

## 学位論文題名

## 作物の有効栄養面積および最適栄養面積の栽培学的研究

## 学位論文内容の要旨

現存の有限の土地資源を利用して、如何により多くの農産物を生産するかは、われわれ人類の必須の研究課題である。本研究は、特に、中国東北地方の畦作地帯では、収量に影響大きい畦幅の問題を作物の有効栄養面積の新概念を提示し解明しようとした。資源の有効利用としての土地生産性の向上を目指し、中国黒龍江省で最も重要な作物トウモロコシ、ダイズ、テンサイについて試験研究したものである。作物の有効栄養面積および最適栄養面積は、収量に影響する重要な因子である。得られた結果は、次のように要約される。

1. 作物の有効栄養面積（一株収量を最大とする面積）と最適栄養面積（反収を最大とする栄養面積）

実験に供試した3種類の作物では1株栄養面積が大きいほど1株の収量が多い。栄養面積と1株収量の回帰方程式の最適性解析によって、黒龍江省のハルビン地域のトウモロコシの有効栄養面積は  $0.335 \text{ m}^2 \sim 0.355 \text{ m}^2$ 、ダイズは  $0.221 \text{ m}^2 \sim 0.284 \text{ m}^2$ 、テンサイは  $0.247 \text{ m}^2 \sim 0.357 \text{ m}^2$  で、これらの有効な畦幅、株間は  $37 \text{ cm} \sim 58 \text{ cm}$  あることを明らかにした。無肥区（肥沃度低い土壌）では比較小さい有効栄養面積で、施肥区（肥沃土壌）では比較大きい有効栄養面積であった。

現在、黒龍江省で実際栽培に広範に採用されている  $67 \text{ cm} \sim 70 \text{ cm}$  の畦作はすでにこれらの作物の有効栄養面積の畦幅 株間を超えている。このことはすでに土壌資源を無駄にしている。これらの作物の栽培には  $50 \text{ cm} \sim 60 \text{ cm}$  の畦作を採用し、群体の収量を高めることが期待できる。異なる畦幅の実証試験により、同じ条件下に（主に密度、施肥で）、 $55 \text{ cm}$  畦幅は慣行の  $67 \text{ cm}$  畦幅より、トウモロコシの収量は  $9.6\%$ 、ダイズでは  $12.2\%$ 、テンサイでは  $19.8\%$  増産した。「有効栄養面積」理論にしたがって 畦幅 株間を配置し、すなわち畦幅は狭くし株間を広くして、1株ごとに占めている土壌の栄養面積（空間、太陽エネルギーを含む）をすべて有効な範囲内にして、十分に耕地資源（土壌養分、水分などを含む）、光を利用でき、また根系が肥料の吸収を充分にでき、さらに作物個体の生産潜在力を発揮させて、群体収量を顕著に向上させたことを明らかにした。

本地区でトウモロコシの最適栄養面積は  $0.146 \text{ m}^2 \sim 0.166 \text{ m}^2$  で、収量に調節能力がもっとも強いダイズでは、最適栄養面積は  $0.052 \text{ m}^2 \sim 0.055 \text{ m}^2$ 、テンサイの最適栄養面積は  $0.182 \text{ m}^2 \sim 0.197 \text{ m}^2$  であることを明らかにした。

## 2. 作物の収量形質に対する栄養面積の影響

トウモロコシでは1株栄養面積と収量形質の雌穂長、穂径、1穂粒重、百粒重との関係は明らかな正の相関が見られた。とくに穂径、1穂粒重、百粒重とは5%水準あるいは1%水準で有意であった。また栄養面積の大きい  $0.36 \text{ m}^2$  区は20%~25%の植株で2雌穂が稔実した。このことは収量の自己調節の形式である。ダイズの1株莢数、莢当たりの粒数とも1株栄養面積と明らかな正相関関係を示した。これは1株栄養面積の増大に伴って、結莢節高が低くなり、分枝も多くなり、結莢の空間を拡大させ、1株有効莢数が増加したことによっている。テンサイでは自己調節能力は低く、一株栄養面積がとくに重要である。

## 3 その他の生理形態形質に対する栄養面積の影響

1株葉面積は栄養面積の拡大に伴って増加しているが、葉面積指数は栄養面積の拡大に伴って減少している。トウモロコシの単位面積当たりの高い収量は比較的大きい葉面積指数のもとで取り得たことである。ダイズの1株葉面積と葉面積指数(LAI)の最大値は栄養面積大きい処理のピークは遅れる傾向が見られた。テンサイ個体の葉面積と葉面積指数の最大値は7月31日にある。

トウモロコシ、ダイズとも1株栄養面積の増大に伴って、1株の乾物重が高くなったが、単位面積当たりの乾物重は減少する。しかし、栄養面積が小さ過ぎると ( $< 0.14 \text{ m}^2$ ) トウモロコシの植株が生育不良、茎が細くなり、単位面積当たりの乾物収量も低くなった。テンサイの単位面積当たり生重は栄養面積小さいほど高い。最大値は8月25日にある。葉面積の最大値の後25日目に生重の最大値である。

植株の地上部/根部の乾物の分配は、トウモロコシ、ダイズでは各処理とも生育に伴っておおきくなり、栄養面積の大きい疎植区では地上部/根部の増加はもっと速く、より地上部の生長に有利である。逆に塊根作物のテンサイでは生育に伴って地上部/根部は小さくなり、栄養面積の大きい疎植はテンサイの地下部生長に有利であることを明らかにした。

## 4. 土壌水分に対する栄養面積の影響

生育期間で個体の栄養面積の小さいほど土壌水分も少ない。栄養面積の大きい疎植区と栄養面積の小さい密植区との差異は有意差がある。栄養面積の小さい密植とした場合蒸散量が多く土壌水分を減少させることを示した。同時に有効栄養面積の範囲では十分に土壌水分を利用できることを明らかにした。

