

カリブーンスタイロは外見上タウンビルスタイロによく似ているが、短年性で、茎に剛毛がなくなめらかで、1つの花房から2つの花を生じ、上部の莢は3～5mmのフックを持っているが、下部の莢はフックがないこと等により容易にタウンビルスタイロと区別できる。土壤適応性は広く、耐乾性はタウンビルスタイロより強い。年雨量500～1,270mmの地域に適するが、タウンビルスタイロの適地より乾燥し気温が高い地域でこの品種の特長が表われる。混播イネ科牧草との競合力も、一旦定着したならばタウンビルスタイロよりも強い。開花期はタウンビルスタイロの早生種、中生種より65～75日遅いが、開花は生長が止まった後まで継続する。霜にありと地上部は死んでしまう。kg当たり種子量は莢付きで271,600粒、莢なしで450,000粒である。

播種はタウンビルスタイロと同様に不耕起播き、耕起播きの両方ができる。播種する前に約5倍の増量剤（オガクズ、過磷酸石灰）に混ぜ込む。播種量はha当たり1～4kgだが、早急に良好な草地にするためにはha当たり2kg以上播種する必要がある。経費を節約するため等高線上に帯状に播種することもある。採草地造成の場合は播種量はha当たり5kg以上とし、200kgの過磷酸石灰を投入する。採草地では4～5年毎に自然落下更新を行う必要がある。根粒は市販されているカウピータイプの根粒菌で容易に着生する。混播イネ科牧草としてはサビグラスが良い。

23. シュラッピースタイロ

学名：Stylosanthes scabra Vog.

外国名：豪-Shrubby stylo

原産地はブラジル東部の乾燥地帯である。永年性の灌木マメ科牧草で、広い土壤適応性を持っているが、やせた砂質土を好む。土壤中の高いアルミニウムにもよく耐え、リン酸の吸収力が強い。葉は飼料価値が高く、乾期でも生育を続ける。細茎は葉より飼料価値は落ちるが、乾期には家畜に採食される。粗剛になった茎は家畜に採食されない。草地管理は非常に容易である。火入れに対する耐性は強く、スタイロのように容易に死なない。草丈が高いため他の草との日光の競合に負けることは無い。放牧を弱めても、ルキーナのように家畜の採食範囲以上に草丈が高くなることも無い。嗜好性があまり良くないために、他の草が生育する雨期にはあまり採食されなくて、乾期の飼料不足時によく採食され高蛋白飼料を供給する。この点は、家畜生産におけるシュラッピースタイロの特長である。

播種は地表に散播するか、ドリルで1cmの浅播きにする。根粒菌はカウピー型である。初期生育は遅いが、一旦造成されたら不良環境に良く耐える。オーストラリアでは次の2品種が登録されている。

(1) Seca (セカ)

1965年に、ブラジル北東部からオーストラリアに導入されたものである。草丈は2 m以下で木質化した灌木のようである。葉は小さな小葉3枚から成り、青緑色を呈し、若い茎は赤色で、短い毛に覆れ、少しベタつく。花は淡黄色で小さく、2種類の種子を着ける。上方の種子の莢は、非常に短く、1.5mmの曲がったフックを持っているが、下方の種子の莢はフックを持たない。

「Seca」はポルトガル語で「乾燥」という意味であるが、名前の通り耐乾性は強く、乾期になっても葉を生産する。このため乾期の蛋白供給源となり、家畜の増体重の減少を食い止める。降雨が5ヶ月間無い場合でも緑色の葉を保持できる。この品種は、乾期と雨期がはっきりしている熱帯に適し、適雨量は600～1,600mmと考えられる。降霜地帯や平均気温が低い地域には不適である。Anthracnoseにも耐性がある。

(2) Fitzroy (フィノロイ)

ブラジルのバイヤ州からオーストラリアに導入されたもので、cv. セカに比べて密なブッシュを作り、葉の割合が多く、葉色は緑が淡く、葉幅が狭い。スタイロ属の仲間では耐寒、耐霜性が強い。cv. カセより開花期が早いので、生育適期が短い地域に適している。Anthracnoseに弱いという欠点を持つが、Anthracnoseは多湿条件で被害が広がるのに対し、cv. フィノロイは年雨量1,000mm以下の乾燥条件に適するので重大な問題とはならない。

24. シロクローバ

学名：Trifolium repens L.

外国名：豪、米、英、加-White clover, 仏-Trefle blanc

和名及び日本における分布地：しろつめくさ、シロクローバ(日本全土)

ホワイトクローバは日本で最も一般的なマメ科牧草であるので、ここでは亜熱帯、熱帯地方における利用、管理等について述べる。

ホワイトクローバの利用地域は春と秋に雨量が多く、かつ冷涼な気候となる亜熱帯地方、または高標高の熱帯、亜熱帯地方に限定され、特にこれらの地域における灌漑草地には最適である。混播イネ科牧草は灌漑地域ではダリスグラス、キクユグラスが適し、砂質のやせ地ではパンゴラグラスとよく適合する。生長のピークは春期で、秋にも小さなピークがある。ホワイトクローバは同伴イネ科牧草に圧倒されがちなので晩夏に掃除刈りし、秋と冬の生長を促進する。晩夏のカリと磷酸の施肥によく反応する。耐霜性が強いので、土壌水分が十分あれば冬の生長は良い。土壌適応性は砂土から排水良好な重粘土まで幅広くあり、やせ地でも良く生育するが酸性土での生育は悪い。重放牧によく耐え、嗜好性はどの家畜にも良く、高蛋白飼料を供給する。亜熱帯及び熱帯では高温と乾期の水分不足により、自然落下種子か

らの実生の生存率及び定着した株の生存率が低いので、重放牧しても日本のようにシロクロ
ーバ優占草地となることはまれである。

播種は秋または春に、ha当たり 2.2~3.3kg の種子を丁寧に造成した播種床へ過磷酸石灰と
ともに浅播きする。根粒菌は必ず接種する。更新は秋にディスクハローをかけ、ha当たり
1.1~2.2kg 播く。

オーストラリアの熱帯、亜熱帯では主として次の品種が用いられている。

(1) Irrigation (イリゲーション)

ビクトリア州北部の灌漑草地の生態種であり、生育習性は Grasslands Huia に似てい
るが葉が少し大きく、いく分ほふく性が強い。灌漑条件下の温暖な気候に適している。

(2) Ladino Gigante Lodigiano (ラジノギガンテロディギアノ)

他の品種に比較して栄養器官が大きく、ほふく茎は大きく、葉も大きく、草丈も高く直立
型である。cv. イリゲーションよりも夏が短い地域に適する。種子生産量は少ないので草
地は落下種子よりもストロンの伸長で草地の密度を維持していく必要がある。ラジノクロ
ーバと呼ばれている。

(3) Louisiana S1 (ルイジアナ S1)

ルイジアナホワイトクローバの選抜個体間の合成品種である。選抜は耐暑、耐乾性を目
標に行なわれた。生育習性はラジノクローバと同様であるが、ラジノクローバより全体的
に繊細であり、形態的には cv. グラスランドフウィアに似ている。オーストラリアでは冬期の
気温が温暖で、夏の期間が短いなら、初期生育が早くなり、開花も早くなり、冬期の生草
生産量も他の品種より多くなる。夏の乾燥にも強く、1年中種子を結実させる。多雨もし
くは灌漑条件下の亜熱帯では最も優れた品種である。

(4) Haifa (ハイファ)

イスラエルから導入した種子をオーストラリアで選抜した。cv. ハイファはラジノに似てい
るが、よりほふく性が強く、密な草地を作る。小葉は丸く、明るい色をしており、白い三
ヶ月型の葉斑により他の品種と容易に区別できる。cv. ハイファは耐暑性、永続性、生産性、
種子生産能力において亜熱帯の環境に非常に適している。このような特長を持っているの
で小雨のやせ地に適している。冬期の生草量も多く、適当な水分があるならば1年中良好
な生育を示す。しかし夏の生草生産量はラジノクローバより幾分少ない。

25 グレイターロタス

学名: *Lotus uliginosus* Sebkuhr

外国名: 藜 - Greater lotus

永年性で草丈が高く、多雨地帯の排水不良地の先駆飼料作物として作られる。冬から春に

かけて生育する。

26. バタフライピー

学名：Clitoria ternatea L.

外国名：豪- Butterfly pea, スーダン-Kondofan pea, パナマ-Campanilla,
プエルトリコ-Papito, フィリピン-Pokindang

和名及び日本における分布地：チョウマメ(沖縄)

南米の原産で観賞用として栽培されている。葉は5～7枚の小葉から成り、花色は深青色で、白色もある。莢は扁平で、長さ10cm、わずかに軟毛がある。夏期生育の蔓性の永年草で、耐霜性は弱い。年雨量400mm以上の地域に適し、年雨量1,500mmの地帯で最高の成績を示す。耐乾性はかなり強いが停滞水に対する耐性は無い。土壌適応性は広く、耐塩性もかなりあり、高pH条件下でも生育できる。

春から真夏にかけてよく耕起整地した播種床へ、ha当たり1～3kgの種子を15～4cmの深さに播く。硬実率は20%以下で、休眠打破は、比重1.8の濃硫酸に20分浸漬するか、12分間水に浸した後、-15℃で12時間冷凍する。ギニアグラスやネピアグラスとよく適合し、スーダングラスとも混播される。自家稔性で染色体数は $2n=16$ である。

乾物収量は、土壌水分量によって異なり、年間ha当たりの乾物収量は灌漑した場合134t得られたが、無灌漑の場合はわずかに1tであった。粗蛋白含量は乾物の105～255%であった。バラグラスとの混播草地における放牧試験では、1日当たり増体重は068kgが得られた。嗜好性は良く、耐乾性も強い。

27. ビジョンピー

学名：Cajanus cajan (L.) Millsp

外国名：豪-Pigeon pea

和名及び日本における分布地：キマメ(沖縄)

短年性の灌木マメ科飼料作物で、過去に肥料作物、青刈作物として栽培され、種子は食用となる。莖は直立し、粗剛で、葉は3枚の小葉から成り、花は黄色～黄褐色である。生育特性は系統によって変化が大きく、ある系統は、機械収穫が可能のように12mの高さで横に広がるように選抜されている。深根性のため耐乾性は強いが、耐霜性、停滞水に対する耐性は弱い。

春から夏にかけて、畦間12mに条播し、その後、条間にイネ科牧草を追播する。放牧開始は、十分に草が生長した後にする。ビジョンピーの家畜生産力は高く、放牧した場合の1日当たり増体重は0.7から1.3kgに達する。ハワイやフィジーでは牧草地用草種として使用され良い

成績を収めている。種子の蛋白含量が高いので、冬から春にかけての補助飼料として使うこともできる。

28. メディック (Annual Medic)

メディックは1年性のMedicago 属の総称であり、亜熱帯、熱帯では、秋に発芽し、冬から春にかけて生長し、初夏に結実し、枯死する。メディックは毎年結実するので一度播種すると、年々、牧区内の播種していない所へ拡がっていく。メディックの草地における役割は、①冬期間の放牧家畜へ蛋白質飼料を供給する。②窒素を固定することにより土壌肥沃度を高め、イネ科牧草の生長を助長することにより、牧養力を高める。③植物体が枯死した後、短期間は家畜が採食でき、莢は長期間めん羊の飼料とすることができるため、旱魃時の非常飼料として利用できる。④耐乾性が強く、群生するので土壌保全用草種として使われる。等である。一方、メディックは①生産量は冬の雨量に左右され年変動が大きい。②夏期生育草との競合により収量が減少する。③ルーサンと同様に鼓脹症の危険がある。④強酸性土壌では生育が困難である。等の欠点も持っている。メディックは冬期雨量が180mm以上の地域に適し、特に230mm以上の地域で良好な生育を示す。また生育、開花、結実には冷涼な気温が必要なことから、主として強酸性土壌でない亜熱帯地方で使用されている。

(1) 種類と品種

オーストラリアにおいては Barrel medic, Strand medic, Gama medic, Disc medic, Snail medic, Burr medic の5種が重要な1年生Medicago 属である。

ア. バレルメディック

学名: *Medicago truncatula* Gaertn

外国名: 豪 - Barrel medic

(ア) Hannaford (ハナフォード) 又は South Australian barrel medic (サウスオーストラリアンバレルメディック)

1920年以前に South Australia 州に帰化していた個体から選抜された。草性はほふく性に近く、小葉は表裏とも有毛であり、葉斑は無い。莢は、円筒状の4~6層から成り右回転しており、成熟すると固くなり、黒色に変わる。莢は短いまっすぐなとげを持っている。種子はクリーム色がかった白色でkg当たり種子数は300,000粒である。クイーンズランド州南東部では、開花は8~9月である。この品種は、石灰を多量に含んだ弱アルカリ性の土壌を好み、重粘土や排水不良地には不適である。耐塩性は中位である。

(イ) Jemalong (ジャマロング)

この品種は1939年にニューサウスウェールズ州で選抜され、1955年に市販され

た。外観は cv. ハナフォードに類似するが、cv. ハナフォードより立性で顕著な紫色～褐色の葉斑を持つ。この葉斑は生育後期には退色して消滅する。開花は、クイーンズランド州南東部では9月初旬で cv. ハナフォードよりわずかに遅い。

(ウ) Cyprus (サイプロス)

cv. サイプロスは1959年に市販された。cv. ハナフォードと類似した外観を持つが、葉に紫色の葉斑を持つところが異なっている。莢は cv. ジャマロングよりわずかに長く、5～8層から成り、右回転している他は cv. ジャマロングと同様である。

cv. サイプロスの開花は、オーストラリア東部では、cv. ハナフォードより2週間早い。cv. ハナフォードより冬期の成長は早い、成熟が始まった後の雨に対する反応は他のパレルメディックよりも鈍い。種子収量は他のパレルメディックよりも多く、特に春に少雨の場合は多い。広範囲の土壤に適す。

(エ) Cyfield (セフィールド)

この品種は早生、大粒種子、無刺を目標に cv. サイプロスを含む個体群から育種された。1969年に市販されたが、広くは使用されていない。莢は無刺で、有毛の円筒状で、3～5層の左または右回りの層から成る。一莢には6～10個の種子がぎっしりと詰まっている。生産量は cv. サイプロスと同様だが、開花期は cv. サイプロスより西オーストラリア州で2～3週間遅れる。

(オ) Borung (ボラング)

cv. ボラングは1951年にチュニジアから導入され1970年に市販が開始された。赤褐色の葉斑が葉の裏面にある。莢は他のパレルメディックより小さく、扁平であり、2～3.5回転、左回りに巻いており、一莢には4～5個の種子を含む。cv. ボラングは成熟が始まった後の雨にもよく反応し、他の品種より高収量である。開花は cv. ジャマロングと同様である。砂質土や塩類集積土よりも粘土でよく生育する。

(カ) Ghor (ゴーア)

1967年にヨルダンから採集され、1972年に西オーストラリア州で登録された。市販はまだされていない。小葉の表面に黄色の斑点があり、葉縁は鋸葉状である。莢は他の品種より大きく、木質化し、丈夫なとげを持ち、4～6層左回りに回転している。cv. ゴーアの開花は、南オーストラリア州では、cv. サイプロスよりも2～3週間早い、生長期間は cv. サイプロスよりも長い。冬期間の収量は他の品種よりも多い。

(キ) Akbar (アクバー)

cv. アクバーは最近になって登録された品種である。1966年にイスラエルからオーストラリアへ導入された。現在、市販はまだされていない。cv. アクバーは葉斑、

葉縁の形状、莢の形状において cv. ゴーアに類似している。莢は大きく、木質化し、有刺で、4～5層の左回りの層から成る。開花期は cv. サイブロスと cv. ジャマロングの間であり、冬期及び全生育期を通じて莖葉及び莢の高収量性を示す。実生の活力が強いため、翌年度の密度も高く、攻撃力が強く、Burr medic 優占地域にも侵入していく。

イ. ストランドメディック

学名：Medicago littoralis Loisel

外国名：豪 - Strand medic

現在、オーストラリアでは Harbinger (ハービンジャー) 1 品種だけである。cv. ハービンジャーは 1941 年にカリフォルニアから導入されたが、原産地はイランであろう。1959 年に市販が始まった。バレルメディックによく似ているが、小葉は小さく、葉斑は無く、葉色は明るい緑色で、側生葉は円形である。莢も小さく、3～4層の左回りの層から成り、円筒状あるいは円板状を呈し、無刺あるいは小さな刺を持つ。cv. ハービンジャーはバレルメディックと同様の特長を持ち、早熟で、開花期は cv. サイブロスと同様である。冬期の収量は晩性のバレルメディックよりも多く、春の収量も同等である。土壌はバレルメディックが生育できる土壌には生育でき、バレルメディックが生育できない砂質のアルカリ性土壌や弱酸性土でも生育が可能である。排水不良には極端に弱い。

ウ. ガマメディック

学名：Medicago rugosa Desr.

外国名：Gama medica

Paragosa (パラゴサ) が唯一の品種である。これは 1939 年にポルトガルからオーストラリアに導入された個体から派生している。1966 年から市販されている。小葉は葉斑がなく、莢は無刺、偏平で皿状で、はっきりとした放射状のすじがあり、左巻きで、通常 1 莢当たり 2 個の種子が入っている。パラゴサは 5 ヶ月の生長期間があり、重いアルカリ性土壌で最も良い発育を示す。南オーストラリア州では cv. ハナフォードより開花が早い、クイーンズランド州ではメディックスの中では最も晩生種である。硬実割合は、cv. ハナフォードよりも高いが、サブタレニアンクローバより低い。M. rugosa と M. scutellata 以外のメディックスの根粒菌はルーサンと同一の根粒菌を接種するが、この種はルーサンと異なった独自の根粒菌 'CB2273' を接種する必要がある。

エ. ディスクメディック

学名：Medicago tornata (L.) Miller

外国名：豪 - Disc medic

(f) Tornafield (トナフィールド)

この品種は2つの系統から育種され、1969年から種子が市販された。この品種の特長は、8～15の房状の花が長い花柄に着生し、莢は皿状で刺が無く、2～3層の左巻きの層から成り、表面には縦横のすじがある。cv. トナフィールドの開花はcv. サイプロスより2～3週間遅い。砂質の酸性土では他のメディックスよりも良い生育を示し、種子収量はcv. ハービンジャーよりも多い。

(f) Murrayland (マリールンド)

この品種はニューサウスウェールズ州南西部に自生していたものから派生している。1971年に品種登録されたが、種子は市販されていない。cv. トナフィールドと異なる点は、完全なほふく性で、莢は4～5層から成る円筒形で、一つの花柄には4～6花しか着生していない。開花期はトナフィールドより1週間早く、耐乾性は強い。夏期の高温による硬実の打破はかなり早い。

オ. スネイルメディック

学名: *Medicago scutellata* (L.) Miller

外国名: Snail medic

Snail medicは今世紀初頭にオーストラリアへ導入され、唯一の登録品種であるRobinson(ロビンソン)は南オーストラリア州の牧場から収集されたものであり、1977年に品種登録された。

草型は中間型で、葉の表面は無毛で裏面は有毛である。若いステージでは葉に紫色の斑点があるが、開花後は消滅する。葉縁は鋸歯状で、托葉は突出し、鋸歯状で有毛である。小花は1花柄に1～3花生じ、そのうち1～2花が稔実する。花色は黄色である。莢は大きく、直径約12mmあり、球状で名前のとおりカタツムリの殻に似ており、5～8層から成る。種子は黄色～黄褐色である。

cv. ロビンソンは夏期高温乾燥、冬期温暖湿潤の地中海性気候で最も良い生育を示す。土壌は中性からアルカリ性を好む。高雨量で重粘土地帯では硬実率が高く、翌年の実生の数が少なくなることがあるが、小雨地帯(年雨量300～400mm)ではこのようなことはない。cv. ロビンソンの種子収量はメディックス中では最も多い。クイーンズランド州における開花は、4月下旬播種で播種後110日である。日長、春化処理には鈍感である。

カ. バーメディック

学名: *Medicago polymorpha* L.

外国名: 豪-Burr medic, 米-California Bur clover, 英-Hairy medic

和名及び日本における分布地: ウマゴヤン(全国)

オーストラリアでは、Burr medicが野生化している牧草地では他のメディックスに置き換えられている。

(7) Serena (セレナ)

cv. セレナは、莢が無刺の *M. polymorpha*, L. var. *brevispina* (Benth) とチリーガから収集された早生で有刺の *M. polymorpha* L. var. *polymorpha* の交配種から、無刺で早生、種子収量、冬期、春期の生草収量の向上を目標に選抜されたもので、1976年に品種登録された。

草型はほふく性に近く、直射日光があたる茎にはアントシアンが現われる。小葉は表裏とも無毛で、くさび形から円形である、葉斑はほとんど無い。托葉は無毛である。1花柄に3小花が生じ、そのうちの1~2花が稔実する。花は淡黄色で、長さ4mmである。莢は左巻で4~45層から成り、円筒形で無刺である。1莢当たり5個の種子があり、種子は黄褐色を呈す。kg当たりの種子量は270,000粒である。

cv. セレナの開花は、5月播きで播種後70日で、cv. サイブロスより10日、cv. トナフィールドより4週間早い。cv. セレナは、莢に占める種子の重量はバレルメディノクやディスクメディノクよりも大きく、種子収量もcv. サイブロスやcv. ハービンジャーよりも大きい。

(1) Circle Valley (サークルバレー)

西オーストラリアの自生種から選抜され、1976年に品種登録された。

草型は草の密度によりほふく型から立型まで変化する。草が密生している所では草丈は40cmに達する。他の形態的な特徴はcv. セレナと同様である。

cv. サークルバレーの開花はcv. サイブロスより3~4週間遅く、cv. ハナフォードやcv. ジャマロングと同じ時期である。西オーストラリア州では、4月中旬播きが、播種後140日、5月中旬播きが、播種後122日、6月中旬播きが播種後112日で開花した。cv. サークルバレーは初冬の生長が非常に良く、適度な水分と養分があれば、開花は長期間にわたり、多数の花を生じ、その結果大量の種子を生産する(ha当たり1t以上)。

キ. スポティドメディノク

学名: *Medicago arabica* L. Huds.

外国名: 藜 - Spotted medic, 米 - Spotted bur clover

USAでは、青刈飼料作物、緑肥作物として使用されている。この草種は肥沃な酸性土でよく生育し、温暖な冬を好む。莢は有刺で翌年の実生の再生は貧弱である。既にサブクローバ、シロクローバが生育している地域でよく生育する。

ク. カットリーフメディノク

学名: *Medicago laciniata* L. Miller

外国名: 藜 - Cutleat medic

オーストラリアの少雨量地帯の肥沃な土地に自生しているのがよく見られる。イスラエルでは年雨量が50mmの乾燥地帯にも自生している。葉縁は虫に食べられた様になっている。莢は無毛で樽型で曲がった刺を持っている。

ケ. ブラックメディック

学名： *Medicago lupulina* L.

外国名：豪、米、英、加— Black medic, 仏— Minette

和名及び日本における分布地：コメソブウマゴヤシ(全国)

冷涼なヨーロッパ、アジアが原産地のため他のメディックと異なり地中海性気候には不適である。晩生種で、中性からアルカリ性土壌を好む。カナダ、USAでは種子が市販されている。花は直立した花柄に生じ、莢は楕円形で黒色に近く、1莢1種子である。

コ. ウーリーバーメディック

学名： *Medicago minima* (L.) Bartal

外国名：豪— Woolly burr medic

和名及び日本における分布地：コウマゴヤシ(全国)

バーメディックよりやせ地で軽しう土壌に適し、耐乾性も強い。しかし高雨量地帯でも生育可能である。植物体は小さく、白っぽい羊毛状の毛を持っている。バーメディックより生産性は低く、莢は長いなめらかに曲ったとげを持っている。

サ. ボタンメディック

学名： *Medicago orbicularis* (L.) Bartal

外国名：豪— Button medic, 米、加— Button clover

ボタンメディックは大きな偏平で無刺の莢を持っているので容易に識別できる。この種は生育期間が長く晩生種である。

ソ. スモールリーフバーメディック

学名： *Medicago praecox* DC.

外国名：豪— Small leaf burr medic

この草種の外観はバーメディックの葉を小さくしたような感じである。肥沃度が低～中の地帯で生育している。植物体は小さく、競合力が無く、他のメディックの生育周辺地帯で生育しているのをよく見かける。莢は小さく曲ったとげを持っている。

ス. カルバリーメディック

学名： *Medicago intertexta* (L.) Miller

外国名：豪— Calvary Medic

小葉の基部に紫色の葉斑があり (cv. ジャマロンクは小葉の中央部に紫色の葉斑がある), 莢は他のメディックスよりも大きくウニに似ている。種子は黒色である。

(2) 土 壤

メディックは pH6.5~8.5 の中性からアルカリ性の粘土、石灰を多量に含んだ土壌を好む。しかし種、品種により酸性土に適するものもある。表-1 にメディックの種類と生育に適する土壌の関係を示す。メディックは生育に必要な窒素は空中から摂るため、土壌中に大量に存在する必要がある要素は、燐、カリ、硫黄、カルシウムの4要素である。特にメディックは他の熱帯マメ科牧草よりカルシウムを大量に必要とし、pHが5.5以下の場合は石灰を撒布する必要がある。

表-1 メディックの土壌適応性

学 名	一 般 名	オーストラリアでの登録品 種	オーストラリアでの種子の市販の有 無	土 壤 適 応 性	備 考
M. truncatula	Barrel medic	Hannaford	有	中性から弱アルカリ土に適	Jemalong に置き変っている。 全ての混播に使用可
		Jemalong	有	土壌適応性大	
		Cyprus	有	土壌適応性大	
		Cyfield	有	土壌適応性大	
		Borong	有	壇土、壇壤土に適	
		Ghor	無	土壌適応性大	
		Akbar	無	土壌適応性大	
M. littoralis	Strand medic	Harbinger	有	土壌適応性大、特に砂質土壌、弱酸性土壌にはバレルメディックより適	全ての混播に使用可
M. rugosa	Gama medic	Paragosa	有	重いアルカリ土壌	酸性土、砂質土以外で使用可
M. tornata	Disc medic	Tornafield	有	他のメディックより酸性の砂質土壌に適応性大	
		Murrayland	無		
M. scutellata	Snail medic	Robinson	有	中性からアルカリ土壌に適す。	
M. polymorpha	Burr medic	Serena	有	土壌適応性大	
		Circle Valley	有	土壌適応性大	
M. minima	Woolly burr medic	_____	無	土壌適応性大。特にやせ地で軽しゅう土に適	
M. lupulina	Black medic	_____	有	中性からアルカリ性土に適	

N.M. Clarkson (1977), Annual medics in QLD, QLD. Agric. Journal, J-F

(3) 造 成

メディックの草地造成は容易である。種子は必ず根粒菌を接種する。スネイルメディックとガマメディック以外はアルファルファーと同じ根粒菌で良い。スネイルメディックとガマメディックには特定の根粒菌が必要である。スネイルメディックの根粒菌が入手可能の時はアルファルファーの根粒菌を使用してさしつかえない。

造成予定地の土壌がpH6以下の場合には根粒菌接種後、必ず石灰でベレソティングする。施肥は播種と同時に種子の近くへドリルした方が効果的であるが、硫黄や大量に撒布する石灰は播種前に全面散布する。

播種量は通常ha当たり2～4kgであり、単播の場合、播種量を多く、混播の場合少く（ha当たり1kg以下でも良い）する。一たんメディックの草地が造成されたら、メディックは毎年、自身で土壌中の種子を増加させていく。草地の状態が良いと毎年ha当たり100kgの種子を生産する。

傾斜地や石礫地のようにシードドリルが使用できない所では、ブロードキャスターやノッドシーダーを使用する。ドリル播きの場合、播種深は1～2cmとするが、5cmの深さに播種しても問題はなかった。

(4) 条件別の造成方法

ア. 完全耕起法で放牧地を造成する場合

この方法は最も成功の確率が高い方法である。夏期生長性のイネ科牧草と混播しない場合は、播種適期は秋～冬である。夏期生長性のイネ科牧草との混播草地にする場合には、秋にメディックだけを単播し、翌年の夏に耕起し、夏期生長種を播く。耕起による土壌中のメディック種子の損傷はない。

晩夏にメディックと夏期生長種のイネ科牧草を同時に播く方法もある。しかしイネ科牧草の種子が冬までに定着しなかった場合は、翌春のイネ科牧草の再生は期待できない。春の雑草害が激しくない場所では、冬にメディックとイネ科牧草を同時播きできる。

イ. 冬作物が同伴作物として播かれる場合

同伴作物として、放牧または実取り用のエン麦、大麦を同時に播く場合がある。この方法は作物と草地を輪換している所では、速い草地造成法である。同伴作物は、メディックと強い水分、光の競合をするので従来、ha当たり15～20kg播種していた所でも、メディックと同時播種する場合にはha当たり4kgに播種量を減らす。しかし同伴作物に重点を置く場合は同伴作物の播種量をこの基準より増してさしつかえない。この場合、初年目のメディックの放牧は軽くして、土壌中への種子の蓄積を助長する。

ウ. 既存草地（野草地、改良草地）へソッドシーディングする場合

イネ科牧草が優占している場合は、播種前に重放牧し、イネ科牧草の競合力を減少さ

せる。播種期は晩秋から初冬が最も良い。成功の確率は完全耕起法より落ちる。この方法で造成できるか否かは冬期の雨量できまり、冬期雨量が200mm以下の場合はこの方法は採用しない方が良い。

エ. 既存草地へ種子を散播する場合

この方法は、イネ科牧草の競合力を減少させる工程もなく、播種床準備もないので、冬期雨量が250mm以上の地域でのみ採用される。この造成法の利点の一つは、土壌を攪拌しないので雑草の問題が生じないことである。播種は初冬の降雨直後、航空機、ブロードキャスターを使用してなされる。播種の数週間前にパラコートのような除草剤(乾燥剤)を使用すると、造成が容易になり、初年目のメディックの生育が助長される。

(5) 管 理

ア. 放 牧

初冬のメディック発芽前に、重放牧がなされている場合にはメディックの発芽、生育は良い。冬期雨量が250mm以上ある場合は、メディックの定着、種子の着生に影響を与えないが、冬期雨量がこれ以下の場合には、実生の定着時、種子の着生時には放牧圧を減らした方が良い。めん羊を過放牧させると、植物体が小さくなり、土壌中の莢含量が減少していく。しかし牛の場合は、植物体基部を採食できないので莢は牛に採食されないため、このようなことは生じない。

イ. 鼓 脹 症

メディックは牛に対して時々、鼓脹症を引き起す。メディックの種類によって鼓脹症の危険度は異なり、スネイルメディックはパーメディックより危険性は少ない。メディックの生育ステージによっても危険性は異なり、開花後は危険性が少ない。鼓脹症の危険は、飲用水に抗鼓脹剤を混入させると減少する。

ウ. 更 新

土壌が堅く緊密な地帯では、秋にシングルチゼルプラウで軽く耕起すると生育が見えがえるように良くなる。

エ. 乾 草 生 産

メディックから高品質の乾草を作ることができる。刈り取り適期は最初の莢が成熟した時である。この時期の粗蛋白含量は15~20%であるが、この時期を過ぎると粗蛋白含量は急激に減少する。乾燥生産には立性のスネイルメディック等が用いられる。

