

水耕栽培における液体肥料の成分と葉菜類の成長の関係性

～成長速度と栄養成分の変動～

茨城県立並木中等教育学校

2年次 山田 悠司 江川 美喜

1 研究の動機

江川が、競走馬のトレーニングセンターを経営している祖父に、馬糞が有り余っていて困っていると相談を受けていた。馬糞は他の堆肥に比べて一般的に普及していないのだ。環境問題が重要視されている今、農業において有機肥料として馬糞をもっと簡単に使えるようになったら、環境にも馬にも良いと思った。そのためにまず、馬糞の葉菜類の成長に対する効果を証明することが必要だと思い、この研究をすることにした。

2 研究の目的

馬糞堆肥、化学肥料の栄養成分を調べて比較し、植物の成長への効果を調べることを目的とする。

3 研究の方法

【実験1】

①以下のように試料を作成しビーカーに注いだ。A:馬糞堆肥(図1)1gを蒸留水 200mL に入れた

B:馬糞堆肥5gを蒸留水 200mL に入れた。 C:液体肥料を蒸留水 200mL で 500 倍希釈した。

D:蒸留水 200mL を用意した。②試料A・Bをろ過した。

③試料をビーカーに入れアルミニウムはくで包み、オートクレーブで滅菌した。

④試料を冷やして常温にし、パックテストでリン酸量を測定した。

※以下の文章で試料 A・B・C・D とそれぞれ表記してあるものはこの実験のときと同様に作成したもののことを表す。



図1 馬糞堆肥

【実験2】

①ビーカーに6等分した市販の豆苗を植えた。②試料B～Dを 50mL それぞれビーカーに入れた。

③豆苗の葉と茎をランダムに選び分光光度計でクロロフィルとデンプンを測定した。

④毎日豆苗に蒸留水を 100mL ずつ与え、3日サイクルで試料B～Dを 50mL と蒸留水 50mL を与えた。

⑤7日後、葉と茎をある程度切り取り分光光度計でクロロフィルを測定した。

⑥切り取った豆苗を人工気象器に入れもう一度栽培した。毎日蒸留水を 100mL ずつ与え、3日サイクルで試料B～Dを 50mL、蒸留水を 50mL 与えた。

⑦13 日後すべての葉と茎を切り取り、分光光度計でクロロフィルを測定した。

【実験3】

①豆苗の種子を豆苗プランターに入れ蒸留水を豆苗が下半分浸るまで注いだ。

②人工気象器(25℃)に豆苗を 1 日弱おいた。③豆苗を取り出し、バーミキュライトで育てた。

④3日後実験装置 A(図2)に豆苗 6 本を植え、種子が浸るまで試料B・Cを入れた。

⑤④を2セットずつ用意した。

⑥実験装置 A の溶液中に含まれるリン酸量をパックテストでそれぞれ測定した。

⑦1日後再び実験装置 A の溶液中のリン酸量をパックテストでそれぞれ測定し、前日と比較した。

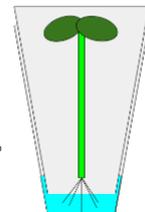


図2 実験装置 A

【実験4】

方法:実験3と同様に行い、測定項目として硝酸態窒素を加えた。

【実験5】

- ①実験3の①～⑤と同じような操作を実験装置 B で行った。
- ②葉のクロロフィルを分光光度計で測定した。
- ③①の終わりから1週間測定できる日はパックテストでリン酸量を測定した。
- ④②から1週間後再び葉のクロロフィルを分光光度計で測定した。

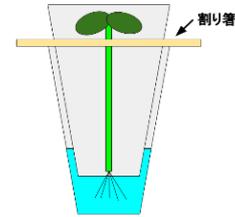


図3 実験装置 B

【実験6】

- ①豆苗の種子を豆苗プランターに入れ蒸留水を豆苗が下半分浸るまで注いだ。
- ②人工気象器(25℃)に豆苗を1日弱おいた。
- ③以下のような試料を蒸留水に注ぎ、試料E～Gを作成した。
E:馬糞堆肥 25g F:馬糞堆肥 50g G:馬糞堆肥 100g
- ④試料 E～Gをろ過した。
- ⑤試料をアルミニウムはくで包み、オートクレーブで滅菌した。
- ⑦試料を冷やし常温にした。
- ⑧実験5の③～⑦を試料 B・E～F で行った。

