

乳牛の暑熱対策

畜舎環境の整備と飼料給与の改善

農水省九州農業試験場 畜産部環境生理研究室

室長 塩谷 繁

はじめに

乳牛の適温域は4～24℃といわれ、24℃を超えると生理的な影響が現れはじめます。暑熱の影響は高泌乳牛になるほど受けやすく、乳量や乳成分が大きく低下します。したがって、高泌乳化と地球温暖化が進む今日では、冷涼な地域においても夏季の暑熱が問題になってきました。そこで、これから本格的な夏を迎えるにあたり、暑熱対策の基本となる畜舎環境と、飼料給与の改善方向について述べるとともに、この時期の配合飼料として最適と考えられる、トウモロコシの特性と効果的な利用法について紹介します。

1 暑熱と乳牛の生理

乳牛は環境温度の変化に対し、体内で発生する熱と対外へ放出する熱のバランスをとって、一定の体温に保持しています。これを体温の恒常性といい、呼吸や心拍などの生理的な変化によって保たれています。牛体で発生する熱は、飼料がルーメン内で発酵したり、消化吸収される過程で酸化されることにより生じます。乳量30kgの泌乳牛の

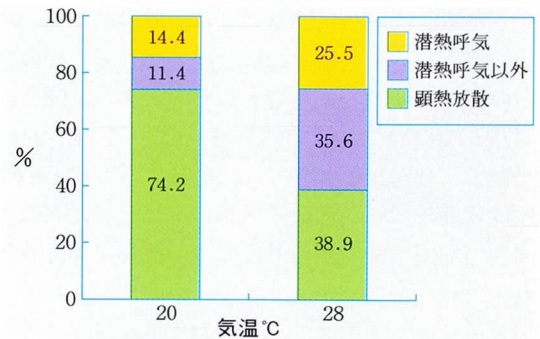
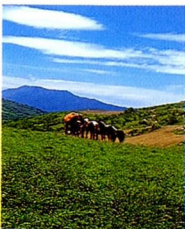


図1 環境温度と熱放散の割合

発熱量は、およそ1.4kWの電熱器1台分に相当します。体内で生産された熱は、2種類の径路により体外に放出されます。その1つは、主に体表面から伝導、対流により発散されるもので顕熱放散と呼ばれます。他方は、呼吸や汗の中の水分の蒸発により放出される熱で、潜熱放散と呼ばれます。図1は、20℃と28℃における顕熱放散と潜熱放散の割合を示しています。顕熱放散は、牛の体表面積、あるいは体温と気温の差によってほぼ決まってしまうため、動物側で調節できる量は限られています。20℃では、3/4を顕熱で放散できますが、気温が上昇すると、体温と気温の温度差が少なく

牧草と園芸・平成10年(1998)7月号 目次 第46巻第7号(通巻545号)



軽種馬の放牧風景
(岩手県遠野市)

□二条オオムギ新品種「ワセドリ2条」	表②
■乳牛の暑熱対策・畜舎環境の整備と飼料給与の改善	塩谷 繁…1
□暖地におけるサイレージ調製の留意点	北村 亨…6
□夏播き年内収穫利用向・ムギ類の品種特性と栽培のポイント	八谷 寿…9
□雪印種苗育成・イタリアンライグラスの特性と利用法	近藤 聡…13
□北海道向・緑肥作物一覧表	表③
□新酵素入り「アクレモ」・スノーラクト-L乳酸菌	表④

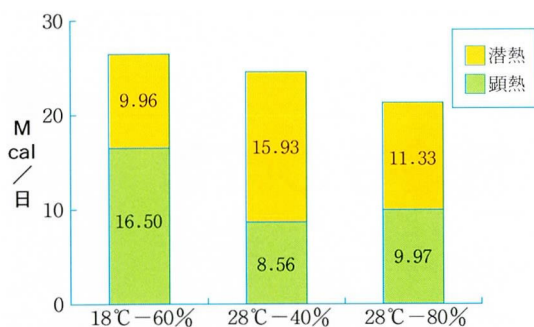


図2 熱放散に及ぼす気温及び湿度の影響

なるため、28°Cでは顕熱による放散量が40%弱にまで低下します。対照的に、潜熱は発汗や呼吸数の増加により放散量が増大します。また、図2に湿度の影響について示しました。高温・低湿(28°C-40%)の条件では、潜熱により18°Cの時とほぼ同量の熱が放散できます。しかし、高温・高湿(28°C-80%)の条件では、潜熱による放散も十分に行えません。それで、その代償として、採食量を減らすことで、熱の発生量を減少させることになります。採食量が少なくなるので、結果的に乳量が減少してしまいます。