(6) 採 種

採種時期(初夏)に雨が降る地域では、莢が湿るため脱粒が困難となり採種が難しい。採種場所は、水平で、収穫期には乾燥し、雑草防除がなされている必要がある。

採種圃場の播種期は4~7月で、播種量は少くとも7kg以上とする。播種前に除草剤を

1回撒布し、発芽後もう1回除草剤を撒布する。開花が始まる前に、土壌が湿った時、収穫時の土壌の緊密、水平を図るためにローラーをかける。また開花前に軽く放牧すると種子収量は向上する。しかし雨量が少ない時は放牧処理はさける。収穫は市販の吸引収穫機で莢を吸引し、その後、スラッシングと精選を行う。種子収量はha当たり最高400kgに達する。

第4章 熱帯マメ科飼料作物と根粒菌

1. 農業におけるマメ科作物の役割

マメ科作物は古来から空中の窒素を土中に固定し、土壌の肥沃度を高めるということが知られていた。このため、マメ科作物は、単に収穫を得る作物としてだけでなく、土壌肥沃度を向上させるための作物として使われてきている。焼畑農業においては野生のマメ科植物が土壌肥沃度を維持させる役割を演じているが、耕地においてはマメ科作物が緑肥作物、被覆作物、輪作作物として使用されることにより、耕地の肥沃度を維持している。緑肥作物としてのマメ科作物は土壌中に粗大有機物と窒素を供給すると同時に土壌侵蝕を防止する。被覆作物としてのマメ科作物は土壌の侵蝕防止をするとともに、窒素を土壌へ供給する。被覆作物の持続性は、その耐陰性によって異なり、被覆作物としては、①定着、造成が容易であり、土壌表面を急速に被覆するもの。②雑草の生長を抑える程度には攻撃性があるが、主作物を抑圧したり、主作物と光の競合をするようなものでないもの。③土地の肥沃度を増し、ひいては主作物の収量を増すもの。の三つの条件を満足するものでなければならない。輪作作物としてのマメ科作物は土壌構造と肥沃度を改善する。ブラジルで4年間グライシンを栽培した跡地に無肥料で綿花を栽培した結果、ha当たり3,026kgの収量が得られたが、前作にマメ科植物を栽培しなかった畑において無肥料で綿花を栽培した場合は、ha当たり1,097kgの収量であった。この畑に窒素、磷酸、カリ（以下N:P:K、と書く）をha当たり、それぞれ176kg、176kg、132kg施用した場合の種子収量は3,048kgあり、4年間のグライシン栽培による肥沃化の効果は大きいものがあった。

牧草地においてもマメ科牧草はそれ自体が高蛋白飼料であるとともに、土壌中へNを固定し、このNを混播イネ科牧草が利用することにより、イネ科牧草の収量と嗜好性を高め、ひいては肉、乳の収量を向上させる。ザールでは、毎年火入れしている野草地に肉用牛を放牧した場合は、年間にha当たり10~15kgの増体重しか得られなかったが、この野草地にスタイロをha当たり25kg追播した草地では、乾期に少量のサイレーンを補助飼料として給与することにより年間ha当たり76kgの増体重が得られた。また乳用牛飼養においてもオーストラリアのクィーンズランド州では100haの放牧地のうち、混播草地を8haから22haへ増した場合、61頭の搾乳牛から生産される乳脂肪は5年間で3,909kgから6,773kgへ増大した。

このようなマメ科作物の土壌肥沃効果は、マメ科作物単独で生ずるものでなく、マメ科作物と根粒菌が共生することにより、はじめて達成される。

一般に土地を畜産的に利用するために開発する場合、①野草利用（従来通り）、②野草地

にマメ科牧草の導入，③耕起後，イネ科，マメ科牧草の混播，④耕起後，イネ科牧草単播と窒素肥料の施肥，⑤耕起後，イネ科とマメ科牧草の混播と磷酸肥料の施肥，⑥ ⑤+窒素肥料の施肥等の草地改良法が考えられるが，それぞれの草地改良法で開発した場合の収益性を試算して草地改良法を決定すべきである。

2. 根粒菌の着生

多くの熱帯マメ科牧草は温帯マメ科牧草と異なり，やせた酸性土壤に適応でき，根粒も着生しやすい。根粒の多くは土壤表層 25~5cm の主根，側根につき，1 個体当たりの根粒の着生量は，根粒の系統や寄主植物で異なるが，同一寄主に同一の根粒菌の種類が着生している場合は着生量は同じである。根粒の着生数は根粒の大きさによって異なり，大きな根粒は粗に着き，小さな根粒は密につく。根粒の寿命は根粒菌の種類と寄主植物によって異なり，一般的に木本植物の根粒は草本植物のものよりも寿命が長い。発芽後，最初の根粒が出現するまでの時間は寄主植物によって異なるが，圃場条件下ではほとんどの種類が発芽後 4 週間以内に着生する。実験室における結果を次に示す。

タウンスピルスタイロ (*Stylosanthes humilis*)

最初の根粒の出現	移植後	17 日目
活発な根粒の着生	"	23 日目
活発な窒素の固定	"	26 日目

セントロ (*Centrosema pubescens*)

根粒の出現	発芽後	14 日目
-------	-----	-------

スタイロ (*S. guyanensis*)

根粒の出現	発芽後	21 日目
-------	-----	-------

ルサン (*Medicago sativa*)

根粒の出現	発芽後	23 日目
-------	-----	-------

シロクロバ (*Trifolium repens*)

根粒の出現	発芽後	11 日目
-------	-----	-------

窒素の固定量は，寄主植物と根粒菌の種類により異なるが，根粒中の根粒菌の数と根粒の寿命に密接に関係している。根粒菌が窒素固定するためには根粒中にヘモグロビンが存在することが必要であり，窒素固定ができない根粒はヘモグロビンを含んでいないため根粒の断面が白色である。ラブラブビーンとバイフローラスは黒色の窒素固定に有効な根粒を持っている。根粒が古くなり，窒素固定能力が無くなると赤いヘモグロビンは緑色に変わる。根粒菌は寄主植物の根毛から侵入し，細胞内に入って増殖する。根粒内の菌はバクテリオファーシによって溶菌して植物に吸収される。

3 根粒菌の生活に影響を及ぼす要因

マメ科牧草と根粒菌の共生生活に影響を及ぼす要因は、空気、湿度、光、温度、土壌条件等である。

(1) 空気と湿度

土壌の通気性は根粒菌の活動を助長する。根粒菌の活性は土壌中の湿度に影響され、根粒菌が空気中へさらされると過乾となり活性は落ちる。しかし長期間、風乾土の中で生き残るものもあるが、これはたぶん吸湿性のフィルムにつつまれた土壌粒子の中にいたものであろう。土壌中における根粒の着生と生長は土壌の水分含量が容水量の75~85%の時に最も適している。乾燥地帯において、根粒菌を長期間生存させる技術は重要である。種子をコーティングすると播種床における根粒菌の生存が助長される。

(2) 光と温度

根粒の着生、窒素の固定には、植物体に適度な光が必要であり、光の強度と日長が長くなるに従い、根粒の重量は重くなり、根粒の着生に要する時間は短くなる。寄主植物の落葉は根粒の重量の減少を起し、その回復は寄主植物の種類と落葉の程度による。

概して、根粒菌の生育適温より土壌温度が5℃低下すると、窒素の固定量は45%低下し、反対に生育適温より4℃上昇すると、窒素の固定量は5%低下する。温帯、熱帯のマメ科牧草の根粒の着生最適地温は25~35℃と考えられるが、その温度は根粒菌の種類で異なり、熱帯マメ科牧草の根粒菌は温帯のそれよりも高いようである。カウビーは日最高地温の平均が37℃よりも32℃、大豆では21℃、33℃よりも27℃で根粒が良く着生し、プーロ、スタイロでは日最高地温の平均が34℃の場合、根粒の生長が促進された。グライソン、グリーンリーフデスモジューム、ノルバーリーフデスモジューム、タウンズビルスタイロ、サイラトロの根粒着生最適地温は30℃であった。熱帯マメ科牧草の根粒の着生と窒素の固定の最適温度は温帯マメ科牧草よりも高いが、根粒菌の耐熱性は温帯牧草のものより、熱帯牧草のものが強いということではない。事実、熱帯マメ科牧草の根粒菌の生長の上限温度

30~42℃はMedicago属のそれ(36.5℃~42℃)よりも低く、幅が大きい。根粒菌の耐熱性と菌の採集地、寄主植物の種類には、関係がまったくない。耐暑性がある菌は耐寒性が弱い。土壌温度と土壌湿度は密接な関係があり、多くの根粒菌は乾燥した土壌では50~60℃という高温に5時間という短時間は耐えうるが、湿った土壌条件だと死んでしまう。土壌温度が40~45℃という高温の場合は根粒菌の数が著しく減少し、根粒の数とNの固定量も減少してしまふ。特に耕起された土地に夏期に浅く播種する場合、この問題が多く起こる。高温条件下ではカンテン培養した菌よりもピートで培養した菌の方がよく生き延びる。

(3) 土壌酸度

土壌酸度に対する根粒菌の耐性は根粒菌の種類によって異なり、ルーサンの根粒菌は pH5.0 以下、クローバのそれは pH4.5 以下、大豆、グラム、ピーナツのような熱帯マメ科作物のそれは pH4.0 以下、ルービンのそれは pH3.5 以下では生長しない。寄主植物の生育最適 pH レベルはクローバで 6.8~7.2, Medicago 属で 7.0~7.5, ルービン, ロタス, 多くの熱帯牧草等のアルカリ生産根粒菌では 5.8~6.2 である。ルキーナ等の酸生産の熱帯マメ科牧草の根粒菌の生育最適 pH は 6.8~7.5 である。一般に酸生産菌は酸に対する耐性が弱い。(酸生産菌, アルカリ生産菌については 4 根粒菌の種類で説明する) 酸 (H^+) は根毛における根粒菌の感染をさまたげるが, 根粒菌が感染した後は, 酸は根粒の着生に影響を及ぼさない。土壌酸度が高い場合 (pH が低い場合) に, 根粒菌の着生が困難な種類は, シルバーリーフデスモジウム, グラインソ, シロクローバ, ルーサンがあり, 土壌の酸度に耐性がある種類は, タウンズビルスタイロ, ケニアホワイトクローバ, ロトノニスがある。しかしタウンズビルスタイロ, ケニアホワイトクローバは pH4.0 以下では根粒の着生は減少し, ロトノニスにおいては pH4 以下では根粒は着生しない。高い土壌酸度で根粒がついても生育は相対的に悪い。野生のマメ科植物の中には, 土壌酸度が高い環境下でも十分に根粒を着け, 窒素固定を十分に行うものもある。例えば, *Acacia mollissima* は pH4.8, カルノウム置換容量が 0.9me の土壌で年間 $202 \pm 45 \text{ kg}$ (表層 23cm の土壌) の窒素を固定した。

酸性土壌は, 根粒菌と寄主であるマメ科作物の両方に, カルシウム (Ca), マグネシウム (Mg), カリ (K), 燐酸 (P), 窒素 (N) の欠乏, Mn と Al と水素イオンの過剰による害が起こる。酸性土壌におけるマメ科作物の生長が貧弱な理由の一つに Mo の吸収の減退が上げられる。

(4) 窒素 (N)

土壌中に少量の N を施用すると根粒の着生が早まるが, 大量に N を施用すると植物体の C/N 率が低くなり過ぎるため N 固定が抑制されるようである。ある熱帯土壌では高レベルの NO_3^-N の存在 (400ppM) が報告されているが, この様な土壌では, 根毛に対する根粒菌の感染は妨げられる。土壌を乾燥させたり, 湿らせたりすると N がミネラル化し, 根粒の着生を妨げるが, これはマルチを行うことによって防止することができる。根粒菌による N の固定量は N 肥料の施用量と反比例するが, タウンズビルスタイロでは, N と P の施用バランスを取ることで, ある程度まで N を多用しても根粒菌の活動は損われずに生育が助長された。混播草地において, N を多用すると, イネ科牧草のマメ科牧草に対する競合が強まり, イネ科牧草の優占化を招く。

(5) 燐 (P)

タウンズビルスタイロ, サイラトロ, ルキーナ等の熱帯牧草においては, 根粒は若い葉

身と同様にPとNを要求する。ファイジービーン、タウンズビルスタイロ、ルキーナ、ロトノイスの場合、Pの多用による根粒の乾物量の上昇は、Pの施用量がha当たり250kgまで続き、この場合の植物体のNの含量は253%から317%へ高まった。このようにPの多用により根粒の数と密度は大きく改良され、その結果、根粒によるNの固定量は増大する。またPの増投は草地においてマメ科牧草のイネ科牧草に対する競合力を増すことになり、マメ科牧草の割合が増す。

(6) カ リ (K)

Pが適当に存在する場合にのみ、根粒着生に有利な結果をもたらす。

(7) カルシウム (Ca) とマグネシウム (Mg)

伝統的にCaは根粒菌の生長に必須であるとみなされていたが、実際は、根粒菌はCaに敏感でなく、必要量も微量である。しかしMgは根粒菌の必須要素の1つであり、Mgの欠乏には非常に敏感である。根粒菌がCaに反応するのは1ppmまでで、この濃度は通常培養液の中に不純物として入っている量よりも少し多い。以前は培養基にCaをCaCO₃の形で3g/l添加していたが、アルカリ生産菌であるカウビー型の根粒菌はこの程度のCaでも生長をさまたげられた。成長に最も適したMgとCaの重量比は約8:1である。根粒の形成の過程においては熱帯、温帯のマメ科ともCaの影響を受けるが、圃場条件では土壌中のCa含量が異常に低いと根粒菌が感染する前にCa不足で寄主植物が死んでしまう。Caの要求量は温帯マメ科牧草の方が熱帯マメ科牧草より大きく、pH5.5、Ca濃度が0.1me% (3%の全置換容量)の土壌において、シルバーリーフデスマジューム、セントロ、スタイロ、ファイジービーンはCa欠乏症が見られなく、根粒も十分に着生したが、ルーサン、シロクロバはCaの欠乏症がみられ、根粒の着生が貧弱であった。熱帯マメ科牧草の収量は、Caの増投では、温帯マメ科牧草のように増大しない。しかし、Caの施用はMnの毒性を抑え、Moを活性化させる効果がある。一方、ある熱帯土壌においては過剰に石灰を施用することは、土壌構造の悪化をきたし、微量元素の欠乏を招くことがある。

(8) モリブデン (Mo)

Moは根粒の着生には直接必要でないが、根粒菌が窒素を固定する過程で必須要素となる。作物体におけるMo濃度は根粒の方が作物体より高く、Moの必要量および植物体におけるMoの濃度はマメ科の種類で異なり、特にグラインは高いレベルのMoを要求する。タウンズビルスタイロにPとMoを施用することにより、収量の増大と植物体中のNのレベルの向上が図られた。Mo欠乏は主に酸性土壌で見られる。MoはCaを施用し、pHを上げることにより、土壌中で有効体となるが、通常はモリブデン過リン酸石灰のように肥料の中へわずかの量のMoを混合するのが安価である。単体でMoを施用する時はモリブ

デン酸ナトリウムを使用する。

(9) 硫 黄 (S)

硫黄欠乏症はN欠乏症のような症状を呈するため、たびたびN欠乏と間違えられるが、Nを施用しても症状は良くならない。Sは蛋白質の組成材料の一つであるからN代謝にとって重要である。Sは根粒着生の早期には非常に重要であるが、その後は重要性がうすれる。

(10) ホ ウ 素 (B)

Bが欠乏すると根粒菌が着生している組織が犯される。Broad bean では、Bの欠乏によって、根粒の数が通常より10%減少する。サブタレニアンクローバは、BはMoの存在下でのみ反応を示す。

(11) 銅 (Cu)

Cuのレベルが l 当たり 0.1 から $0.5\mu\text{M}$ に上昇した時、サブタレニアンクローバの根粒の重量は上昇した。寄主と根粒でCuの競合が起るようである。

(12) コ バ ル ト (Co)

培養液へCoを加えるとNの固定が促進され、根粒も大きくなる。Coが欠乏するとビタミンB₁₂の合成が低下し、N固定能力が落ちる。その結果Coが欠乏するとN欠乏の症状を呈する。

(13) マンガン (Mn) とアルミニウム (Al) の毒性

AlはpH4.5以下の酸性土で毒性が顕著となり、pHが高い土壌ではAlは不可吸態となるのでAlの毒性は少ない。過剰のAlは根の生長を阻害する。Alの毒性もマメ科植物の種類によって程度が異なり、セラデラはルーサンの致死量である50ppmという高濃度でも影響を受けなかった。一般的に熱帯マメ科牧草は温帯マメ科牧草より過剰Alに対する耐性は強い。

pHが低下するとAlとMnが可吸態となるためAl害は、時としてMn害と同時に起きる。熱帯土壌におけるMn過剰は、現在認識されている以上に多く存在するものと思われる。過剰なMnはCaの吸収をさまたげ、根粒の着生量を減少させ、N固定におけるMoの活力を減退させる。Pを多量に施用するとMnの吸収量が上昇する。Mnの毒性は有機物または石灰を投入することによって軽減される。大豆やインゲンマメのように集約的に栽培する場合は、多量に有機物、石灰の投入が可能であるが、草地では経済的な面から多量の投入はできない。幸いに多くの熱帯マメ科牧草は過剰マンガンに対して抵抗性を持っている。

(14) 土 壌 微 生 物

ウェスタンオーストラリアのラテライト化したボドゾル土で、前植生のモクマオウ科の

灌木を除去した後、直ちに根粒菌接種済のサブタレニアンクローバを播種したが、根粒は着生せず、サブタレニアンクローバの生長は止り、草地造成は失敗した。しかし、2～3年そのまま放置し、その後、再び接種した種子を播種したところ、根粒もよく着生し、草地造成に成功した。失敗の原因は前植生の残根に発生した菌が生産する抗生物質であった。前植生処理直後、表層5cmの土壌中には土壌重量の10%にのぼるモクマオウ科の残根があり、この根に *Penicillium* spp が多量に発生したが、時間の経過とともにこれが Ascomycetes や Basidiomycetes におき変わることで、根粒の着生が可能となった。前植生処理直後の、多量の前植生の残根に発生する菌が生産する抗生物質は、植物体、根粒菌の両方にとって有害である。

09 農 薬

多くの殺虫剤、殺菌剤、除草剤は根粒の着生を妨げる。播種時または播種前後に農薬の散布がさけられない場合は、粘着液による接種、又は種子をベレッティングし、これらの処理後、直ちに播種する。

4. 根粒菌の種類

(1) 根粒菌の分類

根粒菌は土壤細菌の一つの属の総称で、好気性、グラム染色陰性菌で胞子は作らないという特徴をもっている。寄主植物の違いにより多くの種に分けられるが、以前はカウビー型とその他の型に大別されていた。カウビー型は菌の培養の時、増殖速度が遅く、培養基をアルカリ性に変える特徴をもち、この型の根粒菌は広い範囲の寄主に着生して根粒をつくることができ、多くの熱帯牧草がこの型の根粒菌で有効な根粒を作ることができる。一方、その他の型は菌の培養の時、増殖速度が早く培養基を強酸性にする。通常、寄主特定性がある。しかし、最近では、研究が進むにつれ、カウビー型へ属しているもので、寄主特定性をもつ種類が数多く明らかになり、以前のようにカウビー型は寄主特定性がないということが言えなくなったので、根粒菌は寄主特定性がない種類、寄主特定性がある種類に大別されるようになった。しかし培養速度が早く、培養基をアルカリ性に変える種類を総称する時には依然としてカウビー型という言葉が使用されている。現在は根粒菌のオリジンを持っている研究所名、その研究所の所在地とシリーズ番号を組み合わせて根粒菌を分類している(例: CB756はCSIRO, Brisbane, 756番目に収集)。研究所で推薦している熱帯牧草等の属、種、品種ごとの接種すべき根粒菌の種類を表-2に示す。表-2に示すように同一種の牧草でさえ、品種が異なると根粒菌の種類が異なる場合があるので、接種に当たっては十分に注意する必要がある。

未知の種類のマメ科牧草を導入した場合、その根粒菌が酸性、又はアルカリ性を作るか

を確認する必要がある。確認の方法は6根粒菌の分離の項で述べる。未知のマメ科牧草に着生している根粒菌が酸生産菌ならば、そのマメ科牧草は高い pH の土壌でよく生育し、酸性土壌においては石灰の施肥に強く反応することが予想される。

(2) 野生の根粒菌の問題

カウビー型の野生の根粒菌は土壌中に普通に存在し、播種されたマメ科牧草に容易に根粒を作ることもある。新墾地等の、以前に同一マメ科牧草を作付したことがない土地へ、根粒菌を接種していない種子を播種した場合、そのマメ科牧草は①野生の根粒菌と適合し、根粒を作り良好な生長をする。②野生の根粒菌と適合できなくて根粒ができない。③野生の根粒菌のうち、有効な種類による根粒の数が時間の経過と共に、だんだんと増えていく場合とがある。①の場合のように数種のマメ科牧草は根粒菌接種が必要ない場合もあるが、根粒菌による草地造成の失敗をしないため、カウビー型の根粒菌が着生する草種においても既知のカウビー型の効果的な種類を接種することが望ましい。その例として Brazil の Pitangueiras 地方においては、オーストラリアのカウビー型の根粒菌「CB756」を接種した stylo は接種していないものより生育が良い例がある。寄主の特定性がある種類の菌によって生じた根粒を持つ作物は、野生の無効種の菌により根粒が生じた根粒菌選択性のない作物より良好な初期生育を示す。種子へ多量の根粒菌を接種すると接種した根粒菌による根粒の着生の確立が高まる。

[表 - 2]

熱帯飼料作物の属種(品種)別の接種すべき根粒菌

1. カウビー型(イーストマニトール寒天培養基で培養, アルカリ生産菌)

熱帯牧草等の属, 種(品種)	根粒菌の種類
<p>Arachis spp. Calopogonium spp. Crotalaria spp. Cyamopsis Guar. Dolichos spp. Glycine wightii (全品種) Indigofera spp. Lablab purpureus Lespedeza spp. Macroptilium africanum Macroptilium atropurpureum Macrotyloma spp. Pueraria spp. Stylosanthes spp. Teramnus spp. Vigna spp.</p>	<p style="text-align: center;">CB756*</p>

熱帯牧草等の属, 種 (品種)	根粒菌の種類
<i>Aeschynomene falcata</i>	CB2312
<i>Cassia</i> spp.	CB1483
<i>Centrosema pubescens</i>	CB1923*
<i>Cicer arietinum</i>	CC1192=CB2855
<i>Desmodium</i> spp.	CB627 *
<i>Desmodium heterophyllum</i>	CB2085
<i>Lotononis bainesii</i>	CB376 *
<i>Lotononis angolensis</i>	CB1323
<i>Lotus corniculatus</i>	SU343=CB2938
<i>Lupinus</i> spp.	WU425=CB2026*
<i>Stylosanthes capitata</i>	CB2898
<i>Stylosanthes guianensis</i> (Fine stem Stylo Types)	CB82&CB1650
<i>Stylosanthes hamata</i> (Alkaline Soil Types)	CB2126
<i>Stylosanthes hamata</i> (Verano & Verano Types)	CB82&CB1650
<i>Macroptilium martii</i>	CB1717

2 その他の型 (イーストマニトール + CaCO₃ 寒天培養基で培養, 酸生産菌)

熱帯牧草等の属, 種 (品種)	根粒菌の種類
<i>Trifolium repens</i> , <i>T. pratense</i> , <i>T. fragiferum</i>	TA1 = CB1990*
<i>Trifolium subterraneum</i> , <i>T. cherleri</i> , <i>T. hirtum</i> , <i>T. incarnatum</i>	WU95 = CB2937*
<i>Trifolium semipilosum</i>	CB 782*
<i>Medicago sativa</i>	U45 = CB1445*
<i>M. scutellata</i>	CB 967
<i>M. rugosa</i>	W118 = CB2273*
<i>Leucaena leucocephala</i>	CB 81*
<i>Coronilla varia</i>	CC401 = CB2012
<i>Onobrychis sativa</i>	116A5 = CB2000*
<i>Phaseolus vulgaris</i>	CC511 = CB2899*

(注) 根粒菌番号の右肩に*印がある根粒菌は市販されている。

5. 根粒菌の培養基

根粒菌の培養基は、ピートカルチャーの作製、根粒菌接種種子等からの根粒菌の分離、根粒菌の親株の保存、接種用の根粒菌の増殖に使用される。最も一般的な根粒菌の培養基はイーストマニトール培養基 (yeast-mannitol medium) である。イーストマニトール培養基は pH6.8~7.0 で、次の物質から成っている。

mannitol	10 g	mannitol $\text{CH}_2\text{OH}(\text{CHOH})_4\text{CH}_2\text{OH}=182.17$
Agar (必要により添加)	20 g	
K_2HPO_4	0.5g	
$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	0.8g	
NaCl	0.2g	
$\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	0.1g	
yeast water	100ml	
蒸留水	900ml	

(yeast water の作り方)

- ① 900ml の水に100g のイーストを入れ、懸濁させた後、オートクレーブに 10^3 Kpa で15分かけるか、1時間蒸気を通す。
- ② この溶液をろ過するか、または表面に浮んだ不純物を取り除く。
- ③ 再殺菌の後、小分けして5℃で貯蔵する。

(注) 市販のイースト抽出液を使う場合にはN固定をさまたげるアミノ酸の有無を確認する必要がある。

この培養基をよく使用する場合には次のようにすると作業が早く行なえる。

- ① K_2HPO_4 , 50g を1ℓの蒸留水に溶解し、これをA液とし、1ℓの蒸留水に $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ を80g, NaCl を20g 溶かしたものをB液とする。1ℓの蒸留水に $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ を10g溶かし、これにHCl を数滴落した溶液をC液とする。
- ② 蒸留水900ml にA液を10ml, B液を10ml, C液1ml加え、その後、イーストウォーター-100ml, マニトール10gとアガー-20gを加える。場合によってはアガーを加えないこともある。

酸生産菌を長期間培養する時には、過剰の酸による菌の活性の低下を防ぐために、培養基1ℓ当たり CaCO_3 を3g加える。アルカリ生産菌はpHを調節することなしで、菌の活性を維持できるが、スタイロ、ゾニア等のある種のアルカリ生産菌は、培養中に死んでしまうことがある。この場合、培養液にキノコース、アラビノース、グルコース、またはガラクトースを添加することによって活性を維持できることがある。

6. 根粒菌の分離

育種母材として未知のマメ科植物を収集する際には、その植物の根から根粒を採取して、将来の接種用根粒菌を作るための、親株作りをしなければならない。この場合、根粒から根粒菌だけを分離して保存する技術が必要となってくる。根粒菌の分離技術は、親株作りだけでなく、貯蔵している親株の更新等にも使用される。根粒菌は土、ピートカルチャー、接種種子等からの根粒菌を含んだ懸濁液を培養基になすりつけることによって直接分離できるが、通常は新鮮な根粒から分離される。

まず根に付着している土をよく洗い落とし、その後、根粒を根から切り取る。切り取った根粒は、直ちに根粒菌分離の作業にとりかかる必要があるが、これができない場合は数日間5℃で貯蔵できる。凍結させると、もう少し長く貯蔵することができる。貯蔵後の回復力は種によって異なり、例えばサイトロの根粒は回復がたいへん良いが、スタイロの根粒は悪い。

種々の消毒や分離技術があるが、カニングハム研究所では次の方法を使用している。

- ① 新鮮な根粒を95%のエタノールに瞬間的に浸し、その後、2～3分、0.1%のHgCl₂に浸し、無菌水で5回以上すすぎ、HgCl₂を取り除く。
- ② 無菌水の中でこの根粒をすりつぶす。無菌水の量は根粒の大きさによって変え、根粒をすりつぶした後、その水がミルクのような懸濁液になるように調節する。根粒をつぶすのはガラス棒の先を火で熱し、丸くしたものを使う。
- ③ コンゴレッドを含んでいるイーストマニトール寒天培養液(1/400のコンゴレッド水溶液を培養基1ℓ当たり1ml加えたもの)が入ったシャーレを用意し、この培養液の中へ、上記の懸濁液を、先を丸めたガラス棒でたらし、それを培養液の中へ広げる。
- ④ このシャーレをさかさまにし、27℃でインキュベートする。
- ⑤ コロニーが明らかになった時、そのコロニーを取り上げて分離する。

コンゴレッド指示薬は他の雑菌のコロニーと根粒菌のコロニーを区別するために添加される。根粒菌はコンゴレッドをわずかしか吸収しないが、他の雑菌はコンゴレッドをよく吸収し、コロニーが赤色又は桃色を呈するため、根粒菌と区別できる。また培養基に0.002%のactidioneを加えると雑菌やアクチノマイセトースによる汚染を防止できる。

新鮮な根粒の替りに、乾燥した根粒から根粒菌を分離する場合は、根粒の表面殺菌を行う前に、無菌水の中へ根粒を3～4時間浸漬する必要がある。しかし、消毒液が根粒の組織の中へ入る危険性を防止するため、HgCl₂による消毒は30秒短縮する。砕けている根粒は無菌水の中ですりつぶし、それを寄主植物へ接種し、根粒を着生させ、分離は新鮮な根粒から行なった方がよい。

多くの熱帯牧草の根粒は生長が遅く、アルカリ生産菌であるので、イーストマニトール培

培养基で明確な根粒を得るためには7～10日必要である。ルキーナ等に着生する酸生産菌は生長速度が中位で1～2mmのコロニーを作るのに5～7日が必要である。クローバやMedicago属のそれは3～4日が必要である。培养基から移したコロニーの方が根粒からなすりつけによって接種したコロニーよりも生育が早い。接種後2日以内に発生するコロニーは根粒菌でないので取り除く。

- ⑥ 分離したコロニーをブロームチモールブルーを含むイーストマニトール培养基に接種して1ヶ月間培養し、この根粒菌がアルカリ生産菌か酸生産菌かを見分ける。培養後アルカリ生産菌の培地は青色であるが、酸生産菌の培地は黄色に変わる。通常1つの植物につき3～5個の根粒を上記の方法でそれぞれ分離して、それを1つの培养基に接種するが、1つの根粒しか得られなかった場合はその根粒から3～5個のコロニーを取る。この作業をネジボタ式の試験管で行う場合は、通気を図るため、キャップはゆるくしておく必要がある。酸を24時間以内に生じたり、カンテンの中へガスの気泡を生じるものは根粒菌でない。
- ⑦ 分離された菌が真にその根粒菌であることを確認するため寄主植物へ接種試験する。その後、真の根粒菌と確認された後に貯蔵する。

通常は1つの根粒には1種の根粒菌しか入っていないが、最近の研究では1つの根粒に2種の根粒菌が入っている事例が報告されている。Stylosanthes, Trifolium, Desmodium, Macroptilium にこの事例が見つかっている。しかし、この頻度は低い。

