

2.5 博士論文・修士論文・卒業生の進路状況

(1) 博士論文

気候・水資源部門

Bat-Oyun T.

モンゴル草原における牧草生産力の推定：現地調査およびモデルシミュレーション

要約:モンゴルは遊牧民による畜産業の国であり、その経済は畜産物の生産に大きく依存している。自然草地は家畜飼料の主要な供給源であり、草地生産性は大陸性乾燥気候に非常に影響される。草地生産は、土壌水分、気温、太陽光、土壌養分および草地の利用・管理などの多くの要因に左右され、モンゴルでは土壌水分が植物の光利用効率や植生の生産性を決定づける上で最も重要かつ制限的な要因となる。近年、土壌水分において乾燥の傾向が見られ、牧草生育はさらに制限されている。こうした背景から、家畜を維持するために牧草生産力に関して正確かつ時宜に情報を得ることの重要性が浮き彫りとなっている。しかし、モンゴルのような広い国の辺境では、牧草生産力を実測することは困難であると考えられる。したがって、牧草生産力を広範囲にわたって推定できるモデルの開発および妥当性の検証が不可欠である。本論文の主な目的は、砂漠ステップ、乾燥ステップ、ステップおよび森林ステップの牧草生産力を推定するための生産効率モデル (PEM) の入力パラメータ (PAR/SR (太陽放射量に対する光合成有効放射量の割合) および RUE (光エネルギー変換効率)) を決定し、その入力パラメータを用いて PEM の適合性を調査することである。

第一に、AGB (地上部バイオマス) と降水量の関係を 15 地点の 1986 年から 2005 年までのデータを用いて解析した結果、AGB は生育期の累積降水量と最も高い有意な相関を示した。月降水量で解析すると、森林ステップの AGB は 6 月の降水量に最も影響を受け、砂漠ステップおよびステップでは 7 月の降水量であった。さらに、砂漠ステップ地域では、降水事象の規模に関わらず、AGB は降水量と強い相関があり、少量 (5mm 以下) の降水であっても AGB に影響を与えた。一方、比較的湿潤なステップおよび森林ステップ地域では、AGB は少量の降水では変化せず、比較的多い降水 (5.1 mm 以上) によって植物成長が助長された。これは、降水頻度が高くても少量の降水量では、ステップおよび森林ステップ地域の植生の成長に効果がないことを示唆した。

第二に、バヤンウンジュールの PAR/SR を算出した。月平均の PAR/SR は、4 月および 12 月で最も低く (0.42)、7 月で最も高かった (0.459)。年平均は 0.434 で、研究対象地域が乾燥状態であったため、この数値は過去の大部分の研究に比べ低かった。生育期 (4 月~9 月) の PAR/SR は 0.438 で、この値は後述の PEM シミュレーションで用いられた。PAR/SR のばらつきは、大部分は空の状態 (晴天指数) および大気中の水蒸気 (水蒸気圧) によるものであった。晴天指数と PAR/SR の間に逆相関 ($r=-0.36$, $p<0.05$)、水蒸気圧と PAR/SR の間に正相関 ($r=0.48$, $p<0.05$) が見られ、過去の研究と一致した。

第三に、RUE を定量するために、バヤンウンジュールで 2 年間にわたり、さまざまな土壌水分と気温の条件下で AGB とキャノピー上下の PAR を測定した。土壌水分と低温のストレスによって、広範囲の RUE (0.23~1.06 g AGB/MJ IPAR (遮断される光合成有効放射量)) が

定量された。低温ストレスに比べ、水分ストレスは RUE に対する強い下方調整要因であり、研究対象地域において干ばつが植物の光利用にとって重要な事象であることが実証された。土壌水分と温度のストレスの影響を除いて計算した結果、最大 RUE は 2.34 ± 0.16 g AGB/MJ IPAR となり、この値は後述の PEM シミュレーションで用いられた。この現地実験は、モンゴルの自然草地で季節を通して変動する土壌水分と気温の条件下で RUE を測定した初めての研究であった。