同じ高温条件下でも、夜間に涼しくなる条件では、乳牛のストレスが少ないといわれています。図3は、気温32°C・湿度50%から気温24°C・湿度70%に毎日変化する条件で、乳牛を飼養した場合の熱発生量と潜熱放散量を示しています。高温期は主に潜熱によって、また、低温期は、主に顕熱(熱発生量-潜熱放散量)によって熱の放散が行われます。熱発生量のグラフで、増加している部分は、主に採食や佇立などの筋肉活動によって増加した熱で、通常は横臥している夜間の低温期にも佇立して、外気と触れる表面積を増やす行動が観察されます。採食により多くの熱が発生しますが、夜間に採食すると、効率よく熱を放散できます。その結果、変温環境では恒温環境に比べ、乾物摂取量、乳成分が高くなる傾向がみられました。以上のことから、夏季には夜間の気温についても十分に低下させ、低温になる時間帯を増やすことが、重要であるといえます。

表1は、乳生産に対する風と放射熱の影響について示しています。風は、顕熱と潜熱の両方の放散を促進し、扇風機の弱～中に相当する2.2m/sec

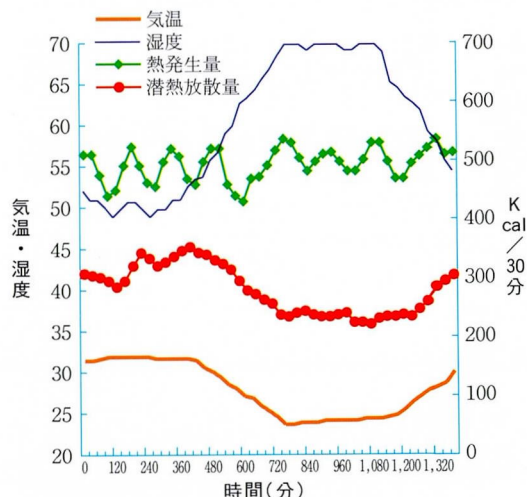


図3 変温環境下における熱発生量と潜熱放散量

表1 乳量に及ぼす気温、風速及び放射熱の影響

温度(°C)	風速(m/sec)			放射熱(cal/cm ² ・min)		
	0.18	2.24	4.02	0.19	0.42	0.60
適温	100	100	100	100	100	100
21	—	—	—	100	93	90
27	85	95	95	92	77	69
35	63	79	79	—	—	—

の風により、気温35°Cにおける乳量の低下を、無風時の37%から21%に抑えられます。逆に、放射熱は高温の影響を増強します。気温27°Cにおける乳量の比較では、断熱材を施した場合に相当する、0.2cal/cm²・minの放射熱の負荷で、8%の低下であったものが、夏季日中の焼け付いた屋根の裏面からの放射熱に相当する、0.6cal/cm²・minの負荷では約4倍の31%も乳量が低下します。

2 畜舎環境の整備

1) 熱源を減らす

畜舎に入り込む最大の熱は太陽光です。これを遮断するには、夏季に最も日射量の多い西日を避ける、畜舎の配置が重要ですが、既設の畜舎ではのきの延長、よしず、カーテン、ブラインド、庇陰樹等の利用による、日除けの必要があります。第2に、太陽光を浴びて加熱された屋根や、壁からの放射熱を少なくします。そのためには、日射呼吸率の小さい建材を使用して、効率よく太陽光をはね返したり、屋根に散水を行い、屋根面の温度上昇を抑えるなどの方法があります。さらに、

断熱材を設置することで、断熱の遮断効果が高まります。第3に、牛体や牛ふんも畜舎内の熱源となることから、夏場は飼養密度を少なくし、除ふんをこまめに行う必要があります。特に、夜間の涼しさが有効なので、夜間に半数の牛を畜舎外に出して、畜舎内を十分に冷やす方法なども有効です。

2) 気温を下げる

畜舎全体を冷房することは、コスト的に無理ですが、最も低コストな方法として、畜舎に入り込む風の温度を下げる方法があります。風の流入口の前方に庇陰林等を設置して、比較的面積の広い日陰を作り、畜舎に入る風を冷却します。

