

学 位 論 文 題 名

各種作物における光合成、炭素・窒素代謝および光合成産物の
転流・分配・集積におよぼすカリウム栄養の影響

学位論文内容の要旨

植物のカリウム栄養状態は、光合成、炭素および窒素代謝、ならびに光合成産物の転流・分配に影響をおよぼすことがこれまで報告されているが、既往の研究ではこれらの生理的過程に対する影響を個々に解析した研究が多く、生育と関連させて比較作物栄養学的に解析した研究は極めて少ない。さらに根をはじめとする地下部が肥大する作物はカリウム要求性が高いことが知られているが、地下部に対する光合成産物の転流・分配・集積とカリウム栄養との関係には不明な点が多い。そこで本研究は、地下部の生育特性を異にする作物における光合成、炭素・窒素代謝および光合成産物の転流・分配・集積におよぼすカリウム栄養の影響を明らかにすることを目的として実施した。得られた結果は次の通りである。

1. 葉の窒素とカリウム含有率との関係には、生育とともに窒素含有率が低下するに従いカリウム含有率も低下するタイプⅠ型と、窒素含有率が低下してもカリウム含有率は高く保たれるタイプⅡ型があり、イネ科とマメ科作物はタイプⅠ型作物、キク科、ナス科、アカザ科、ヒルガオ科作物はタイプⅡ型であった。タイプⅡ型で葉のカリウム含有率が生育後期まで高いことは、地下部の生育が旺盛であることに関連があると理解された。
2. 光合成能は、タイプⅡ型作物であるヒマワリでは軽度のカリウム欠乏により著しく低下したのに対し、タイプⅠ型作物であるイネ、コムギ、ダイズではヒマワリと同程度あるいはそれ以下の葉のカリウム含有率でも影響は小さかった。
3. タイプⅠ型とタイプⅡ型作物における葉の炭素・窒素代謝におよぼす軽度のカリウム欠乏の影響を比較・解析して以下の結果を得た。
 - 1) 同化葉における初期光合成産物の各種化合物に対する分配割合は、タ

タイプⅠ型作物ではカリウム欠除処理の影響を受けなかったが、タイプⅡ型作物であるヒマワリではカリウム欠除処理により多糖類に対する分配割合が上昇した結果、炭素代謝系化合物に対する炭素の割合が上昇し、遊離アミノ酸に対する分配割合が低下した結果、窒素代謝系化合物に対する割合が低下した。

2) 炭素代謝系化合物および窒素代謝系化合物に対する同化炭素の分配割合は、タイプⅠ型作物ではカリウム欠除処理の影響を受けず、カリウム欠除処理の有無に関わらず時間の経過に伴い炭素代謝系化合物に対する割合が上昇し、窒素代謝系化合物に対する割合が低下した。一方、タイプⅡ型作物における同化炭素の分配割合は、カリウム施与処理区ではタイプⅠ型作物と同様な時間の経過に伴う変化をしたが、カリウム欠除処理区では時間の経過に伴う変化がほとんど認められなくなった。

3) 光呼吸能/光合成能比はタイプⅠ型作物では、カリウム欠除処理の影響を受けなかったが、タイプⅡ型作物ではカリウム欠乏により上昇した。

4) 以上の結果から、葉における炭素・窒素代謝は軽度のカリウム欠乏によりタイプⅠ型作物では影響を受けないのに対し、タイプⅡ型作物のヒマワリでは、初期光合成産物の各種化合物に対する分配割合が変化し、その後の炭素・窒素代謝も不活性化されると理解された。

4. タイプⅠ型作物における葉の炭素・窒素代謝におよぼす強度のカリウム欠乏の影響を比較・解析して以下の結果を得た。

1) イネではカリウム欠除処理により同化葉における糖類に対する光合成産物の分配割合が上昇し、多糖類に対する分配割合が低下した。ダイズではカリウム欠除処理により、同化葉における糖類および遊離アミノ酸に対する光合成産物の分配割合が上昇し、多糖類および有機酸に対する分配割合が低下した。しかし、イネ、ダイズともに窒素代謝系化合物および炭素代謝系化合物として集積する光合成産物の割合は、強度のカリウム欠乏条件でも影響は小さかった。