根粒の表面の殺菌や、根粒の押しつぶし、なすりつけ、その他一般的な菌の移動は無菌状態で行うのが好ましい。

(注) ブロームチモールブルーを含んだイーストマニトール培養液の作り方。

125gのブロームチモールブルーを1/20NのNaOH 40mlに溶かし、この溶液を250mlの水で希釈し、この希釈した溶液を培养基1ℓ当たり5ml加える。

7. 株の保存

株の保存の方法には寒天培養保存法、試験管法、凍結乾燥法、アンプル法、磁器ヒューズ法があるが、必要な株の維持年限、器具の備わり方、オペレーターの経験等を勘案して、最適の方法を選ぶべきである。最も簡単な方法はカンテン培養法であるが、この方法は通常、他の方法の予備的な方法として用いられる。これらの保存株は汚染を避けるため、不必要な開封は避けるべきである。株の保存は安全を期するため、使用株、母株の2段階で、別々に保存しておいた方が望ましい。時として保存している全コレクションが汚染されることがある。特に植物病理の研究室がある研究所でこの問題が起きることがある。これを防止するため、試験管の外側とキャビネットの内側を1年に数回B.H.C.のエタノール溶液でスプレーする。

(1) 寒天培養貯蔵法（試験管法）

イーストマニトール寒天培養基が入ったネジ付式の試験管を5℃で保存すると、12ヶ月は株を保存できる。この方法では綿栓を用いている試験管のようにパラフィンオイルは必要でない。もし綿栓を用いる場合は栓を抜く前に綿栓を火炎であぶるのが良い。

(2) 凍結乾燥法（アンプル法）

この方法は株の永久保存が可能である。少量の株に10%のシュクローズと5%のペプトンを加えた後、12～18時間、凍結乾燥し、真空状態でアンプルに詰め、封印する。保存は5℃が好ましいが、必須条件ではない。1株の保存アンプルの数は各株の必要量によるが、最低1株につき、5アンプル貯蔵するのが望ましい。

(3) 磁気ビーズ法

凍結乾燥するための器具がない場合は磁器ビーズ法が適している。この方法では最高3年間の保存が可能であり、費用が安価で、操作も簡単である。

① 磁気ビーズによる貯蔵の方法

ア. 貯蔵容器は15ml容量（約70mm×25mmφ）の標準的なMcCartney瓶でふたの内側に密封するためのゴムが付いているものを用いる。これに指示薬入りのシリカゲルを入れ、この上に約1cm、slag wool（絶縁剤として売られている）をかたく詰め、更にこの上に20～25個のうわ薬をかけていない素焼のビーズを置く。これは通常、電熱線を絶縁するのに使用され、「連結絶縁ビーズ」または「fish spine beads」として売られており、Size 162が最適である。瓶及びビーズ等は使用前にふたを取り適当なカバーをかぶせ、オープンで殺菌する。ふたはゴムが付いているためオートクレーブで殺菌する。殺菌後、ふたを無菌状態で瓶にかぶせ、きつくふたをする。使用するまでいつまでも貯蔵が可能である。

イ. 株をイーストマニトール培養基で、菌密度が濃くなるまで培養させる。一方、0.1gのアルトースを中へ入れ、綿栓した無菌の試験管を準備する。

ウ. この試験管に、十分に根粒菌密度が濃くなったイーストマニトール培養基を約1ml加え、立てておく。マルトースが溶解するまで時々試験管を振とうする。

エ. それから瓶からビーズを取り出し、ビーズを無菌的にこの中へ入れ、ビーズにまんべんなく溶液が吸収されるようによく振る。その後、試験管を逆にし、余分な溶液を綿栓の中へ吸収させる。湿ったビーズは再び瓶に戻し、きつくふたをする。瓶へ戻されたビーズはシリカゲルによって湿気を吸収され、乾燥される。シリカゲルが青いまままで残っている間は、安全に保存できる。フタのゴムが悪かったり、過剰な水分が加えられたりするとシリカゲルはピンクに変わるので、このような株は安全に保存するため直ちに上記の手順を繰り返す。

② 株の再生の方法

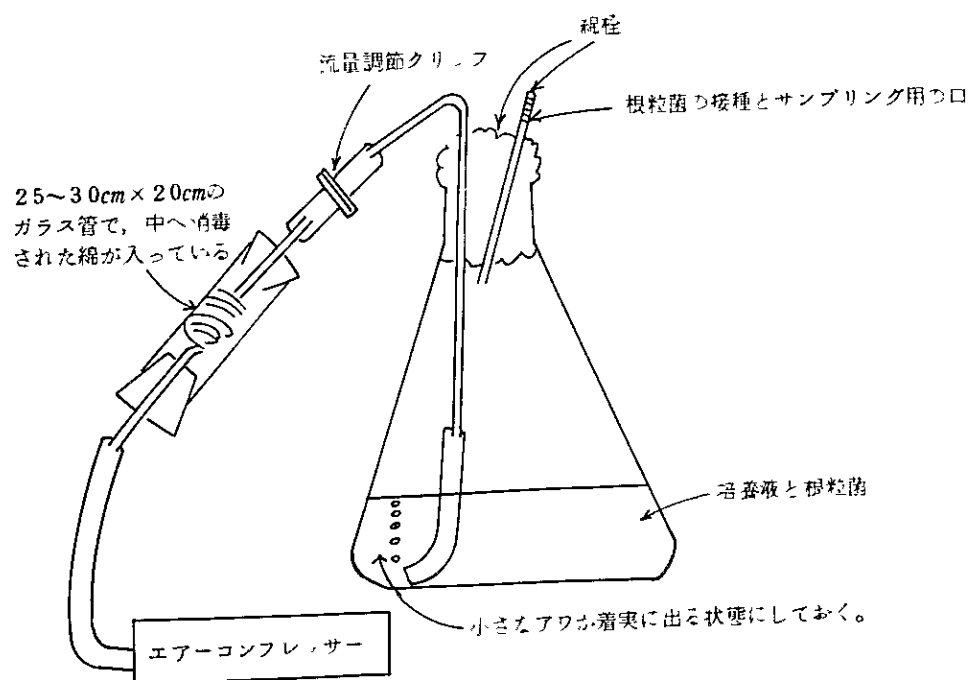
ビーズを殺菌した鉄線あるいは銅線の端に結びつけ、培養基の入った試験管の中へ落とし込む。または湿った寒天のスロープをころがす。もし、そのビーズを再び保存する必要がある時はビーズを20～25回培養基の中へつきさす。

8. 接種のための根粒菌の準備

通常ビートはたいへん小さな粉末になり、根粒菌がよく吸収されるため接種用の最も良い担体となっている。ビートを担体として根粒菌を培養したものをビートカルチャーという。担体として使用するビートはオートクレーブまたはガンマー線照射装置で殺菌した方が良い。ほとんどの熱帯マメ科牧草の根粒菌は成長速度が遅いので、殺菌していないビートを使用した場合、稗菌、アクチノマイセトース、菌類等の他の微生物が繁殖し、根粒菌の寿命が短縮する。

小量(10～100g)のビートカルチャーは①液体培養基で根粒菌を1ml当たり 500×10^6 になるまで増殖し、②その後、この懸濁液1mlと殺菌したビート2gの割合で混合することにより出来上がる。もっと大量にビートカルチャーを作る場合は、図-1に示すような通気三角フラスコを用いて根粒菌増殖器をつくり、根粒を増殖させた後、ビニール袋の中でビートとこの溶液を混合する。混合の方法は、①ビニール袋をふくらまし、ビートと培養液を上記の割合で加え、ビニール袋の口をしはり、しはり口の方をねじ曲げ容器を作る。その後、よく振って内容物をよく混ぜ合せ、25℃で7～10日放置し、その後5℃で貯蔵する。

図-1 根粒菌増殖器



ビートが入手できない時は、土と有機物を混ぜたもの、土とココヤシ皮繊維のクズを混ぜたもの、垂炭、又はバガスが担体として使用できる。しかし広範に使用する前に必ず実験的に適応性を確認する必要がある。根粒菌が入った培養基とこれらの担体を混合した後、時々、生存根粒菌の数を数えることにより、この確認はできる。

寒天培養株、液体培養株、凍結乾燥株はビート培養に比して種子に接種後の生存力が弱い
ため、種子への接種は推奨できない。

市販のビートカルチャーは適応するマメ科作物の名、有効期限、貯蔵法等が書いてある。

9. 種子への接種

根粒菌接種の目的は、圃場においてマメ科作物へ早く有効な根粒が着くように正しい系統の根粒菌を数多く種子の周囲におくことである。満足のいく結果を生ずるためには1種子当たり最少300の根粒菌が必要である。市販の根粒菌接種済種子へは510～51,000個の根粒菌が付着している。

マメ科種子への根粒菌の接種の原理は半世紀の間変化していない。接種株は専門業者、または各種の研究所から入手可能であり、市販株には使用方法が書いてある。

根粒菌の接種法は根粒菌を水に溶かした懸濁液の中へ種子を浸して、振とうする簡単な接種法から、接着剤で根粒菌を確実に種子へ付着させる方法、種子に確実に根粒菌を付着させる目的と、根粒菌を保護する目的でコーティングを行う入念な方法まで幅広くある。通常、実験的な目的にはビート培養株または液体培養株を水に溶いて懸濁液とし、この懸濁液と種子を混ぜ合わせることで十分であるが、圃場に大規模に播種する時は、良好な結果を得るためには、もっと丁寧な方法が必要である。根粒菌接種から播種までの一般的な注意点は次のとおりである。

- (1) 種子が発芽するまで根粒菌が良く生存できるようにビートカルチャーを使う。根粒菌を種子に付着させるために粘着液を使用することにより、根粒菌の生存の割合は一層高くなり、石灰または燐鉱石粉末でベレティングすると安全性は一段と増す。
- (2) 種子に農薬等の化学物質を付着させてはいけない。また、接種作業は、石油、殺虫剤等の毒性のある物質が付着していない容器で行う。
- (3) 接種が終った種子は冷暗所に貯蔵し、特に直射日光は避け、接種後できるだけ早く播種する。最大貯蔵許容日数は、根粒菌の入った水溶液をまぶした極く簡単な接種方法による接種種子では1日間、粘着剤を使った接種種子及びベレティングした種子は2週間である。高温と日光は種子中の根粒菌の活力を急速に低下させる。
- (4) 播種時、接種済の種子を過リン酸石灰等の酸性肥料と混合してはいけない。根粒菌は低pHで急速に活性を失う。

(5) 種子は湿った土へ播種する。

(6) 証明され、試験された株を使う。また使用期限を確めて、使用期限内のものを使用する。

種子への接種方法は粘着液だけによる方法とベレ、ティングする方法では若干異なるので、ここでは粘着液だけによる接種法について述べ、ベレ、ティングする方法は接種及びベレ、ティングが一連の作業になるので次のベレ、ティングの項で述べる。

粘着剤として数種のものが入手可能である。最も広く入手可能なのは市販の粉末アラビアゴム (gum arabic = gum acacia) である。これは 15~20% (重量%) の溶液で使用する。これは溶解するのにかなりの時間がかかり、場合によっては暖める必要がある。一方 ICI 社から売られている Methocel P.M. 125、Dow chemical 社から売り出されている Methocel 等のメチルセルロース剤も利用できる。しかし使用前に防腐剤が入っていないことを確認する必要がある。これは 1~2% の水溶液として使用され、一昼夜放置してから使用する。大量に接種する場合はメチルセルロースはアラビアゴムよりも使用量が 1/10 ですむため安上がりである。セルロースは化学的に不活性で中性物質であるが、アラビアゴムは pH3.9 である。Seed Harvest ants の問題があるならば、アラビアゴムよりメチルセルロースを使用した方がよいようである。通常、根粒菌の栄養源となる砂糖等の添加剤は添加しないが、市販の接種種子には添加されている。

接種の方法を次に述べる。まず種子をコンクリート床へ山積みし、ビートカルチャーと粘着剤 (アラビアゴム溶液またはメチルセルロース溶液) をよく混ぜ合せたものを種子の山へふりかけシャベルでよく混合する。粘着剤を使用しない場合はビートカルチャーを水に溶かし、この溶液を種子の山へふりかける。その後シャベルでよく混合する。シャベルの替りにコンクリートミキサーがよく使用される。種子が過湿状態にならないように注意する。次に種子をうすく広げ陰干しし、その後できるだけ早く播種する。

接種の際のビートカルチャーの必要量は種子の大きさによって異なり、大粒種子は同じ重量の小粒種子よりビートカルチャーの量は少なくてすむ。表-3 にビートカルチャー単位重量当たりの接種可能種子重量を示す。

[表-3] ビートカルチャー単位重量当たりの接種可能種子量

草 種	種子1kg当たり の種子粒数	種子の大きさに よるグループ 別 け	ビートカルチャー -70gの接種 可能種子量	ビートカルチャー -1gの接種可 能種子量
<i>Lotononis bainesii</i> (ロトノニス)	(千粒) 3,200-3,800	kg当たり 2,200 千粒以上	(kg) 11	(g) 15
<i>Desmodium intortum</i> (グリーンリーフ デスマジョーム)	661- 772	kg当たり 660千粒から 2,200千粒まで	2.3	35
<i>Medicago polymorpha</i> (バーメディク)	667			
<i>Trifolium repens</i> (シロクローバ)	1,433-1,940			
<i>Trifolium semipilosum</i> (クニヤホホワイト クローバ)	809- 926			
<i>Aeschynomene falcata</i> (ノイントベッチ)	410			
<i>Desmodium uncinatum</i> (シルバーリーフ デスマジョーム)	194- 302			
<i>Glycine wightii</i> (グライソン)	132- 168			
<i>Medicago sativa</i> (ルーサン)	353- 503			
<i>Medicago truncatula</i> (バレルメデック)	231- 270			
<i>Stylosanthes guianensis</i> (スタイロ)	265- 353			
<i>S. humilis</i> (タウンスピルスタイロ)	381- 485			
<i>S. hamata</i> (カリブビーンスタイロ)	375			
<i>Trifolium pratense</i> (アカクローバ)	510			
<i>Trifolium subterraneum</i> (サブクローバ)	132- 176			
<i>Calopogonium mucunoides</i> (カロポ)	66- 73	kg当たり 22千粒から 132千粒まで	13.5	200
<i>Centrosema pubescens</i> (セントロ)	40- 42			
<i>Macrotyloma axillare</i> (アキサラーラス)	88			
<i>Macrotyloma uniflorum</i> (バイフローラス)	40			
<i>Leucaena leucocephala</i> (ルキーナ)	26			
<i>Macroptilium atropurpureum</i> (サイラトロ)	80- 97			
<i>Macroptilium lathyroides</i> (ファイブ ビーン)	121- 128			
<i>Pueraria phaseoloides</i> (プーロ)	82- 88			
<i>Vicia angustifolia</i> (ナローリーフベッチ)	60- 66			
<i>Vigna luteola</i> (ビグナ)	39			
<i>Cajanus cajan</i> (ビジョンビー)	16 18	kg当たり 22千粒以下	27	400
<i>Lablab purpureus</i> (ラブラブビーン)	3- 4			
<i>Lupinus angustifolius</i> (ブルールーピン)	6- 7			
<i>Vicia sativa</i> (コモンベッチ)	14- 20			
<i>Vigna sinensis</i> (カウビー)	4- 15			

10. ペレティング

(1) ペレティングの必要性

播種後の乾燥、高温、酸性肥料との接触、Seed harvest ants等の不良環境条件から根粒菌、及び種子を守るためにペレティングを行う。

亜乾燥地帯、播種後乾燥がつづいた高温地帯、特に熱帯において乾燥した土壌表面に航空機からペレティングしていない種子を播種する場合、接種された根粒菌は太陽光線、乾燥等の不利な環境条件で生き残るのは困難である。根粒菌を接種した種子を播種1時間前に過磷酸石灰等の酸性肥料と混合するとマメ科牧草の定着は著しく悪くなる。更に24時間、過磷酸石灰と接種種子を混合したまま放置すると根粒菌は完全に死んでしまう。

このような播種後の不良環境から根粒菌と種子を守るためSeed pelletingの技術が発達した。通常40%(重量%)のアラビアゴム溶液か、4%の純粋のメチルセルロース溶液を粘着剤として使用し、粉末燐鉍石、または石灰を用いてペレティングする。正しくペレティングされた種子は室温で2週間~1ヶ月貯蔵が可能である。

(2) 被覆材 (coating material) とその必要量

被覆材は細かくすりつぶされて、粒子が非常に小さいものでなければならない。コーティング材は少なくとも300メッシュ(0.078mmの網目)のふるいを100%通るものでなくてはならない。例えば石灰の場合、白壁に塗る石灰はコーティング材として使用できるが、土改材としての石灰は使用できない。コーティング材は石灰から粉末燐鉍石のどちらかを使用するが、ニューゾーランドでは苦土石灰と粉末燐鉍石の混合物がクローバには良いという報告もある。クローバ、Medicago属等と共生する、生育が早く、培養基を酸性に変える根粒菌のグループのコーティング材としては、根粒の着生を促進するためには石灰を使用する。多くの熱帯マメ科牧草と共生している根粒菌は生育速度が遅く、培養基をアルカリ性に変えるカウビー型であるが、これらはコーティング材として石灰を使用すると根粒の着生が阻害されるので、害作用のない粉末リン鉍石を使用すべきである。一般的な属、あるいは種ごとのコーティング材料表を表-4に示す。

粉末リン鉍石でコーティングすべき属であっても、石灰でコーティングした方が良い場合もある。例えばブラノルのマンカン過剰砂質土壌における*Centrosema pubescens*のコーティング材は石灰の方が好結果が得られた。pH6.5以上の土を好む*Neonotonia wightii*も石灰の方が良く*Desmodium uncinatum*も接種後すぐに播種する場合は石灰が良い。今後、研究が進むにつれ、石灰コーティング材が適するマメ科牧草は増えていくものと思われる。

コーティング材の必要量は種子の大きさ、及びペレットの使用目的で異なる。種子が小さくなればなるほどコーティング材は多量に必要となり、また、過リン酸石灰のような酸

[表-4] 属, 種ごとのコーティング材料

石灰でコーティングすべき属, 種	粉末リン鉱石でコーティングすべき属, 種
Adesmia	Acacia
Astragalus	Alysicarpus
Cicer	Arachis
Coronilla	Calopogonium
Hedysarum	Cajanus
Lathyrus	Centrosema
Lens	Clitoria
Leucaena leucocephala	Crotalaria
Lotus corniculatus	Cyamopsis
Medicago	Desmodium
Melilotus	Dolichos
Neptunia	Flemingia
Onobrychis	Neonotonia
Phaseolus coccineus	Indigofera
Phaseolus vulgaris	Lablab(=Dolichos)
Pisum	Lespedeza
Psoralea	Lotononis
Sesbania	Lotus uliginosus
Trifolium	Lupinus
Trigonella	Macroptilium(=Phaseolus)
Vicia	Macrotyloma(=Dolichos)
	Ornithopus
	Phaseolus (P. vulgaris, P. coccineus 以外の Phaseolus 属)
	Pueraria
	Stizolobium
	Stylosanthes
	Vigna
	Zornia

性肥料に直接種子に触れる場合、乾いた土に播種する場合、酸性土に石灰グループの種子を播種する場合等の不利な状態から根粒菌を保護する場合は厚いコーティングが必要となり、コーティング材も多量に必要となってくる。種子の大きさ及びペレットの大きさによる粘着材、コーティング材の必要量を表-5に示す。

表-5 粘着材、コーティング材の必要量

(i) 薄くペレットを作る場合

種子の 大きさ	ロットが大きい場合			ロットが小さい場合		
	種子の量	粘着液の量	コーティング材の量	種子の量	粘着液の量	コーティング材の量
小	6 kg	250 ml	3 kg	25 g	1 ml	12.5 g
中	9	250	3	37.5	1	12.5
大	12	250	3	50	1	12.5
特大	24	250	3	100	1	12.5

(ii) 厚くペレットを作る場合

種子の 大きさ	ロットが大きい場合			ロットが小さい場合		
	種子の量	粘着液の量	コーティング材の量	種子の量	粘着液の量	コーティング材の量
小	6 kg	1 l	6 kg	25 g	4 ml	25 g
中	9	1	8	37.5	4	30
大	12	1	8	50	4	30
特大	24	1	6	100	4	25

表-3では種子の大きさを小、中、大、特大の4つに分けたが、小のグループにはシロクロバ、ロトノニス、中のグループにはグリーンリーフデスモジウム、ルーサン、スタイロ、大のグループにはセントロ、グライニン、サイラトロ、特大のグループにはラブラブピン、カウビー等が属す。(種子の大きさについては表-2参照)

(3) ペレティングの方法

種子をペレティングする直前に、ピートカルチャーと粘着液をよく混ぜ合せ、その後、この粘着液と種子をよく混ぜ合せ根粒菌を接種する。種子をよく湿った状態にし、ペトつかせるのが目的であるので、種子を水びたしにしてはいけない。ペレティングは種子を回転させたり、ころがしたりする動作を行なわせることによって最もよい結果が得られ、

振ってもよくベレティングできない。ロットが小さい場合はビーカーやバケツに粘着液がついた種子とコーティング材を入れ棒で8の字を描くようにして混ぜ合せると、良い結果が得られる。ロットが大きくなると羽根のないコンクリートミキサーを利用してベレティングする。コンクリートミキサーがない場合は厚でのビニールシートに粘着液のついた種子をおき、コーティング材を上からまぶし、シートを前後に動かしベレティングする。コーティング材はバラバラと数回に分けてふり播くのではなくて、1度に必要量を全量投入する。ベレティング時、過剰に種子を混ぜ合せるとベレトをこわすことになるから、種子が均等にコーティングされ、種子がバラバラになったら混合をやめる。ベレティング終了後、数時間乾燥させると、種子はシードボックスから播種できる硬さになる。

ベレティング容器はベレティングが終了したら、熱湯を注いだ後アルコールで殺菌しておくのが望ましい。異なった根粒菌の種類を連続して接種する場合は、1つの種類が終るたびごとに器具を殺菌した方がよい。これは無効菌の着生をさけるためである。例えばほとんどのカウビー型の菌と酸生産菌の間、ルキーナとクローバの間のように混合接種が起らない場合は良いが、交互接種の可能性の有無が不明な場合は無効な根粒菌の着生を招く恐れがある。

第5章 草地造成

1. 牧草播種時の実生定着制限要因

牧草種子が播種されてから定着するまで種々の制限要因が考えられるが、最初に起こるのが、播かれた種子の物理的損失である。熱帯地方ではSeed harvesting ants (*Iridomyrmex* sp) による播種した牧草種子の持ち去りがかなり有り、この他に乾燥状態では土壌の割れ目に種子が落ち込んで幼芽が地上部に出現できないことがある。種子の物理的損失の次に起こるのが、播種された種子が高温等のために発芽力が減退することである。熱帯地方では夏期の土壌表面の温度が50℃以上になることもあり、土壌表面に散播された種子の発芽力減退に影響を及ぼす。3番目の問題として乾燥、土壌の物理条件の悪化により幼芽が地上部へ出現できないことがある。最後に起るのが実生の死亡である。これは高温、乾燥等の気象条件の悪化、野草との光、養分の競合、病害虫等による被害によって引き起こされる。牧草の発芽定着に影響を及ぼす要因として次のものがある。

(1) 水

播種された種子が発芽し、生長していくためには、播種後の雨が不可欠な要因である。種子が発芽するためには、種子の中へ土壌からの水分を取り込まねばならないが、これは種子が土と密着することによってなされる。ブノフェルグラスのような芒が多い種は、芒と穎を取り除き穎果だけにすることによって、穎果と土の接触が良くなる。ブロードキャスト等で散播する種子はライムコーティングすることによって土壌表面からの水分吸収が良くなる。熱帯地方では雨量は夏期に多いが、播種は、高温による土の乾燥を避けるため、温度が下がってくる晩夏か春にした方が良い場合もある。マルチング、あるいは前植生の遺体は土壌水分の保持に役立つ。クイーンズランド州のGayndahでは、ha当たり45kgのギニアグラスを、マルチの量を変えた圃場へ播種したところ、マルチしなかった圃場ではm²当たり13の個体が発芽したが、ha当たり10,000kgのマルチを圃場ではm²当たり79個の個体が発芽した。熱帯地方におけるマルチの効果は、土壌水分の保持だけでなく、土壌表面温度を下げる効果もある。水が発芽に及ぼす副次的効果として、長期乾燥後の降雨による土壌中の有効態窒素の含量の増大がある。特に土壌有機物が多い場合、雨期の初めに播いた種子からの実生は、雨期の終りに播いたものよりも初期生長が良い。その他の副次的効果として、水が種皮の水溶性発芽阻害物を取り去ることである。

(2) ガス交換

発芽には酸素が必要であり、通常は酸素の供給に支障はないが、排水不良地等の過湿地においては酸素不足となる。酸素の供給が良好な場合、炭酸ガスの供給は休眠打破に役立つ。

つ。しかし過剰のCO₂の存在は、ある種の休眠種子の発芽の障害になる。

(3) 温 度

熱帯牧草の発芽最適温度は温帯牧草よりも一般的に高い。しかしグライシンは発芽の初期段階で、37℃に6時間、または45℃に3時間、さらされると死んでしまう。幼根が出た後ではこの高温のダメージは減少する。ローズグラスは発芽の温度適性の幅は広く、熱帯、亜熱帯では、温度だけを考えるなら、年中いつでも播種できる。しかし、逆にこのことは、実生が死ぬような異常な高温、低温に遭遇する危険性が高いということもできる。播種時の高温は根粒菌の死滅を招くが、根粒菌接種の必要がない種類の休眠打破には役立つ。

(4) 光

ローズグラス、モラセスグラス、ダリスグラス、セタリアは光によって発芽が助長される。

(5) 土壌の物理的条件

粘土は乾燥時、土壌が緊密となり発芽をさまたげることがあり、セメント状の砂質土においては、雨滴が土膜を形成し、水が土中へ浸入することをさまたげ、発芽に悪影響を与える。

Naイオンが集積しているソロネク土壌やソロンチャク土壌では物理条件が悪いので、草地の造成は困難である。しかしNaイオンを石膏等でCaイオンに置き換え、土壌構造を変えると造成はできるが、これは灌漑草地等の集約的経営においてのみ経済的に成り立つ。

散播で定着する種はタウンスビルスタイロ、スタイロ、サイラトロ、モラセスグラス、ギニアグラス等であり、散播で定着不可能な種子はグライシン、マカリカリグラス等である。

(6) 病 害 虫

牧草の定着に影響を及ぼす病害虫は季節により異なる。クイーンズランド州南部ではSiratroをbean fly (*Melanagromyza phaseoli*)から保護するため、殺虫剤を粉衣して播種している。Seed harvesting ants からの種子の被害を守るため、播種から発芽まで長くかかるような播種適期でない時期に播種することは避る。

(7) 競 合

全面耕起した播種床へ同時に播種された草種間の競合は強くないが、既存草地に追播された種子の実生は既存草から水分、養分、光の強い抑圧を受ける。例えばブッフエルグラスとタウンスビルスタイロから成る草地では、タウンスビルスタイロの密度は実生の発芽時期の雨量と比例し、乾燥した年は永年草であるブッフエルグラスが優占する。しかし、全面耕起草地に両者を播種し、雨量が少ない場合は、タウンスビルスタイロの実生の方が定

着が良い。

実生定着時の競合は、発芽の時期、播種深度に影響を受け、遅れて出現した牧草の実生は、早く発芽した雑草種子から抑圧される。この抑圧の程度は牧草種子の大きさによって異なる。定着、初期生育時には種子の大きさが重要な要因となり、一般的に大きな種子ほど実生も大きいので競合に強い。

立木がある場所に牧草を播種する場合は木を取り除いた方が牧草の定着、生育に好結果をもたらす。木を等高線に沿って帯状に取り除き、そこへ播種する草地造成法もあるが、この技術が成功するか否かは、播種された牧草が、播種地以外まで広がっていくかどうかにかかっている。

2. 草地造成時の障害物処理

草地造成改良の目的は、畜産的に利用価値の低い森林、疎林、野草地等に飼料価値の大きい牧草を導入することである。草地造成、改良の方法は、前植生、地勢、経営条件等から決定されるが、造成に先立って実施されるのが障害物処理の作業である。

障害物処理には、除草剤等で前植生を殺す前植生処理と、立木除去、排根等を行う障害物除去がある。

(1) 障害物除去

立木地帯に草地造成する場合には、最初に立木を伐開する。立木を残していても牧草が生育できるような疎林地帯でも、栄養、水、光の競合から牧草を保護するため、全ての前植生を取り除いた方が良く、伐開することにより、後の草地造成作業、草地管理が容易となる。しかし土壌保全林、防風林、ひ陰林、牧棚材としての木は残すべきであり、自然環境との調和をも考慮に入れて伐開する。障害物除去には人力による小規模な方法から、機械力を使った大規模な方法まである。立木が売却できるなら、できるだけ売払い、その代金を造成経費に充てる。

ア. 人力による障害物除去

人力による障害物除去は、造成までの時間が長くとれる場合や伐開する植生の量が少ない場合に適用できる。使用する道具は、オノ、チェーンソー、ウィンチ等である。熱帯雨林では最初に樹林の下にあるブッシュやつたを、最初に取り払い、その後、木を切りたおす。大木を伐木する場合は、その大木が倒れる方向にある小さな木には、あらかじめオノでチョップを入れておき、その後、大木を切り倒し、大木が倒れる力を利用して、大木と同時に小さな木も倒してしまう。このようにすると、かなりの省力ができる。大木の支持根は切り取った方が良い。切り倒した木は乾燥を待って火入れするが、火入れ直播法で造成する場合は雨期まで数ヶ月ある時期には火入れすべきでない。早い時期に

火入れすると貴重な灰のマルチが吹きとんでしまっていて、火入れ直播法による造成が困難になる。通常、火入れは雨期が始まる1～2週間前にする。もし可燃物が十分でない場合は、野草が倒木の回りに繁茂する1年後に火入れする。全層耕起する工法をとらない場合は切り株の処理は不必要だが、耕起する場合は、早期に火入れして、燃えきらなかった木を切り株の回りに積み上げ、再乾燥し、乾燥後、再び燃やし、その後、切り株と根を掘り起こす。アフリカでは木炭用に木を切った跡地に草地を造成し、造成コストを安く抑えている。

イ. 機械による障害物除去

(ア) 障害物除去の工程

機械による障害物除去の工程は、立木除去、火入れ、火入れ後のウィンドロー作り、排根、石礫除去、耕起等の工程等から成っており、立木を売却する場合はこれと異った工程になる。造成後の土地の使用目的や、立地条件により省略できる工程がある。作物と牧草の輪作体系を取る予定地や採種予定地は、完全な障害物処理が必要となってくる。火入れが成功した熱帯雨林地帯では、燃え残った木の腐蝕が早いので、ウィンドローを作るのは省略できる場合もある。燃焼物が多い造成地では火入れ前のウィンドロー作りは省略し、火入れ後、ウィンドローを作る。