3) 湿度を下げる

高温環境下では、潜熱放散の役割が大きくなることから、畜舎内の水分を出来るだけ取り除く必要があります。畜舎内に出る水分として多いのはふん尿であり、特に湿度が上昇する夜間には、これの除去が必要です。水分の除去に最も効果があるのは乾いた風であり、水分除去の観点からも、畜舎への風の導入を促進する方策が必要です。

4) 体温を下げる

施設面とは異なりますが、暑熱のストレスを軽減する方法として、体温を低下させるのが有効です。冷水を体表面にかけることで、体温が1～2℃下がります。イスラエルのような乾燥地域では、有効な方法として普及していますが、日本のように湿潤な地域では、水処理の問題等がなかなか実行しにくい面があります。そこで、九州地域の酪農家で工夫されているのが、送風機の前に細霧用のノズルを4個程度設置し、間欠的に噴霧する方法です。こうすることにより牛床を濡らさず、牛体に十分な水を浴びせることが可能となります。また、バルククーラーの廃用利用等により、飲用水や噴霧用の水の温度を下げる方法も、有効と考えられます。

3 飼料給与の改善

1) 夏季に求められる飼料の特性

高温時には、呼吸数や血流量の増加に伴い、維持に要する代謝エネルギーの要求量が、約10%増加します。エネルギーが不足すると、乳成分のうち無脂固形分やたんぱく質率が減少します。また、

表2 配合飼料のエネルギー含量の違いが夏季の泌乳成績に及ぼす影響

	H飼料区	L飼料区
体重 (kg)	622	629
摂取量 (原物、kg)		
乾草 ¹⁾	6.26	5.82
配合 ²⁾	14.79	16.32*
合計	21.05	22.14
乳量 (kg)	33.89	32.00*
乳脂率 (%)	3.49	3.37
乳たんぱく率 (%)	2.86	2.80
S N F 率 (%)	8.53	8.52
熱発生量 (MJ/日)	112.6	114.7
体温 (°C)	39.21	39.47
呼吸数 (回/分)	53.6	59.5**
横臥時間 (分/日)	621	568

1) パヒアグラス

2) H及びL飼料区の配合飼料組成は、それぞれトウモロコシ50.0、46.4、ビートパルプ16.9、15.4、大豆粕12.0、11.6、魚粉6.0、0、大豆皮6.6、6.3、アルファルファミール0、19.1、縮実4.0、0、脂肪酸カルシウム3.3、0、ビタミン・ミネラル類1.2%、1.2%。

ミネラルなど他の養分要求量も増加します。そこで、採食量が減少する暑熱期には、増加した養分要求量を満たすために、養分含量が高く、利用効率の高い飼料が必要となります。さらに、食欲の低下を考慮すると、嗜好性の良い飼料が必要となります。

次に、ルーメンの恒常性を維持する観点からは、ルーメンにおける分解、発酵の速度が重要となります。ルーメンは、いつも一定の発酵をしているのではなく、採食された飼料の種類や唾液の流入などにより変化します。ルーメン内の最適pHは、6.0～7.0ですが、分解の速い濃厚飼料を給与すると、1～2時間でpHが5.6くらいまで低下してしまいます。pHが低下すると繊維の消化を悪くし、乳脂肪の原料となる酢酸や酪酸の生成が抑えられ、逆にプロピオン酸が増加して、乳脂率の低下を引き起こします。夏季に飼料の給与順序に注意したり、給与回数を増やすのはこのためです。したがって、この時期にはルーメンにおいて、ゆっくり発酵する飼料が有効と考えられます。以上の点から、夏季の飼料に求められる条件を整理すると、①嗜好性が良く、②養分含量が高く、③消化速度が適度で、④安価であることが必要となります。

2) 高エネルギー飼料の利用

表2は、夏季の配合飼料としての高栄養飼料の有効性について示しています。日本飼養標準によ

るTDN要求量の約75%に相当する配合飼料を2種類（TDN含量78%：H飼料区と72%：L飼料区）給与し、残りをバヒアグラス乾草の飽食とし、その泌乳成績を比較しました。H飼料区では、配合飼料の摂取量が少なくても、十分なエネルギーを摂取することが可能で、その分L飼料区よりも、多くの粗飼料を摂取することができたと考えられます。また、合計の摂取量がH飼料区で少なかったことを反映して、H飼料区では粗飼料の摂取量が多いにもかかわらず、熱発生量は少ない傾向にありました。さらに、H飼料区では粗飼料の摂取量が多かったことから、L飼料区に比べ乳成分が高い傾向にありました。以上の結果から分かるように、暑熱期における乳成分の向上には、エネルギー含量の高い配合飼料を利用し、余った胃の容積で十分に粗飼料を採食させることが有効です。