第四に、PEM を用いて、モンゴル国のマンダルゴビ（砂漠ステップ）、バヤンウンジュール（乾燥ステップ）、ダーハン（ステップ）およびブルガン（森林ステップ）の4地点の牧草生産力の推定を行った。シミュレーションの結果、生育期全体（4月～9月）のANPP（地上部の純一次生産力）はダーハンで最も高い 68.2 g C/m²、マンダルゴビで最も低い 6.9 g C/m² であった。さらに、牧草生産力に及ぼす温度および土壌水分のストレスの影響を比較した結果、水分ストレスがANPPの強い下方調整要因であることが確認された。マンダルゴビとバヤンウンジュールについては、シミュレーションで算出されたANPPと実測されたAGBが一致したのに対し、ダーハンとブルガンでは、シミュレーション値は実測値を上回る傾向があった。

本論文では、モンゴルの半乾燥地域では初めてとなる PEM モデルのパラメータを定量し、牧草生産力の推定を行った。乾燥した地域（砂漠ステップおよび乾燥ステップ）では PEM による牧草生産力の推定は可能であることが示されたが、比較的湿潤で涼しい地域（ステップおよび森林ステップ）では、なお一層のモデル改良が必要であると結論付けられた。

今後、乾燥した地域の牧草生産力の空間分布を解析するために、リモートセンシングや地理情報システムなどの先端技術を用いて PEM 推定を行うことが必要である。このアプローチにより、遊牧民および政府などの意思決定者に飼料の可用性や効率的な放牧管理に関する情報が提供できると考えられる。

小池 崇子

モンゴルにおける異常気象の総観気候学的研究

要約：モンゴル国の国土は海から遠く比較的高い標高に位置するため、大陸性の乾燥した寒冷な寒い気候を形成されている。このような厳しい気候下で、牧畜業は現在もモンゴルの基幹産業であるが、遊牧を主体とする牧畜業は、気象と牧草の条件に直接的に影響される。とくにゾドや干ばつといった極端な状態は、家畜の大量死へとつながる。ゾドとはモンゴル語で、厳しい冬により家畜の大量死にいたる災害を意味するが、しばしば前年の夏の干ばつの影響も受けている。ゾドにはその要因によりいくつかの種類がある。寒いゾドは極端な低温により発生し、白いゾドは深い積雪が家畜の採食を阻害することにより起きる。融雪や雨水が凍結すると、凍った地表面が家畜の採食を阻害し、鉄のゾドが発生する。これまで、ゾドを起こすような異常気象に関連する総観規模現象の系統的な研究は少ない。よって本研究では、モンゴルにおける異常気象の総観気候学的研究を行い、白いゾドを引き起こす多雪と寒いゾドまたは鉄のゾドを引き起こす気温低下に注目した。

白いゾドに関して、ユーラシアの春の積雪面積は、温暖化に伴い過去数十年で減少傾向がみられる。本研究では特に温暖化の著しいモンゴルの冬季（11月～2月）に着目し、国内全

域に分布する 21 箇所の測候所における積雪深、気温、及び降水量と、それらに関連する大気循環について解析を行った。1961 年から 2007 年の時系列解析により有意な上昇トレンドが気温に現れたが、積雪深には有意なトレンドは現れなかった。また、1960 年代から 1970 年代に発生した多雪冬は、著しく寒い冬と一致していたが、1990 年代以降、温暖な冬にも多雪冬が現れた。

次に、寒冷な多雪冬 5 例、温暖な多雪冬 3 例それぞれの合成図を作成し、総観解析を行った。500hPa 高度の総観解析により、寒冷な多雪冬には、平年にモンゴルの東に位置する上層のトラフが、より西側に張り出しており、モンゴルへより強い寒気の流入があったことを明らかになった。一方、温暖な多雪冬には、モンゴルの東のトラフの張り出しは弱く、西からモンゴルへのより強い水蒸気輸送が 775hPa 高度に現れた。今後頻度が増すと考えられる暖冬においても、多雪をもたらす新しい大気循環パターンが明らかになった。北半球では春の積雪が減少しているにもかかわらず、モンゴルのような、気温が 0°C を大きく下回る寒冷地では、暖冬でも強まった水蒸気輸送により、大量の積雪が発生する可能性が示唆された。

