

## 1 調査試験情報

### 家畜ふん堆肥に関する品質評価法と栽培試験の役割

大阪府立食とみどりの総合技術センター みどり環境部 都市緑化グループ 内山知  
二

#### はじめに

土づくりに欠かせない資材である堆肥の品質評価については、従来から多くの知見が集積されていて現在もその改良のための努力が続けられている。最近再びこの分野が注目されている背景のひとつには先月(2004年11月)完全施行されたいわゆる「家畜排せつ物法」(家畜排せつ物の管理の適正化及び利用の促進に関する法律)の問題があると思われる。この法律の前半部分は、主として畜産現場に大きな影響を与えてきたが、後半部分の利用の促進という部分で今なお課題を抱えていると思われる。それは、堆肥が化学肥料と異なり原因と結果(資材の投入と農作物の収穫)の関係が明らかでないために利用者(耕種農家)が安心して使えないことが最大の問題ではないかと考えられる。

ここでは、畜産起源の堆肥はもとより、生ごみ混合等を含めた多種多様な堆肥が流通していることを背景にして、現在の堆肥品質評価技術の問題点を示し、できあがってきた堆肥を活用するために、耕種農家に対して説得力のあるデータを提供する栽培試験法について紹介する。

#### 堆肥品評会での品質評価

各地で堆肥品評会が開催され、審査員が様々な観点から点数を付けることがある。評価区分や配点に若干の相違はあるが、おおよそ表1のようなものが多い。オーソドックスな家畜ふん堆肥の場合、経験に富んだ審査員の評価は耕種農家に納得してもらえるに値するものであろう。しかし、雑多な副資材を含む場合には、このような経験が必ずしも通用しないものがあり、今後そのような堆肥が増加する可能性がある。生ごみを含む堆肥化物はその典型で、これを例に表1の判定基準を見てみよう。まず「臭気」は、原料が複雑であることから、アンモニア臭のような特徴的なものでなく、判定の困難な混合臭になっている。ただし、通常の家畜ふん堆肥であれば有力な評価項目である。「色」は短期間の堆肥化処理で茶褐色になるものも多く、食品の褐変と理解した方が良くかもしれない。「堆積期間」や「加工技術」は機械化との相談でもあるが、評価基準としては理解できる。「水分」は、家庭用生ごみ処理機に見られるように電熱乾燥されたものでは堆肥化したとは言えない。「C/N比」は炭素含有率の高い稲わら堆肥などの評価にはよいが、タンパク質のように原料の窒素含有率の高い材料では評価には使えない。「EC(電気伝導度)」は、堆肥を連用する場合には障害の危険性を予測できるものの、10アールあたり2~3tの現実的な堆肥施用量では問題になりにくい。「発芽試験」は配点が高いだけあって、耕種側に説明しやすい評価項目であるが、使われているのは堆肥の水抽出液、すなわち水溶性の成分だけである。従って、堆肥の特徴である緩やかな肥料効果や分解過程で生じる障害性のある物質の影響については評価されない。

表1 堆肥の品質判定基準(実施例)

区分	内容	配点
臭気	堆肥臭やアンモニア臭を官能検査	20
色	黒褐色が良, 黄色が不良	10

堆積期間	副資材により異なるが、3か月以上が良	10
加工技術	主として攪拌回数	10
水分	手触りの他、乾熱して算出	10
C/N比	数字が小さければ(腐熟が進んでいて)良	10
EC	発芽障害との関連が大きく、低ければ良	10
発芽試験	コマツナが80~90%発芽すれば良	20
合計		100