# 学位論文審査の要旨

主 査 教 授 中 嶋 博  
副 査 教 授 荒 木 肇  
副 査 教 授 波 多 野 隆 介  
副 査 教 授 由 田 宏 一

## 学 位 論 文 題 名

### 作物の有効栄養面積および最適栄養面積の栽培学的研究

本論文は5章から構成され、表14、図61、引用文献133編を含む121頁の和文論文であり、別に7編の参考論文が添えられている。

本研究は、中国東北部の畦作地帯で重要な作物であるトウモロコシ(*Zea mays* L.)、ダイズ(*Glycine max* Merr.)、テンサイ(*Beta vulgaris* L.)を用いて、資源の有効利用としての土地生産性の向上を目指したものである。収量に影響の大きい畦幅の問題を作物の有効栄養面積(一株収量を最大とする最小面積)および最適栄養面積(反収を最大とする栄養面積)の新概念を提示し、解明しようとした。得られた結果は、次のように要約される。

#### 1. 作物の有効栄養面積と最適栄養面積

実験に供試した3種類の作物では1株栄養面積が大きいほど1株の収量が多い。栄養面積と1株収量の回帰方程式により最適性解析を行った結果、黒龍江省ハルビン地域におけるトウモロコシの有効栄養面積は $0.335\sim 0.355\text{ m}^2$ 、ダイズは $0.221\sim 0.284\text{ m}^2$ 、テンサイは $0.247\sim 0.357\text{ m}^2$ となり、これらの有効な畦幅、株間は $37\sim 58\text{ cm}$ であること、また肥沃度低い土壌では比較的小さい有効栄養面積を、肥沃土壌では比較的大きい有効栄養面積をもつことを明らかにした。

さらに最適栄養面積は、トウモロコシで $0.146\sim 0.166\text{ m}^2$ 、収量の調節能力が最も高いダイズで、 $0.052\sim 0.055\text{ m}^2$ 、テンサイのそれは $0.182\sim 0.197\text{ m}^2$ であることを明らかにした。

#### 2. 作物の収量形質に対する栄養面積の影響

トウモロコシでは1株栄養面積と収量形質の雌穂長、穂径、1穂粒重、百粒重との間には正の相関が見られ、とくに穂径、1穂粒重、百粒重とは5%あるいは1%水準で有意であった。また栄養面積の大きい $0.36\text{ m}^2$ 区では20~25%の株で2雌穂が稔実した。ダイズの1株莢数、莢当たりの粒数はともに1株栄養面積と明らかな正の相関関係を示した。これは1株栄養面積の増大に伴って結莢節高が低く、分枝も多くなり、結莢の空間を拡大させ、1株有効莢数が増加したことによる。このようにしてトウモロコシ、ダイズは栄養面積に対応して生長を調節し

ている。一方、テンサイでは自己調節能力は低く、一株栄養面積がとくに重要であると判断された。

### 3. その他の生理形態形質に対する栄養面積の影響

1株葉面積は栄養面積の拡大に伴って増加するが、逆に葉面積指数は減少した。トウモロコシの単位面積当たりの高い収量は比較的大きい葉面積指数のもとで得られた。ダイズの1株葉面積と葉面積指数(LAI)の最大値に達する時期は栄養面積の大きい処理で遅れる傾向が見られた。テンサイ個体の葉面積と葉面積指数の最大値は7月31日に見られた。

トウモロコシ、ダイズとも1株栄養面積の増大に伴って、1株の乾物重が高くなったが、単位面積当たりの乾物重は減少した。しかし、栄養面積が小さ過ぎると( $<0.14 \text{ m}^2$ )トウモロコシの個体は生育不良で、茎は細くなり、単位面積当たりの乾物収量も低くなった。テンサイの単位面積当たり生重は栄養面積の小さいほど高い傾向を示し、最大値は葉面積が最大となった後25日目の8月25日になった。

株の地上部/根部の乾物の分配は、トウモロコシ、ダイズでは各処理とも生育に伴って大きくなり、栄養面積の大きい疎植区では地上部/根部はもっと速く増加し、より地上部の生長に有利となった。逆に塊根作物のテンサイでは生育に伴って地上部/根部は小さくなり、栄養面積の大きい疎植はテンサイの地下部生長に有利であることを明らかにした。

これらの作物の最適栄養面積/有効栄養面積はダイズ、トウモロコシ、テンサイの順に大きくなり、自己調節能力と逆の関係にあることが示された。

### 4. 土壌水分に対する栄養面積の影響

生育期間で個体の栄養面積の小さいほど土壌水分も少ない。栄養面積の大きい疎植区と栄養面積の小さい密植区との間には有意差が認められた。栄養面積の小さい密植では蒸散量が多く土壌水分を減少させること、同時に有効栄養面積の範囲では十分に土壌水分を利用できることを明らかにした。

### 5. 有効栄養面積に基づく増収の実証

さらに、黒龍江省で現在広範に採用されている67~70cmの畦作は有効栄養面積の畦幅、株間を超えていることから、土壌資源を無駄にしていることを指摘し、これらの作物の栽培に50~60cmの畦作を採用することにより、トウモロコシの収量は9.6%、ダイズでは12.2%、テンサイでは19.8%現行よりも増収する事を実証した。

以上のように、本研究は中国東北部での効率的な土地利用の理論的な基礎を提案し、また栽培現場で実証したもので、学術的また応用面からも高く評価できる。よって審査員一同は、韓丙進が博士(農学)の学位を受けるのに十分な資格を有するものと認めた。