多雪だけでなく、降水後の気温の急降下は、家畜の体力を奪い、最悪の場合その大量死に結びつくこともある。降水日前後の気温変化を、モンゴル国内全域、全季節に渡って調査した。降水日の日平均気温を基準とした、前後各 5 日間の相対的温度を求め、11 日間の時系列の型を解析した。時系列の型は季節により傾向があり、冬の山型、春・夏の谷型、秋の逆 S 字下降型の大きく 3 つに分類された。全ての相対的温度の時系列について主成分分析を行った。第一主成分は谷型が現れ、主成分値（スコア）は冬に負値、春から夏に正值をとる傾向があった。第二主成分は逆 S 字下降型が現れ、主成分値は秋から初冬にかけて正值、春から夏にかけて負値をとる傾向があった。一般的に、山型、谷型の降水とも寒冷前線の通過を伴っていた。山型になるか谷型になるかを決定するのは、降水を起こす前線を構成する二つの気団、その季節の主な気団と進入する気団、両者の温度条件であった。逆 S 字下降型は、主に秋から冬への季節の移行にともなう、寒気団の南下によって起きていた。また、定性的ではあるが、ローカルな要因として、気温変化に対する地表面熱収支の役割を考察した。降水変化と降水強度の解析から、寒冷前線を構成する二つの気団のより大きな温度差が、降水前後のより大きな温度変化を起こし、より大きな降水擾乱を起こしたことが分かった。

生物生産部門

Derege Tsegaye Meshesha

エチオピアの中央地溝帯における土壌侵食と堆積の空間解析

要約：エチオピアの中央地溝帯は、周囲を高地に囲まれた閉鎖的な流域となっており、当該地域における土壌の侵食と堆積は、急速な植生劣化とともに近年、ますます深刻化している。とくに雨季の水食が大きな問題となっており、農業生産の低下および土壌の堆積による湖の枯渇化が懸念されている。

しかし、これまでこの地域においては土壌侵食・堆積の問題あるいは管理方法の系統的研究は行われておらず、科学的な知見が不足している。とくに有効な流域管理計画の策定に必要な土壌侵食に脆弱な地域の特定期間および土壌の侵食量と堆積量の定量化が求められている。

そこで、本研究では、中央地溝帯における 1973 年から 2006 年までの 30 年間の土地利用・被覆の変化、ならびに土壤侵食および湖の堆積のプロセスを明らかにし、さらに将来における土地・水資源の適切な利用について有効な選択肢とシナリオを提示することを目的とした。

以下、本論文の中核的成果について 3 点に絞り、その内容を述べる。

第一に、1973 年、1985 年および 2006 年の Landsat データを解析して、土地利用・被覆および土地劣化の変遷を評価した。過去 30 年に水面、森林、林地は、それぞれ 15.3、66.3、69.2%減少した。一方、集約的な耕作地、耕地・林地混合地、荒廃地は、それぞれ 34.5、79.7、200.7%増加した。土地利用・被覆変化および土地劣化の主な要因は、対象地域における人口と家畜の増加、非持続的な農業形態、エチオピアの土地所有制度および貧困であると考えられた。中央地溝帯でみられる土地利用・被覆変化が及ぼす環境影響としてとくに重大な事象は、湖の水位の低下と面積の減少および進行する土地劣化である。現在の土地利用・被覆変化が今後も継続すると、アビヤタ湖は 2021 年までに枯渇すると推定された。