(イ) 立木除去

クローラ型トラクターや特殊な建設機械が使用される。180PSや270PSの高出力ブルドーザ2台で、重い275mのアンカーチェーンを引っばって木をなぎ倒す方法がよくとられる。小型なブルドーザを使ったUnitでは木のなぎ倒しに時間を浪費し、大出力機のUnitのように経済的に働くことはできない。小型Unitの唯一の利点は土壤条件が悪い時に使えるということである。大小の木が混在している森林地帯をアンカーチェーン法で立木除去する時には、チェーンが大きな木の上方にづり上がり、小さな木をなぎ倒し損ねるのを防止するため、チェーンの中心に直径3mの大きなボールをさる環で結びつけ、チェーンを常に土壤表面に保持しておく方法がとられている。アンカーチェーン法は胸高直径15～20cmまでの木が密生している樹林地帯で最も効果的である。トラクターは、倒木や木の跳ね返りからオペレーターを保護するため、セイフティーフレームと金網が必ず必要である。アンカーチェーン法による立木除去の問題点は、倒木できない大木(胸高直径30cm以上)が混在している時である。このような場合には、チェーンを引っばった2台のブルドーザの後に、tree pusherのアタッチメントをつけた独立したブルドーザを伴走させる必要があり、かなりの経費が必要となる。

tree crusher は tree pusher の前面に取りつけられ、鋼鉄製の歯が電動のローラー

ドラムについており、倒木と下繁のかん木のチョップが同時にできるようになっている。作業能率は、その地域の植生等によって異なるが、1時間1～2haである。

樹高が低い疎林地帯ではアンカーチェーンの替りに鋼鉄製のケーブルが使用されることがある。トゲを持った低木のブッシュ地帯ではtree pusherのアタッチメントとroot ploughが使用できる。立木除去面積が小さく、木の密度が低い場合には、単独ブルドーザーで個々の木を押し倒していく。しかし、単独のブルドーザーで木を押し倒す方法は、木と木の間を移動する(ブルドーザーが仕事をしないDead run)無駄な時間が多く、造成経費が非常に高くなる。

(ウ) ウィンドロー作り

押し倒された前植生が燃え広がるのに十分な密度があった場合、そのままに放置し、乾燥後すぐ火入れをする。ウィンドローを作る前の火入れは、ウィンドローを作る時に失われる豊富な葉を燃やすことができ、小さな枝を焼却してしまうのでウィンドロー作りが楽になる。しかし火入れを待っていたのでは造成時期が遅れる場合や、火入れで腐植が失われる恐れがある時や、走り火では燃えない様な状態の時は、倒木後、ただちにウィンドロー作りを開始し、乾燥を待ってウィンドローに火入れする。

ウィンドロー作りは排土板より重タインレーキ、レーキドーザ)でした方が肥沃な表土の移動が少ないので良く、レーキングと同時にタインで粗耕もできる。重粘土地帯では地表が湿っている時は、角度のついたブレードを使用することによってレーキングできないこともないが、作業能率が悪いので、容易にレーキングできるようになるまで待った方が良い。このウィンドロー作りは障害物除去の作業の中で最も経費がかさむ作業である。レーキングで大切なことは片道しか仕事をしないで、あとの片道は仕事をしないdead runningは極力避けるべきである。つまりトラクターが動いている時は常に仕事をするようにしなければならない。ウィンドロー間の距離は造成コストに影響を及ぼし、普通140mを越えるべきでない。ウィンドロー作りで最も重要なことは、造成が完了するまでの土壌侵蝕を防止するために、ウィンドローは必ず等高線上に作ることである。

(エ) 抜根

抜根は耕起予定地を対象に行う。耕起予定地でも、土壌が湿っている時にアンカーチェーン法で立木除去をした時には、抜根も同時になされる場合があり、抜根を省略できる場合もある。抜根はトラクターに重タインリッパーを装着し、深さ20～45cmの根を取り除く。

(オ) 排根と残り木の拾い上げ

火入れ、抜根の後には短い木材がまだ残っており、耕起、播種のさまたげになる。

このような木ぎれは手で拾い上げたり、排根時に根と同時にレーキングしーケ所へ集め、乾燥後、燃やしてしまう。

(2) 前植生処理

立木地帯に草地造成する際、造成経費の軽減を図るため、立木を除去しないで立木を殺した後草地造成することもある。立木を殺す方法は空中からの除草剤散布、立木への除草剤の注入、リングバーク法がある。立木を残した草地造成法は、立木密度が比較的少く、かつ将来、放牧地として使う場合に適用される。

ヒース地帯の草地造成は、排水作業が必要となる場合がある。しかし、火入れと重作業のスタンプジャンプブラウヤ重タンデムカルチベーターで耕起し、ディスクカルチベーターで前植生をチョップする必要がある。野草地を不耕起造成法で草地造成する時は、重放牧で前植生を処理する。

ア. 除草剤の空中散布

ハワイの熱帯雨林で、空中から除草剤をスプレーして、木を落葉させた後、空中から施肥、播種し、草地造成した例がある。しかし、この方法は造成予定地外への除草剤の飛散、広範囲の環境汚染を招く恐れがあるので用いない方がよい。この方法を採用する際には、付近の農作物、造成後の草地へ悪影響を及ぼさないような除草剤を選択する必要がある。

イ. リングバーク法及び除草剤注入法

木の皮を幅10cmにわたり、はぎ取ることにより立木を殺す方法がリングバーク法と呼ばれている。リングバーク法は除草剤を使用しないので環境汚染の心配はないが、多大な労力が必要となり、木が完全に死なない場合がある。リングバーク法と除草剤散布法の欠点を改良したのが除草剤注入法である。除草剤注入法は除草剤散布法より環境汚染が少く、リングバーク法より労力が少くてすみ、効果も高い。オーストラリアのクイーンズランド州中部では、木が生長を開始した時期（春）に、木の基部から1mの高さの幹の周囲へ、約13cmおきにノミで木部まで達する傷を入れ、その傷の中へトードンを2mlづつ、家畜用の肩かけ自動注射器で注入する。

（注）トードン：ダウケミカル社が発売しており、Picloram(4-amino, 3, 5, 6, trichloropicolinic acid)を1%と2, 4-Dを5%または2, 4, 5-Tを5%含んでいる。

リングバーク法や除草剤注入法によって野草放牧地の立木を殺したため、野草と木の養分、水分、光の競合がなくなり、牧養力が4～6倍に上がった野草放牧地がある。

3. 草地造成法

草地造成の方法は、将来の草地利用法、播種する牧草の種類、造成予定地の地勢、植生によって決定され、良好な播種床を準備すると造成後の結果が良いが、造成経費は高くなる。

(1) 不耕起造成法

ア. 火入れ直播法

この方法は伐開した後に火入れし、火入れ直後、灰の中へ牧草種子を播く方法である。火入れすることにより、倒木やブッシュ等の前植生に含まれていた養分が直ちに可吸態に変わり、立毛中の雑草種子が死滅し、牧草種子の発芽に好適な灰の播種床を造成できる。播種は通常、人力か航空機によってなされるが、きれいに火入れが成功してトラクターの作業ができる場合は、ブロードキャスターでなされる。播種時期は火入れ後、灰が冷えたならできるだけ早く播く。通常、火入れ後2～3日目に播かれる。火入れから播種までの期間を長くすると、灰が風で吹き飛ばされたり、雨で洗い流されたりするので、牧草の定着が悪くなる。普通、火入れと播種は雨期の直前におこなわれる。

火入れ直播法で造成が成功する牧草は、定着が早く雑草の抑圧能力が大きい、ローズグラス、モラセスグラス、ギニアグラス、ブッシュフルグラス等のイネ科牧草であるが、サイラトロ、ルーサン、スタイロ、タウンスピルスタイロも成功した事例が数多くある。マメ科牧草を播く場合はベレティングした方がよい。

オーストラリアのクイーンズランド南東部の年雨量1,400mmの森林地帯で、伐木とトードンの注入で立木を間引きした後、12月に火入れし、その直後、次の「Shot gun mixture」を航空機から播種した。

イネ科牧草		マメ科牧草	
モラセスグラス	0.07 kg/ha	グリーンリーフデスマンジューム	0.85 kg/ha
グリーンパニック	1.12 "	アキサラース	1.12 "
ローズグラス (フォーズカ タンボラ)	0.28 "	グライオン (クーパー)	1.12 "
キクユグラス (ウイソイト)	0.21 "	サイラトロ	0.56 "
ギニアグラス (ハミル)	0.37 "	スタイロクック	0.28 "
セタリア (ナロック)	0.56 "	シロクローバ	0.56 "
小計	2.61 kg/ha	小計	4.49 kg/ha
播種量合計	7.1 kg/ha		

マメ科牧草種子はMoO₃でベレティングされた。播種後3ヶ月目にha当たり500kgの過リン酸石灰、1年4ヶ月後にha当たり250kgのモリブデン過リン酸石灰を施用した。前植生処理を除く造成費は1974年当時ha当たり80A\$=20,000円(1A\$=245円で換算)であった。この混牧林はha当たり0.3～0.4頭の成牛を飼育できるようになった。

播種された牧草のうち、キクユグラスとシロクローバは定着できなかった。最も生育が旺盛な草種はアキサラーラスで、この牧草はチガヤを抑圧した。グリーンリーフデモジュームは砂質土やガリ浸触の場所を優占した。イネ科はモラセスグラスとセタリアが良く、次いでローズグラスとグリーンパニックであった。この混牧林草地の長所は①造成経費が安い。②亜熱帯地方では霜害から牧草を守れる。③木材からの収益もある。④エロージョンが少ない。⑤マメ科牧草割合が安定している。⑥土壌の保水力が高まる。⑦木の生長が良くなる。⑧切り株からの再生を抑制できる等がある。欠点としては①家畜を集めるのが難かしいので、追い込み棚が必要となる。②倒木等による牧棚のダメージがある。等である。

イ. 重放牧法

野草が比較的豊富な造成予定地においては、火入れ後直ちに播種せずに、野草の再生後、この野草を家畜に採食させ、その後播種する造成方法もとられている。

北オーストラリアの熱帯サバンナや疎林地帯においては、航空機からタウンズビルスタイロを播種する造成法が成功している。播種前にタウンズビルスタイロのフックを取り除き、種子が滑らかにすべるようにし、ha当たり 6.6 kg の種子と 132 kg の過燐酸石灰を高度 122 m から散布した。播種前の予措として、造成予定地を冬に火入れし、播種直前に野草を抑圧するため重放牧し、播種後にはストロキング (0.5 頭/ha) した。タウンズビルスタイロの航空機播種は、土壌が砂質土の場合、良い結果が得られるが、重粘土地帯では不適である。空中から不耕起の播種床へ播種した場合の実生の定着率は、耕起した播種床へ播種した時の実生の定着率の 50% であった。

北クイーンズランドの砂質土地帯においてタウンズビルスタイロとバイフローラス (*Macrotyloma uniflorum*) を火入れ、重放牧後に、立木がある野草地へブロードキャスターで乾期に播種する方法が成功している。バイフローラスは蔓性なので野草との競争が強い。播種後、過リン酸石灰を施用するとタウンズビルスタイロの密度が高まった。

(2) 粗耕法

ア. 部分粗耕法

サバンナや疎林地帯ではディスクハロー、チゼルプラウ、カルチベーターで帯状に部分耕起し、そこへ家畜による伝播能力がある種や攻撃力が強い草種を播種する造成法がある。この方法は将来、放牧地として利用し、造成経費を低く抑えたい場合に採用される。

オーストラリアのクイーンズランド州中央部の砂質のポドソル土壌地帯では部分耕起後、タウンズビルスタイロを播種することにより造成に成功している。火入れ時の失火を防止し、火入れ後の野草の再生を助長するため、春の約 50 mm の降雨後火入れする。

火入れをすることにより倒木、切り株、他の播種時の障害物の位置が明確となり、播種作業が支障なくおこなえるようになる。火入れ後、野草が再生してきたら、放牧頭数を従来の2倍に増やし、野草を徹底的に採食させる。初夏の強い雨で土壌が柔らかくなったところに、牧区の全面積の1/4を占めるように帯状に耕起と播種を行う。トラクターにチゼルプラウ、またはタンデムディスクハロー、オフセット型ディスクカルチベーターを装着し、これらの農具の後部にブロードキャスターを乗せて、耕起、施肥、播種を同時に行う。タウンズビルスタイロは無肥料でも容易に造成できるが、ha当たり130kgの過磷酸石灰を施用すると、定着後の密度が高くなる。播種量は莢付き種子で22~33kg/haである。莢付き種子は多くの硬実を含んでいるので、このような粗放な造成法においては、気象条件の悪変による造成の失敗を防止できる。この方法で造成すると、播種後2年目には、タウンズビルスタイロの密度は初年目の8倍となり、5年目には播種していない場所も、全てタウンズビルスタイロが覆ってしまう。

タウンズビルスタイロは耐陰性が弱いので、造成後はイネ科の野草が伸び過ぎてタウンズビルスタイロを覆ってしまわないように、少し過放牧気味に強く放牧する。耕起、施肥、播種作業時、トラクターの前面に雪かきの様なV字型のブレードをつけると、倒木、その他の障害物を脇へ押しやることができ、作業がスムーズに行なえる。

同じ地域において、トードンを木へ注入して木を殺した後、樹間を帯状に耕起し、サイラトロを通常の播種量の2倍に当たるhaあたり88kg播種し、良好な草地を造成することができた。

部分耕起法では、エロージョンを防止するため、等高線上に耕起する。

部分耕起法で播種できるマメ科牧草は家畜のフンによって伝播されるサイラトロ、タウンズビルスタイロ、*Acacia albida*, *A. tortilis*, *A. sieberiana*, *A. nilotica* 等の *Acacia* 属のカン木、粘着性のある莢で家畜体表に付着するシルバーリーフデスモジューム、曲ったトゲで家畜に付着する *Medicago polymorph* や *M. minima* がある。イネ科牧草では攻撃力が強いローズグラス、シグナルグラス、キクユグラス等がある。

マメ科採種草地と野草地を1牧区にして、マメ科牧草種子が稔実した後に放牧すると、家畜によりマメ科牧草種子が野草地に伝播することにより野草地へマメ科牧草を導入できる。しかし、この方法で草地改良するには放牧前の施肥が必須となる。

熱帯地方において部分耕起法で最も多く播種される草種はサイラトロとタウンズビルスタイロである。

1. 全面粗耕法

全面粗耕法は完全耕起法に近い造成法なので、部分粗耕法より造成速度を早めたい場合に採用され、主に野草放牧地の改良に採用される工法である。造成経費は部分粗耕法

と完全耕起法の間である。この工法で播種できる牧草は、部分粗耕法で播種できる種類に加えて、セントロ、ラブラブビーン、バイフローラスのような定着が容易な大粒の種子を持ったマメ科牧草である。

オーストラリアのクィーンズランド州南東部の年雨量700mmの地域では、次のような全面粗耕法で、野草地へ1年性のMedicago 属を導入することができた。3月にチゼルブラウで全面耕起すると同時に、チゼルブラウの後につけた種子箱から、種子を落とし、チゼルブラウの後に古タイヤを引っぱり覆土した。播種した種子はルーサン1kg、パレルメディック(Medicago truncatula)のcv. ジャマロングとcv. サイブロス各1kgで、播種前に種子をベレソティングした。播種後1ヶ月目にモリブデン過燐酸石灰をha当たり188kg施用した。

ザールではディスクハローで土壌を攪乱し、ブロードキャスターでスタイロを散播して草地造成に成功した。また、雨期の初めにチガヤの草地に火入れし、ディスクハローで粗耕後、スタイロ、ビューロ、セントロを播種し、放牧を8ヶ月間休むことによって草地造成に成功している。

(3) 完全耕起法

草地造成の成功度は最も高いが、造成経費は最も高価である。一般にこの造成法は将来牧草と穀物等を輪作する場合、採草地として利用する場合に適用される。

ア. 新規伐開地での完全耕起法における草地造成

新規伐開地は雑草が少なく、土地が肥沃なので草地造成の失敗は少ない。障害物除去が終了後、重スタンプジャンプディスクブラウ等で耕起する。耕起することにより、前植生の再生を抑圧できる。耕起後、播種機がスムーズに作業できるように、ディスクハローをかけ小さな残根や枝を切る。ディスクハローをかける時は小さな不陸も同時に修正するように心がける。播種床を丁寧に作る場合はハローイングを数回繰り返す。一般に種子が小さい場合、種子が高価な場合は播種床を丁寧に作る。石灰の施用が必要な場合はハローイング時に施用する。播種、施肥は種子と肥料が同時にドリルされるような播種施肥機を使った方が好ましい。種子と肥料が置かれる深さは異なった方が良く、特に根粒菌は酸性肥料によってダメージを受けるので、種子と肥料の接触は避けるようにする。地上に木の枝や根が多く残っている、傾斜が急である、不陸が多い等の理由でドリル式の播種機が使用できない場合はブロードキャスターのようなスピナーを持った施肥播種機が使用される。造成面積が小さい場合は、手押しの播種機で播種されることもあり、ブラジルではグライシンが、この方法でよく播種される。また手動のスピナー型の施肥播種機も使用されている。

播種深度は種子の大きさによって決まり、ロトノニスのような小さな種子は土壌表面

に散播し、けっして覆土してはいけない。ドリコスのような大粒種子はかなりの深さに播種されても発芽することができる。通常の播種深はほとんどの種において1～2.5 cmの間である。

高い発芽率を得るためには、土壌粒子を種子に密着させる必要がある。このため各ドリルの後には鎮圧車がついている。ブロードキャスターで播種した後はケンブリッジローラ等で鎮圧する。

熱帯地方の草地造成では播種期が重要である。ほとんどの種類の熱帯牧草は雨期直前に播種されるが、大粒のマメ科牧草種子は、播種後の鎮圧をするならば、降雨後に播種した方がよい。

1. 野草地、耕作放棄地での完全耕起法による草地造成

造成工法の手順は新規伐開地に造成する場合とほぼ同様であるが、雑草のコントロールが最も重要である。熱帯では作物栽培後、多くの土地が放棄されており、牧草を播種しても雑草に抑圧され造成が失敗することがある。このような耕作放棄地の土壌はやせて、特にNが不足しており、施肥をしないと草地造成は困難である。熱帯の耕作放棄地にはマントグラス (*Axonopus affinis*)、カーベントグラス (*A. compressis*)、クーチグラス (*Cynodon dactylon*)、チガヤ (*Imperata cylindrica*)、ダリスグラス (*Paspalum dilatatum*)等の生産性が低い、やせ地適応性が高い草がはびこっている。これらの草は耕起するか、多量のN肥料と共にN肥料感応性の高い牧草を導入しない限り抑圧することはできない。

耕起後のディスクハローによる砕土は前植生を破砕する効果は大きいですが、小さなストロンが生き残り牧草と競合する場合がある。

急傾斜地では低重心のクローラ型のトラクターを使用する。傾斜地では土壌侵食をさけるため、等高線沿いに帯状に耕起して造成する部分耕起造成法を数回繰返すこともある。

草地造成時の雑草防除法としては、耕起後の降雨1週間後に1～2日、ディスクハロー、ロータリーハロー等でハローイングする方法のほかに除草剤を使用する方法がある。除草剤の使用法は雑草が発芽する前に散布する土壌処理法と、雑草が発芽した後に実生に散布する方法がある。ギニアグラスとセントロの草地造成時に2,4-Dを使った試験では、セントロに対する2,4-Dの薬害は散布7日目以後の播種のものには起らなかったことから、セントロは2,4-Dの散布後1週間、できれば2週間後に播種する。この時の散布方法はha当たり2.2kgの2,4-Dアミン塩を90ℓの水に溶かし、225kg/cm²の圧力で噴霧した。スタイロは実験によると、2,4-Dの散布後33日目以前に播種すべきでない。中米ではビューロの播種前の土壌処理除草剤として2,4-D、アメトリン剤、リニュロン剤が使用さ

れている。ルキーナの発芽前に2,4-Dを散布したらルキーナに薬害が生じたが、活性炭粉末をルキーナ種子の上に散布すると、この薬害を軽減できた。

(4) 同伴作物による草地造成

短年性の換金作物の作付地へ、同伴作物として牧草を播種し、換金作物の収穫後に圃場を草地に変える造成方法も以前からよくとられている。サウスオーストラリアでは、小麦の中へサブクローバを播種してサブクローバの草地を造成することが一般になされており、オーストラリア北部特別地域ではグレイソルガムの中へタウンズビルスタイロを播種し、マレーシアではトウモロコシとローズグラス、グリーンリーフデスモジュームの同伴作物、ラオスではスタイロと陸稲、ブラジルではラブラブビーンとトウモロコシ、ザイールではグレイソルガムとスタイロとその例にはことかかない。この草地造成法は次の様な利点を持っている。

- ① 草地造成のための障害物処理経費が換金作物のための障害物処理経費に吸収されてしまう。通常、熱帯地方の農民は草地造成のための開墾は望まないが、換金作物のための開墾は嫌がらない。熱帯地方における草地造成は、最初から草地を造成するのではなく、換金作物を数年栽培した後に草地造成した方が、スムーズに開発できるものと思われる。
- ② 作物と共に播種された牧草は、畦間の雑草を抑圧し、エロージョンを防止する。
- ③ マメ科牧草種子を播くことによりN肥料を節約できる。
- ④ 作物の畦間に播かれた牧草は、作物によって霜、極端な暑さから保護される。
- ⑤ 換金作物収穫跡地に放牧する場合、同伴作物としてマメ科牧草が播かれている場合は放牧価値が高まる。
- ⑥ 伐開後、ただちに牧草を播種する造成法と異なり、作物栽培を数年間続けることにより、耕起、砕土を繰り返すため前植生の再生を抑圧することができる。

一方、この造成法の欠点としては、換金作物と牧草との水、養分、光の競合のため換金作物の収量の減少があるが、この欠点を差し引いても利点は余りある程である。一般にこの作付体系では穀物収量は0～50%の減少、牧草収量は50～100%の減少となる。オーストラリア北部特別地域におけるグレイソルガムとスタイロの同伴作物の実験では、グレイソルガムがスタイロとの競合により次のように収量等が影響を受けた。

	スタイロ 同伴なし	スタイロと 同伴した場合
グレイソルガムの穀実収量 (g/m ²)	243	214
” の穂数 (本/m ²)	120	114
” の稔実小穂数 (%)	20.2	22.5

主としてラオスでの陸稲とスタイロの同伴作物の実験結果をもとに、同伴作物の耕種法について述べる。

- ① スタイロの播種密度が高まるに従って米の収量は減少した。

スタイロの密度 (本数 /m ²)	陸稲の収量 (g /m ²)	陸稲の穂数 (本/m ²)
0	98	89
3	85	70
9	82	74
27	72	75
81	62	71

- ② スタイロの播種は陸稲の播種後、遅ければ遅いほど米の減少は少くなるが、スタイロの収量は激減する。スタイロと陸稲の同時播きが推奨される。

陸稲播種後のスタイロの播種日	0	31日後	60日後
陸稲の収量 (kg/ha)	1,130	1,310	1,340
スタイロの乾物重 (kg/ha)	1,640	220	30

- ③ 畦の方向は作物にとっては東西畦が良く、牧草にとっては南北畦の方が良い。

スタイロとグレイソルガムの同伴作物におけるソルガムの穀実収量 (単位: kg/ha)

ソルガムの畦間	18cm	54cm	90cm
南 北 畦	1,960	2,250	2,200
東 西 畦	2,260	2,610	2,440

- ④ 穀物の品種は、穀物の収穫後の牧草の生育を助長するため、早生種を選ぶ。

- ⑤ N肥料を施用するとマメ科牧草の収量は減少するがイネ科穀物の収量は増加する。

(5) ブランテーション作物栽培地における草地造成

ブランテーションクロップ栽培地へ草地造成することは熱帯地方において近年最も見込みのある家畜導入法となっている。ブランテーション作物栽培地は、既に開墾してあるので比較的安価に草地造成ができる。草地造成することによって家畜からの収益があがるだけでなく、雑草を防除でき、草地にマメ科牧草が混播されている場合は土壌肥沃度の向上が期待できる。

造成後、間もないブランテーションでは、競争を最小に抑えるため最初はブランテーション作物の畦間に帯状に草地造成される。オイルパームは植えつけ後1～2年間は家畜によって損害を受けやすく、数年後には樹冠が広がり、光の透過が悪くなり、草の生産量を下げる。しかし、その後は年を経るに従って光の遮断量が少なくなり、草の生産量も上昇してくる。バリ島で測定した結果によると、10～12mおきに植えられ、植えつけ後30～50年経過しているオイルパームは、正午には全体の70～80%の光の透過量があった。光の透過量は太陽光線の角度が傾くと減少するが、牧草の生長には影響を及ぼさない。ブランテーション作物栽培地で、播種される牧草の草種はイネ科は、ギニアグラスのような株型

草よりングナルグラスのようなソッドを作る草種の方が良い。マメ科は、プランテーション作物にはい上ぼるセントロのような蔓性で生育力が強いものは避けた方が良い。

オイルパームのほかにカボックの作付地も草地造成される。また草生栽培の果樹園の下草に牧草を栽培し、乳用牛用に青刈り給与しているところもある。青刈り、あるいは乳用牛を放牧する場合は、肉用牛の放牧利用の場合よりも施肥量を多くする必要がある。

(6) 既存草地へのマメ科牧草のソッドシーディング

既存草地へのマメ科牧草のソッドシーダーによる追播技術は、1953年にNSW北部海岸のダリスグラス草地の改良に使用されて以来、多く使用されるようになった。ソッドシーダーはソッドの下部まで溝を切り、その溝の中へ肥料と種子を入れこむための強いノメを持った播種機である。ソッドシーダーを使用した草地改良は少ない経費で多大の効果をもたらすので、オーストラリアでは既存草地、野草地の改良に広く用いられている。耕起法と比較して土壌侵食がないため、傾斜地の草地改良にも使用される。この方法で草地改良すると、ローターベータ等で帯状に耕起する部分粗耕法で改良した場合よりも草収量が多い傾向にある。

ブロードリーフカーベットグラス (*Axonopus compressus*) 草地に、22-DPAナトリウム塩 277%, アミトロール 12.5% 溶液を散布して、ブロードリーフカーベットグラスとダリスグラスを枯らした後、グライシンのソッドシーディングによる草地改良に成功した事例がある。根粒菌を接種したグライシン種子をhaあたり 5.3kg 播種し、同時に 480kg のモリブデン過磷酸石灰を施用した。グライシンの収量は、haあたり 82kg までの除草剤の施用の増大に伴って増大した。除草剤を使用しなかったら、ソッドシーディングは失敗した。またダリスグラスとナローリーフカーベットグラス (*Axonopus affinis*) 草地に 5.5kg/ha の dalapun を散布した後、グライシンとサイラトロのソッドシーディングに成功した報告もなされている。

これらの他に、夏期生長種が優占している草地へ、秋に冬期生長種をソッドシーディングする方法が良く成功している。

4. 草地造成の実際

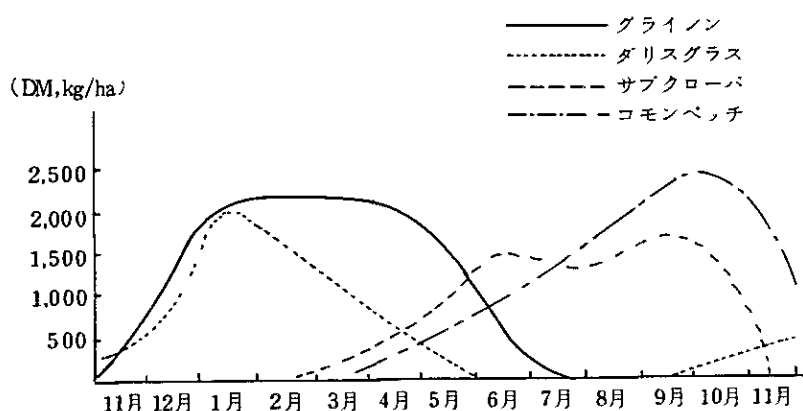
(1) 種、品種の選択

草地改良の目的は、放牧家畜へ年間を通して良質な飼料を供給することである。しかし個々の種類の牧草は生育の適期を持っており、年間、この生育適期が続くと、一年中、良質な飼料を供給できるが、通常はこのようなことは有り得ない。このため年間の飼料供給計画に合わせた種の選択が必要となってくる。例えば、夏期生長種と冬期生長種との組み合わせ等である。

熱帯では冷涼な季節の乾期が顕著であるが、種及び品種の選択によって冷涼な時期に入っても飼料供給が可能となる。例えばグライシンの cv. Tinaroo は、cv. Cooper, cv. Clarence より冷涼な季節に入ってからでも生長が続き、秋の飼料不足の時期に貴重な飼料を供給する。ラブラブビーンは、他の夏期生長種が生長を止めた以後も生長が続き、冬の放牧草としてのエン麦が生長してくる間の飼料となる。夏期生長種へ秋にNを施肥すると、夏期生長種の秋期における飼料供給能力を引き伸ばすことができる。種の選択以外による乾期の飼料確保の方法として乾草の生産がある。例えばタウンズビルスタイロロロの cv. スコフィールドは乾燥した方が嗜好性が高まり、乾期には立毛のままで枯れているところへ放牧が可能である。ザイールではノルガムとスタイロロのサイレーンを作り乾期の飼料としている。

年間を通じての飼料供給を可能にするための草種の組合せを決定する前に、作付地域における個々の種の生長パターンを知る必要がある。図-2は、ニューサウスウェールズ州の北東部(亜熱帯)における4種の牧草の生長パターンである。

図-2 ニューサウスウェールズ州北東部における牧草の生長パターン



この図を基礎にニューサウスウェールズ州東北部では土壌型ごとに、表-6のような通年飼料供給体系が確立された。

表-6 ニューサウスウェールズ州東北部における通年飼料供給体系

土 壌 型	季 節	圃 場	飼 料 作 物 の 種 類
赤色玄武岩土壌	夏~秋	①	グライシン+セタリア, 又はグライシン+キクユグラス
		②	ラブラブビーン
	冬	①	サブクローバ

土 壤 型	季 節	圃 場	飼 料 作 物 の 種 類
	春	②	エン麦又はライグラス（両者ともN肥料の施用は必須）
		①	キクユ+コモンベノチ又はセタリア（N肥料の施用は必須）
チョコレート色 玄武岩土壤	夏～秋	①	サイラトロ+グライシン+セタリア又はサイラトロ+グライシン+キクユグラス
		②	ラブラブビーン
		③	ル - サ ン
	冬	②	エン麦（N肥料の施用は必須）
春	③	ル - サ ン	
	①	セタリア（N肥料の施用は必須）又はコモンベノチ+キクユグラス+シロクロローバ	
沖 積 土	夏～秋	①	ンルバーリーフデスモジュール+セタリア又はグリーンリーフデスモジュール+セタリア
		②	ラブラブビーン
	冬	②	エン麦（N肥料の施肥が必須）
	春	①	セタリア（N肥料の施肥が必須）又はセタリア+シロクロローバ

播種する草種を決定する一要因として地勢がある。降霜が予想される亜熱帯では、傾斜地の霜害より谷底の霜害が激しいことから、傾斜地には熱帯牧草を用い、谷底にはシロクロローバのような温帯牧草を用いている。

(2) 草 地 混 播

イネ科単播草地は、土壤肥沃度が保持されている間はかなり生産量があるが、肥沃度が落ちると生産力も急激に落ち込み、高位生産を持続するためには多量のN肥料の施用が必要である。ローズグラスの収量はha当たり440kgから880kgまでN肥料の施用を増加させることにより、収量は直線的に上昇していった。クイーンズランド州北部のParadaでは灌漑しているバンゴラグラス草地へ、年間ha当たり440kgのN肥料を施用すると、ha当たりの放牧家畜の年間増体重は1,980kgにも達した。

