

氏名(本籍)	森 ^{もり} 泉 ^{いずみ} 昭 ^{しょう} 治 ^じ (長野県)				
学位の種類	農学博士				
学位記番号	博乙第645号				
学位授与年月日	平成3年1月31日				
学位授与の要件	学位規則第5条第2項該当				
審査研究科	農学研究科				
学位論文題目	ロータリ耕うんによる土塊分布と土壌移動の測定・分析法 に関する研究				
主査	筑波大学教授	農学博士	小中俊雄		
副査	筑波大学教授	農学博士	相原良安		
副査	筑波大学教授	農学博士	多田敦		
副査	筑波大学教授	農学博士	吉崎繁		
副査	筑波大学教授	農学博士	永塚鎮男		

論文の要旨

我が国ではロータリ耕うんを多用しているが、その作業結果の評価を伴った報告はあまり多くない。耕うん作業結果の中で碎土状態と土壌の反転性（上下方向の土壌移動）は重要な事項であるが、それらの測定はむづかしく試験法として未だ確立されていない。近年、アップカットロータリが開発され、表層が細かく下層が粗い土層構造が作れるようになった。したがって、碎土状態と土層構造を合わせた層別土塊分布に関する試験法の確立は、ますます重要な課題となってきた。また、今後は土壌の反転性能を向上させたロータリが開発が望まれるが、それには土壌の反転性について正確に測定し定量的に判断できる方法の樹立が必要である。

これらの背景のもとに、本研究はロータリ耕うんによる層別土塊分布と土壌の反転性について簡易で定量的な測定・分析法の確立を目的として行われた。

(1) ロータリ耕うんによる土塊分布の測定・分析法

土塊分布の解析のためには、土塊分布が関数で表現されることが最も望ましい。3試験地の土塊分布データを用い土塊分布の近似式を検討した結果、Weibull分布式の場合、形のパラメータ m 値を変えることによって、土性などが異なる全ての試験地で土塊分布の近似式として適合することが分かった。また、土塊分布の指標となる平均土塊径、その標準偏差および積算篩上（下）質量50%土塊径などが、Weibull分布の場合、諸分布式の中で最も簡単な代数式で表現できる。これらの諸結果より、土塊分布の関数表現法としては、Weibull分布式を近似式として用いることが最適との結論に達した。圃場試験で深さ5cm間隔ごとに3層の土塊試料を採取（分離採土）し、層別土塊分布を求めたとこ

ろ、ダウンカットロータリ耕うんでは、上層の土塊が中・下層の土塊より大きく、またアップカットロータリ耕うんでは、上層の土塊が中・下層より小さいと判定された。したがって、上・中・下層の土塊を一括した測定法（一括採土）は、ロータリ耕うん結果の特徴を消去してしまうので不適切である。つまり、ロータリ耕うん性能を土塊径で比較する場合、層別に土塊分布を測定することが必須となる。

採土に伴う土塊切断の影響は、試験法を決めるうえで重要な要因になるので、ここでは一つの目安を得るため、球を土塊のモデルとするシミュレーションで採土に伴う土塊切断の影響を検討した。シミュレーション結果より、深さ 50mm ごとの層別採土（セパレータ間隔 50mm）で 5% 位の誤差を許すとすれば、採土サンブラ内径 100mm の場合は平均土塊径 8mm、採土サンブラ内径 200mm の場合は平均土塊径 16mm まで採土可能との目安が得られた。また、セパレータ間隔を 150mm に拡大すれば、内径 100mm の採土サンブラで平均土塊径 16mm まで採土可能といえる。

また、採土法要因と採土サンブラ径要因の分散分析結果より、採土サンブラおよびセパレータによる土塊切断の影響が、①土塊径のばらつきの範囲内、②または測定誤差の範囲内にあることが明らかになった。土塊分布の諸分析結果とシミュレーション結果を総合的にみると、採土サンブラ内径 100mm では平均土塊径 15mm、採土サンブラ内径 200mm では平均土塊径 25mm までを使用限度とし、それ以上の土塊径では内径 300mm の採土サンブラの使用が最もよいと判断された。

インチ系と、メートル系目開き体系の篩で得た平均土塊径間の t 検定を試みた結果、40 個の検定中 36 個は 5% 水準で有意差が認められず、使用する篩の目開き体系の違いによって平均土塊径が、影響を受けることは殆どないことから、畑地の場合、篩の目開きは 2, 8, 31.5mm の体系を基準にし、必要に応じて他の目開きの篩を追加するのが妥当であり、水田の場合は目開き 4, 16, 63mm の体系を基準にするのが最もよいと判定された。