4 研究の結果と考察

【実験1】

図4のような結果になった。

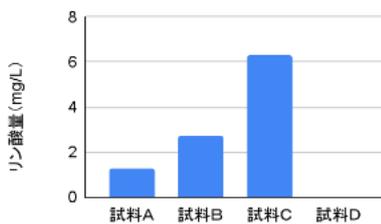


図4 リン酸量

(考察) 試料 A は 1.27 mg/L で試料 B は 2.76 mg/L で試料 A より試料 B の方がリン酸を多く含んでいたことから、馬糞堆肥溶液は馬糞堆肥を含む量を増やすとその分リン酸の量も増えると考えられる。また、試料Cは 6.32 mg/L で試料 B より試料 C の方がリン酸を2倍以上多く含んでいたことから、化学肥料は有機肥料(馬糞堆肥)に比べリン酸をとっても多く含むと考えられる。そして、試料 D の結果が under (測定範囲以下) だったことから、蒸留水にはリン酸が含まれていないと考えられる。

【実験2】

図5・6のような結果になった。

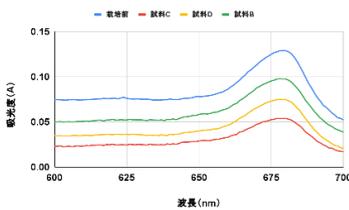


図5 吸光度 1週間後

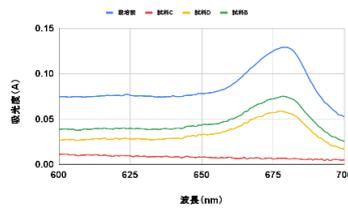


図6 吸光度 2週間後

(考察) クロロフィル量が1週間後、2週間後共に全体で栽培前よりも減ってしまった原因について、1週間後では豆苗が生えすぎてまんべんなく光が当たらなかったことと、二週間後では一度切りとった後の成長が活発ではなかったことが挙げられる。またクロロフィル量が液体肥料<蒸留水<馬糞堆肥の順で多くなったことから、馬糞堆肥はほかの肥料に比べてクロロフィル量を増やす効果があり、液体肥料にはその効果が無いと考えられる。

【実験3】

図7のような結果になった。

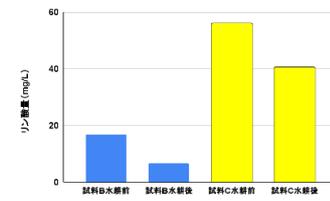


図7 リン酸量 (実験3)

(考察) 馬糞堆肥溶液と液体肥料の1日での豆苗に吸収されるリン酸量を比較すると液体肥料のほうが 1.5 倍ととても多いため、馬糞堆肥溶液は液体肥料に比べ、リン酸が吸収されにくいと考えられる。

【実験4】

図8・9のような結果になった。硝酸態窒素について、試料Bではunder(測定範囲以下)であった。

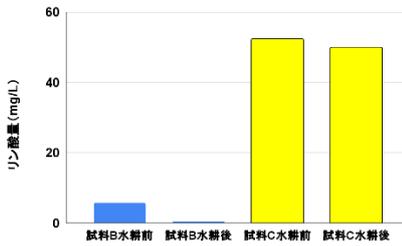


図8 リン酸量 (実験4)

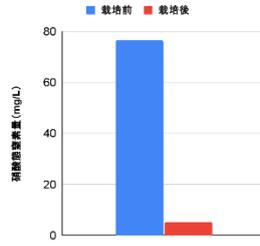


図9 硝酸態窒素量

(考察)硝酸態窒素について、馬糞堆肥溶液ではunderになったことから、ほとんど含まれていないまたは全く含まれていないと考えられる。液体肥料では1日で約15分の1程度まで減少していたことからとても即効性があると考えられる。