一般に、飼料中のエネルギー含量を高めるために、濃厚飼料の給与量を増やすと、ルーメン内のプロピオン酸が増加し、酢酸の割合が少なくなります。その結果、乳量と無脂固形分率は増加しますが、乳脂率は低下するので、エネルギーの給与量を高める際には、良質な粗飼料を40%以上給与し、乳脂率の低下を抑える必要があります。

3) 非構造化炭水化物の重要性

飼料中のエネルギー含量を高めるために、トウモロコシや大麦などのでんぷん質を多く含んだ穀類が用いられます。こうした飼料中でのんぷんや糖、ペクチンなどは非構造化炭水化物(NSC)と呼ばれ、ルーメン発酵の重要なエネルギー源となります。特にでんぷんはNSCの主要な成分であり、ルーメン内で発酵されて、牛乳生産のエネルギー源となる揮発性脂肪酸(VFA)をつくり出します。ルーメンにおけるでんぷんの発酵が不十分な場合には、微生物の生産が阻害され、エネルギー不足の原因となりますが、ルーメンにおいて消化されるでんぷんが、多すぎる場合にも問題となります。ルーメンにおいてでんぷんが過剰に発酵すると、pHが低下し乾物摂取量の低下や、アシドーシスを起こします。最近の研究によると、高泌乳牛では大部分のでんぷんが、ルーメンにおける発酵を免れて、下部の消化管において分解、吸収されて利用されることから、飼料中のNSCの含量として、

表3 主な穀類の飼料特性値 (乾物中%)

飼料名	TDN	CP	粗脂肪	でんぷん(分解性)
トウモロコシ	92	10	4.5	72(遅)
マイロ	90	10	3.6	69(遅)
小麦	89	14	2.0	? (速)
大麦	84	12	2.4	56(速)

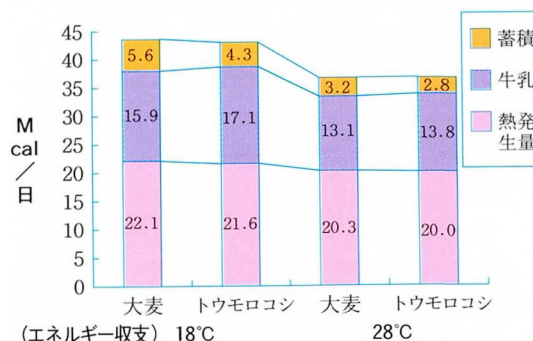
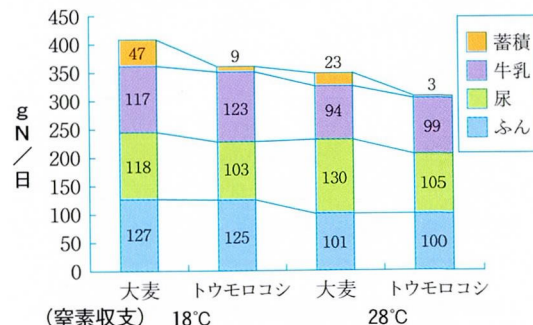


図4 大麦とトウモロコシの産乳効果比較

25~30%が適当だと考えられています。また、穀類の種類や加工方法が乳脂率に影響し、ルーメンで急速に発酵される穀類ほど酢酸の生成割合が低下し、プロピオン酸が多くなるので乳脂率が低くなります。逆に分解の遅い穀類では、乳脂率の低下が少なくなります。したがって、高泌乳牛において、ルーメンの恒常性を維持するためには、ルーメンにおいて微生物の栄養となるでんぷん含量が高く、分解速度が遅いでんぷんが好ましいと言えます。

4) トウモロコシの特徴

表3に、主な穀類の飼料特性を示しました。トウモロコシはでんぷん含量が70%以上で、しかも、小麦や大麦に比べてルーメンにおけるでんぷんの分解が遅いことから、ルーメンの恒常性を維持するための条件を備えた、優れた飼料といえます。また、穀類の中では、比較的粗飼料が多いことから