2) 光呼吸能/光合成能比はイネ、ダイズともに強度のカリウム欠乏により上昇したが、その程度はダイズでイネより大きかった。

3) 以上のことから、強度のカリウム欠乏条件ではタイプⅠ型作物でも葉の炭素・窒素代謝は大きな影響を受けることが示された。

5. タイプⅠ型とタイプⅡ型作物における光合成産物の転流・分配・集積におよぼすカリウム欠乏の影響を検討して以下の結果を得た。

- 1) 葉肉細胞から維管束柔細胞までの原形質連絡を経由する光合成産物の細胞間輸送は、タイプ I 型作物ではカリウム欠乏の影響を受けなかったのに対し、ヒマワリでは転流基質の絶対濃度が低下したために、カリウム欠乏により低下すると理解された。
- 2) H^+ 依存性共輸送による糖類およびアミノ酸の積極的輸送は、コムギ、ダイズでは、それを制限する程カリウム含有率が低下しなかったためにカリウム欠乏により影響は受けなかったが、ヒマワリでは、低下すると推定された。
- 3) 師管内の浸透圧勾配による光合成産物の長距離輸送は、コムギ、ダイズ、ヒマワリともに、sink器官の光合成産物に対する要求性が高いために、カリウム欠乏により影響を受けなかった。
- 4) 以上のことより、タイプ I 型作物はカリウム要求性が低いために、光合成能、葉の炭素・窒素代謝および光合成産物の輸送機構がカリウム欠乏により影響を受けにくく、したがって光合成産物の転流・分配・集積に対するカリウム欠乏の影響は小さいと考えられた。一方、タイプ II 型作物はカリウム要求性が高いために、カリウム欠乏により、光合成能が低下し、葉の炭素・窒素代謝が変化し、光合成産物の葉肉細胞から維管束柔細胞までの原形質連絡を経由する細胞間輸送系および H^+ 依存性共輸送系が不活発になり、したがって光合成産物の転流・分配・集積は著しく低下して、根に対する光合成産物の転流・分配も制限されると考えられた。
6. カリウム欠乏の影響を最も強く受ける生理機能は、葉における炭素・窒素代謝であり、光合成産物の転流機構がそれに次ぎ、光合成は最も影響を受けにくかった。

以上の結果、地下部が肥大する特性は科あるいは種特異的であり、その特性は生育を通して葉のカリウム含有率を高く維持して葉の光合成能および炭素・窒素代謝活性を登熟期まで高く維持して、光合成産物を地上部のsink器官に転流するとともに、地下部に転流することにより保たれ、カリウム欠乏条件では、根に対する光合成産物の転流・分配が優先的に制限されると結論した。

学位論文審査の要旨

主 査 教 授 但 野 利 秋

副 査 教 授 本 間 守

副 査 助教授 山 口 淳 一

学 位 論 文 題 名

各種作物における光合成、炭素・窒素代謝および光合成産物の 転流・分配・集積におよぼすカリウム栄養の影響

本研究は、地下部の生育特性を異にする作物における光合成、炭素・窒素代謝および光合成産物の転流・分配・集積におよぼすカリウム栄養の影響を明らかにすることを目的として実施したものであり、その内容は次のように要約される。

1. 葉の窒素とカリウム含有率との関係には、生育とともに窒素含有率が低下するに従いカリウム含有率も低下するタイプI型と窒素含有率が低下してもカリウム含有率は高く保たれるタイプII型があり、イネ科とマメ科作物はタイプI型、キク科、ナス科、アカザ科、ヒルガオ科作物はタイプII型であった。タイプII型で葉のカリウム含有率が生育後期まで高いことは、地下部の生育が旺盛であることに関連があると理解された。

2. 光合成能は、タイプII型作物であるヒマワリでは軽度のカリウム欠乏により著しく低下したのに対し、タイプI型作物であるイネ、コムギ、ダイズではヒマワリと同程度あるいはそれ以下の葉のカリウム含有率でも影響は小さかった。