【実験5】

クロロフィルは図10・11のようになった。

リン酸量は図12・13のようになった。

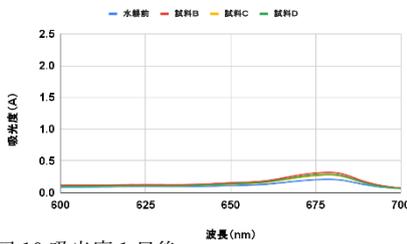


図10 吸光度1日後

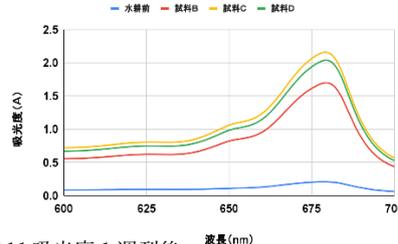


図11 吸光度1週間後

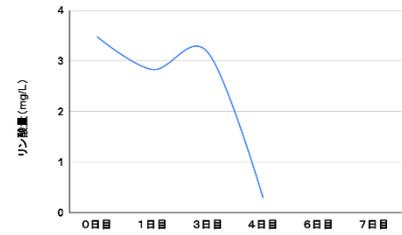


図12 リン酸量 (試料B)

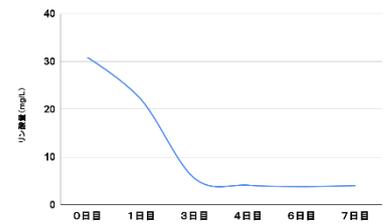


図13 リン酸量 (試料C)

(考察)クロロフィルについて、1日後では、水耕前に比べて全体的に少しクロロフィル量が増えていて、液体肥料で育てたものは蒸留水で育てたものよりもクロロフィル量が少なく、馬糞堆肥で育てたものは最も多くなった。この

ことから、短期間では馬糞堆肥に葉緑体を増やす効果があり、液体肥料には特にそのような効果は無いと考えられる。1週間後では、水耕前や1日後に比べて、全体でクロロフィル量が5倍以上に増えていて、馬糞堆肥で育てたものは蒸留水で育てたものよりもクロロフィル量が少なく、液体肥料で育てたものは最も多くなった。このことから、液体肥料は長期間において葉緑体を増やす効果があり、馬糞堆肥の効果は短期間で切れてしまうため長期間では葉緑体を増やす効果が無くなってしまふと考えられる。リン酸について、試料Cでは、3日目までは急激に減り続けたが、それ以降減り続けることがなかったため、即効性があると考えられる。

【実験6】

クロロフィルは図14・15のようになった。

リン酸量は図16・17のようになった。

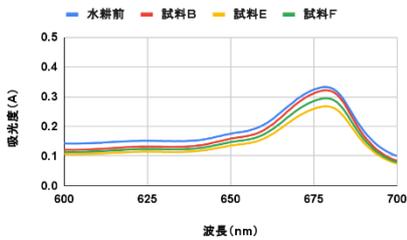


図14 吸光度1日後

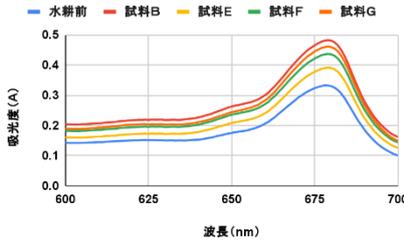


図15 吸光度1週間後

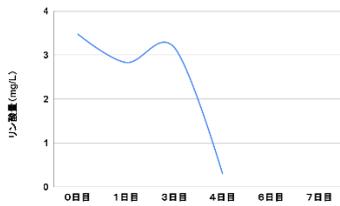


図 16 リン酸量 (試料 B)

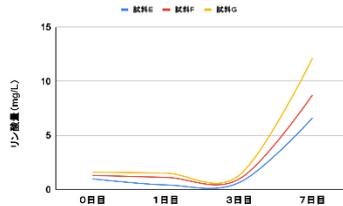


図 17 リン酸量 (試料 E~G)