第二に、土壤流亡量を推定する数値モデルである USLE (Universal Soil Loss Equation) と GIS を用いて、1973 年から 2006 年までの土地利用の変化にともなう土壤流亡量を評価した。植生劣化、とくに森林・疎林から耕作地への転換の結果、1973 年、1985 年、2006 年の土壤侵食はそれぞれ年間 31、38、56 t/ha と推定され、この間、顕著な増加傾向が見られた。この侵食量は、エチオピアで定められている土壤流亡の許容範囲 (2~18 t/ha) を超えており、深刻な土壤侵食が起こる地域 (ホットスポット) では土壤保全が必要である。そこで、八つの土壤保全シナリオを提案し、各シナリオの土壤流亡抑制効果を評価した。とくに効果が大きいのは荒廃地の修復 (家畜よけの囲いや緑化) と耕作地における積石による侵食制御で、それぞれ 12.6%と 63.8%の土壤流亡の削減が可能と推定された。

第三に、研究対象地域にある六つの流域において流出土砂量の推定を行った。対象地域では大量の土砂が湖に流れ込んでおり、湖の枯渇化が深刻な脅威となっている。この問題を解決するための流域管理計画の策定および実施には流出土砂量の予測が必要である。そこで地形、植被、ガリー形状、岩質および流域の形を入力変数として流出土砂量を推定する数値モデル FSM (Factorial Scoring Model) を用いて、流出土砂量の変動に最も影響を与える要因を明らかにした。解析の結果、ガリー形状が主要因で、流域の形、地形、植被、岩質の順に重要度が低くなる傾向にあった。さらに、流域の流出土砂量に及ぼす降雨の影響 (気候要因) を加えて FSM を改良し、観測データと比較した結果、気候要因を加えることによって FSM の精度が向上した。土壤侵食・堆積量の増加の主要因は、植生から集約的な耕作地への継続的な土地利用変化である。したがって、この生態的に敏感な流域を保全するためには、生態系の環境収容力を考慮した土地・水資源利用の改善が必要である。

趙 晟佑

コムギ育種の遺伝資源としてのハマニンニク属植物の研究

要約：乾燥や塩耐性に関する様々な遺伝子をもつコムギの近縁種は、コムギ育種のための有用な遺伝資源である。コムギ近縁野生種には大きい遺伝的多様性が存在するために、一对の異種植物の染色体を保有する多くのコムギ添加系統が育成されてきた。しかし、これらの系

統は、異数性による遺伝的不均衡のために直接的にコムギ育種に用いることはできない。有用遺伝子をもつ異種染色体の断片をコムギゲノムに導入する技術の開発が必要である。また異種染色体がコムギに導入されたとき、コムギの遺伝的背景において減数分裂での異種染色体の行動を同定する必要がある。

この研究は特別な機能をもつ化学物質が異種染色体添加コムギ系統へ及ぼす影響について、またコムギの遺伝的背景において異種染色体の相同性についての情報を含んでいる。

第1章では、ゼブラリンがコムギの体細胞分裂染色体に与える影響について調査した。ゼブラリンは5-アザシチジンや5-アザ-2'-デオキシシチジン同様DNAのメチル基阻害剤として知られるシチジンのアナログであり、水の中でより安定である。異種染色体（ハマニンク染色体 Q ）を一对含むコムギのダイソミック添加系統にゼブラリンを様々な濃度で処理した。コムギと異種染色体間でおこる構造変異を観察するために、異種染色体とコムギ染色体を *in situ* ハイブリダイゼーションで区別した。ゼブラリンによって体細胞分裂が減少した結果、根の伸長が明らかに阻害された。処理した体細胞分裂染色体において環状染色体、挿入、欠失、転座のような構造異常が観察された。この構造異常はゼブラリンの濃度依存的に増加した。

第2章では、異質倍数性種において異なる関係（相同、同祖、非相同）にある染色体の減数分裂での染色体行動を調査した。それぞれの関係にある染色体行動を識別するために、異なる組み合わせのコムギのダブルモノソミック添加系統（DMA）を、コムギ-オオハマニンクとコムギ-ハマニンク添加系統を交配することにより育成した。これらのDMAは2種類の異種染色体を保有する。一つは、オオハマニンクから、他方はハマニンクからである。