※ 評価区分や配点は実施主体により異なる。

## 堆肥品質評価における栽培試験の位置付け

従来の評価方法で不都合が顕在化してきたのは、堆肥原料の多様化があると思われる。原料が一樣なら加工技術だけに注目してひとつの基準を設け、簡易な分析機器を整備すれば問題は起きない。堆肥の生産現場では、原料の種類・状態が把握できるので、それに応じた評価が不可能ではない。しかし、堆肥を使う耕種側は、多様な資材に対応しなければならず、袋に付いている品質表章だけでは納得できるだけの十分な情報が得られない、という事情がある。その代表的な例が窒素の評価である。農業生産において窒素は植物養分として最も重要な成分であることはよく知られており、どのように窒素の肥効が発現するかは重大な問題である。これまでも、堆肥中の窒素の評価については数多くの報告がある。アンモニア態や硝酸態といった無機態窒素を測定する方法、微生物による影響を加味したものとして一定期間土壌とともにインキュベーションする方法等が行われている。しかし、これらの方法を用いても、これから使おうとしている堆肥が作物にどのような影響を及ぼすかは「やってみなければわからない」部分が残っているというわけである。先に示した「家畜排せつ物法」とともに改正された肥料取締法では、肥料の安全性を確保することを主眼にした植物を使った試験方法が規定されていて、コマツナを用いた幼植物試験を評価手法のひとつとして重視する方向を示している。では、なぜ栽培試験が拡がらないかという「面倒」で「評価基準」が明確でないからだろう。それでは、栽培試験の中でも比較的取り扱いが容易と考えられる幼植物試験を例に問題点と改善策を述べる。

## 幼植物試験法の問題点

せっかく用意されている試験方法であるが、実際にやってみるといろいろな問題が生じる。この試験方法における供試作物は「原則としてコマツナとする」とされ、温度管理については「試験期間中における栽培温度は、原則として摂氏15度から25度までの範囲内に保つものとする」と記載されているだけで、灌水については「最大容水量の50~60%となるように」し、栽培期間の後半には「適宜給水する」といった規定しか書かれていない。栽培試験をされた方なら、いかにアバウトな規定かおわかりいただけると思う。栽培環境によってコマツナの生育が大きく異なることは容易に想像でき、他の試験結果との比較ができないばかりか、場合によっては同じ資材に対して異なる評価を下す可能性さえある。このため、この試験結果の評価は同時に実施した同一のコマツナ品種に関して、標準的な肥料を与えた場合の生育と試験資材を与えた場合のそれとを比較した指数を示すにとどまっている。こうしたことから、幼植物試験を有機物を主体として温度の影響を強く受ける堆肥の評価(特に肥料効果)に用いるのは困難であることがおわかりいただけるであろう。

## 幼植物試験の改良

そこで、幼植物試験をより有効なものにするためには、再現性を高める工夫が必要である。具体的には播種方法の検討や、栽培環境の安定が重要であるが、よくご存じない方も多いと思われるので少し詳しく紹介しておく。

### 1) 幼植物試験における播種済みシートの有効性

幼植物試験における供試作物は「原則としてコマツナとする」(以下、引用は原文のまま)とされ、

播種量については「試験容器あたり20粒又は25粒とする」、播種方法については「種子が等間隔となるようます目状にピンセット等を用いて行い、は種後、風乾土壌で種子が隠れる程度に覆う」と記載されている。しかし、様々な試験用土あるいは被評価資材を混合した用土を入れたポットに均等な間隔で播種する作業は特に初心者には難しく、個人的な技量が試験成績に影響するおそれがある。幼植物試験の利便性を高めるためには、播種作業のシステム化が必要で、作業を簡便にする播種済みシートを作成し、これを利用する手法を以下に述べる。

播種済みシートの作製手順は、事前に播種用シートやトイレットペーパー等の水溶性の薄紙に再剥離性を持つスプレー式アクリルゴム接着剤を噴霧して乾かしておく。次に、上記の間隔で窪みをつけた盤上に種子を並べるか、406穴セル成型苗用の播種盤を装着した真空播種機を用いて種子を配置する(写真1)。次に、配置しておいた種子の上に、先に準備しておいた薄紙を被せ、上から軽く種子を押さえて、ゆっくり剥がす。保存や輸送をする場合にはもう1枚水溶性の薄紙を被せて、種子を挟むようにする。これを種子25粒を包含するように正方形に切りとって以下の栽培試験に供する。現在ではシャーレを用いた発芽試験用シートを改良して「水溶性たねピタ」シートとして市販されているため、より簡単になっている(写真2)。この方法で播種作業に要した時間が大幅に短縮され、個人差も少なくすることができる。