マメ科牧草と根粒菌によって固定される窒素量は、同伴イネ科牧草の潜在家畜生産能力を引き出すには不十分で、混播草地の単位面積当たりの家畜の生産力は、多量にN肥料を施用したイネ科単播草地よりも低いが、多量のN肥料施肥が経済的に成り立つのはたいへん限られたケースである。このため多くの熱帯地域においてはマメ科牧草とイネ科牧草の混播が推奨され、適当なマメ科牧草がない国では、マメ科牧草の導入に研究の主力が置か

れている。

地下茎、ほふく茎を持ったシグナルグラス、バラグラス、パンゴラグラスはマメ科牧草と激しく競合し、これらの草地でマメ科牧草を同伴させるのは難かしい。多くのマメ科牧草は、1～2年間はこれらの草種と同伴できるが、マメ科牧草と根粒菌によって固定されるNによってイネ科の生長が助長されて、マメ科牧草はイネ科牧草に圧倒される。これらの草種と同伴できる可能性があるマメ科牧草はシロクローバ、ケニアホワイトクローバ、ヘテロデスモジュームである。このほかに、コロンビアは肥沃地に生育しているパンゴラグラスにグライシンが3年間同伴できた例、ハワイではP.K.Mo.Znを施肥するとキクユグラス、パンゴラグラス草地でグリーンリーフデスモジュームが良く生育した例がある。

マメ科単播草地は乳用牛地帯に存在する。単播されるマメ科牧草はラブラブビーン、カウビー、グライシン、ルーサン等であり、主として秋期の飼料不足をおぎなうために作付される。これらのマメ科単播草地は、隣接する栄養価が低い野草地と同時放牧される。マメ科単播草地の乾物生産量は、深い土層のラトゾル土地帯における実験結果では、グリーンリーフデスモジューム単播の方がセタリアとグリーンリーフデスモジュームの混播よりも多かったことが報告されている。マメ科単播草地と混播草地の家畜生産力の比較試験では一定した結果が得られていない。しかし、乾期にスタイロ単播草地へ放牧して、肉用牛を仕上げた例がある。ルーサン単播草地への放牧は鼓脹症の危険があるが、混播草地へ放牧するとこの危険性は減少する。ラブラブビーン単播草地での鼓脹症が1件だけ報告されている。

マメ科牧草とイネ科牧草の混播の利点は、マメ科牧草と根粒菌によるNの固定の他に、草地としての飼料の栄養価のバランスが良くとれていることである。最近の傾向として、混播草地のマメ科牧草の割合が上昇してきている。クイーンズランド州南東部では草地のロトノニス、グリーンリーフデスモジューム、ノクローバの割合が13%から30%へと上昇するとha当たり年間家畜増体重は275kgから550kgへと上昇した。

混播の種類はできるだけ簡単な方が管理しやすい。複雑な混播になると、各々の草種の生育リズムが異なるため、播種時の混播割合を維持していくには、かなりの高度な技術が必要であり、数年後には気象条件、管理条件に適合することができた2～3種の優占種に置き変わってしまうのが普通である。

激しい雑草害が予想されるところでは、造成後、急速に地表面を被覆するビューロ、ローズグラス等の草種を混播に加える必要がある。クイーンズランド中央部のAcacia harpophyllaが優占している地帯に草地造成する時は、A. harpophyllaの再生を抑圧するために、ローズグラスが混播されている。熱帯雨林地帯ではモラセスグラスやビューロを混播に入れることにより、造成初期の雑草害を抑えており、後にこれらのバイオニア草種は火入れや放牧頭数の調節により、ギニアグラスやセントロに置き換えていく。

表-7, 8に混播の1例を掲げるが、実際の混播草種を決定する際には、土壌条件(pH, 肥沃度, Al や Mn の過剰等の化学的条件及び排水の良否等の物理的条件), 気象条件(月平均雨量, 月平均最高・最低気温, 降霜の有無), 造成後の利用方法(採草か放牧か, 予想放牧頭数), 管理方法(火入れの有無, 施肥水準)を第1義に考えて、必要によりバイオニア草種, 夏期又は冬期限定生育草種を加える。なお最近では多くの種について様々な品種が作られているので、既に第2章, 第3章で述べた種と品種解説を参考にして最適草種品種を選定すべきである。

表-7 クイーンズランド州北部の年雨量 3200mmの熱帯雨林地帯における混播例

土 壌 条 件	混 播 草 種
高 肥 沃, 排水良好地	ギニアグラス+セントロ+ビューロ
中程度の肥沃, "	ギニアグラス+セントロ+ビューロ+スタイロ
や せ 地, "	ギニアグラス+シグナルグラス+ビューロ+スタイロ
排 水 中 位 地	ギニアグラス(cv. Hamil)+スタイロ+ビューロ
排 水 不 良 地	パラグラス+ビューロ+スタイロ

表-8 熱帯地方でのある混播例

地 域	年 雨 量	混播草種と播種量 (haあたり)
熱 帯 雨 林	1,500mm以上	ギニアグラス(2kg)+セントロ(3kg)+スタイロ(1kg)
赤色ラトゾル土壌	1,125~1,500mm	ギニアグラス(2kg) } グリーンリーフデスマジョー 又はセタリア(2kg) } + ム(3kg)又はグライシン(3kg) ただしグライシンは玄武岩土壌地帯でのみ可
ポドゾル土壌	875~1,125mm	サイトロ(3kg)+スタイロ(1kg)+ { ギニアグラス(2kg), 又はローズグラス(2kg),
Heteropogon spp Hyparrhenia spp Sorghum spp 等の 野草が優占している ポドゾル土又はソ ン土	875mm以下	野草地へタウンズビルスタイロ(3kg)又はスタイロ 3kg)の帯状播種, もしくは空中からの播種。 ただし, スタイロは無霜地帯でのみ可。

(3) 種子品質

草地の造成、改良は多額の経費が必要となるが、一たん造成すると長期間にわたり、収益が得られるので種子は最高の品質のものを使った方がよい。安価で劣悪な品質の種子を使用したために草地造成に失敗し、多額の金を無駄にした例もある。現在では多くの国が、種子証明の制度を持っているので、種子は必ず証明種子を使用するようにする。ここでいう種子の品質には次のようなものがあるが、最も重要なのは発芽力と純種子率である。

ア. 発芽力

休眠種子も加えた発芽可能種子の割合を意味し、通常、種子品質証明書にその数値が記載されている。

イ. 純種子率

発芽力と並んで種子の品質の最も重要な要因である。純種子というのは遺伝的に純粋にその種、品種の種子ということであるが、現在の種子検査技術ではその判定が困難なため、視覚による形状検査の結果が種子品質証明書に記載してある。つまり種子品質証明書に記載してある純種子率は、爽雑物、雑草種子、他作物種子以外のものを純種子とし、この重量を全体重量で除して算出している。

非証明種子を播種した結果次のような問題が起ったことが報告されている。

- ① グリーンバンニク種子にローズグラス種子が混入していたため草地全体の嗜好性が低下し、数年後には嗜好性の悪いローズグラス単一草地となった。
- ② 耐霜性があるセタリアの cv. Narok が耐霜性がなく、激しい霜害に見まわれた。
- ③ サイラトロ種子に付着していた Halo blight (*Pseudomonas phaseolicola*) が播種地に隣接した園芸作物に被害を与えた。
- ④ ラオスにおいて導入牧草に混入していた雑草が拡がっていった。

種子を購入する時は、PLS (Pure Living Seed, 純種子率×発芽率で表わされる) 当たりの価格を計算する必要がある。牧草の種類(ブノフルグラス, ローズグラス等)によっては種子証明書に PLS 率が記載してあるものもある。

(例) 種子ロット	純種子率	発芽力	kg当たり種子価格
A	90 %	60 %	<u>2,160 円</u>
B	80 %	40 %	<u>1,600 円</u>

PLS kg当たりの種子価格

$$A \text{ 種子ロット} \quad 2,160 \text{円} / 0.9 \times 0.6 = \underline{\underline{4,000 \text{円}}}$$

$$B \text{ 種子ロット} \quad 1,600 \text{円} / 0.8 \times 0.4 = \underline{\underline{5,000 \text{円}}}$$

種子を購入する際のその他の注意点として種子の精選程度がある。hookを取り除いていないタウンスピルスタイロは、種子重量の35%がhookであり、穎と芒を取り除いてな

いブノフルグラスは種子重量の70~75%が穎と芒である。

ウ. 種子の寿命

熱帯では、牧草種子(マメ科硬実種子は除く)の寿命は自然状態では1シーズンである。熱帯における種子の貯蔵は、湿度を下げることに力点を置き、含水率を8~10%に落とし、密封して貯蔵する。

エ. 発芽勢

発芽勢の良否は、草地造成において重要な要因となる。特に良好な播種床へ播種し、短期間に草地を造成する場合重要である。発芽勢は種子の活力と環境条件によって異なるので、播種時は温度、湿度条件が最適の時を選ぶ。

オ. 休眠

休眠の原因には次のようなものがある。

(ア) 胚休眠

胚の酵素が不活性のため、胚が動かない。

(イ) 種皮の特質のため

- (1) 種皮の機械的な収縮 (例) *Urochloa mosambicensis*
- (2) 水と空気の長入の阻害 (例) マメ科牧草
- (3) 発芽阻害物質の存在 (例) *Cenchrus ciliaris*

硬実率は熟期の気象条件と関係があり、熟期が長く、均一な気象条件の時、硬実率は高くなる。

硬実は年の経過とともに減少し、高温にさらすと減少する。

カ. 種子の産地

他家受精の牧草種子を購入する時は、種子の産地に注意する。遺伝的に安定している自家受精、Apomicticの種はこの限りでない。例えば長期間、暖い地方で生産され続けているセタリアの耐霜性品種ナロックは買うべきでない。年雨量が700mmでタウンズビルスタイロの生育期間が短い地域にある牧場は、生育期間が長い、年雨量1200mm地帯で採種されたタウンズビルスタイロ種子を購入すべきでなく、もし間違えて導入した場合は、晩性種となり、乾期になっても種子が稔実しないため、翌年のタウンズビルスタイロの密度が低くなる。

逆に、乾期が長い地帯で採種されたタウンズビルスタイロを乾期が短い地帯へ導入した場合は、早生品種となり、草の生産量が減少する。

キ. 種子の大きさ

一般的に、種子の大きさと実生の活力は関係があるが、セントロ、プーロ等の胚が小さい種は、種子の大きさと植物体の大きさに関係がない。しかし、同じ種では、大き

な種子は実生も大きく、造成時の不良環境に強いことから、大粒種子の方が造成に有利である。

(4) 播種量と増量剤の混合

採種栽培では、畦間や播種量は重要であるが、一般の草地造成では重要性がうすれる。しかし、高雨量地帯では、播種量を増やすことにより造成当年の草の生長促進、雑草の抑圧効果、エロージョンの回避、Nの固定量の増加が得られる。そして、高い播種密度は後年の生産量にも影響を及ぼす。一方、播種量を少くした場合は、播種床造成と雑草防除を適切に行なった上で、放牧の開始を遅らす必要がある。放牧の開始を遅らすことにより、稔実種子の落下やランナーの伸長により密度が増加する。乾燥地帯では、播種された個体間の水分競合を防止するため、播種量を少くする。

播種量は播種床の状態によっても異なり、サイラトロの粗耕法の播種量はha当たり9kgであったが、完全耕起法ではha当たり1kgでよかった。また、播種方法によっても播種量は影響を受け、ブロードキャスターで散播する場合は、シーダーで播種する時よりも3～5割播種量を増す。

播種量は生物学的な要因のほか、経済的な要因も考慮して決定すべきである。つまり播種量は、種子価格と播種量を増加することによって得られる草の増収分の評価額を比較して決定する。これは特に、毎年播種する必要がある1年性の飼料作物にとっては、重要な播種量決定要因となる。ラブラブビーンの播種量と収量の関係を調べた実験結果を表-9に示す。

表-9 ラブラブビーンの播種量と収量の関係

播種量(kg/ha)	乾物収量(kg/ha)	播種量を1kg増すことによる 乾物収量の増加分(kg/ha)
56	1,720	} 250
112	3,100	
224	4,400	} 116
448	5,100	
		} 31

播種量を増すことによる乾物収量の増加の程度は、播種量が多くなるに従い減少する。播種量が56～112kg/haの時は1kgの播種量増によって250kg/haの乾物重の増加があるが、播種量が224～448kg/haの時は、播種量を1kg増すことによって、乾物収量の増加は31kgしかない。ここで生産される飼料(乾物)の評価額を1トン当たり15,000円と仮定すると250kgの飼料(乾物)の価格は $15,000円 \times \frac{250}{1,000} = 3,750円$ 、116kgの飼料(乾物)の価格は

は同様に 1,740 円, 31 kg のそれは 465 円と評価される。これは他のコストを考慮しないで種子代だけを考えた場合, 種子代が kg 当たり 3,750 円以下なら播種量を ha 当たり 11.2 kg まで増加しても経済的に引き合い, 種子代が kg 当たり 1,740 円以下なら播種量を ha 当たり 22.4 kg まで増加でき, 種子代が kg 当たり 465 円以下なら, 播種量を ha 当たり 44.8 kg まで増加できることを意味している。

一般的に熱帯, 亜熱帯地方の播種量として言えることは, 年雨量が 1,000 mm 以上の地域では最低 7 kg/ha 以上, 通常は 10~12 kg の良質種子を播く。年雨量 750 mm~1,000 mm の地域では 3 kg/ha 以上, 500 mm~750 mm の地域では 1 kg/ha 以上播種する。

種子を満遍なく播種するためには, 種子を籾殻, オカクズ, ふるいにかけて牛糞, 砂, 肥料と混ぜて播種する必要がある。特に, 小粒種子はこの処理が必要であり, 播種は縦, 横 2 回に分けて行う。

(5) 種子予措

ア. 休眠打破

ほとんどのマメ科牧草種子は 60~90% の高い硬実率を持っている。この硬実は, 不良環境下で種が死滅するのを防止するためのものであり, 乾燥地帯では種の維持に特に重要なものとなっている。イネ科牧草種子も休眠を持っている種類があり, その程度は種類によって異なる。Buffel grass の cv. ビロエラは収穫後 3 ヶ月で休眠からさめるが, cv. ウェスタンオーストラリアは 12 ヶ月の休眠期間がある。

最少の種子で, 早急に草地造成する場合には, 高い発芽率の種子を播種する必要がある。休眠打破が必要となってくる。しかし機械収穫された種子は, 収穫時に十分スキャリファイされているので, 収穫時に休眠が打破されていることがある。

粗耕法, 不耕起造成法のように播種床造成が粗雑な場合は, 不良環境による草地造成の失敗を避けるために, 休眠打破していない種子を播種した方がよい。クイーンズランド中央部における調査結果では, 休眠打破をしていないブッフュルグラス種子の定着は 13% であったが, 休眠打破した種子の定着はわずかに 3% であった。これは播種後の第 1 回目の降雨で, 休眠打破した種子はほとんど発芽したが, その後, 乾燥状態が続いたため実生は死滅し, わずかに残った発芽可能種子が定着したためである。ブッフュルグラスの休眠打破種子は播種後のわずかの土壌水分でも発芽するが, 未処理種子はかなりの土壌水分がないと発芽しない。

休眠打破には次のような方法がある。

ア) スキャリファイ

種皮に擦傷を入れ, 種皮の透水性を増して休眠打破する方法で, 最も一般的な休眠打破法である。少量の種子ロットの場合は 2 枚のサンドペーパーにはさんで軽く擦る

か、小さな手動、あるいは電動のスキヤリファイアーでスキヤリファイする。大量に処理するためには大容量のスキヤリファイアーが必要となる。ブラジルではコンクリートミキサーにグライシンと砕石を入れて回転させ、スキヤリファイした例がある。イネの籾擦り機も効果がある。ブッフュルグラス、モラセスグラス、パヒアグラス、タウンズビルスタイロをハンマーミルにかけると休眠打破ができると同時に、脱芒もでき播種時の種子の流れも良くなる。

(1) 濃硫酸処理

a 必要な器具、器材

- (a) エナメルコーティングあるいはプラスチック製の0.5ℓの水さし：2～4個
- (b) エナメルコーティングあるいはプラスチック製バケツ：1～2個
- (c) エナメルコーティングあるいはプラスチック製の洗面器：1～2個
- (d) 深さ10～15cmで30cm四方のふるい。ただし、ふるいの枠は木でできていて、網はプラスチックコーティングしてある蚊よけの網で、底が抜けないように木で補強してあるもの：1～2個
- (e) 上部が開けてある200ℓのドラム缶：1個
- (f) 5～10kgの細かい粒径の石灰
- (g) 24N又は36Nの濃硫酸（種子55kgに4.5ℓの割合で必要）

b 方法

2つのバケツを洗面器の中へ置いて、水を満たす。200ℓのドラム缶も水を満たし石灰を混合する。1つの水さしの半分まで種子を満たし、種子が浸る程度に濃硫酸を入れ、棒でかきまわす。この水さしを放置し、数分後、他の水差しに入れた種子へ濃硫酸を注ぐ。最初の種子が一定時間（種によって異なる）濃硫酸と接触したら、ホースでバケツのつちに水を入れる。塊まっている種子を水さしからバケツへ棒で移す。バケツの中で水洗された種子は下の洗面器へ集められる。ほとんどの種子を水さしからバケツへ移した後、水さしをバケツへ浸たし、水さしへ付着している残りの種子も水洗する。バケツの中や洗面器に入っている、種子と希釈された酸をふるいの中へ注ぎこみ、種子だけにした後、ふるいの中の種子をホースの水で水洗する。その後、このふるいを石灰をよく混ぜこんだ200ℓのドラム缶の中へ浸し、よく洗う。その後、自然乾燥させる。この時までには2番目の水差しに入れた種子が水洗の時間となっており同様の作業を繰り返す。水差しを再び使用する前に乾いた布でふく。

c 注意

濃硫酸は皮膚についたら激しいやけどをするので注意して取扱う。もし濃硫酸が

皮膚についたら水洗し、その後、石灰で中和させておく。目はゴーグルで保護し、服はエプロンをかけておく。けっして濃硫酸の中へ水を入れてはいけない。

濃硫酸処理法は、手収穫の種子は均一な種皮をもっているためよく成功するが、機械収穫種子をこの方法で処理すると失敗しやすい。手収穫のサイラトロ種子をこの方法で処理すると発芽率は10%から95%へと上昇したが、機械収穫した種子は30%から60%へと上昇したに過ぎない。濃硫酸処理の欠点は①安全面の上で取り扱いが非常に面倒であること。②大量の種子を処理するのは経費がかさむ。③種子の水洗時、熱が発生し、種子にダメージを与えること。④機械収穫で種皮に傷がある種子は、種子の中へ酸が侵入するのを防止できなくて、種子を殺す恐れがあること。等がある。

濃硫酸処理の他の化学的な休眠打破法としてグリセリン処理、アセトン処理がある。50℃に暖めたグリセリンに種子を浸漬することにより数種のマメ科牧草は休眠打破ができた。これはたぶん、その強い浸透作用により水を抽出したためであろう。このグリセリン処理を1時間つづけることにより、ビューロの発芽率を10%から50%へ、セントロの発芽率を9~16%へ上昇させることができた。しかし、カロボに対しては効果はなかった。

(ウ) 温湯浸漬法

数種のマメ科牧草は温湯浸漬することによって休眠打破ができる。グライシンの種子を沸騰水の中へ入れ一昼夜放置して冷却すると休眠打破ができた。ルキーナ種子は80℃の湯へ4分間浸すか、沸騰水に30秒浸けると休眠打破ができる。

温湯浸漬の欠点は、種子がかなりの吸水をするために、播種後、適当な水分がない場合でも発芽し、その後十分な降水がない場合は実生が全滅する可能性がある。

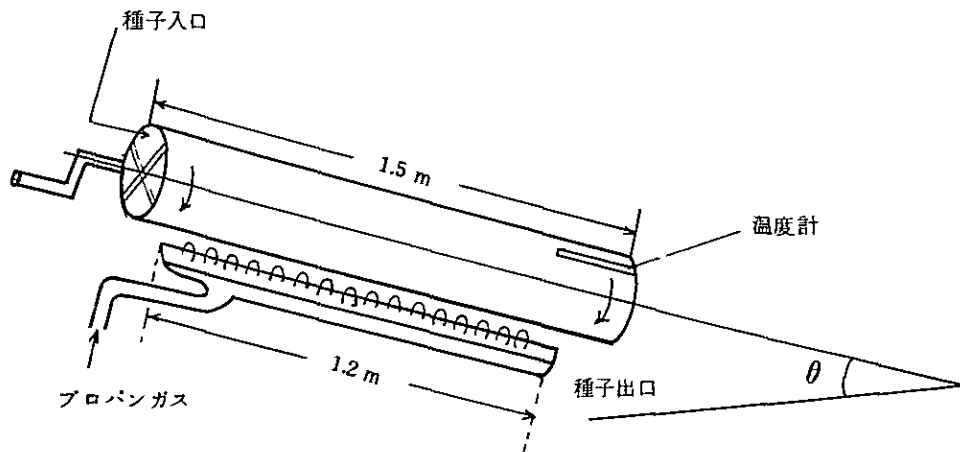
(エ) 赤外線照射法

カロボの種子をフィリップスの150Wの赤外線ランプで8時間照射した後、Osramの250Wの赤外線ランプで16時間照射したら発芽率が良くなった。セントロの種子はOsramの250Wの赤外線ランプの照射で発芽が良くなり、ビューロはフィリップスの150W赤外線ランプで1時間照射後、Osramの赤外線ランプで2時間照射することにより発芽率は良くなった。

(オ) 高温接触法

Stylosanthes humilis, *S. hamata*, *S. scabra*, *S. viscosa*の種子を140~150℃に熱した鉄板の上で15~30秒、震動させると硬実の70%は打破できた。これは図-3の器具を使用する。

図-3 スタイロ属の高温休眠打破機



イ. 脱 芒

播種機で播種する場合は、播種機から種子がスムーズに播種されるように、種子表面を滑らかにする必要がある。多くのイネ科牧草は脱芒が必要となるが、マメ科牧草でも *Stylosanthes* 属の種は beak を取り除く必要がある。この作業はデビアダー、ハンマーミル等でなされる。

ウ. 根 粒 菌 接 種 略

エ. 種 子 消 毒

根粒菌接種時のベレノティングは蟻の害を予防できる。Beanfly の予防に種子 1 kg 当たり 15% のディルドリンを 13mℓ 噴霧し、効果を上げた例があるが、通常は病害虫予防のための種子消毒はなされない。

(6) 播 種

オーストラリアの熱帯地方では、播種期は一般的に雨期の始まる 3 日前と言われているが、別にこれにこだわる必要はなく、牧草の定着に可能な土壌水分があるなら、その地方の気象条件、作業の進み具合に合わせて良い。例えばクイーンズランド南東部の年雨量 500~700mm 地帯では、雨期の始めの 12 月の雨はスコール型で激しい雨が降り、太陽の放射熱も強いので牧草の定着に適さない。このためこの地域では、曇天の日が続き、太陽の放射熱も弱い 1~2 月に播種している。

しかし、播種後の牧草定着阻害要因がなければ、造成当年の草の収量を多くあげるため、できるだけ早く播いた方が良い。播種は播種深度が調節できる播種機(シードドリル)を使用した方が最も良い。播種深度は種子の大きさによって異なる。小粒のイネ科牧草種子の播種深は約 1.3cm までである。グライニン等の中型マメ科牧草は 2.5cm の深さからでもよく発芽してくる。スタイロ、タウンズビルスタイロ、ロトノニス は地表に散播した方が

良い。

(7) 施 肥

肥料の種類によっては、種子と接触すると発芽を妨げるものがあるので、種子と肥料は別々の深さに播いた方が良い。根粒菌は過磷酸石灰と接触すると死滅し、タウンズビルスタイロの発芽力も過磷酸石灰と接触することによって減少する。尿素も *biuret* 含量が多い時には実生にダメージを与える。このような問題点は粘土より砂土の方が起りやすい。施肥については第6章で詳しく述べる。

(8) 栄 養 繁 殖

パンゴラグラスのような種子が不稔であるもの、パーミューダグラスのある品種のように種子生産に多大な経費が必要で、種子供給量が不安定なもの、ネピアグラスのように遺伝的純度が低いもの等は栄養繁殖に依る。

栄養繁殖の第1段階は育苗圃から栄養体を採取することである。栄養繁殖は発根した茎 (Sprig) か細断茎によってなされる。Sprigの採取は、最初に植物体の上部を刈り取り取り除く。その後、タインハローやロータリーカルチベーターでSprigを掘り上げ、レーキでウィンドローを作り、それを集めて造成地へ運ぶ。播き溝にSprigを置き、根は地中にかくれ、茎の一部分が地上へ出るように、軽く覆土し、その後、カルチバンカー等で鎮圧する。Sprigによる栄養繁殖法は細断茎による方法よりも確実である。

細断茎による方法は、主として雨量が多い地域でなされている。放牧あるいは刈り取りを繰り返した節間がつまった古い茎をフレイル型のフォーレンジハーベスターで刈り取る。植えつける細断茎は3節以上あることが望ましい。茎が多量にある場合はブロードキャスター等で散播し、その後、ロータリーホー、ディスクハロー等で土中に混入させ、ローラをかける。同伴マメ科牧草は、その後シードドリルで播種する。

ある種のマメ科牧草も栄養繁殖が可能である。ヘテロデスモジュームやロトノニスを含んでいるパンゴラ草地からSprigを採種し植えつけたら、前と同様の草地が造成できた例がある。

栽植密度は、種によって異なるが通常0.7m×0.3mで充分である。ほふく茎を持った種で、雑草防除が適切で、造成後の早期放牧をしない場合は2m×2mの点播が良い。キクユグラスの場合は、1㎡に1本のsprigがあると、適当な水分さえあれば、1年後には良好なキクユグラス草地ができる。

(9) 造成直後の放牧管理

草丈が低く、耐陰性のないタウンズビルスタイロ、ロトノニス、シロクロバ、ケニアホワイトクロバ等のマメ科牧草が混播されている草地は、同伴イネ科牧草からのうっぺいを防ぐため、造成後早い時期に放牧を開始した方が良い。タウンズビルスタイロは草丈

が高い株型草とうまく適合させるためには、造成直後の最初の放牧からかなりの放牧強度が必要である。

草丈が高い1年性の野草地へ、低い密度でサイラトロヤグライシン等の蔓性マメ科牧草が定着している場合は、これらのマメ科牧草が野草の上へはい上がり、種子を付け、強力なクラウンと根系を持つまでは放牧を制限した方がよい。

熱帯地方では、草地造成後の第1回目の放牧を播種後何日にするかは、一定していない。適当な雨に恵まれたため、播種後20日目に第1回目の放牧ができた例もある反面、寡雨のため牧草の定着が悪く、造成後1年間放牧をひかえた例もある。造成直後の放牧管理も含めて、熱帯の草地造成においては単純な処方せんは入手不可能である。

60 主要な熱帯マメ科牧草の播種時の注意点（根粒菌接種に関する記載は除く）

ア *Alysicarpus vaginalis*（アリスクローバ）

スキヤリファイした後、春から夏にかけて、きれいに整地された播種床へha当たり11～16kgの種子を播種深1cm以下の浅まきにする。

イ *Calopogonium mucunoides*（カロボ）

火入れ後、空中から灰の中へ播種する不耕起播きが可能である。野草地へのソノドンディングも可能である。播種深は1～25cm。播種期は真夏。播種量ha当たり1～2kg。硬実率75%。休眠打破は①比重1.8の濃硫酸で20分間処理，②24N又は36Nの濃硫酸で7分間処理，③砂によるスキヤリファイ，④赤外線法等の方法がある。

ウ *Centrosema pubescens*（セントロ）

火入れ直播が可能である。土壌が肥沃ならば粗い播種床でも良いが、よく整地された播種床の方が成績が良い。休眠打破後、ha当たり3.3～4.4kgの種子を25～5cmの深さに播種する。休眠打破の方法は①スキヤリファイ，②24Nまたは36Nの濃硫酸へ7分間浸漬，③77℃の湯へ15分間浸漬，④30℃のグリセリンへ2時間，⑤16時間以上の赤外線照射，⑥8時間以下の50℃の熱風処理，等がある。

エ *Clitoria ternatea*（バタフライビー）

春から真夏にかけて、ha当たり1～3kgの種子をきれいに整地された播種床へ深さ15～4cmに播く。硬実率は20%以下である。休眠打破は比重1.8の濃硫酸へ20分，または12時間水へ浸漬後，12時間-15℃で凍結する。

オ *Desmodium barbatum*

よく整地された播種床へ、ドリル播きの場合は60cmの畦間で、ha当たり14kgの種子を3～4cmの深さに播く。散播の場合はha当たり18～20kgを播く。硬実率はかなり高く、最高96%である。休眠打破はスキヤリファイ又は30分間濃硫酸処理をする。

カ *Desmodium canum*

良好な播種床へソードドリルかブロードキャスターで、ha当たり5kgのPLSを夏期に播く。土が湿っている場合は、退牧2～3日前に野草地へ散播により追播が可能である。休眠打破は濃硫酸で10分間処理する。

キ *Desmodium heterophyllum* (ヘテロデスマジョーム)

種子による造成の場合はきれいに整地された播種床が必要であるが、Sprigによる造成の場合は粗い播種床で良い。ソードドリルかブロードキャスターでha当たり0.6kgの種子を真夏に播種する。播種深は0.5cmまで。*Bracharia* spp及びパンゴラ草地へ追播が可能。約50%の硬実率で、休眠打破は10分間の濃硫酸処理をする。

ク *Desmodium intortum* (グリーンリーフデスマジョーム)

良好な播種床が必要であるが、火入れ直播も可能である。野草地への追播は不可。春から夏にかけてha当たり1～2kgの種子を浅まき(1cm以下)する。無霜地帯では初秋まで播種が可能である。

収穫直後の硬実率は75%で、この数字は採種後18ヶ月間持続した。休眠打破は5分間の濃硫酸処理する。ただし機械収穫種子は休眠打破は必要ない。

ケ *Desmodium sandwicense*

夏の雨期開始直後に良好な播種床へ1～15cmの深さにドリル播き、又は散播する。播種量はha当たり1～2kgである。

コ *Desmodium uncinatum* (シルバーリーフデスマジョーム)

良好な播種床の方が好ましいが、粗い採種床でも造成ができる。ドリル、ブロードキャスター、航空機からの播種が可能でソードシーディングも可能である。

初夏にha当たり2.2kgの種子を浅まき(1cm以下)する。硬実率は低く、機械収穫種子は休眠打破は不要である。

サ *Neonotonia wightii* (グライニン)

前植生をできるだけ破壊した良好な播種床へ播く。ドリル播き、散播の両方ができる。既存草地への追播は、ダリスグラスとカーベトグラスの草地へ除草剤を施用後、中性肥料とともに追播し成功した例があるが、通常は困難である。