ディファレンシャル・ゲノム *in situ* ハイブリダイゼーションによってこれらハマニンク属の染色体を観察した。まず、四分子期細胞のこれら異種染色体の分布を調査し、それらの相互作用を示す指標によって相同性を測定した。値はDMAによって大きく異なった。次に第一減数分裂の前期から後期細胞を観察し、減数分裂の染色体行動を通じて相同性の違いを解明した。オオハマニンク染色体[1^r]とハマニンク染色体[M^m]をもつ系統は前期細胞の約半数で二価染色体を形成した。しかし、これらの染色体はキアズマを欠くために中期で一価染色体になり、それぞれの極に正常に分離した。残り半数の前期細胞における染色体は結合することなく、後期から四分子にかけてランダムに行動した。DMAは染色体の相同性を研究するために良い材料であることが証明された。

これらの研究からゼブラリンが誘発する染色体切断は異種染色体から有用な遺伝子を導入するために重要であることが分かった。コムギのDMAではコムギの遺伝的背景においては異種染色体間の相同性の認識が厳格である。しかし、厳格な条件においても異種染色体間の接近が起これ、このことからDMAが減数分裂での染色体対合および組換えに関する因子を明らかにするために有用であることが分かる。本博士論文で得られた研究の結果は、異種染色体導入によるコムギ育種に生かされるであろう。

耐乾性コムギ育成のための分子遺伝学および生理学的研究

要約：パンコムギ (*Triticum aestivum* L.; $2n = 6x = 42$, AABBDD) は、遺伝的には3種の野生植物を祖先にもつ六倍性で自殖性の種である。コムギは世界の多様な環境に栽培されており、このことはコムギが様々な生物学的および非生物学的ストレスに曝されていることを意味している。非生物ストレスの中で最も重要なものは干ばつである。干ばつ条件下では、コムギは深刻な生理学的および生化学的変化を起し、収量の損失を起している。干ばつは複雑で予想できない性質のため、また作物と環境の複雑な相互作用のため、干ばつのための育種は大きな挑戦である。また干ばつに対し抵抗性を増加させる遺伝子はほとんど知られていない。

コムギ近縁の野生植物は乾燥を含む多様な劣悪環境に適応する。これらのなかには耐乾性遺伝子をもつことが期待されるものもある。タルホコムギ (*Aegilops tauschii* Coss.) はコムギに近縁であり、適応力が高く、パンコムギの直接の祖先である。そのために、タルホコムギはコムギ連の中の300種の野生植物の中で最もコムギの改良に好ましい種である。この種は、六倍性コムギのDゲノムの供与親であり、コムギ育種のために最も有望な遺伝資源である。

この研究の最初の部分はタルホコムギ系統の集団構造と多様性について多様性アレー技術 (DArT) マーカーを用いて議論するものであり、後半の部分は、それと対応する合成コムギの形態的、生理的性質を比較することにより、タルホコムギの耐乾性関連形質の育種利用に関するものである。

様々な地理的な地域から収集した81系統のタルホコムギの集団構造と多様性はこれらの系統をゲノム代表として作った DArT マーカーアレーと既存のコムギマーカーアレーにより解析した。7500 マーカー (5500 のコムギマーカーと 2000 のタルホコムギマーカー) のうち、4449 が多型性を示した (3776 のコムギマーカーと 673 のタルホコムギマーカー)。系統学的および集団構造の研究によって、これらの系統は3グループA、B、Cに分けられることが明らかになった。*strangulata* 亜種の全ての系統はグループCのみのクレードに集まった。一方、*tauschii* 亜種の3つの変種は特定のクレードに集まらなかった。*anathera* 変種はグループAに分類されたが、*meyeri* 変種のほとんどはCグループと一つ (KU2109) がAに分類された。二種のタルホコムギの変種はまた異なるクラスターを形成し、現在の分類が有効であることが示唆された。この研究で得られたタルホコムギについての情報はコムギ育種に重要であるに違いない。さらに、今回のタルホコムギ集団から作った DArT アレーは六倍性コムギ研究の有効な道具となると期待できる。