写真1 水溶性紙に接着されたコマツナ種子と播種盤



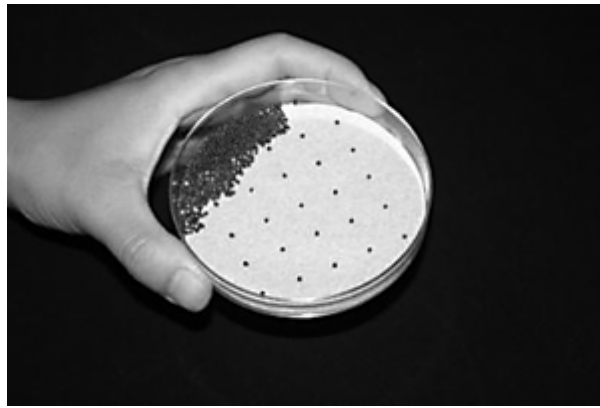


写真2 市販の粘着シートによる播種作業上:種子をばらまいたところ, 下:接着後.

## 2) 装置化による栽培環境の安定

研究機関には大型の人工気象器があり、温度や照度はもちろんのこと湿度の調整まで可能である。しかし、このような大がかりな装置は現場には導入できない。そこで簡易な装置化によって、ポットの地温を25℃前後に制御できるようにした。すなわち、家庭用のエアコンで室温を安定させ、水を張ったバットに観賞魚用のサーモスタット付きヒーターを入れて25℃に設定することで栽培ポットの地温が安定する。植物にとって一番の問題となる光については、蛍光灯を密に配置した照明付きフレーム内に設置することで、中央部の照度が1万ルクスを超え、コマツナの栽培に十分なものにすることができる(写真3)。このように室内で栽培することは、光と温度が安定するだけでなく、病虫害対策としても大きな役割りを果たしていることも見逃せない。未熟な堆肥に潜んでいる害虫の検定ができるからである。なお、現在ではこれらをコンパクトに装置化したものが市販されている。

その他の栽培管理については、参考文献または別記資料を参考にしていきたい。

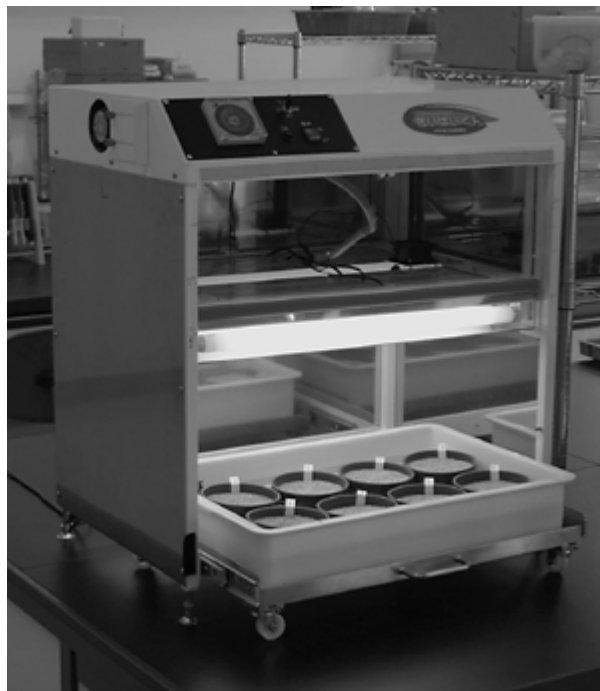


写真3 簡易栽培試験装置

幼植物試験のどこを見て何を評価するか

幼植物試験の有用性は、堆肥に代表される複雑物の特性を耕畜双方に納得しやすい形で示してくれる点にある。まず、堆肥の障害性については資材施用直後に播種することで、発芽障害の有無が検定できる。これは、抽出液を用いる発芽試験と異なり、固形物を含む堆肥全体が土壌を媒介して植物に与える影響を評価しているため、畜産側としてはシビアであるが、耕種側としては安心して利用できる指標になる。また、短期間に発芽する雑草種子や害虫の混在も検定できるため、堆肥化中の温度管理も推測できる。

堆肥は、土壌の総合的な改良のために施用される資材であるが、その肥料効果を見落とすことはできない。特に、近年は特別栽培農産物の肥料管理の一貫として家畜ふん堆肥の肥効について注目されているところである。その点で幼植物試験は3週間とはいえ、およそその肥料効果の発現に関する情報を提供してくれる貴重な試験方法であり、近年話題になっている生ごみ堆肥のように原料や製造方法によって性質が大きく異なる資材が増加しているとすれば、その重要性はさらに高まるはずである。