グライニンは、37℃以上になると発芽障害が起るため、初夏に播種深1～2cmに播く。播種量は種子価格と造成の丁寧さによって異なり、ha当たり0.5～3kgである。ブラジルでは50cm×50cmの点播で、ha当たり25kg播いている。コロンビアではha当たり6kg播いている。硬実率が高いため休眠打破の必要がある。休眠打破の方法は①スキヤリファイヤーによるスキヤリファイまたはコンクリートミキサーの中へ種子と小石を入れてスキヤリファイする。②比重1.8の濃硫酸で25分間処理する。または24N、36Nの濃硫酸で7分間処理する。③沸騰水で1分間処理する等がある。

シ *Lablab purpureus* (ラブラブビーン)

良好な播種床へのドリル播きが最も良い結果が得られるが、粗耕法による播種も可能である。ドリル播きの場合、畦間は80cm~1mである。ブラジルでは160cmの畦間で最初にトウモロコシを播き、トウモロコシが15cmの草丈になった時、ラブラブビーンを畦間に播く同伴作物の型態がよくとられる。この場合の播種量は重量比でトウモロコシ80%、ラブラブビーン20%である。野草地への造成は耕起しない限り困難である。既存草地へのソッドシーディングは施肥を行えば可能である。播種量は、ドリル播きの場合ha当たり5~7kg、散播の場合8~10kgで、播種深は5cmまでとする。初夏播きすると3回の放牧が可能であるが、晩夏播きすると1回しか放牧できない。硬実率は少なく、休眠打破は不要である。

ス *Lotononis bainesii* (ロトノニス)

良好で緊密な播種床が必須であり、播種前後にローラーがけした方がよい。秋播きが最高の成績が得られ、ha当たり0.5~1kgの種子を表面に散播する。播種深は5~6mmまでとする。既存草地への追播は困難である。

硬実率は高く、手収穫種子の硬実は最高86%であった。紫色の種皮を持った種子は、黄色や緑色の種皮を持った種子よりも、長期間の貯蔵が可能である。休眠打破は、比重1.8の濃硫酸で20分間処理する。ロトノニス草地を15cm×15cmで切り取り、2.5m×2mの栽植密度で移植することにより、栄養繁殖による草地造成が可能である。

セ *Macroptilium atropurpureum* (サイラトロ)

良好な播種床へ播種すると最良の結果が得られるが、造成を急がない時は火入れ直播、粗耕法も可能である。ただしこの場合は通常の2倍の播種量が必要である。ソッドシーディングも可能である。播種方法はドリル播きが最も良いが、散播でもよい。ソッドシーディングする時は必ず速効性のリン酸肥料を施用する。

春から晩夏にかけてha当たり2~8kgの種子を播く。ドリル播きの場合には播種深15~25cmである。播種量を多くし、リン酸肥料を多用すると収量が増す。

市販種子の硬実率は40~70%であるので、スキヤリファイまたは比重1.8の濃硫酸で25分間処理し、休眠打破する。

ソ *Macroptilium lathyroides* (ファイジービーン)

良好な播種床へ、ドリル播きか散播する。野草地への追播は困難である。播種は湿度が適当なら春から夏へかけて、随時行なえる。播種量はha当たり1~3kgで播種深は1.2cmまでの浅まきとする。

硬実率は低い。休眠打破が必要な時は比重1.8の濃硫酸で20分間処理する。

タ *Macrotyloma axillare* (アキサラーラス)

良好な播種床が良いが、粗耕した播種床でも造成可能である。

ドリル播き、散播のどちらでも良く、ドリル播きの場合の播種深は1～2.5cmである。播種は晩春から夏にかけて行い、単播の場合はha当たり1～2kg、混播の場合はha当たり0.5～1kgの播種量となる。

硬実率は低く、休眠打破は不要である。

チ *Macrotyloma uniflorum* (パイフローラス)

良好な播種床へ播種すると最高の結果が得られるが、粗耕法でも造成可能である。ドリル播き、散播の両方が可能である。

野草地へ火入れ後、15cmの畦幅でドリル播きすると火入れ直播による草地造成が可能である。ドリル播きする時の播種深は1～15cmである。春から初夏にかけて播種する。晩夏の播種はさけた方が良い。播種量はha当たり1～3kgである。

硬実率は低く、休眠打破は不要である。

ソ *Pueraria phaseoloides* (ピューロ)

初期生育が遅いので雑草が少ない播種床へ播く。火入れ直播、既存草地への追播(ただし火入れが必須条件)ができる。栄養繁殖も可能である。

散播、またはドリル播きし、ドリル播きの畦間は1mで、播種深は15cmまでとする。播種は夏の雨期に行い、播種量は混播の場合、ha当たり1～2kg、単播の場合3～6kgである。

硬実率は8～95%で休眠打破は次の方法がある、①スキヤリファイ、②比重1.8の濃硫酸で20分間処理、③50～70℃の湯に数時間浸漬する。④50℃のグリセリンに1時間浸漬する。⑤フィリップスの150Wの赤外線ランプで1時間照射後、Osramの250Wの赤外線ランプで2時間照射する。

テ *Stylosanthes guianensis* (スタイロ)

(ア) cv. schofield (スコフィールド)

完全耕起法、粗耕法、火入れ直播法、重放牧法、ソッドシーディング等、全ての造成法に適用可能である。土壌が砂質で適当な雨量がある所は、火入れ直播法で容易に造成できるところから、通常この方法が採用されている。チガヤ草地に火入れ後、cv. スコフィールドを追播することによっても草地造成できる。また、結実したスタイロ草地へ放牧していた牛を、火入れ後、チガヤが再生した野草地へ放牧すると、チガヤ草地へスタイロを導入できる。

雨期の初期にha当たり0.5～2kgの種子を播く。播種深は1.5cmまでとする。

機械収穫種子の硬実率は低いが、それ以外の種子の硬実率は30～75%である。休眠打破は次の方法で行う。①スキヤリファイ②55℃の湯に25分間浸漬した後、85℃の湯に2分間浸漬する。③濃硫酸処理を10分間行う。

(イ) cv. Oxley (オックスレイ)

完全耕起法，粗耕法による造成が可能である。野草地への追播も可能であるが，播種後，野草の競合を抑えるために，家畜を連続して放牧する必要がある。

真夏（雨期）にha当たり2～5kgの種子を15cm以上の浅まきとする。硬実率はかなり高いが，粗耕法，不耕起造成法の際は他の草種と同様に休眠打破は不要である。良好な播種床へ播く時には次の方法で休眠打破する。①スキヤリファイ，②80℃の湯に浸漬し，そのまま40分間放置する。③濃硫酸で10分間処理する。

ト Stylosanthes humilis (タウンスピルスタイロ)

全ての造成工法に適用が可能であるが，この草種は，通常，火入れ直播，粗耕法等の雑な造成法に適用される。野草地への播種は，雨期の前に重放牧，あるいは火入れて前植生を破壊し，雨期直前に空中から播種される。播種後も野草の再生を抑えるために連続放牧が必要である。播種量はha当たり2～6kgである。硬実率は採種後3ヶ月目で74～99%であるが，7ヶ月目には31～49%となる。この草種は通常ラフな播種床へ播かれるので休眠打破は不要であるが，休眠打破をする場合はスキヤリファイまたは高温接触法で行う。播種前には，播種能率を向上させるために初摺機で脱莢させるか，hookを取り去る必要がある。莢つきの種子を予措なしで播種する時は種子容量の5倍の砂やおがくずと混ぜて播く。

ナ Vigna luteola (ビグナ)

良好な播種床が必要で，草地への追播は不可。春から初夏に1～25cmの深さにドリル播きする。播種量は混播の場合，ha当たり1～2kg，単播の場合3～5kgである。休眠打破は不要である。

ニ Vigna unguiculata (カウピー)

良好な播種床が最も良い結果が得られるが，種子が大きいのでラフな播種床でも造成可能である。ドリル播きは，ha当たり17～39kgの種子を50～75cmの畦幅で播く。ブロードキャスターで播く場合はha当たり45～95kg播く。硬実率は低く，休眠打破は不要。

ヌ Leucaena leucocephala ルキーナ

初期生育が遅いので良好な播種床が必要。草地への追播は難かしい。雨期の直前に1mの畦間，2.5～7.5cmの株間でドリル播きする。播種深は2.5～5cmで，播種量はha当たり2～10kgである。播種後3ヶ月間は除草する。硬実率は，収穫直後，最高95%に達するが，2～3ヶ月後には大部分の休眠はとける。休眠打破するには次の方法がある。①スキヤリファイ，②80℃の湯に2分間浸漬し，その後急速に乾燥する。③沸騰している湯に30秒間浸漬する。④60ボーメ度の濃硫酸に13分浸漬。②の方法で処理した

種子は、休眠打破後 15 ヶ月間種子が生きている。

第 6 章 土壤肥沃度と施肥

1. 土壤肥沃度

土壤の肥沃度に影響を及ぼす要因は大別して、物理的要因と化学的要因がある。この物理的要因と化学的要因は相互に連携し合っている。

(1) 物理的要因

ア 土層の深さ

ある程度の土層の深さは作物の生育に必須であり、その深さは作物によって異なる。土層が浅いところでは、作物に利用される水分も少なく、生長必須要素供給可能量も深い土層より少ない。

イ 通 気

作物が最大の生長をするためには、根に適量の酸素の供給が必要である。土壤中の酸素含量が低くなり過ぎたり(10%以下)CO₂の含量が異常に高くなると、作物の生育は阻害される。土壤中の空気は、大気と比較してCO₂含量が高く、O₂含量が低い。土壤中の空気の組成は、CO₂を生成する生物活動、空気の通気程度によって支配されている。通気量は土壤孔隙の数と量によって変わってくる。ほとんどの土壤では、孔隙量(空気含量)は50%台である。

普通の土壤においては、通気不足は、過湿状態になるまでは問題にならない。水は空気含量を減少させ、通気速度を遅らせ、CO₂含量を高め、O₂含量を減少させる。停滞水に対する耐性は、作物によって異なる。

トラクター等による土壤の踏み固めは土壤空気含量を減少させ、作物の生育に悪影響を及ぼす。

ウ 透 水 と 保 水

透水と保水はエロージョンのコントロールに重要な役割を果たす。透水が悪いと表面を流れる水量が多くなり、エロージョンの危険性が増す。透水は、大きな孔隙を持っている砂土が早い。粘土は透水が悪いが特に湿った時にその傾向が著しい。例えば、フックアース土壤のようにモンモリロナイトを含む土壤ではそうである。カオリナイト型の粘土(例、レドローム)は表土構造が良いので、浸透が良い。

土壤の保水能力とその水を後になって生育している作物へ供給する能力は農業の最も重要な要因である。水は、最大ほ場容水量と萎ちり占の間で保持され、これが利用可能な水となる。粘土は小さな孔隙を多く持っているので、重力にさからって多くの水を保持できる。モンモリロナイトは多量の水を保持でき、ブラックアース土壤は30cm

の土壤に7cmの水を保持できる。これに対し砂土は30cmの土壤に1cmの水しか保持できない。カオリナイトはこの中間で30cmの土壤に2.5cmの水を保持できる。このような保水能力の高い土壤の欠点は、一たん土壤が乾燥した後、再び有効水を得るためには多量の降水を必要とすることである。

エ 温 度

土壤温度は直接的には発芽、作物の生育に影響を与え、間接的には土壤微生物による化学反応の速度に影響を及ぼす。通気と水分は土壤微生物の働きにとって温度と同様に重要である。

オ 土 壤 構 造

土壤粒子の大きさは透水、通気に強く影響を及ぼす。0.5～数mmの土壤粒子は透水通気の改善に有効である。有機物は土壤構造を維持していく上で特に重要である。牧草輪作を既耕地に導入する理由の一つに有機物の供給がある。牧草輪作をしていない畑では土壤有機物が年々減少し、土壤構造を悪化させていく。土壤有機物は養分の供給という点でも重要であり、牧草輪作にマメ科牧草を入れると、固定されるNにより、莫大な利益をもたらす。

(2) 化学的 要因

ア 必須要素の存在

イ N

土壤中には0.05～0.5%のNが存在する。土壤中のNのほとんどは有機物と結合しており、不可吸態となっている。作物によるNの吸収は NH_4^+ と NO_3^- の無機窒素の形でなされる。土壤中の有機窒素は広範囲の土壤微生物に依り、ゆっくりと NH_4^+ に変えられていく。(年間1～5%)。好気条件のもとでは NH_4^+ は硝酸化成菌によって NO_2^- 、 NO_3^- と変わって行く。土壤中では NO_3^- は最終の無機窒素の形であり、草地土壤の NO_3^- 及び NH_4^+ 含量は非常に低いので、 NH_4^+ と NO_3^- の含量は同程度である。

NO_3^- の窒素は非常に溶脱しやすい。また NO_3^- は、 NO_3^- を N_2O 、 N_2 に変える脱窒菌の働きにより脱窒する。しかし脱窒は停滞水下のような嫌氣的条件下のみで起る。 NH_4^+ は陰電荷したコロイドに保持されているため、土壤中での流亡は起こらない。 NH_3 としてのNの損失は NH_4^+ の形の窒素肥料を施用した後のアルカリ土壤において起る可能性がある。

無機態のNは土壤微生物、作物によって吸収されるので、土壤中のNの無機化の逆作用は起こらない。N含量が低いワラ等の有機物が土壤中へすき込まれた場合、土壤微生物が必要とするNを吸収し、土壤は一時的に窒素飢餓におちいる。

土壤中へ施用されたNは、作物を連作した場合、追肥をしないと着実に減少してい

く。オーストラリアでは、サブクローバを輪作に取り入れている小麦地帯でも窒素の欠乏があり、土壌中のNレベルを維持するため、ha当たり年間 65kg 以上のNを施用している。これは小麦が必要とするNの量とほぼ同等である。

イ) P

オーストラリアにおける磷の欠乏は北アメリカやヨーロッパと比較して激しい。クイーンズランド州の海岸砂質土壌地帯(Wallum)や砂漠地帯においては、クローバ類は、リン酸肥料の施用なしでは導入出来なかった。玄武岩土壌と混在するBlack Earth土壌はリン酸の含量は高い。灰色、褐色をした重粘土はかなりのリン酸を含有しているが、作物の生育には不足である。

土壌にリンを施用すると強力な反応が起り、特に酸性土壌ではFeとAlに吸着され、不可吸態となる。この現象は赤色玄武岩土壌では一般的で、毎年リン酸肥料の追肥が必要である。

ポドソル土壌や他のリンの吸着が少ない土壌地帯のリンの施肥は毎年分施するよりも、数年に1度施用した方が経済的である。

土壌溶液中のリンイオンの量は非常に低く、通常 $0.03\mu\text{g/g}$ 以下である。このリンイオンが植物に吸収されると、平衡状態を保つために、固相からPが放出される。溶脱によるリンの損失は、リンが土壌成分と強力に結びついているため、通常は起らない。これはNの場合と根本的に異なるところである。また、可吸態への変化は、Pが純粋の化学反応によってなされるのに対し、Nは土壌微生物の働きによってなされる。

ロ) K

K欠乏はオーストラリアにおいては比較的少ない。通常、K欠乏は溶脱が激しい海岸の砂質土壌において生じている。内陸部では、雨量が少なく、溶脱がなく、土壌中の K^+ の含量も多いことから、K欠乏は見られない。この傾向はK以外の他の要素についても言えることである。植物体中にはKは比較的大量に含まれており、植物体を畑場から持ち出す所、例えば乾草生産畑場等ではK欠乏が生じやすい。近年、オーストラリアの温帯地方の草地ではKの施用量が増加しているが、施用量はまだ少い。この増加傾向は今後も引きつづくであろう。

ハ) Ca

オーストラリアでは過磷酸石灰を施用しているため、Ca欠乏は一般的に無い。Ca欠乏はクイーンズランド州海岸部の溶脱しやすい酸性土壌の「Wallum」土壌地帯で生じている。生石灰(CaO)や粉末石灰岩(CaCO_3)を施用するとCa欠乏の矯正ができると同時に土壌pHも向上させ、Pの有効化、Nの無機化等を増進させる利点も生じる。

け) S

オーストラリアでは過燐酸石灰を施用しているため、硫黄欠乏症は、最近まで広く認識されていなかった。しかし現在では硫黄欠乏地帯が広範囲に広がっていることがわかり、ニューサウスウェールズ州を中心とした New England Table Land では過燐酸石灰の P よりも S によって草地在が反応する。この他 Black Earth 土壌地帯でも欠乏症が見られる。

有効態の S は、主として土壌有機物から N と同様な無機化反応を経て得られる。硫黄欠乏の矯正には石膏 ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) が使用されている。

か) Mg

マグネシウム欠乏は、砂質土壌以外では普通見られない。Mg 欠乏の矯正にはドロマイト (CaMgCO_3) が使われる。

き) Cu

土壌中の銅の含量は $10 \sim 80 \mu\text{g/g}$ で、植物体中には、欠乏状態で $4 \mu\text{g/g}$ 以下、過剰害を呈する状態で $20 \mu\text{g/g}$ 以上含まれている。

銅の欠乏はトウモロコシ、トマト、サブクローバ、の栽培地帯に広く分布し、亜鉛の欠乏を伴うことが多い。銅が欠乏した草地では、牛が下痢をし、牛は「Falling Disease」にかかり、羊は毛質が粗剛になる。銅が過剰な状態では、家畜は「Toxaemic Jaundice」にかかる。銅は、よく風化した砂質の土壌地帯で欠乏し、有機物の多い土壌、P と Zn を過剰に施用した圃場では銅が固定されるため欠乏症状が表われる。

銅欠乏の矯正は、ha 当たり 8 - 11 kg の硫酸銅 ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) を散布する。

こ) Zn

土壌中の亜鉛の含量は $10 \sim 300 \mu\text{g/g}$ で、植物体中の亜鉛の含量は欠乏状態で $20 \mu\text{g/g}$ 以下、過剰状態で $400 \mu\text{g/g}$ 以上である。欠乏地帯は、石灰質の砂質土壌、酸性土壌、ピート、泥炭、黒色粘土地帯と広く分布し、pH が高い土壌に多い。欠乏状態は石灰散布、リン酸肥料の散布によりひどくなる。亜鉛欠乏土壌はクローバ類、イネ科穀物、果樹等に悪影響を与える。

亜鉛欠乏の矯正は、硫酸亜鉛 (ZnSO_4) または酸化亜鉛 (ZnO) の形で亜鉛を ha 当たり 2 - 20 kg 施用する。

け) Fe

土壌中の鉄の含量は $10,000 \sim 100,000 \mu\text{g/g}$ で、植物体中には欠乏状態で $50 \mu\text{g/g}$ 以下、十分ある状態で $50 \sim 200 \mu\text{g/g}$ 含まれており、過剰に吸収することは極くまれである。欠乏症状は、アルカリ土壌でまれに見かける程度で、非常に少ない。鉄欠乏症

の矯正は $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ の形で、ha 当たり 1 kg 施用する。

(四) Mn

土壌中のマンガンの含量は 20-3,000 $\mu\text{g}/\text{g}$ で、植物体中には欠乏状態では 20 $\mu\text{g}/\text{g}$ 以下、過剰状態では 500 $\mu\text{g}/\text{g}$ 以上含まれている。マンガン欠乏土壌は中性からアルカリ性で排水良好な土壌、わずかに酸性土であるが有機物を多く含んでいる土壌で多くみられる。pH が 5.0 以下の土壌ではマンガン過剰症が起る可能性がある。

マンガン欠乏の矯正は、 $\text{MnSO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ の形で ha 当たり 2 - 130 kg のマンガンを施用する。石灰を施用することによってマンガン欠乏症が起る土壌では、酸性肥料を用いるか、硫黄が成分に含まれている肥料を用いる。マンガン過剰症は強酸性土壌、または停滞水があるような土壌でみられ、pH が 6.5 以上の土壌では極めてまれである。マンガン過剰の矯正は石灰を散布する。

(五) Mo

土壌中の含量は 0.2 ~ 10 $\mu\text{g}/\text{g}$ で、植物体中の含量は、十分にある状態で、マメ科植物では 0.3 ~ 0.5 $\mu\text{g}/\text{g}$ 、他の植物では 0.1 $\mu\text{g}/\text{g}$ である。植物体中に 200 $\mu\text{g}/\text{g}$ 以上のモリブデンが含まれていると過剰害が起る。欠乏症状が起るのは酸性土（特に沖積層の砂質土壌）、ポドソル土、有機物の多い土壌で、ほとんどの場合 pH 5.5 以下で起きている。また、酸化鉄が多い土壌では、モリブデンが固定されるために欠乏症状が起ることがある。

欠乏症の矯正は、pH を上げたり、モリブデン酸ナトリウム (Na_2MoO_4) か酸化モリブデン (MoO_3) の形で ha 当たり 50 ~ 400 g のモリブデンを散布する。モリブデンの過剰による害を防止する手段として、モリブデン吸収量が多いマメ科牧草をイネ科牧草に置き換える方法がある。モリブデン過剰は牛に悪影響がでる。

(六) B

作物体中に 5 - 30 $\mu\text{g}/\text{g}$ 以下のホウ素を含んでいる場合は欠乏症状を呈し、200 $\mu\text{g}/\text{g}$ 以上になると過剰害が起きてくる。園芸作物では欠乏症がよく見られる。ホウ素欠乏症は、有機物が少なく、ホウ素が溶脱した酸性の軽い砂質土と炭酸カルシウムを豊富に含んだアルカリ性土壌で見られる。一方、ホウ素過剰症はホウ素を多量に含んだ毎ま沈澱物に由来する土壌（海水は 1 ml 当たり 46 μg のホウ素を含んでいる）、乾燥地帯でホウ素を多量に含んだ水で灌漑している土壌で多く見られる。灌漑水が 2 $\mu\text{g}/\text{ml}$ 以上のホウ素を含んでいたらホウ素過剰症の危険があり、ホウ素過剰に感受性の作物は、灌漑水にホウ素が 0.75 $\mu\text{g}/\text{ml}$ 以上含まれていると過剰症を呈する。通常単子葉植物のホウ素要求量は双子葉植物の 1/4 である。

欠乏症状の矯正は $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ の形で ha 当たり 0.5 ~ 4 kg のホウ素を散布する。

㉙ Co

コバルトは植物の必須要素ではないが、根粒菌の窒素固定作用や家畜にとってはビタミンB₁₂の生成に必要なため、必須要素となっている。土壌中のコバルト含量が2μg/g以下になると家畜に欠乏症状が表われる。牧草のコバルト含量は通常0.02 - 5μg/gである。コバルトが欠乏すると家畜は衰弱し、反すう動物は「Coasty Disease」にかかる。コバルト欠乏土壌は玄武岩地帯、軽石地帯、石灰岩に由来する砂質土壌地帯に存在する。コバルト欠乏症の矯正法は硫酸コバルト(CoSO₄・7H₂O)の形でコバルトをha当たり50g撒布するか、直接、牛に褐鉄鉱とコバルトと塩を混ぜたものをなめさせる。最近ではコバルトを混合した粘土を素焼きにした錠剤を作り、これを生後半年の牛に給与している。一回給与すると一生有効であるので効果的である。

1 有害な環境、要素の不在

次に述べるような要因は作物の生長をさまたげるだけでなく、時として動物にも悪影響を及ぼす。

㉞ 塩類集積

オーストラリアでは最も一般的な有害要因である。水中に含まれている過剰塩分、主としてNaClが蓄積して生じる。塩分濃度が上昇してくると、使用できる水の割合が減少し、作物の生育に影響してくる。塩害は、世界中の灌漑地帯に広く発生している。塩害は排水対策を行うことによって減少できるが、莫大な経費が必要となる。一般的には耐塩性の作物の栽培がなされている。

㉟ 酸性土

土壌pHが5～5.5以下になると、作物の生長に影響が生じてくる。通常、酸性土壌の害作用はH⁺による直接的な害よりも、MnやAlの過剰害による所が大きい。

㊱ アルカリ性土

土壌酸度がpH8.5～9以上になると作物の生長は影響を受ける。酸性土壌と同様にアルカリ土壌の害作用は、その直接害よりも、Fe、Mnの不可吸態化による欠乏症による所が大きい。過剰なアルカリ性は粘土中のNaの加水分解のためである。

㊲ 過剰な水

停滞水が数日間あるような条件下では、作物の生長は影響を受け、酸素欠乏のため、死んでしまう。停滞水に対する耐性は作物によって異なる。

㊳ 有害元素

a F

過剰にフッ素を含んでいる掘り抜き井戸の水は家畜に悪影響を及ぼす。羊は、水1ml当たり1μg以下のフッ素含量では安全であるが、この含量が2 - 10μg/ml

になると、歯がまだらになり、 $10-13\mu\text{g}/\text{ml}$ では出生率が低下し、 $13\sim 15\mu\text{g}/\text{ml}$ では胎内の子羊が影響を受ける。

b Se

草が $1\mu\text{g}/\text{g}$ 以上のセレンウムを含んでいる場合、家畜に過剰害が起る可能性がある。過剰害は「Alkali Disease」または「Blind Staggers」を引き起こす。ある野草、例えば *Astragalus* spp は最高 $6,000\mu\text{g}/\text{g}$ まで、*Acacia cana* は $1,200\mu\text{g}/\text{g}$ までセレンウムを蓄積し、牧草の *Buffel grass* も $70\mu\text{g}/\text{g}$ までセレンウムを蓄積する。

c 砒 素

通常、鉍毒地や砒酸鉛を散布した所で問題となる。

d Pd

サボランを殺すため砒酸鉛を散布した地域で問題となる。石灰を散布することにより毒性が弱まる。

(カ) 牧草の種類と耐塩性

耐塩性は牧草の種類によって異なり、一般にマメ科牧草よりイネ科牧草の方が耐塩性は強い。表- 10 に収量が0となる土壤溶液のEC値と最大収量の1/2になるEC値及び耐塩性の順位を示す。この表から耐塩性が強いイネ科牧草は *Chloris gayana*, *Panicum coloratum*, *Pennisetum clandestinum*, *Sorghum alnum*, *Digitaria decumbens* である。耐塩性が強いマメ科牧草は *Medicago sativa*, *Macroptilium atropurpureum*, *Macroptilium lathyroides* である。耐塩性の弱いイネ科牧草は *Setaria sphacelata*, マメ科牧草は *Desmodium uncinatum* と *Trifolium semipilosum* である。

耐塩性も含めて、熱帯牧草の不良土壤条件に対する抵抗性は、草種ごとに異なる。表- 11 に熱帯マメ科牧草の不良土壤環境抵抗性の草種間差を示す。

表-10 各草種の収量が皆無、及び最大収量の1/2となる土壌のEC値と耐塩性の順位

草種	一般名	品種名	収量が零となる土壌のEC値	耐塩性順位	収量が1/2となる土壌のEC値	耐塩性順位
熱帯マメ科牧草						
<i>Medicago sativa</i>	ルーサン	Hunter river	188	1	102	1
<i>Macroptilium lathyroides</i>	ファイジービーン	Murray	175	2	095	3
<i>Macroptilium atropurpureum</i>	-	Siratro	174	3	099	2
<i>Vigna unguiculata</i>	カウビー	Caloona	1.29	4	072	6
<i>Neonotonia wightii</i>	グライシン	Tinaroo	1.23	5	069	7
<i>Lotononis bainesii</i>	ロトノニス	Miles	0.96	6	066	8
<i>Lablab purpureus</i>	ラブラブビーン	Rongai	0.95	7	05.59	9
<i>Macrotyloma uniflorum</i>	バイフローラス	Leichhardt	0.85	8	078	5
<i>Desmodium intortum</i>	グリーンリーフ デスモジューム	-	0.84	9	079	4
<i>Stylosanthes humilis</i>	タウンズビルスタイロ	-	0.8	10	0.51	10
<i>Desmodium uncinatum</i>	シルバーリーフ デスモジューム	-	0.82	11	0.49	11
熱帯マメ科牧草						
<i>Medicago sativa</i>	ルーサン	Hunter river	161	1	0.88	1
<i>Trifolium alexandrinum</i>	バーナムクローバ	-	151	2	0.83	2
<i>Medicago scutellata</i>	スネイルメディック	-	148	3	0.82	3
<i>Medicago truncatula</i>	パレルメディック	Cyprus	138	5	077	6
"	"	Jemalong	141	4	078	5
<i>Medicago littoralis</i>	ストランドメディック	-	138	6	077	7
<i>Trifolium fragiferum</i>	ストロベリークローバ	-	114	7	0.56	8
<i>Trifolium repens</i>	ンクローバ	New zealand	109	8	0.62	9
<i>Trifolium hirtum</i>	ローズクローバ	Kondinin	0.89	9	0.81	4
<i>Trifolium semipilosum</i>	ケニアホワイトクローバ	Safari	0.67	10	0.42	10
熱帯イネ科牧草						
<i>Panicum coloratum</i>	マカリカリグラス	Bambatsi	3.25	1	170	3
<i>Pennisetum clandestinum</i>	キクユグラス	Whittet	2.94	2	215	2
<i>Chloris gayana</i>	ローズグラス	Pioneer	2.90	3	232	1
<i>Sorghum almum</i>	コロンプスグラス	Crooble	2.78	4	146	5
<i>Digitaria decumbens</i>	バンゴラグラス	-	2.77	5	1.47	4
<i>Cenchrus ciliaris</i>	フッフエルグラス	Nunbank	1.61	6	1.42	6
<i>Urochloa mosambicensis</i>	サビグラス	-	1.55	7	1.40	7
<i>Panicum maximum</i>	グリーンパニク	Petri	1.53	8	0.98	8
<i>Paspalum dilatatum</i>	ダリスグラス	-	1.28	9	0.72	9
<i>Setaria sphacelata</i>	セタリア	Nandi	1.05	10	0.60	10

Russell, J.S. (1976), Comparative Salt Tolerance of Some Tropical and Temperate Legumes and Tropical Grasses, Aust. Journal of Exper. Agric. & Animal Husbandry, Vol.16 p103-109

表-11 熱帯マメ科牧草の不良土壌環境に対する草種間の抵抗性の差

草種	低pH	Ca 欠乏	Al 過剰	Mn 過剰	Mo 欠乏	Cu 欠乏	P 欠乏	K 欠乏	塩類集積
ロトノニス	5	5	5	5	4	—	5	2	3
タウンスピルスタイロ	5	5	5	4	4	—	5	4	1
スタイロ	—	—	—	—	—	1	—	—	—
セントロ	4	4	5	5	—	3	3	5	—
ファイジービーン	5	4	5	2	3	3	3	2	4
サイラトロ	5	4	5	1	3	—	3	3	4
グリーンリーフ デスモジューム	3	4	3	3	3	—	2	2	1
シルバーリーフ デスモジューム	3	4	4	4	2	5	2	3	1
ルキーナ	3	3	—	3	—	—	—	—	—
グライシン	2	1	1	1	1	—	1	5	3
ルーサン	1	1	1	1	3	2	3	3	5
ケニアホワイトクローバ	3	4	4	—	—	—	—	—	1
シロクローバ	2	2	—	2	—	4	3	3	3

(注) 5 (抵抗性強) ~ 1 (抵抗性弱)