耐乾性パンコムギ品種を開発するために利用できる遺伝子はほとんど存在しない。そこで、ひとつの方法として、コムギ近縁野生植物の多様性の利点を獲得することにより、つまり野生種の重要遺伝子を普通系コムギに導入することによって、パンコムギの遺伝的多様性を拡大することである。この研究で、私は異なる倍数レベルでの形質の発現とタルホコムギの耐乾性関連形質 (光合成、気孔開度、内在二酸化炭素濃度、蒸散率、SPAD値、水ポテンシャル、水利用効率、根と茎葉の乾物重) を上に述べた81のタルホコムギの系統の中から選んだ33系統とそれに対応する合成コムギを、灌水および乾燥条件下で比較した。その結果、タ

ルホコムギには大きい変異が見られ、合成コムギではさらに大きい変異が存在した。

合成コムギは根乾物重、茎葉乾物重、全乾物重で表される耐乾性を示し、乾燥条件下でこれらの値の減少が低かった。タルホコムギのグループは灌水区および干ばつ区で、合成コムギより高い平均光合成量を示した。しかし、合成コムギ系統の光合成量の現象は低かった(20.4%対21.8%)。ユークリッド距離に基づけば、タルホコムギグループは、乾燥区より灌水区において大きい変異を示した。しかし、合成コムギではその逆であった。標準品種として用いた Cham 6 より耐乾性を示す合成コムギがいくつか存在した。特定の地域由来のタルホコムギは合成コムギよりよりよい成績を示した。タルホコムギの形質は、それに対応する合成コムギ系統と相関がなく、このことはコムギの2倍性近縁野生種で見られる形質は、それらに由来する合成コムギで発現する形質を予想できるものではないことを示している。乾燥下でのタルホコムギの示す適応性や形質に関わらず、合成コムギはおそらく遺伝子の相互作用によって強調された形質の遺伝子型によるものであると思われる。今回の研究結果から、耐乾性改良のみでなく他の量的形質の改良においても六倍性で観察される有用形質を評価することが望ましいことが分かった。

今回の DArT 解析によって得られた分子情報は両倍数レベルでの形態および生理形質の遺伝的な基礎となるであろう。多様なタルホコムギ系統で新規に作ったアレーは、六倍性小麦研究の効果的な解析手段として使われるであろう。今回の研究プロジェクトの目的は分子情報によって生理および形態的な形質を比較することである。この論文で得られた結果はタルホコムギの系統の連鎖不平衡解析や合成コムギの耐乾性関連形質のアソシエーション地図を作るために使われるであろう。

緑化保全部門

Kingsley Chinyere Uzoma

砂質土壌改良のための炭化物施用効果

要約：乾燥地の砂質土壌は有機物が少なく肥沃な土地が少ないので、農業のために堆肥等の施用によって土壌を改良していくことが一般的である。しかし、近年、二酸化炭素の排出による地球の温暖化問題が注目されている中、堆肥等の易分解性有機物よりも土壌の有機物含量を増加させる資材の利用が検討されている。炭化物の施用はそのひとつである。炭化物は難分解性の化学構造を有しており、土壌中に施用しても分解されず二酸化炭素を放出することはない。このことから、本研究では、砂質土壌における土壌改良材としての炭化物の施用効果を明らかにすることを目的とした。

供試材料にニセアカシア (*Robinia pseudoacacia* L.) を用い、炭化温度を 300, 400 および 500°C で作成した各炭化物を砂質土壌に混合し、土壌の保水性および保肥力を調査した。ここで、砂質土壌に対する炭化物施用量は 0, 10 および 20 Mg · ha⁻¹ の 3 処理区である。実験の結果、砂質土壌にいずれの炭化物を混合しても保水性および保肥力が改善された。特に 500°C 炭化物区では保水性が、一方 300°C 炭化物区では保肥力が改善された。さらに、砂質土壌に対する最適施用量は 20 Mg · ha⁻¹ 区であり、0 Mg · ha⁻¹ 区に比べて、透水係数が減少し、土壌の有効水分量が増加した。

