

学 位 論 文 要 旨

加圧熱水処理による作物残渣からの成分分離とその利用に関する研究 Studies on component separation from crop residues using hot-compressed water treatment and its utilization

農業環境工学専攻 農業環境工学大講座
櫻井 俊輔

本研究では、油糧作物として生産され、それ以外にも多様な目的で栽培されているヒマワリを対象作物として、加圧熱水処理を用いた作物残渣からの植物養分の抽出法とその効果的な利用法の検討を目的とした。作物残渣には良質なセルロースと比較的高濃度の植物養分が含まれていることに着目し、加圧熱水処理は処理条件によって選択的に物質を分離できる点を利用して、セルロース成分主体の固形分と液分に含まれる植物養分総量の両者が最大となる処理条件について検討した。加圧熱水処理によって分離された植物養分の特徴を明らかにするとともに、それら植物養分の有益な循環利用法を構築するためLED照明を用いたコマツナの養液土耕栽培の試験を通して、効果的な利用条件を考察した。

第1章では、研究の背景と研究目的について述べた。未利用バイオマスの一環である作物残渣はカーボン・ニュートラルの特徴を有していることから環境負荷の少ないエネルギー資源として注目されている。しかし、作物残渣はかさ密度が低く、灰分が多く、発熱量が少ないことなどが燃料としての利用の課題となっている。本研究で対象にしたヒマワリは乾燥気候に強く、生育期間が比較的短いため、世界的に栽培されていて、その作物残渣量も多い。また、優れた養分吸収能を有していることから、作物残渣に蓄積された植物養分を回収し、再利用できる。本研究で採用した加圧熱水処理は、高温高压下で水が液状を維持して、増大するイオン積を利用するバイオマス分解技術である。バイオエタノールの原料加工技術として研究されてきた加圧熱水処理はリグノセルロース

系バイオマスからのセルロース抽出と発酵阻害物質であるリグニンを分離できる。本章では、作物残渣に蓄積された植物養分を分離・抽出することに焦点を当てた加圧熱水処理法の適用を説明した。

第2章では、対象としたヒマワリの栽培と作物残渣の発生特性について記載した。栽植密度が作物残渣の量と形質に及ぼす影響を検討するため、栽植密度を変えてヒマワリを試験栽培し、作物残渣となる茎の形状変化を観察するとともに、子実収量と作物残渣量の関係を調べた。結果として、栽植密度が高くなるほど茎長は長くなり、茎径は細くなることが確認された。作物残渣量は栽植密度が高くなるほど増加する傾向が見られ、子実収量も同様であった。栽植密度が高くなると茎の折れや倒伏などのリスクが大きくなることも示された。

第3章では、加圧熱水処理法の処理条件がヒマワリ茎に含まれる植物養分の抽出に及ぼす影響について述べた。実験1では、栽植密度を変えて栽培し、開花期、登熟期、収穫期に採取したヒマワリ茎を供試し、異なる形質の茎から分離される成分の特徴について調べた。実験2では、処理温度と保持時間を変えて加圧熱水処理を行い、異なる加圧熱水条件が植物養分の分離・抽出に及ぼす影響を調べた。その結果、各植物養分の溶出率は元素ごとに異なり、原料内の含有量に依存することが明らかになった。ただし、植物養分の元素総量は材料のC/N比と密接な関係があり、液分に溶出する植物養分の総量は原料のC/N比から推定できることが示された。加圧熱水処理の処理温度を高温にするとリン以外の植物養分元素の溶出率は増大するが、セルロースを主とする固形分の残存率が低下したことより、セルロースの分解が進まず、発酵阻害物質の除去も行える180℃程度の温度帯が、得られる固形分と植物養分の双方が最大となる処理温度であるとわかった。

第4章では、加圧熱水処理で得られた植物養分の利用法をLED照明下で試験栽培したコマツナの養液土耕で検討し、効果的な利用法について考察した。試験の結果、抽出液の施用は灌水量とコマツナの生育の両方に影響を及ぼし、抽出液の施用量が多くなるほど生育が抑制された。また、作物残渣の採取時期によって、得られる抽出液はコマツナの生育に影響を及ぼすことが示された。抽出液の施用はコマツナの成長を抑制するが、一方で、相対的な炭素固定量を増大させるため、窒素利用効率は高くなることが分かった。また、抽出液を少量施用することで水利用効率が高まることも明らかとなった。生育障害の一因としてカリウムの過多が考えられた。抽出液の利用による窒素フローより、土壌からの窒素吸収量及び利用率、子実などの生成物の総量から収穫期のヒマワリ茎の利用が植物養分の循環利用に適していることがわかった。

第5章では、研究を総括し、残された課題について述べた。今後の研究では、本研究で示された作物残渣量や成分量を使って循環利用モデルとして表し、作物残渣の利用の選択肢を増やすことが課題となる。加圧熱水処理で投入されるエネルギーと発生する環境負荷をLCA解析で明らかにして、環境負荷がマイナスになるような利用モデルを構築することが期待される。