3. タイプI型とタイプII型作物における葉の炭素・窒素代謝におよぼす軽度のカリウム欠乏の影響を比較・解析して以下の結果を得た。

1) 同化葉における初期光合成産物の各種化合物に対する分配は、タイプI型作物ではカリウム欠除処理の影響を受けなかった。一方、タイプII型作物であるヒマワリではカリウム欠除処理により多糖類に対する分配が増加した結果、炭素代謝系化合物に対する炭素の分配が増加し、遊離アミノ酸に対する分配が減少した結果、窒素代謝系化合物に対する分配が減少した。さらに、ヒマワリではカリウム欠乏の進行によって炭素・窒素代謝活性が著しくて停滞した。

2) 光呼吸能/光合成能比はタイプI型作物では、カリウム欠除処理の影響を受けなかったが、タイプII型作物ではカリウム欠乏により上昇した。

3) 以上の結果から、葉における炭素・窒素代謝は軽度のカリウム欠乏によりタイプI型作物では影響を受けないのに対し、タイプII型作物のヒマワリでは、初期光合成産物の各種化合物に対する分配が変化し、その後の炭素・窒素代謝も不活性化されると理解された。

4.タイプI型作物における葉の炭素・窒素代謝におよぼす強度のカリウム欠乏の影響を比較・解析し、強度のカリウム欠乏条件ではタイプII型作物でも葉の炭素・窒素代謝が大きな影響を受けることが示された。

5.タイプI型とタイプII型作物における光合成産物の転流・分配・集積におよぼすカリウム欠乏の影響を検討して以下の結果を得た。

1) 葉肉細胞から維管束柔細胞までの原形質連絡を経由する光合成産物の細胞間輸送は、タイプI型作物では影響を受けなかったのに対し、ヒマワリでは転流基質の絶対濃度が低下したために、カリウム欠乏により低下すると理解された。

2) H^+ 依存性共輸送による糖類およびアミノ酸の積極的輸送は、コムギ、ダイズでは、それを制限する程カリウム含有率が低下しなかったためにカリウム欠乏により影響を受けなかったが、ヒマワリでは、低下すると推定された。

3) 篩管内の浸透圧勾配による光合成産物の長距離輸送は、コムギ、ダイズ、ヒマワリともに、sink器官の光合成産物に対する要求性が高いために、カリウム欠乏により影響を受けなかった。

4) 以上の結果より、タイプI型作物はカリウム要求性が低いために、光合成能、葉の炭素・窒素代謝および光合成産物の輸送機構がカリウム欠乏により影響を受けにくく、光合成産物の転流・分配・集積に対するカリウム欠乏の影響は小さいと考えられた。一方、タイプII型作物はカリウム要求性が高いために、カリウム欠乏により、光合成能が低下し、葉の炭素・窒素代謝が変化し、光合成産物の葉肉細胞から維管束柔細胞までの原形質連絡を経由する細胞間輸送系および H^+ 依存性共輸送系が不活発になり、その結果光合成産物の転流・分配・集積は著しく低下して、根に対する光合成産物の転流・分配も制限されると考えられた。

6.カリウム欠乏の影響を最も強く受ける生理機能は、葉における炭素・窒素代謝であり、光合成産物の転流機構がそれに次ぎ、光合成は最も影響を受けにくかった。

以上の結果、地下部が肥大する特性は科あるいは種特異的であり、その特性は生育を通して葉のカリウム含有率を高く維持して葉の光合成能および炭素・窒素代謝活性を登熟期まで高く維持し、光合成産物を地上部のsink器官に転流するとともに、地下部に転流することにより保たれ、カリウム欠乏条件下では、根に対する光合成産物の転流・分配が優先的に制限されると結論した。

以上のように、本研究はカリウムが作物の生育を支配する重要な諸機能におよぼす影響を、地下部の生育特性を異にする作物を対比しつつ比較植物栄養学的に明らかにしたものであり、その成果は、学術的に高く評価し得るばかりでなく、実際の作物肥培管理法に対しても重要な提言をなすものである。よって、審査員一同は最終試験の結果と合わせて、本論文の提出者山田 智は博士（農学）の学位を受けるのに十分な資格があるものと認定した。