2. 養分の欠乏, 過剰の診断法

(1) 視覚による方法

作物の葉, 花, 茎等に表われた病徴を見て診断する方法であるが, この方法は何の欠乏症かという定性的な診断はできるが, 定量的な診断はできない。また単一の要素の欠乏, 過剰症は比較的容易に診断がつくが, 複数の要素の欠乏, 過剰症の診断は困難である。しかし, 診断の知識さえあれば, 短時間で, 特別の器具を使うことなしで, 極端な要素の過剰, 欠乏が診断できる長所がある。

視覚診断で最初に着眼するところは, 病徴が古い葉か新しい葉のどちらへ出ているかということである。N, S, Mo, P, K, Mg 等の転流が容易な要素の欠乏症は, 古い組織に最初の病徴が表われる。一方, Ca, B, Zn, Fe 等の転流が困難な要素の欠乏症は, 若い葉の分裂組織に最初の病徴が表われる。Cu と Mn の欠乏症, Mn の過剰症も, 若い葉へ最初の病徴が表われる。

欠乏症, 過剰症の病徴は作物の種類, 生育ステージによって異なるが, 次に一般的な病徴を示す。

ア N 欠 乏 症

最も一般的な欠乏症である。古い葉から萎黄症状が起り，分枝の数が減少し，生長が遅れる。

イ S 欠 乏 症

N欠乏症と類似しているが，N欠乏より作物全体が急速に悪影響を受ける。N肥料を施用しても作物は緑にならない。

ウ Mo 欠 乏 症

N欠乏症に類似する。マメ科牧草は小さい無効の根粒をたくさん着生する。葉脈間が黄変し，葉の周囲が巻き上がる。

エ P 欠 乏 症

古い葉，特に葉脈が紫色，赤色に変色し，茎へも変色が広がっていく。最初は葉は暗緑色に変色していく。成長が遅れる。症状は生長した固体よりも，実生の方が明確である。

オ K 欠 乏 症

葉脈間に点状のネクロシスが起り，葉の先端が枯れる。頂芽，側生芽の蕾が死ぬ。

カ Mg 欠 乏 症

古い葉にモザイク状の黄変が起る。葉の縁から赤色又は黄色に変色して行き，葉脈も黄色になり葉が枯れていく。*Cenchrus ciliaris* (ブッフエルグラス) には赤斑が生じる。

キ Ca 欠 乏 症

分裂組織が影響を受ける。*Desmodium intortum* や *Neonotonia wightii* 等のマメ科牧草では若い葉が小さく，丸まってくる。*Setaria sphacelata* やダリスグラス *ブリカチュラム* 等のイネ科牧草は，若い葉の先端が褐色に変わり，ねじれて死んでいく。種子の着生量が減少する。*Macroptilium atropurpureum* では若い葉が早期に落葉する。

ク B 欠 乏 症

通常，生長点がダメージを受け，節間長が短くなる。*Desmodium intortum* では若い葉の割合が減少し，葉縁が縮れる。*Neonotonia wightii* では生長点の下の主茎が灰色に変わる。種子の着生量が減少する。

ケ Zn 欠 乏 症

頂芽がロゼットになる。若い葉はねじれてネクロシスが起る。*N. wightii* では，葉脈間の黄変が明確である。

コ Mn 欠 乏 症

若い葉に症状が現われ、葉脈間が黄変する。*N. wightii* と *S. humilis* は葉の表面に暗褐色の点が生じる。*M. atropurpureum* は葉が皿状となり、小さくなり、先端が枯れる。

サ Mn 過 剰 症

若い葉の葉脈間が黄変する。

シ Fe 欠 乏 症

若い葉が黄色または白色に変わる。この変色は最初に葉脈間に起り、葉縁は巻き上がり枯れていく。*Chloris gayana* は葉脈に沿って黄色と緑色のストライプが現われる。分げつ数が減少する。

ス Cu 欠 乏 症

最初に若い葉の色が淡くなり、灰緑色に変わっていく。*D. uncinatum* と *Centrosema pubescens* は葉縁部にネクロシスが生じ、小葉は周縁部が巻き上がり、皿状となる。

Stylosanthes 属では葉脈間の黄変が顕著である。種子着生量が減少する。

(2) 茎 葉 の 分 析

茎葉を分析することによって、土壌中の無機養分の過不足がわかる。土壌中へある無機養分を施用すると、植物がその無機養分を多く吸収し、収量が向上するとともにその無機養分の含量も高まる。しかしある一定の量まで施肥量が達すると、施肥量の増加に伴って収量は増加しなくなり、作物体はその無機養分を「ぜいたく吸収」し、ついには収量が減少する。

多量に施肥する場合には「植物体中の養分含量の有効水準」を知っておく必要がある。「養分含量の有効水準」は最大収量時の養分含量の 90% といわれている。表- 12 にマメ科牧草中の養分含量の有効水準を示す。

表-12 マメ科牧草中のP, K, Mnの有効水準

種	P	K	Mn (マンガン過剰症が始まる点)
	(%)	(%)	(PPM)
熱帯牧草			
<i>Centrosema pubescens</i>	0.16	0.75	1,600
<i>Desmodium intortum</i>	0.22	0.72	
<i>D. uncinatum</i>	0.23	0.8	1,160
<i>Neonotonia wightii</i>	0.23	0.8	560
<i>Leucaena leucocephala</i>			550
<i>Lotononis bainesii</i>	0.17		1,320
<i>Macroptilium atropurpureum</i>	0.24	0.75	810
<i>M. lathyroides</i>	0.20	0.75	840
<i>Stylosanthes humilis</i>	0.17	0.6	1,140
<i>Vigna luteola</i>	0.25		
温帯牧草			
<i>Medicago sativa</i>	0.24	1.2	380
<i>M. truncatula</i>		1.0	560
<i>Trifolium fragiferum</i>		1.0	510
<i>T. repens</i>		1.0	650

(注) この数値は開花直前の茎葉を供試材料とし、対乾物重の数値である。

表-12に示すように養分含量の有効水準は種によって大きく異なり、Pに関して言えば、*C. pubescens*, *L. bainesii* と *S. humilis* の数値は低く、これらの種はリン酸をたいへん効率よく使用している種といえることができる。

熱帯イネ科牧草茎葉中のPの有効水準は、*Digitaria decumbens* 0.16%、*Melinis minutiflora* 0.18%、*Panicum maximum* 0.19%、*Sorghum alnum* 0.20%、*Pennisetum clandestinum*、*Setaria sphacelata* 0.22%、*Chloris gayana* 0.23%、*Paspalum dilatatum* 0.25%、*Cenchrus ciliaris* 0.26%であった。

Kの有効水準は、温帯牧草の方が熱帯牧草より高い。表12に示すMn過剰症が始まる茎葉のMn含量は、最大収量時より5%低い収量の時のMn含量に一致する。表-12から *N. wightii*, *L. leucocephala*, 温帯マメ科牧草はマンガン過剰土壌に耐性がなく、*L. bainesii*, と *C. pubescens* は耐性があることがわかる。この「養分含量の有効水準」という概念は、この水準以上に養分含量が増加しても収量は増加しない、言いかえる

と、これ以上施肥しても収量は増加しないという概念とこの水準以上に養分含量が増加すると過剰害が始まるという概念が考えられる。

葉分析の欠点は、分析に時間を要し、分析結果が判明した時には生育ステージが進み、「養分含量の有効水準」も少し変化しているということである。「養分含量の有効水準」は作物の生育ステージの進展によって減少し、乾燥によっても減少する。

(3) 土 壤 分 析

土壌分析の長所は、分析の結果が作物の作付前に判明するという点である。しかし、作物の養分吸収は、種々の要因が複雑に絡み合っているので、土壌分析の結果から、何がどれくらい不足しているかを判読するのは難しく、茎葉分析に比較して信頼度は落ちるといふ短所を持っている。

土壌分析ではまず最初に pH を調べる。新墾地では有機炭素と全窒素量を調べると、一般的な土壌肥沃度の程度がわかる。

(4) 土壌型及び植生による診断

土壌型や植生は草地造成時の施肥量の指針となる。クイーンズランド州ではこの土壌型と植生を基に欠乏している養分、施肥量等の指針を示している。この 1 例を表-13、表-14に示す。

表-13 クイーンズランド州における土壌型と欠乏養分

土 壤 型	欠 乏 養 分
玄武岩を含んだ沖積土	P.
玄 武 岩 土	P, Ca, S, Mo
変 成 岩 土	P, K, Ca, S, Mo
玄武岩をわずかに含んだ沖積土	P, K, Ca, Cu
花 崗 岩 土	P, K, Ca, S, Cu, Zn
海 岸 砂 土	P, K, Ca, S, Cu, Zn, Mo, B.

表-14 植生と花崗岩土壌地帯の施肥基準 (haあたり)

植 生	花崗岩土壌地帯における施肥基準
雨 林 地 帯	過磷酸石灰: 250 kg
森 林 地 帯	過磷酸石灰: 250 kg, 塩化加里: 60 kg
疎 林 地 帯	過磷酸石灰: 500 kg, 塩化加里: 60~120 kg 硫酸銅: 8 kg, 硫酸亜鉛: 8 kg
草 原 地 帯	過磷酸石灰: 500 kg, 塩化加里: 120 kg 硫酸銅: 8 kg, 硫酸亜鉛: 8 kg
湿地ヤシ林地帯	過磷酸石灰: 250 kg
Narrow Leaf Tea-tree 地帯 (Melaleuca 属)	過磷酸石灰: 500 kg, 塩化加里: 60~120 kg 硫酸亜鉛: 8 kg
Broad Leaf Tea-tree 地帯	過磷酸石灰: 500 kg, 塩化加里: 120 kg 硫酸亜鉛: 8 kg

3. 施肥が牧草へ及ぼす影響

(1) 欠乏養分とその相互作用

欠乏養分は土壌型によって異なるが、1つの養分のみが欠乏している場合よりも、2種類以上の養分が不足している場合が多い。2種類以上の養分が不足している場合に、不足養分を同時に全て施用すると、別々に施用した以上に施肥効果があがることもある。これを表-14に示す。

表-15 草の収量 (無肥区の草収量を100とした場合の相対収量) に及ぼす過磷酸石灰と塩化加里の効果

区 分		KClの施肥量 (kg/ha)			備 考
		0	190	380	
過磷酸石灰の施 肥量 (kg/ha)	0	100	112	113	セタリア, サイラトロ ファイジービーン混播 草地における結果であ る。
	190	109	124	132	
	380	111	133	133	

Jones, R.J(1966) Proc. Trop. Grassld. Soc.

Aust 6:23

表-15 から過磷酸石灰, 塩化加里とも 380 kg/ha 施用した場合の相乗効果は $(133-100) - \{(113-100) + (111-100)\} = +9$ と計算される。このような正の相乗効果はマメ科

草地における、磷酸肥料と硫黄、磷酸肥料とモリブデン、イネ科草地における窒素と硫黄の間でよく生じる。

一方、これと反対に負の相乗効果がでる場合がある。これは土壤中で類似した役割を果たしたり、一方の役割を他の肥料成分でおき替えることができる肥料を施用した場合におきる。また、ある肥料を施用することにより、他の養分が活性化するような間柄の肥料間でもこのようなことは生じる。このような例を表-16に示す。

表-16 *Macroptilium Lathyroides* の収量に及ぼす炭カルとモリブデンの施用効果 (g/ポット)

	炭カル無	炭カル有
Mo 無	32	53
Mo 有	43	55

Teitzel, J.K. & Bruce, R.C. (1972), Aust. J. Exp. Agric. Anim. Husb. 12:49

表-16から炭カルとモリブデンの相乗効果は $(55-32) - [(53-32) + (43-32)] = -08$ と計算される。

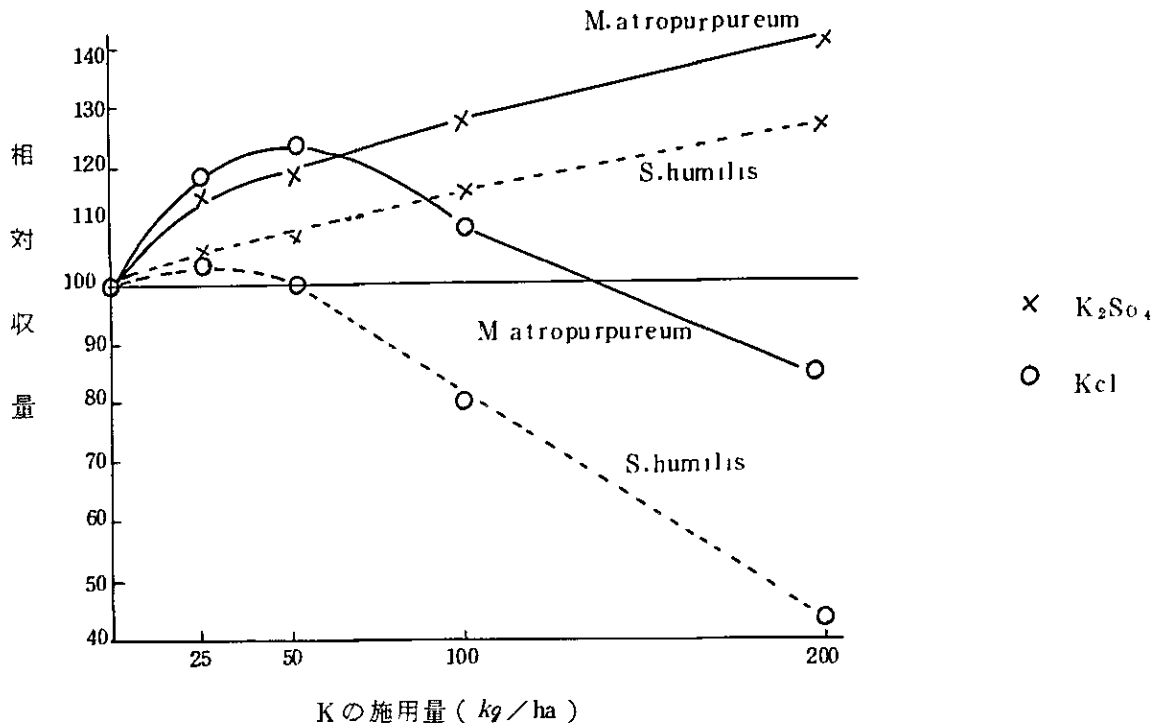
熱帯草地においては、温帯草地と異なり石灰の重要性はあまりない。これは熱帯牧草が石灰の少ない土壌においても、強力な吸収力で石灰を吸収しえるからである。別の言い方をすると熱帯牧草は pH が低い酸性土壌地帯から収集されたものが多いということである。

ニューサウスウェールズ州でha当たり2tの石灰を施用した効果とha当たり60gのモリブデンを施用した効果がほぼ同様ということがあった。熱帯地方における石灰散布は莫大な経費が必要となり、時には石灰散布により草の収量が減少することがある。

(2) 収量の反応

施肥による収量の反応は、同じ成分を含んだ肥料でも、肥料の種類が異なると、違ってくる場合がある。例えば *S. humilis* と *M. atropurpureum* に KCl と K_2SO_4 を施用した試験結果は図-4のようになった。

図-4 ポドソル土において *S. humilis* と *M. atropurpureum* に KCl と K_2SO_4 を施用した場合の相対収量



Hall, R.L. (1971)., J. Aust, Inst, Agric. Sci 37:249

K_2SO_4 は施用量が増加するに従って収量も伸びているが、 KCl はha当たり 50 kg以上を施用すると収量は落ちこみ、特に *S. humilis* においてこの傾向が著しい。これは KCl を施用することによって $NaCl$ の過剰害が強まったためと考えられる。

一般にやせ地では、温帯牧草の収量より熱帯牧草の収量の方が多い。これは熱帯牧草の養分含量が低く、養分吸収力が強いからである。1 kgの窒素肥料を施用した場合、温帯イネ科牧草の乾物重の増加は 10~30 kgであるのに対し、熱帯イネ科牧草のそれは 20~50 kgである。

(3) 施肥による栄養価の変化

草地は常に家畜に食べられるために生長しているので、施肥の効果は草の生産量の増加だけでなく、栄養価の増加の点からも評価しなければならない。

表-17はウガンダの *S. guvanensis* を追播した野草地に、過磷酸石灰をha当たり 260 kg施用した場合の草の養分含量の変化をみたものである。

表-17 過磷酸石灰(260 kg/ha)施用による改良草地の養分含量の変化

種名	養分	過石の施用なし	過石施用
Stylosanthes guianensis (スタイロ)	N	1.67	2.19
	P	0.16	0.20
	S	0.07	0.13
Imperata cylindrica (チガヤ)	N	0.73	0.86
	P	0.12	0.19
	S	0.05	0.10
他の草種	N	0.83	1.08
	P	0.10	0.15
	S	0.06	0.13

Stobbs, T.H.(1970), E. Afr. Agric. For. J. 35:128

表-17から、過磷酸石灰(P, S, Caを含む)を施用することにより、全草種のN, P, S含量が増加している。特にS. GuianensisのN含量は増加しているが、これはP施用により、マメ科牧草であるS. Guianensisの生育が活発になり、根粒菌によるN固定量が増加したためである。このようにPの施用はマメ科牧草のN含量を急激に増やす。

一方、窒素肥料施用による養分含量の変化はリンほど明瞭でない。

窒素肥料を施用すると一般にイネ科牧草のN含量を増加させ、特にha当り150kg以上のNの施用がなされた場合に著しい。しかし、少量のN肥料施用では草の生長のため、N含量はかえって減少する。

N肥料施用による草の生産量増大に家畜数が伴わない場合は、イネ科牧草は過熟となり、N含量は無肥料と同等になる。また乾期においては、イネ科牧草のN含量はNの施用により増大しない。

極端なN欠乏の状態では、N肥料を施用することにより、蛋白質欠乏を矯正できることから栄養価が高まる。クイーンズランド州の南東部の砂質土地帯のDigitaria decumbens草地に、乾草用に刈り取る28日前に57kg/haのNを施用した試験では、植物体中のN含量は0.59%から1.15%へ上昇したが可溶性炭水化物含量は14%から7.9%へ減少した。乾物消化率は影響を受けなかった。しかし、N施用により、N含量が11%以上に上昇することにより、採食量は急激に増加した。

草地が極端なN欠乏でないかぎり、N肥料は草の質には影響を及ぼさないが、草生産量の増大により牧養力は高まる。

(4) 施肥の回数と時期

一般に施肥のための投資は、造成後数年に渡るよりも、草地造成時に重点的に行った

方が、良い結果が得られる。しかし、施肥養分が無効になりやすい土壌（高い Al 含量のためリン酸吸収係数が高い土壌、容易に溶脱する土壌）では造成後も毎年施肥する必要がある。特に溶脱しやすい N, K, S, は毎年施肥した方がよい。Cu や Mn は 6～7 年に 1 回の施肥でよい。年間収量を増加させるためには、牧草の生育開始前に大量に施肥した方がよいが、年間の飼料生産量の平衡化を図るためには生育盛期以後に施肥した方がよい。

(5) 施肥と草地の組成

昔から窒素肥料を多量に施用するとイネ科牧草の生育がマメ科牧草の生育をしのぐようになると言われている。反対に草地造成時に多量のリン酸を施用するとマメ科の定着が早まる。マメ科牧草の草種間でもリン酸肥料の吸収力は異なり、*Stylosanthes humilis* や *Lotononis bainesii* は強い吸収力のため低リン酸地帯でも、他のマメ科牧草と比較して良好な生育をする。加里の欠乏はイネ科牧草よりマメ科牧草の生育に影響を及ぼす。イネ科牧草が優占している草地では加里肥料の施用量が少ない場合がある。

(6) 牧草地の養分の循環

養分は土-草-家畜-土の循環系の中を動いている。施肥と放牧を良好に行なうと、家畜の生産は最大となり、循環系からの養分の損失は最少となる。その上に養分は蓄積されていく。家畜の生産力は、養分蓄積量によっては決定されないが、蓄積された養分の有効化割合によって決定される。

家畜による養分の持ち去り量は、家畜の種類によって異なり、育成中のめん羊は摂取したミネラルと窒素の 4% しか持ち去らないが、搾乳牛は摂取ミネラル量の 10%、摂取窒素量の 25% を持ち去る。夜に舎飼している農場では、畜舎の糞尿を放牧地へ帰さないで、放牧地の養分含量の低下は急速に進む。放牧地内でも家畜がよく集まる、水飲場、セルター、牧区の出入口には養分が集積しやすい。このような場所は裸地化しやすいが、セルター、水飲場を時々移動することによってこの問題は解決できる。羊の 1 回の排尿は、ha 当たり 480 kg の窒素肥料を排尿部分へ施用したのと同等の効果がある。

ほとんどの K と B は尿から排泄され、P, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn, Cu, Co は糞から排泄される。100g の乾物重を家畜が採食した場合、N と S はそれぞれ 0.8g, 0.1g が糞から排出される。しかし家畜から排出された尿素態窒素は容易に空中へ逃げていく。タンクビートルが放牧地へいる場合、糞をすばやく地中へ埋め込むので、窒素の損失を防ぐことができ、窒素肥料を大量に節約できる。

4 牧草輪作と土壌肥沃度

牧草と換金作物の輪作は、熱帯地方においては広く普及していないが、換金作物の収量向上、作目の多様化による経営の安定等のため積極的に牧草輪作を取り入れている農家もある。

牧草輪作の最大の長所は、牧草が後作の作物に多くの養分を供給するという点である。表-18 にクイーンズランド州南東部で行なわれた、種々の前作処理後の青刈ソルカムの栽培試験の結果を示す。

表-18 クイーンズランド州南東部における青刈りソルカムの前作と青刈り
ソルカムの収量との関係

前作	青刈ソルカム収量 (kg/ha)	土壌窒素 (%)	土壌炭素 (%)
<i>Paspalum plicatulum</i>	1,260	0.089	1.91
<i>Paspalum plicatulum</i> +110kgN/ha	2,560	0.108	2.44
<i>Paspalum plicatulum</i> +220kgN/ha	6,240	0.114	2.52
<i>Paspalum plicatulum</i> + <i>M. atropurpureum</i>	5,520	0.125	2.59
<i>Paspalum plicatulum</i> + <i>L. bainesii</i>	1,410	0.103	2.00

Jones, R.J(1967), Aust. J. Exp. Agric. Anim. Husb. 7 : 66

表-18 から、*P. plicatulum* + *M. atropurpureum* 区は *P. plicatulum*+年間ha 当たり 220kg の窒素施用区の残効と同程度の、養分蓄積があった。青刈りソルカムの収量は、土壌窒素含量と有機物含量の指標である炭素含量に比例している。

アフリカでは、深根性のイネ科牧草が、土壌深部にあるNとPを吸い上げ、後作の浅根性の根菜へこれらの養分を供給したと報告されている。牧草輪作は土壌の化学性だけでなく物理性も改良する。

しかし、牧草輪作することによって後作作物の収量が減少する場合がある。イネ科牧草単播草地の後作は、土壌中に残された大量の炭素化合物を分解するためのNが不足するためにN飢餓に陥ることがある。*M. sativa* の後作に旱魃が起きた場合、通常より激しい旱害が起きる。これは前作の *M. sativa* によって、かなりの深度までの土壌水分が消費されたためである。

第7章 草地管理と家畜生産

1. 草地管理の目的

草地からの家畜の生産量は、個々の家畜が草地から得ることができる摂取養分量とその摂取養分量を生産物に転換する家畜の能力によって決定される。摂取養分量は、草地からの草の生産量と家畜の採食量によって決められ、これらに關与する要因として、飼料中の窒素含量(粗蛋白質含量、マメ科とイネ科の比率)、土 水分、温度、飼料作物の種類等がある。草地管理の目的は、草地からの家畜の生産量を目標以上の水準に維持していくために、摂取養分量に關与するこれらの諸要因を適正に保つことである。

2. 放牧、刈り取りに対する草地の反応

(1) 放牧、刈り取りが草地環境に及ぼす影響

放牧、刈り取りにより草の地上部が取り除かれると、土壤から水分蒸発量が増大するので、乾燥地帯では砂漠化を防ぐため、刈り取り放牧等の利用は強くすべきでない。地表の葉が取り除かれることにより緩衝物が無くなり、放射冷却が強まり、帯熱帯では冬に降霜の危険性が生ずる。この他に刈り取り、放牧により感光性雑草種子の発芽促進があげられる。

(2) 飼料作物の種類ごとの放牧、刈り取りに対する耐性の差異

開花している個体、草丈が高い草種は刈り取りによるダメージが大きい。草丈が高くなる草種でも生育ステージが若く、生長点が低い位置にある時は、刈り取り放牧に比較的よく耐える。これに対し、ヘテロ、タウンズビルスタイロ、シロクローバ等の草丈の低い草種は重放牧によく耐え、積極的に強く放牧した方がよい。ストロンや地下茎を持っている草種は、放牧、刈り取りに対する耐性があり、強い放牧が可能である。スタイロ、ファイジービーンのように下部の分枝が良く発達している草種は、利用後の再生が良好である。生長点の密度も放牧、刈り取りに対する耐性に影響し、多くの生長点を持っているキクユグラスやパーミューダーグラスは、まばらな生長点しか持たないスコロビクよりも再生は早い。萼性のグライシン、サイラトロは生長点が高い位置にあるため、刈り取り間隔は長く、放牧は軽い方がよい。

(3) 刈り取り、放牧が生長に及ぼす影響

刈り取り間隔が長くなれば、草の乾物収量は多くなる。クイーンズランド南東部のパンゴラグラス草地では刈り取り間隔を4週間から12週間に延ばしたところ年間の乾物収量は、ha当たり7.7tから19.4tへ増大した。同様な結果はグリーンリーフデスマジョーム

とパーミューダグラス混播草地でも得られ、刈り取り間隔を4週間から12週間に延ばしたところ年間乾物収量は421から801へ増加し、マメ科の重量割合も62%から81%へ増大した。しかし嗜好性、栄養価は刈り取り間隔を延ばすと低下し、これに伴って摂取養分量は低下する。特にイネ科飼料作物ではこの傾向が著しい。摂取養分量を増大させるためには、草地の乾物収量が最大になる前に常に放牧、刈り取りする。頻繁に刈り取り、放牧をしていると葉や枝の分化が促進され、葉の割合が多くなり、草地を若い状態に保つことができる。しかし刈り取り、放牧が過度になると、最初にイネ科飼料作物では根量が減少し、マメ科牧草では根粒の量が減るとともに根の伸長が阻害され、引き続いて地上部の生産量が減少してくるので刈り取り回数、放牧日数は適正に保つ。

3. 面積当たりの適正な放牧頭数の決定

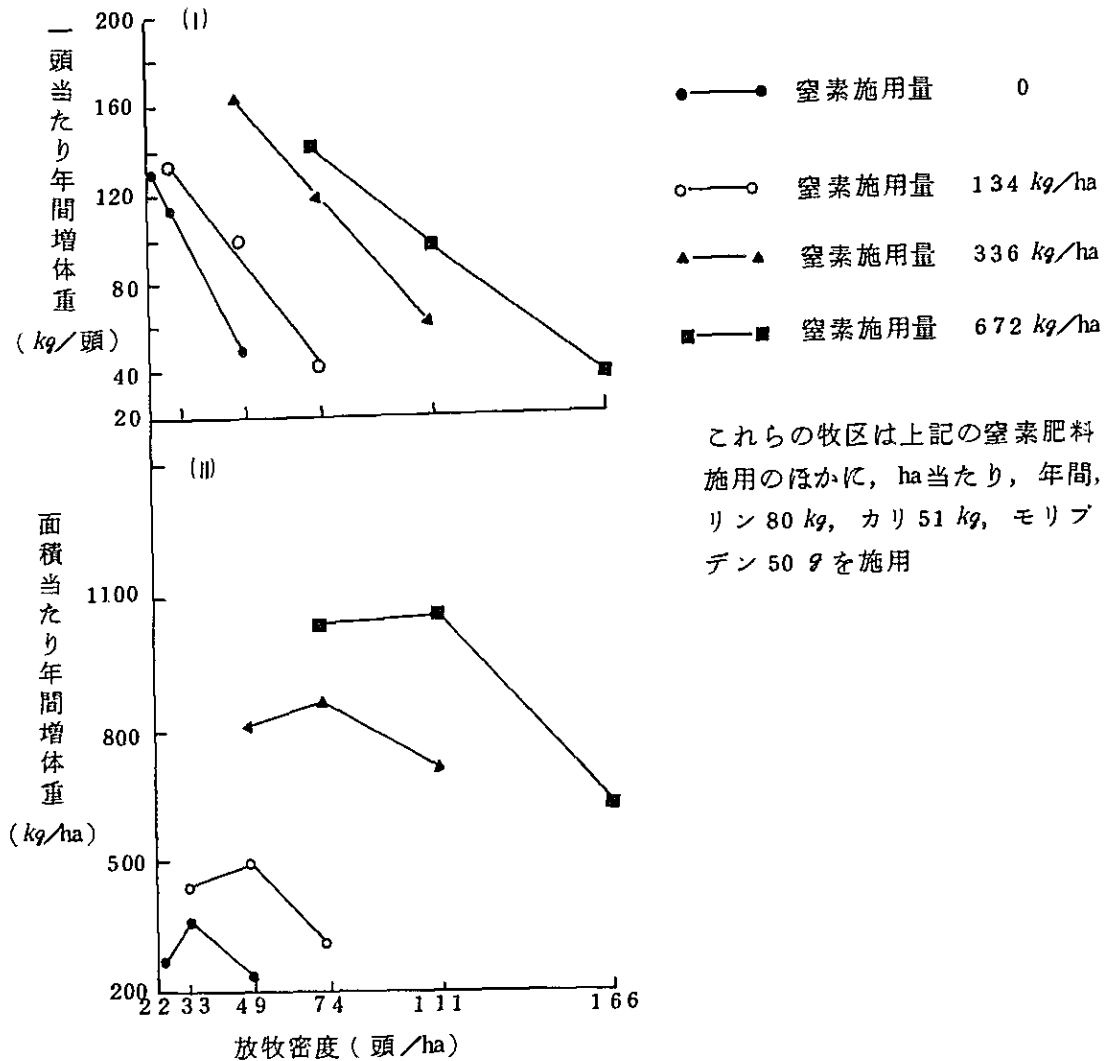
適正な放牧頭数の決定は、草地管理の面からも重要であるが、安定した最大の家畜生産量を維持していくためにも重要である。草地の牧養力は適正な放牧頭数によって決められる。面積当たりの適正放牧頭数は経済的にみた場合と生物的にみた場合は異なり、経済的な最適放牧頭数は生物学的な最適放牧頭数より低いのが普通である。経済的な最適放牧頭数は、頭数増による生産量の増大と頭数増による草地の利用年限の短縮による草地更新間隔の短縮、施肥量の増加等のかかり増し経費と比較して決定される。経済的な放牧頭数を決めるためには、生物学的な適正放牧頭数を決めることが必要となり、これは次の要素によって決定される。

(1) 草の生長度

土壌、気象等の環境条件が飼料作物の生育に適している場合は、高い放牧密度が維持できる。施肥、高収量草種の導入等によって草の生産量が増大した場合は、放牧密度を高くする。ニューサウスウェールズ州北部のキクユグラス草地を使って実施された、窒素肥料施用量を変えた場合のアバディーノアノカスの放牧頭数と増体重に関する試験結果を図5へ、クイーンズランド州南東部で試験された種々の草地におけるヘレフォードの放牧頭数と増体重の関係を図6へ示す。

