HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	Development of a Real-time Optical Sensor for Detecting Wheat Growth Status [an abstract of dissertation and a summary of dissertation review]
Author(s)	Rasooli Sharabian, Vali
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(農学)
Dissertation Number	甲第11109号
Issue Date	2013-09-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/53774
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.1/jp/
Type	doctoral thesis
File Information	Vali_Rasooli_Sharabian_review.pdf, 審査の要旨

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

学 位 論 文 審 査 の 要 旨

博士の専攻分野の名称　博士（農学）　　氏　名　Vali Rasooli Sharabian

審査担当者

主　査	教　授	野口　伸
副　査	教　授	平野　高司
副　査	准教授	谷　宏
副　査	准教授	石井　一暢
副　査	准教授	岡本　博史

学 位 論 文 題 名

Development of a Real-time Optical Sensor for Detecting Wheat Growth Status
（小麦生育診断のためのリアルタイム光学センサに関する研究）

本論文は、全 7 章からなる総頁数 128 ページの英文論文である。論文には図 21、表 14、引用文献 216 が含まれ、別に参考論文８編が添えられている。

本研究は小麦生育診断用リアルタイム光学センサ開発のための基礎研究である。小麦の可変施肥は、資材投入の最適化による収量と品質の高位平準化、過剰施肥を抑えることによる環境保全の観点から国際的に注目されている。しかし、センサベースのリアルタイム可変施肥技術は 10 年ほど前に欧米で実用化したが、技術的にはいまだ発展途上である。たとえば実用化されている光学センサについて、その窒素ストレス検出精度について十分なデータがない。特にセンサに採用されている計測原理は衛星リモートセンシングでよく利用される赤色領域と近赤外領域の反射光量の比を使用しており、光波長選択の最適性について検討されていない。他方、光学センサによって作物の窒素ストレス度合にとどまらず、収穫前に収量や子実タンパク含量も推定できることは衛星リモートセンシングの分野で明らかにされているが、これらの他用途への展開についても未着手である。

このような背景から本研究ではまず現在欧米で市販されている作物の窒素ストレス検出用光学センサについて、その有効性と精度を調べた。秋まき小麦「きたほなみ」を対象として 2010 年から 2012 年の３カ年ほ場試験を行った。窒素施肥４水準×２反復の試験プロットを設定して、生育差をつけた小麦栽培を行った。測定項目は SPAD 値、草丈、葉身窒素量、太陽光量、光学センサ出力値、350～2,500nm の範囲で 2,150 点の分光反射率、収量、子実タンパク含量そして GPS による測定点の位置データである。試験の結果、光学センサ出力値は葉身窒素含有量、収量、子実タンパク含量と高い相関が認められた。特に幼穂形成期の葉身窒素含有量は決定係数 R^2= 0.70 を示し、可変施肥に使用できる精度であることを確認した。他方、収量は R^2= 0.41、子実タンパク含量は

R^2= 0.61 であった。この結果から市販されている光学センサでは収量や子実タンパク含量の推定は難しく、光学系により収量や子実タンパク含量を推定する場合には光波長の最適化が必要と結論づけられた。

次に PLS 回帰分析とステップワイズ法によって生育情報を抽出できる光波長帯域を分光反射率データから見つけることを試みた。PLS 回帰分析では 2010 年と 2011 年の２ヵ年の分光反射率データから５因子を選択して SPAD 値、収量、子実タンパク含量の推定モデルを作成し、検証用の 2012 年データについて決定係数 R^2が SPAD 値 0.841、収量 0.872、子実タンパク含量 0.803 で高い推定精度を示した。また、PLS 回帰分析とステップワイズ法を併用することで SPAD 値については{435,550,665,705,730,1315,1325 nm}、収量については{410,520,535,1025,1080,1125,1130,1235,1265,1305 nm} 、子実タンパク含量については {445,505,640,665,670,700,760,890,930 nm}の有用波長が抽出できた。最終的に、決定係数 R^2が SPAD 値 0.85、収量 0.89、子実タンパク含量 0.84 の高精度な推定モデルが作成された。

次に小麦生育量を検出できる２波長もしくは３波長を使用した生育指数について検討した。可視 (VIS)、近赤外(NIR)、短波長赤外(SWIR)について、既往の研究で提案されている２波長使用の４指数と３波長使用の３指数、計７つの生育指数についてその適合性を調べた。各指数について過去３ヵ年の栽培データから中心波長と波長幅の最適化を図った。各指数の SPAD 値、収量、子実タンパク含量の推定精度を２波長使用については２次元空間に、３波長使用については３次元空間に図化することで、年次に影響されない共通波長を可視化できる方法論を考案した。この解析によって２波長を使用した植生指数 NVDI(Normalized Difference Vegetation Index)と３波長使用した PRSI(Plant Senescence Reflectance Index)が SPAD 値推定に最適であることを明らかにした。最適化された中心波長と波長幅で計算した NVDI と PRSI の決定係数 R^2 は 0.764、0.832 であった。また、２波長を使用した RDVI(Root Difference Vegetation Index)は収量 (R^2 =0.717) と子実タンパク含量 (R^2 =0.792)を推定するのに適していることも判明した。

本研究では秋まき小麦の窒素ストレス状態をリアルタイムで把握し、さらに収量や子実タンパク含量が推定できるリアルタイム光学センサの基礎研究を実施した。市販されている光学センサの性能を詳細に検討し、さらに光学系の採用によって SPAD 値の他に収穫前に収量と子実タンパク含量が推定できることを３年間にわたる栽培試験によって明らかにした。特にこれら情報の検出に有効な光波長を見つけ出した点は実用技術としての意義もある。すなわち、本研究の成果は高い学術的価値、オリジナリティとともに今後の小麦生育診断に有用な技術情報を含んでおり評価できる。よって審査員一同は、Vali Rasooli Sharabian が博士 (農学) の学位を受けるに十分な資格を有するものと認めた。