ニセアカシアの他に、牛糞および鶏糞の炭化物施用がトウモロコシの生育および収量に及ぼす影響を検討した。これらの炭化物の最適燃焼温度はニセアカシアの結果から 500°Cとした。試験区の設定は完全乱塊法とし、各区 4 反復で実験を行った。各炭化物の施用量は 0, 10, 15, 20 Mg・ha⁻¹の計 4 施用区とした。実験の結果、特に、牛糞炭化物の場合、施用量が増加するにつれてトウモロコシの生育、収量、水利用効率および品質が向上し、さらに収穫直後の土壌の物理化学性も改善された。特に、15 および 20 Mg・ha⁻¹の牛糞炭化物施用区は、他の区に比べてすべての調査項目において有意に大きくなった。トウモロコシの生育および収量増加の理由は、牛糞炭化物の施用によって、土壌の陽イオン交換容量（CEC）が改善されたこと、透水係数が減少したこと、炭化物由来の炭素、窒素およびリン酸が増加したことが考えられた。また、各炭化物の施用量は 15 Mg・ha⁻¹が最適であり、収量、水利用効率および子実中の無機成分の吸収も大きかった。この理由は 15 Mg・ha⁻¹の施用区が他の施用区と比べて、高い有効態リン酸および窒素の供給が多かったためと考えられた。収穫直後の土壌の pH、窒素、炭素、リン酸および他の CEC は、炭化物を施用していない区に比べて有意に増加した。鶏糞の炭化温度（500, 600 および 700°C）の違いによる炭化物の品質に及ぼす影響を検討した結果、500°Cが他の炭化温度に比べて最も炭化収率（17-35%）および CEC（500-581%）が大きかった。鶏糞炭化物の施用量も同様に 15, 20 Mg・ha⁻¹施用区でトウモロコシの収量、水利用効率および子実中の無機成分の吸収が改善された。20 Mg・ha⁻¹施用区では鶏糞炭化物から浸出する窒素量が最も多く、この窒素をトウモロコシが効率よく吸収したために収量が増加したと考えられた。

本研究では、植物由来の炭化物よりも家畜糞由来の炭化物の方が各炭化物自体から浸出する無機成分の量が多く、炭化物施用による肥料効果も高く、作物の収量に及ぼす影響も大きかった。特に家畜由来の炭化物から浸出する有効態リン酸は、堆肥として土壌に施用する場合にあまり浸出せず、炭化物になって初めてリン酸を放出する。そこで、家畜糞を炭化物にすることによる新たな家畜糞の利用法を提案した。また、ある作物に対して最適な炭化温度および施用量が把握できていれば、収量および植物体への無機成分の吸収率などが改善され、土壌においても物理性と化学性が改善されることが明らかとなった。さらに、炭化物の農耕地への施用は二酸化炭素隔離にも大きく貢献し、地球温暖化の軽減に向けた重要な対策のひとつであると考えられた。

このように、本研究は、炭化物の燃焼温度が土壌保水性および保肥力に影響すること、砂質土壌の物理性は炭化物の施用によって改善できること、植物由来や家畜糞由来によって作物の収量、品質あるいは水利用効率が異なることを明らかにした。

Ailijiang Maimaiti

中国新疆ウイグル自治区における塩生植物の耐塩メカニズムに関する研究

要約：土壌の塩類化の拡大は世界中で深刻な問題となっており、乾燥地での主要な砂漠化要因となっている。中央アジアや中国北西部では、広域の塩類化による灌漑農地の劣化は環境問題であるだけでなく社会経済的問題ともなっており、土壌塩類化対策として、様々な手法が試されてきている。その中で、ファイトレメディエーションのような生物学的手法は土壌の塩類化を抑制し、劣化土壌を修復するのに効果的であり、在来の塩生植物を用いた手法は各国で注目を集めている。中国新疆ウイグル自治区には多くの塩生植物が自生しており、こ

これらの塩生植物は塩類化土壌の利用に寄与する可能性が考えられる。塩類化土壌修復への塩生植物の適切な利用のためには、様々な塩生植物の耐塩メカニズムを理解することが必要である。これらの耐塩メカニズムを理解するため、本研究では現地調査とガラス室実験を行った。

