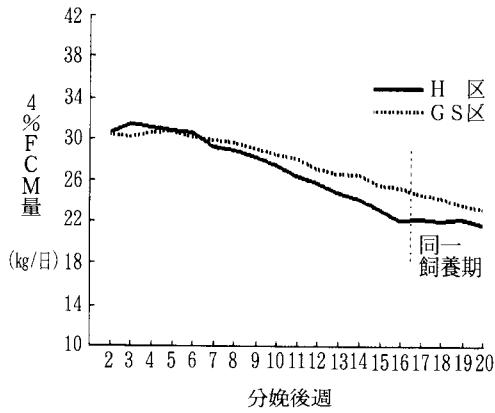


図 8 - 1 4% FCM量の推移 (試験Ⅱ-2-5)

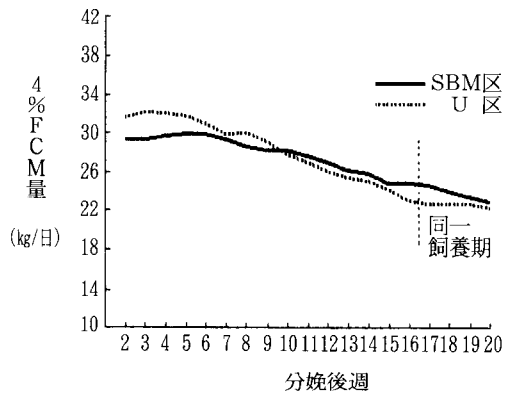


図 8 - 2 4% FCM量の推移 (試験Ⅱ-2-5)

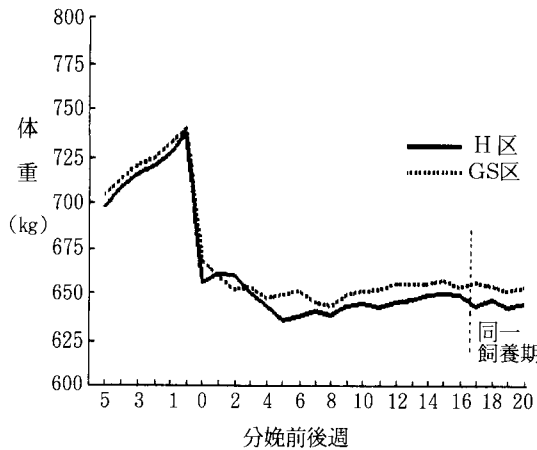


図 9 - 1 体重の推移 (試験Ⅱ-2-5)

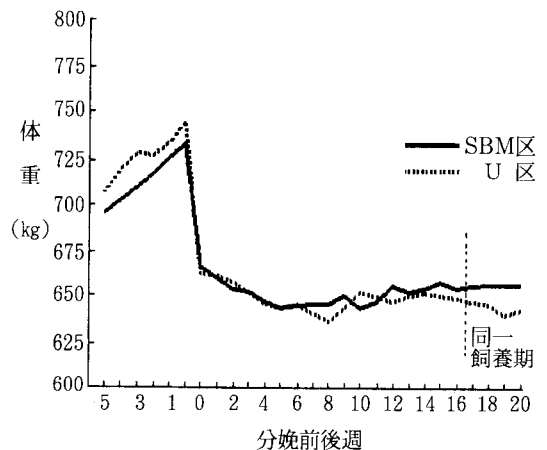


図 9 - 2 体重の推移 (試験Ⅱ-2-5)

表40 疾病の発症状況 (試験Ⅱ-2-5)

	H		GS		粗飼料		濃厚飼料	
	SBM	U	SBM	U	H	GS	SBM	U
供試頭数	3	3	3	3	6	6	6	6
疾病発症件数								
分娩前	0	0	0	0	0	0	0	0
分娩後								
乳房炎	1	2	1	0	3	1	2	2
食滞・食欲不振	0	1	2	0	1	2	2	1
血乳症	0	2	0	0	2	0	0	2
飛節軟腫・化膿	0	1	1	0	1	1	1	1
感冒	0	1	0	0	1	0	0	1
乳頭狭窄	0	1	0	0	1	0	0	1
合計	1	8	4	0	9	4	5	8

注) 1. H : 乾草, GS : 牧草サイレージ, SBM : 尿素無配合飼料, U : 尿素配合飼料を示す。

表41 繁殖成績（試験Ⅱ-2-5）

	H		GS		粗飼料		濃厚飼料	
	SBM	U	SBM	U	H	GS	SBM	U
供試頭数	3	3	3	3	6	6	6	6
分娩後初発情までの日数	47±12	86±23	62±25	60±28	67±27	61±18	54±19	73±23
分娩後妊娠までの日数	118±109	101±45	101±24	67±28	110±76	84±30	110±72	84±38
受胎に必要とした授精回数	1.7	1.3	1.3	1.3	1.5	1.3	1.5	1.3
試験期間に生殖器病で治療した頭数	0	0	0	0	0	0	0	0

注) 1. H: 乾草, GS: 牧草サイレージ, SBM: 尿素無配合飼料, U: 尿素配合飼料を示す。

小 括

北海道の畑作酪農地帯において主要な粗飼料である乾草とトウモロコシサイレージの給与比率の影響について、乾乳期および泌乳期において検討した。乾乳期におけるトウモロコシサイレージの単用給与は乾乳末期における乾物摂取量の低下、泌乳初期における乾物摂取量および乳量の緩慢な上昇、分娩直後の血清カルシウム濃度の低下などから望ましくなく、乾草の単用給与がこれらの点および4%FCM量からみて最も望ましいと考えられた。

一方、泌乳期では乾草に対するトウモロコシサイレージの給与比率が高くなるにつれて乾物およびTDNの摂取量、4%FCM量が増加し乳成分も向上する傾向が認められた。そこで、トウモロコシサイレージを基本飼料とし、養分摂取量および乳量を高めるために各種粗飼料の併給効果について検討した。その結果、併給粗飼料として一般的に利用されている乾草の代わりに牧草サイレージを用いることができることが認められた。また、

併給牧草サイレージでは早刈が遅刈に比べて粗飼料からのDCPとTDNの摂取量、4%FCM量および乳組成において優っており、窒素施肥量が乳生産に及ぼす影響は認められなかった。さらに、マメ科牧草サイレージの併給効果について検討した結果、飼料成分、乾物、DCPおよびTDNの摂取量、乳量、乳組成などから総合的に判断してアルファルファ主体1番草が最も優っており、次いでアカクローバ主体1番草、チモシー1番草の順であり、アカクローバ主体2番草はこれらより劣ると考えられた。牧草サイレージは乾草に比べて調製において気象条件による制約が少ないために早刈～適期刈がより可能であり、マメ科牧草が混入していても調製が容易である。以上から、泌乳期にはトウモロコシサイレージを基本飼料としマメ科牧草のよく混入した早刈～適期刈の牧草サイレージを併給することが望ましいと考えられた。

また、トウモロコシサイレージを基本飼料とする飼養において尿素配合飼料は尿素無配合の対照飼料と同等の産乳価値のあることが認められた。