図5上部からわかるように、年間の家畜一頭当たりの増体重(Live Weight Gain : LWG)と単位面積当たりの放牧頭数(Stocking Rate : SR)の関係は $y = a - b \times x$ 、 y = 一頭当たり年間増体重(kg)、 $x = ha$ 当たり放牧頭数、 a 及び b は正の定数)の一次式で表わされ、一頭当たりの年間最大増体重は放牧頭数が少ない時に得られ、放牧頭数が増加するに従って一頭当たりの増体重は減少することを示している。 b は放牧頭数の増加に伴い一頭当たりの家畜の増体重の減少率を示しており、仮に b が 20 の場合は、放牧頭数を ha 当たり 1 頭増加すると、一頭当たりの年間増体重は 20 kg 減少することを意味している。単位面積当たりの年間増体重(LWG : kg/ha)は一頭当たりの年間増体重

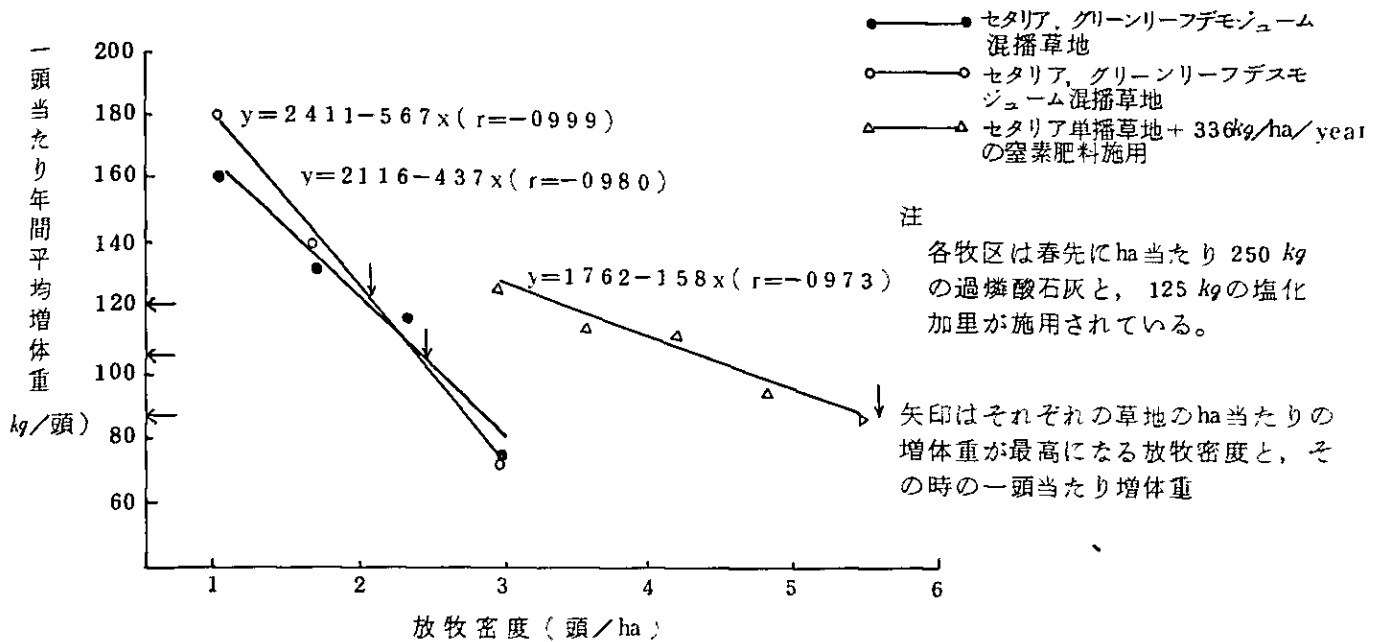
図-5 窒素肥料施用量を変えた場合の放牧密度と増体重の関係



Mears, P.T. and *et al* (1974), Nitrogen response and stocking rate of *Pennisetum clandestinum* pastures, *J Agric. Sci., Camb.* 83:469

(LWG: kg/一頭)に単位面積当たりの放牧頭数(SR: 頭数/ha)を乗じたもの (LWG, kg/ha = LWG, kg/一頭 × SR)であり、図5の下部に示すとおり $y = ax - bx^2$ ($y = \text{ha当りの年間増体重}$, $x = \text{ha当りの放牧頭数}$, a, b は $y = a - bx$ と同じ定数)の放物線で表わされ、haあたり最大の増体重が得られる放牧頭数は $\frac{a}{2b}$ で表わされ、その時のhaあたり増体量は $\frac{a^2}{4b}$ で表わされる。図-5における a, b 値及び増体重が最大となるhaあたり放牧頭数の値とその時のha当たりの増体重を表-19に、図-

図-6 クイーンズランド南東部の種々の草地における放牧密度と増体重の関係



Jones, R J. (1974), The relation of animal and pasture production to stocking rate on legume based and nitrogen Fertilized subtropical pasture, Proc. Aust. Soc Anim. Prod. 10:340

表-19 図-5におけるa, b値とha当たりの増体重が最高となるha当たり放牧頭数とその時のha当たり増体重

項目	窒素施用量 (kg/ha)			
	0	134	336	672
a	201	210	241	224
b	293	225	159	113
面積当たりの最大増体重 (kg/ha)	345	490	913	1110
上記が得られる放牧頭数 (頭/ha)	34	47	7.6	99

6におけるこれらの値を表-20に示す。

これらの単位面積当たりの最大家畜生産量を上げ得る放牧頭数を決める正確なa, b値は実験値であるが、おおまかな値は環境条件が類似した既存の放牧地におけるデータを参考にして推定できる。注意しなければいけないことは、これらの最大の家畜生産量を上げる単位面積当たりの放牧頭数は、生物学的な最適放牧頭数であつて、経済的な最適放牧頭数はこれに0.4~0.5を乗じたものである。

表-20 図6におけるa, b値とha当たりの増体重が最高となるha当たり放牧頭数とその時のha当たり増体重

項 目	セタリア, サイラトロ混播草地	セタリア, グリーンリーフデスモジューム混播草地	セタリア単播草地 +336 kg のN施肥
a	2116	241.1	176.2
b	437	567	15.8
面積当たりの最大増体重 (kg/ha)	2561	2563	491.2
上記が得られる放牧頭数 (頭/ha)	24	2.1	56

表-21 北部オーストラリアのタウンズビルスタイロ草地における単位面積当たり放牧頭数と草生産量と増体重の関係

項 目	単位面積当たり放牧頭数 (頭/ha)		
	17	2.5	3.3
増 体 重 (kg/頭)	119	118	117
草の全乾物収量 (kg/ha)	3170	2850	2170
タウンズビルスタイロの乾物収量 (kg/ha)	1840	1920	1640
タウンズビルスタイロの割合 (%)	58	67	75
窒 素 収 量 (kg/ha)	49	48	41
全乾物収量に占める窒素の割合 (%)	1.54	1.68	1.88

Norman, M.J.T. & et al (1970), Wet season grazing of townsuille stylo pasture at Katherine, NT., Aust. J. Exp. Agric. Anim. Husb. 10 : 710

(2) 草種の組成と被度

混播草地,あるいは野草地へマメ科牧草を追播した草地の場合,草種の嗜好性の違いにより,嗜好性の高い草が選択的に採食される傾向にある。その結果,草地が嗜好性の低い草によって優占されたり,雑草が侵入したりして,草地の質を低下させる。これを防ぐためには掃除刈りが有効であるが,掃除刈りができない所では,播種草種の選択以外には良い手段はない。ブッフエルグラス,ローズグラス,ダリスグラス,シロクロバ,ロトノニス等の地下茎やストロンを持っていたり,ソッドを作る草種は重放牧によく耐え,雑草も侵入することが難しい。タウンズビルスタイロは放牧密度が高い時に初めて真価が発揮できる。オーストラリアの北部特別地区でなされたタウンズビルスタイロ追播草地の放牧試験結果を表-21に示す。

この試験結果から,放牧頭数をha当たり1.7頭から3.3頭へ増加させても一頭当たりの

増体重はほとんど変化せず、草地のタウンスビルスタイロの割合は向上していることがわかる。一方、ギニアグラスのような株型雑草の草地は雑草が侵入しやすく、グリーンリーフデスマンジュームのような蔓性のマメ化牧草は重放牧に耐性がない。裸地が生ずるような高い放牧密度にすると、土壌侵食が始まるので放牧密度は裸地が生じない程度とする。特に熱帯では温帯と異なり雨滴の衝撃が強いこと、時間当たりの降水量が多いこと等により、一度、土壌侵食が始まったら食いとめるのは困難であるから、この点には注意を要す。

(3) 草の生産量の季節的变化

粗放的な経営では、放牧頭数は草の生産量が最低となる乾期の草の生産量にあわせるが、乾期に飼料の購入、灌漑等により、維持飼料の入手が可能な場合は、雨期に豊富に生産される草を十分に利用するため、放牧頭数を増加する。放牧頭数を増加するか否かは乾期の維持飼料確保に必要な経費と放牧頭数の増加による収入増を比較して決定する。肥育経営では、乾期の飼料不足になる前に肥育を終了し、売却し、冬期間の飼養頭数を最少にするのが普通である。

(4) 放牧家畜の種類

放牧時のストレスに最も強く影響を受けるのは泌乳量で、この次に繁殖率、増体重、産毛量とつづく。このため乳用牛の放牧頭数は肉用牛よりも少なめにし、良好な草地へ放牧するようにする。これと反対に、羊は低質の放牧地へ、かなりの高い密度で放牧できる。

4. 放牧方法

放牧方法の違いは、単位面積当たりの放牧頭数に比べると、家畜の増体重の面からは、重要性がうすれる。熱帯地方では、連続放牧が一般的で、一部の乳用牛を除いて、輪換放牧等はまれである。増体重も連続放牧の方が良い結果がでており、熱帯地方における放牧方式は連続放牧が原則となり、転牧に要する労力は草地管理、飼養施設の管理に向けるべきである。ただし次の場合は輪換放牧する必要がある。

(1) 草地の草種が連続放牧に適さない場合

連続放牧すると、ルーサンは維持年限が短縮し、ルキーナは生産量が低下する。このためこれらの草地では輪換放牧される。ルーサンの場合は1週間放牧、4週間休閑のコーテーションが良く、ルキーナの場合はha当たり15～25頭の放牧頭数で2週間放牧、6週間休閑が良い。草の生育最盛期には草が過熟になるのを防ぐため、放牧頭数を増やす。

(2) 外部、内部寄生虫を駆除する場合

外部、内部寄生虫の一部は、完全に駆除するためには、放牧地を一定期間休閑する必要がある。外部寄生虫の一種の *Boophilus Microphus* を駆除する場合は夏期に3ヶ月、または冬期に5ヶ月休養しをしなければならない。

(3) 草地を集約的に利用する必要がある場合

家畜の頭数に比較して、草地面積が狭い場合は、草地を集約的に利用しなければならない。ストリップ放牧が最も集約的な放牧方法であり、場所によっては青刈り給与される場合もある。熱帯の開発途上国での酪農経営では、ネピアグラスの青刈り給与がなされている。青刈り給与は多大の機械装備、または労力が必要となり、収穫が天候に影響を受け、圃場からの肥料の持ち去りが大きく、家畜排泄物による水質汚濁が生じるおそれがある等の不利な点が多く、労賃が安く手収穫が経営的に成り立つ場合を除いて、一般的には勧められない。

5. 貯蔵飼料の調製

年間の放牧計画で余剰草が生じる場合には、乾草やサイレージの調製が可能であるが、熱帯の畜産では貯蔵資料給与による家畜生産力の向上は、乳用牛以外ではあまり期待できないため、市乳生産の酪農経営以外では、貯蔵飼料の調製はなされていないのが普通である。肉用牛に貯蔵飼料を給与した場合、効果がでるのは、乾期が平年より長期になったり、草地が荒廃した時で、それ以外では顕著な効果は表われなく、反対に貯蔵飼料を作ったために、牧草生育期に放牧草が不足し、体重が減った例がいくつか見られる。貯蔵飼料が熱帯地方で作られないこの他の理由として、熱帯地方での貯蔵飼料の調製の困難性があげられる。乾草は草の生育期が雨期であるので調製が難かしく、サイレージは熱帯飼料作物の糖含量が少ないため品質が悪く、調製が敬遠されている。また、自力で貯蔵飼料を作り乾期にこれを給与することによる年間の放牧頭数の増加は僅かである。このため熱帯の畜産では、貯蔵飼料の調製に必要な機械等に対する投資は、施肥量の増加、fodder crop（短期放牧用作物）の栽培、草地の草種改良等へ向けるべきであり、乾期の増体重の減少は、fodder crop 草地への放牧、尿素や糖蜜の給与で最少限に抑える。

6. 飼料の通年給与

熱帯地方では、草の生産が雨期に集中するため、乾期の飼料の確保は家畜生産の面で重要となる。しかし、肉用牛の場合、家畜生産の主力は草の生育時期に置くべきで、乾期には、体重減をいかにして防ぐかに重点を置いた方が経済的である。

飼料を年間にわたって確保する方法は、①貯蔵飼料を作る。②貯蔵飼料を購入する。③穀物を作る。④濃厚飼料を買う。⑤灌漑することにより、飼料の通年生産ができるようにする。⑥家畜頭数を売買によって調節する。⑦第5章で述べたように、飼料の通年生産ができる草種の選択をする。⑧草地の一部（特にマメ科主体の草地）を草の生育期に利用せず、草の不足時に放牧利用する。⑨作物の残穂残渣を草の不足時に利用する。⑩fodder crop を作付

する等の方法がある。貯蔵飼料を作る不利益性は前項で述べた通りで、自力で貯蔵飼料を作るよりは購入した方がはるかに安くつくので必要な場合は購入した方が良い。これらの方法のうち、熱帯地方で実際的なものは、⑥⑦⑧⑨⑩であり、このうち草種の選択がこの問題を解決する基本である。乾期と雨期がはっきりと区別できる地域では、タウンズビルスタイロ、スタイロが乾期用飼料として混播されており、乾期になるとタウンズビルスタイロは立毛のまま乾草となり、牛は地表に落ちた葉、茎、種子を採食する。オーストラリアの北部特別地区にあるキャサリン試験場では、離乳から屠殺まで、20～43ヶ月の幅があるが、これはタウンズビルスタイロを追播した野草地への滞在期間で異なってくる。ルーサンやサイラトロは草の生育期には利用されず、乾期用放牧草として利用されることがある。クイーンズランド南東部の試験では、ルーサンを牧区の1/6にだけ播種した野草地と、ルーサンを播いてない野草地にそれぞれha当たり04頭の2オの肥育牛を放牧したところ、ルーサンがある牧区の年間増体重は1頭当たり157kgあったが、ルーサンがない牧区は85kgであった。サウスオーストラリアの地中海性気候地帯では夏期に乾期となるが、この間の羊の飼料は小麦収穫後の残穢である。クイーンズランド州の亜熱帯地方では、冬期飼料のためのfodder cropとしてエン麦が作付される。このエン麦は冬から春の約100日間、ha当たり4～5頭の離乳牛に放牧利用され、離乳牛の増体重はha当たり300kgになる。エン麦の他にマメ科fodder cropとしてラブラブビーン、黄花ルービンが作付され、主として乳用牛に放牧利用され、高い家畜生産力を示すが、放牧頭数は高くできない。

7. 乾期の補助飼料及び添加物

補助飼料は大きく分けて、積極的に家畜生産量の増大を図る生産型補助飼料と、不良環境時の家畜生産量の減少を防ぐための生存型補助飼料に分けられる。補助飼料の種類は、①穀物・糖蜜等の炭水化物を多量に含む生産型として利用されるエネルギー飼料、②乾草、サイレージ、穀物残穢等の生産型、生存型の両方に使用される粗飼料(Roughage)、③ミートミール、フィッシュミール、油料種子カスのような蛋白質を多量に含み、生産型として利用される高蛋白飼料、④尿素、ビュレットのような生存型として利用される非蛋白窒素飼料、がある。

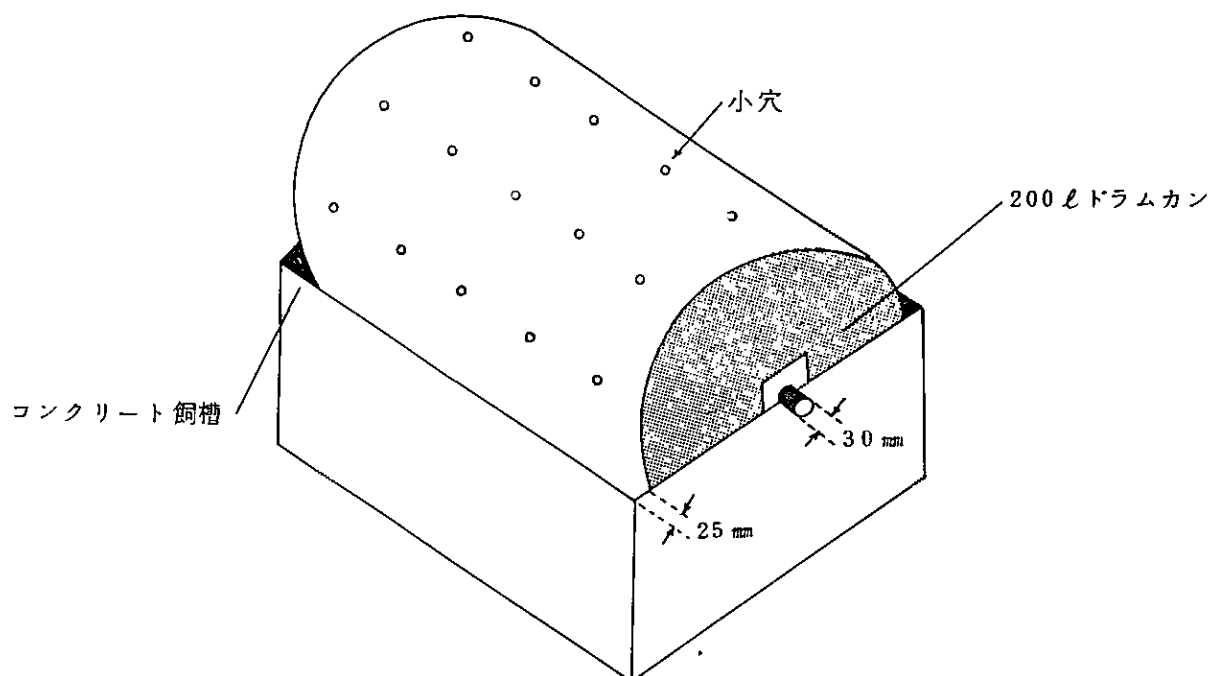
牧草の窒素含量が1.1%（7%の粗蛋白含量に相当）以下になると、家畜の採食率は急激に落ちこみ、体重が減少してくる。栄養失調による体重の減少は、繁殖率の低下、高い死亡率の上昇、肥育期間の長期化へと続いていく。乾期の野草地、イネ科単播牧草地は、このような状態になり、体重の減少を防ぐ方法として、前項で述べた通年給与のほかに蛋白質（窒素）を補助飼料として給与する方法もある。ここでは熱帯地方でよく使用されている尿素を中心

とした生存型補助飼料について述べる。

(1) 尿素と糖蜜の混合物

乾期に生存型補助飼料として、尿素と糖蜜の混合物を給与すると、体重の落ち込みが減少し、繁殖率が向上し、へい死率が減少する。しかし、これらの効果は、食草中の粗蛋白含量が7%以下になった時に現われ、乾期でも草地にマメ科牧草が豊富に存在する場合や、乾期が短い場合は給与しても効果が現われないことがある。一日一頭当たりの給与量は、尿素が、育成牛で25g、繁殖牛で50gまでとし、糖蜜は150~250g以上とする。糖蜜の役割は、嗜好性の向上、エネルギー源、硫黄の給与である。尿素と糖蜜の混合は、初めに尿素を水で溶き、この水溶液と糖蜜を同時にフルイを通して流し込み、その後、手またはシャベルでよく混合する。給与の初期は、尿素を混合しないで、糖蜜だけを給与し、家畜がなめ始めてから尿素を添加し、添加量は2-3週間かけて目的の添加量になるまで漸増させる。消費量は水と尿素と糖蜜の混合割合を変えることによって調節する。大事なことは、一定量の尿素と糖蜜が毎日、摂取されることである。給与方法は、特別の給与器(図-7)、または飼槽で給与される。給与器を使用する場合は尿素の含量を高くしてもさしつかえないが、飼槽で給与する場合は尿素の含量は5%以下とする。要は尿素の過剰摂取をいかにして防止するかということに注意を払うことである。生産補助飼料として尿素と糖蜜の混合物を使用する場合は尿素の含量は5-25%とし、水は尿素の溶解に要する最少限とし、他は糖蜜とする。

図-7 200ℓドラムカンを利用した尿素・糖蜜給与器



Mutch, C.B., Handy urea molasses lick Feeder, Qld, AG. J., 92 : 630

(2) 固型尿素(ビューレット)

固型尿素は、給与器や糖蜜貯蔵庫が不必要であり、給与は 50kg の塩、80kg のアンモニウムリン酸、50kg のビューレットを混合したものを使用する。最近ではこれらを混ぜ合せ、固型物にしたものも市販されている。乾期が長びき、尿素や糖蜜を給与しているにもかかわらず、体重が減少する場合は、尿素あるいは尿素と糖蜜だけでは栄養的に不十分であるので、一日一頭当たり TDN で 250 g、粗蛋白で 150~200 g が摂取できる程度に、穀物、骨粉等を添加してやる。

(3) 自家調合補助飼料

クイーンズランド州では乾期の生存型補助飼料として表-22 に示す自家調合飼料が用いられている。これらはそれぞれ 32-34 % の粗蛋白含量がある。

表-22 生存型補助飼料としての自家調合飼料の混合割合

原 料	粗蛋白換算値(%)	重 量 割 合	
		嗜好性 良	嗜好性不良
粗 碎 穀 物	10	38	31
あ ら 塩	—	20	32
糖 蜜	3	20	15
ボーンミール、ボーンフラワー等のリンの供給源	—	7	7
尿 素	280	10	10
ミートミール	41	5	5

Burns, M.A., (1971), Care of beef cattle in drought,

Qld. Agric, J. 98:385

この飼料の長所は、長期貯蔵が可能で、年中必要な時に給与ができることである。一日一頭当たりの給与量は、約 0.5kg とし、採食量は、塩と糖蜜の混合割合を変えることによって調節する。混合は、まず尿素を同量の湯で溶き、コンクリート床に山積みしたこれらの原料にふりかけて、シャベルでよく混合する。水の使用量は最少限にととめる。

8. 熱帯草地からの肉用牛の生産と体重の変化

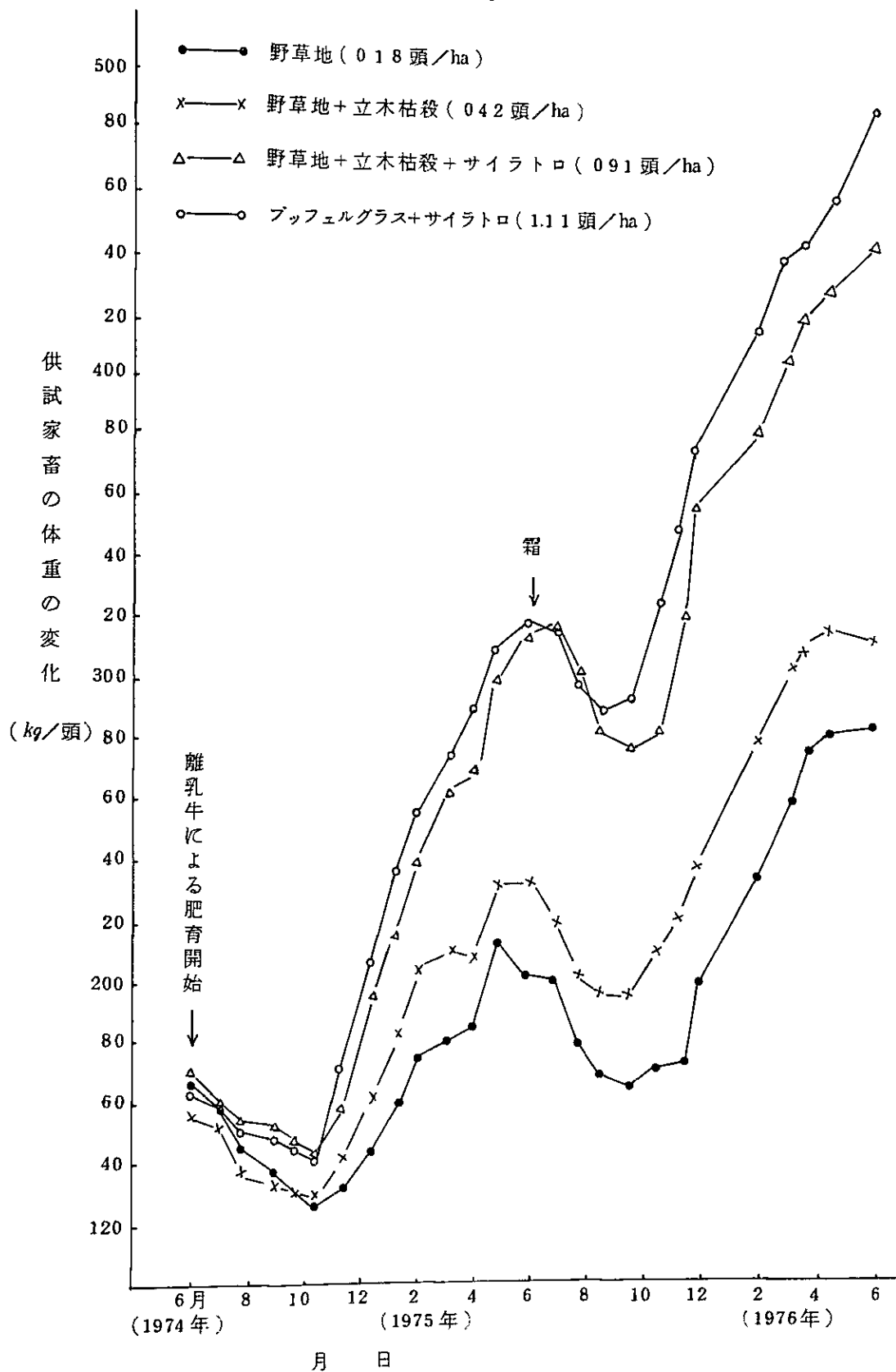
年雨量 700 mm のクイーンズランド州南東部で実施された、草地の種類毎のヘレフォードの放牧試験結果を表-23 に、供試家畜の体重の変化を図-8 に示す。

表-23 クイーンズランド州南東部における草地の種類毎の家畜生産力

(草地造成後2-4年目の成績)

	放牧面積		一頭当たり増体重 (LW(g))		ha当たり増体重 (LW(g))		備	考
	ha/頭	頭/ha	kg/頭/年	g/頭/日	kg/ha/年	g/ha/日		
野草地 (無処理)	57	0.18	58	161	10	28	無肥料	
野草地 +	57	0.18	135	374	24	66	無肥料	
立木枯殺	34	0.29	107	295	32	87	立木はPictoramと2,4-Dの混合物を木の幹に注入して枯殺	
	24	0.42	77	214	32	89		
野草地 +	24	0.42	166	460	69	192	立木は上記と同じ方法で枯殺	
立木枯殺	17	0.59	153	424	90	249	サイラトロをha当たり4kgノードンダーで播種	
サイラトロ の追播	1.3	0.77	158	438	122	337	Mo 過磷酸石灰をha当たり造成時250kg施肥 その後毎年125kg施用	
	1.1	0.91	139	384	126	349		
伐木, 火入れ 耕起後	17	0.59	168	465	99	274	サイラトロをha当たり4kg, ドリルで播種後, ブックエール	
ブックス + サイラトロ の混播	13	0.77	147	408	113	313	グラー(CV. ビロエラ)をha当たり2kg, プロードキヤスターで播種後ローラーがけ。	
	11	0.91	149	413	136	375	Mo 過磷酸石灰をha当たり造成時250kg, その後毎年125kg施用	
	09	1.11	162	448	180	498		

図-8 クイーンズランド州南東部の年雨量500~700mm地帯における
ヘレフォードの体重の変化



資料提供, Tothill, J.C (CSIRO)

図-8からわかるように、立木を枯殺した野草地においては野草と木の間の水の競合がなくなり、野草の利用可能水分量が高まったことにより、野草の生育が促進され、無処理の野草地よりも増体重は2年間で約20kg多かった。しかし、この野草地へサイラトロを導入し、過燐酸石灰をha当たり造成時250kg、毎年125kg施用している区での体重は、離乳後2年間で、無処理の野草地よりも160kg多い440kgになり、出荷が可能となっている。無処理の野草区は乾期の増体重の落ち込みが長期間続くが、マメ科牧草が導入してある区は落ち込み期間が短く、回復が早い。この体重落ち込み期に前述した補助飼料を給与すると体重の落ち込み量は少なくなるものと思われる。表-23から、2年間のha当たりの家畜生産力は、野草地が20kgであるが、ブッフエルグラスとサイラトロ区は360kgに達し、2年間のha当たりの平均一日増体重は、野草地が28g、ブッフエルグラスとサイラトロ区が498gとなり、マメ科牧草とリン酸肥料の効果の大きさがわかる。

9. 窒素肥料施用の経済性

熱帯草地においては、マメ科牧草とリン酸肥料が家畜生産に大きく貢献することは前項で述べたとおりで、リン酸肥料は熱帯草地でも、比較的抵抗なく、草地へ散布される。しかし、窒素肥料はマメ科飼料作物が供給するものという考えと、価格が高いため、窒素肥料が熱帯の草地へ施用された例は少ない。

ニューサウスウェールズ州北部の高雨量地帯のキクユグラスとシロクローバの混播草地でヘレフォードを使って実施された窒素肥料の施用量と経済性の関係についての試験結果を表-24に示す。この試験結果のように雨量が十分にあり、窒素肥料の効果が直接、増体重に結びつき、増体重による収益増が肥料の施用量に係る経費を上回る場合は積極的に窒素肥料を増投して、増収を図かることも可能である。

10. 草地の更新

熱帯の草地における草の生産量の推移は、雨量、放牧強度、施肥量、使用草種によって異なるが、造成後3～5年目で最高に達し、その後生産量は漸減していく。草地の生産量が落ちた場合、一定の草地面積から高い生産量を上げる必要がある時には草地更新をする必要がある。しかし雨量が少なく、生産性が低い草地や、生産性を特別に向上させなくても良い場合は、あえて更新をする必要はなく、放牧頭数を減らし、施肥量を増やして草勢を維持していくことも可能である。降水量が少ないため、放牧密度を高くできない亜多湿地帯の草地は、造成後6年目になって草の生産量が安定しこの時点で草地造成が完了するという考えもある。更新の効果は、更新後ただちに表われないので、経営状態を健全に保つためには、更新に要する経費を最少限に抑える必要がある。このため更新時に換金作物を組み入れたり、Fodder