現地調査では自然状態での塩生植物の塩類調節メカニズムと適合溶質蓄積の種特性を調査した。陽イオンの器官ごとの濃度と葉中の適合溶質蓄積量を新疆ウイグル自治区に自生する5種の塩生植物(*Tamarix hispida*, *Halocnemum strobilaceum*, *Kalidium foliatum*, *Karelinia caspica*, *Phragmites australis*)で測定した。調査の結果、*Tamarix hispida*は塩腺を持ち、葉中のNa濃度は高くなっていた。また、多肉植物の*H. strobilaceum*と*K. foliatum*は葉に多くのNaイオンを蓄積しており、これらの植物では多量のNaイオンを根から吸収して葉に移送していることが示唆された。*K. caspica*と*P. australis*は根による高い陽イオン選択性を示し、一方で*P. australis*は全ての器官で高濃度のKイオンを蓄積していた。適合溶質については、*P. australis*はスクロースなどの水溶性炭水化物やプロリンやアラニンなどのアミノ酸を高濃度に蓄積していた。*K. caspica*は多くのマンニトールを蓄積しており、*H. strobilaceum*と*K. foliatum*はグリシンベタインを多量に蓄積していた。また*T. hispida*だけが γ -ブチロベタインを多く蓄積していた。これらの結果から、これら5種類の塩生植物は異なる塩類調節メカニズムを持つだけでなく、葉に様々な適合溶質を蓄積することで効果的な浸透調節メカニズムを獲得していると結論付けた。

ガラス室実験では、パイオニア樹種で多用途に用いられる*Elaeagnus*属の塩ストレス反応を調査した。生理的反応を調査するため、まずは、一週間塩ストレス(NaCl: 0, 200, 400, and 600 mM)を与えた当年生の*Elaeagnus angustifolia* L. 苗木の光合成能力を評価した。光合成速度、気孔コンダクタンス、蒸散速度は200 mMの塩処理により大きく減少していたが、クロロフィル含量と光化学系IIの最大量子収率はほとんど減少していなかった。しかし、600 mMでは、これらのパラメータは最も小さくなっていた。つまり、200 mMの塩処理では光合成は気孔閉鎖により制限されていたが、600 mMでは光合成は光化学系IIの損傷により減少していたことが明らかとなった。さらに、30日間の塩処理(0, 50, 100, 200, or 300 mM)が*Elaeagnus oxycarpa* 苗木の成長量、光合成、適合溶質蓄積量に与える影響を調査した。その結果、成長量とバイオマス量は塩濃度の増加とともに小さくなっていた。しかし300 mM以下の塩ストレスは苗木の生存率に影響を与えていなかった。ガス交換は50 mMの塩処理では影響を受けなかった。葉と根のNaイオン濃度は塩処理によって上昇していた。ほとんどのNaイオンは低濃度の塩処理(50, 100 mM)では根系に維持されていたが、KイオンとCaイオンは高濃度で葉に蓄積されていた。200 mMと300 mMの塩処理では、スクロースや β -アラニンベタイン、プロリンやグリシンなどの様々な適合溶質の葉への蓄積が認められた。結論として、*E. oxycarpa*の耐塩性は光化学系IIやイオン恒常性の維持、適合溶質の蓄積によって成り立っていると考えられた。これらの結果は、*Elaeagnus*属は塩性条件下で生育するための耐塩性に必要な様々な特性を持っていることを示唆している。これらの種は成長期間の終わりに脱落させるシュートと葉にNaイオンを蓄積しており、体内からの塩類の除去を可能にしている。この戦略により、*Elaeagnus*属は塩類集積地のファイトレメディエーションへ利用可能であるものと考えられた。

(2) 修士論文

生物生産部門

松本 直也

*Pennisetum*属植物の系統及び染色体構造から見たムギ類との交雑初期胚における染色体挙動解析

(3) 卒業生の進路状況

中国科学院・生態環境研究センター、乾燥地研究センター（プロジェクト研究員）、
青年海外協力隊、造園業、株式会社ロジスティックネットワーク