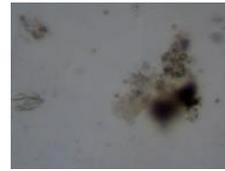


図 18 微生物①

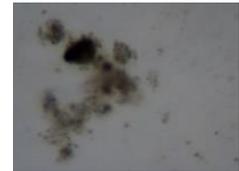


図 19 微生物②

3日目以降試料 E~G でリン酸が急激に増えたことについて、これらの試料に白い付着物があったため顕微鏡で調べた結果、微生物(図 18・19)のようなものを発見した。さらに、インターネットで調べた結果、肥料のリン分は分解されて、リン酸イオン(今まで「リン酸」と表記していたもの)やリン酸態リンになることが分かった。しかし、リン酸態リンが増加すると藻などが異常発生し富栄養化が起こることも分かった。(図 20)したがってリン酸態リンの値を求めたいと思ったが試料が残っていなかった。そこで、さらに調べるとリン酸態リン=リン酸イオン×0.3261ということが分かったため計算した。それが図 21・22 である。

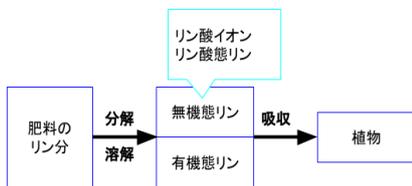


図 20 リン酸分解のメカニズム

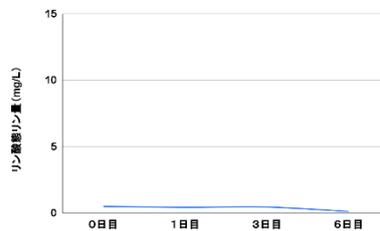


図 21 リン酸態リン量 (試料 B)

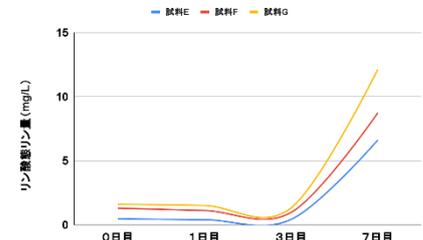


図 22 リン酸態リン量 (試料 E~G)

(考察)馬糞堆肥溶液のリン酸の持続性について、6日目までほぼ安定的に減り続けたことにより、液体肥料に比べ持続性があると考えられる。また、3日目以降、試料 F~G でリン酸が急激に増えたことについて、リン酸態リンが急激に増えており、さらに微生物などが白い付着物として目視できるくらい大量に発生していたことが確認されたことから試料 F~G は馬糞堆肥が多すぎてあまりきれいな状態ではなかったため、リン酸態リンが異常に多く、富栄養化状態になっていて微生物などの急激な発生を招き、リンが大量分解されたためであると考えられる。クロロフィルについても、富栄養化のため試料 B よりも少なくなる結果になったと考えられる。以上のことから、馬糞堆肥溶液において馬糞堆肥の割合が高いと富栄養化を招くため、含む割合は多すぎないほうがよいと考えられる。

6 まとめと今後の課題

馬糞堆肥溶液は液体肥料に比べ、茎を太くしたり、短期間でクロロフィルを増やしたりする効果があり、リン酸の栄養分は植物に持続的に吸収されることがわかった。しかし、リン酸量や硝酸態窒素量は少なく、長期的ではクロロフィルを増やす効果がないことも分かった。また、リン酸は長期的にはクロロフィルに影響を与えていることも分かった。さらに、馬糞堆肥溶液は馬糞の割合を増やせば増やすほどリン酸も増えるが、馬糞堆肥が多いとリン酸態リンの急激な増加、微生物の大量発生を招き、富栄養化を引き起こしてしまうことも分かった。

今後の課題としては、液肥中の馬糞堆肥量を増やしたほうがリン酸が増え、効率的になるため、馬糞堆肥量が多すぎると富栄養化状態になり微生物が増殖し、リン酸に影響を与えてしまう問題についてその解決策を探していきたい。