TDN含量が極めて高く、夏季の高泌乳牛のように多くのエネルギーを必要とする動物にとって重要な飼料です。また、βカロチン含量も高く、繁殖性の改善効果が期待されます。ただし繊維、たんぱく質、ならびにカルシウム含量が少ないことから、これらを補給する飼料との組み合わせが必要となります。

図4は、夏季の産乳飼料としての効果を、トウモロコシと大麦で比較したものです。この試験は大麦、またはトウモロコシを30～35%含む配合飼料を、TDN要求量の80%を給与し、粗飼料としてバヒアグラスを自由採食させて行いました。気温は18℃、または28℃の環境で飼養し、この時のエネルギーや窒素の収支について比較しました。上の図で分かるように、トウモロコシでは、摂取した窒素のうち牛乳に移行する割合は、気温に関係なくほぼ1/3でしたが、大麦ではその割合が低く、特に高温時で、尿に排せつされる窒素の割合が増加しています。また、暑熱時には熱の発生を少なくすることが重要ですが、下の図からはトウモロコシの方が熱発生量が少なく、その分多くの牛乳を生産できることが分かります。高泌乳牛に大麦を給与すると、トウモロコシを給与した場合に比べて、ルーメン内で分解されるでんぷんの量が多くなり、乳量が減少するという報告もあります。夏場や高泌乳牛の飼養では、でんぷんの消化速度を適度にするのが重要だと言えます。

5) たんぱく質飼料とその分解速度

トウモロコシと相性のよいたんぱく質飼料について考えてみましょう。たんぱく質は脂肪や炭水化物と比較して、代謝の過程で発生する熱量が大きく、たんぱく質の過給は暑熱のストレスを増強します。特に過剰のたんぱく質がルーメン内で分解されると、大量のアンモニアが生成され、その排せつに余計なエネルギーを必要とすることから、たんぱく質についても、ルーメンにおける分解率に配慮する必要があります。高泌乳時における非分解性たんぱく質の給与割合は、40%程度が望ましいといわれ、非分解性たんぱく質を多く含む飼料として、加熱大豆、コーングルテンミール、魚粉、血粉などが知られています。中でも魚粉には、牛乳生産で不足しがちなメチオニンや、リ

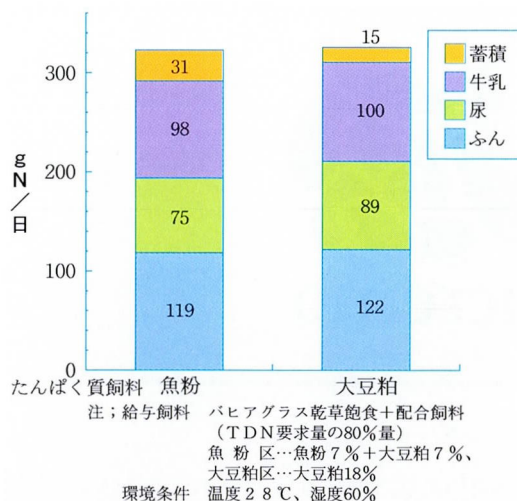


図5 窒素の排出パターンに及ぼすたんぱく質飼料の影響

ジンなどの必須アミノ酸が多く含まれていることから、トウモロコシに組み合わせる飼料として、魚粉の有効性について検討してみました。試験は、トウモロコシ主体の配合飼料中のたんぱく質給源として、大豆粕を18%加えた飼料と、大豆粕と魚粉をそれぞれ7%ずつ加えた飼料を比較しました。図5に示すように、トウモロコシ主体の配合飼料に、大豆粕だけをたんぱく質給源として組み合わせると、ふんや尿に排出される窒素の割合が増加し、魚粉と比べると無駄に排せつされていることが分かります。でんぷんを主体としたNSCやたんぱく質は、ともにルーメン微生物の養分となるように、ルーメン内で適度に分解される必要があります。しかし、その分解速度や、ルーメン内の滞留時間は、同程度の速度で進むことが、養分を無駄なく利用する上で重要です。

おわりに

乳牛の暑熱対策は、畜舎環境の整備、飼料給与の改善、暑熱に強い牛を育てることの3本柱が揃って、初めて機能するものです。また、それぞれの柱についても、これ一つで万全という解決策はあり得ません。ですから、各農家の実状に合わせて採用できる方法から、順次取り組んでいく姿勢が重要です。できることを確実に行うことが、乳牛の暑熱対策の基本といえるでしょう。