(2) ロータリ耕うんによる土壌移動の測定・分析法

本研究では、KCl 溶液の濃度と電気伝導度（EC 値）が直線的関係を示すことに着目し、耕うんにより移動する土壌のトレーサとして KCl を利用する方法を採用した。実験により、原土壌への KCl 混合質量と KCl 混入土の EC 値（土壌に蒸留水を加え振とうろ過した溶液の EC 値）との間にほぼ直線関係が成立することが確認された。次に EC 値が異なる 2 種類の土壌を混合し、その混合土の EC 値を測定した後、混合土の EC 値を求める仮説式の妥当性を検討した。測定 EC 値と計算 EC 値間との偏差は、 $-3.4\sim 2.3\%$ の範囲であり、実用的にはその仮説式を用いてもよいとの結論を得た。この仮説式を応用して、耕うん前の上・中・下層の土壌が耕うん後の各層に移動した割合を求める推定式を、3 元連立 1 次方程式と不等式の形で導いた。両推定式とも耕うん前後における各層の土壌 EC 値を測定すれば、耕土の移動割合が簡単に計算できる。

本方法による適用試験は上・中・下層に KCl 混入土を入れた 3 区を作製し、ダウンカットおよびアップカットロータリを用いて実施した。耕うん前 KCl 混入土層の EC 値のばらつきが大きい区は、そのばらつきが小さい区に比べ各測定地点間で移動割合に大きな変動が生じた。したがって、本方法では均質な KCl 混入土を作製することが、試験精度を上げるために最も大切であると判断された。不

等式による耕土の移動割合推定はある区間をもってなされるが、その区間推定値の幅は最大でも±1.1%以内であり、実用的にはさしつかえないことが分かった。

3元連立1次方程式と不等式の方法で算出した耕土の移動割合推定値は、その差が0.5%以下で両者はほぼ近似し、これらの移動割合算出式の妥当性が実証された。諸結果を総合的にみると、試験過程において平均で約7%程度の誤差は生じたが、KCl混入土を用いた電気伝導度法は、ロータリ耕うんによる耕土の移動割合推定に利用可能と判定された。

本方法は応用測定として、耕うんピッチを変えた5試験区（耕うんピッチ20.8～72.8mm）で耕うんピッチと土壌の反転性との関係を実験し、KCl混入土処理区間における各測定地点のEC値変動係数は、耕うんピッチの大きい区ほど大きな値を示した。これらの結果より、耕うんピッチが大きくなると、耕うん土壌の移動状態は不安定になるものと推察された。

耕うん前の上層土壌が耕うん後上層に残存した割合は、耕うんピッチが大きい区ほどその値が増加する傾向を示した。一方、耕うん前上層から耕うん後下層への土壌移動割合は、耕うんピッチの増加と共に減少することが明らかになった。これらの結果と移動割合のt検定結果より、耕うんピッチが大きくなると共に土壌の反転性が低下することは確実に判断された。

(3) 土塊分布と土壌移動の新しい測定・分析法の提案

諸試験の結論に基づき、ロータリ耕うんによる土塊分布と土壌移動の新しい測定・分析法を提案した。土塊分布の新しい測定・分析法では、①円筒形採土サンプラの内径は100, 200, 300mmの3種類とし、測定対象とする土塊の大きさによって採土サンプラ内径を選ぶ、②篩の使用個数は3個とし、土塊分布をWeibull分布の変換で近似させ土塊分布の諸指標を求めること、などが主な要点である。したがって、本方法は従来の土塊分布測定法に比べ簡便であり、また土塊分布の諸指標が容易に算出できるので、土塊分布が詳細にかつ定量的にできる長所を有している。

提案した土壌移動の測定・分析法の主要な留意点は次のとおりである。①KCl混入土のEC値は原土壌の10～15倍とする。②均質なKCl混入土作製のためには、少量の原土壌（5～10kg）に所定のKClを数回に分けて混合し、そこに原土壌を順次追加して混合する操作を何回も繰り返す。③耕うん後の採取土壌（約1kg）は十分に攪拌・混合してからEC値を測定する。本方法はKClを混入しているものの土壌そのものをトレーサとするので、チョーク片などをトレーサとする従来の方法に比較し試験精度が高く、さらに熟練を要する操作や分析がなく誰でも容易にできる利点をもっている。

審 査 の 要 旨

ロータリ耕うん作業における土塊分布と土壌の反転性は、極めて重要な事項にもかかわらず、現在まで、その測定および解析方法は未確定である。

本研究は、土塊分布について、その採土法を提案するとともにWeibull分布等への近似による表示が土塊の定量的表示に適切であることを明らかにしている。また、土壌の反転性については、新たに電気伝導度法を提案し、土壌移動の定量的表現を可能ならしめた。あわせて、これらの測定・分析法

を具体的に提案している。

これらの成果は、農作業とくに耕うん作業を効果的に行う上で、大きく貢献するものであると評価する。

よって、著者は農学博士の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。