家畜ふん堆肥のもつ窒素の肥料効果の発現は様々で、施用初期にはほとんど発現しない場合や、化成肥料のようにはじめから肥料効果を示す場合もある(図1)。すなわち、牛ふん堆肥のように短期間ではほとんど肥効が発現しないとされている資材でも場合によっては肥料効果が期待できることもあるし、鶏ふん堆肥のように肥当たりを心配しなければならない場合もある。従って、幼植物試験で得られる生育データは、耕種側にとって大変貴重なものである。

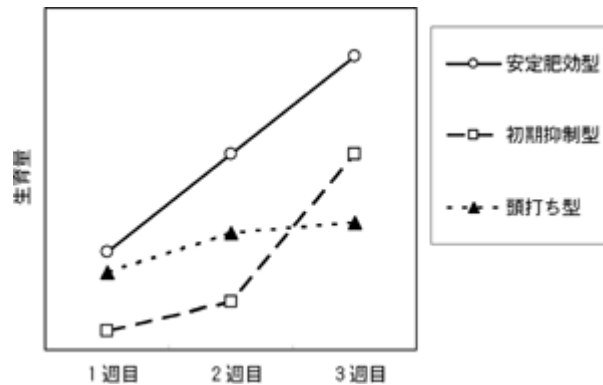


図1 堆肥肥効の模式図

## 他の品質評価法と幼植物試験の比較

堆肥品評会で用いられている様々な評価法とこれまで述べてきた幼植物試験の結果を比較してみることにする。大阪府下で生産された畜種の異なる堆肥について、専門家による官能検査の結果と上述した方法による幼植物試験の結果とを比べると、臭気と発芽率(シャーレ発芽試験)の間には一定の関係があったことから、機器を用いない官能検査の有効性が示された。腐熟度の指標として使われるC/N比とコマツナ発芽率の関係を見ると、発芽率が30%以下でもC/N比は10~27であったり、逆に発芽率が80%以上でもC/N比は同様にばらついていた(図2)。また、障害性の指標として使われるECとコマツナの生育の関係を見ると、ECが高くても発芽さえしてしまえば豊富な栄養を使って順調に生育する場合もあるということである(図3)。逆にECの低い堆肥には肥料代替性が低いものも多く、養分供給的には毒にも薬にもならない、という見方もできる。

幼植物試験で対照肥料区に対して40%以上の生育を示したのは牛ふん2、豚ふん2、鶏ふん1検体で、一般に肥効が小さいとされている牛ふん堆肥でも平均株径は16~45mmの範囲にあった。また、幼植物試験の播種3日日出芽率(出芽遅延、障害性の指標)と3週目生育量との間には関係がなかったことから、家畜ふん堆肥については、障害性と肥料効果を分けて考える必要がある。

これらの結果から、家畜ふん堆肥の評価には障害性の検定と短期的な肥効の両面を耕種農家に伝えるという意味で、官能検査だけでなく、多面的な植物生育による評価が有効であるということが示された。

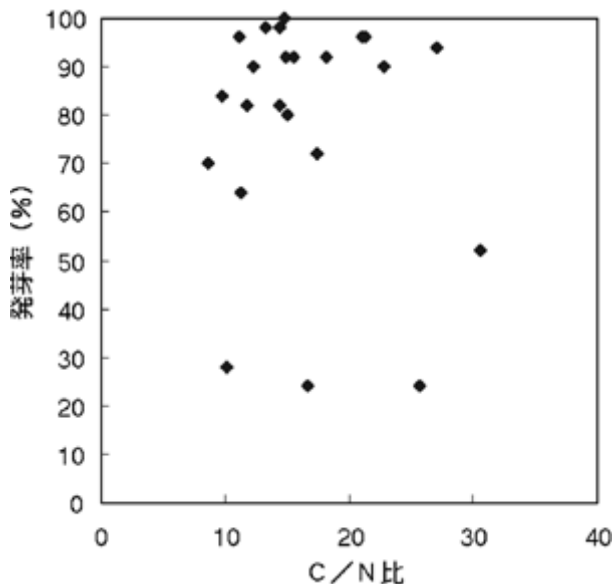


図2 畜ふん堆肥のC/N比と発芽率

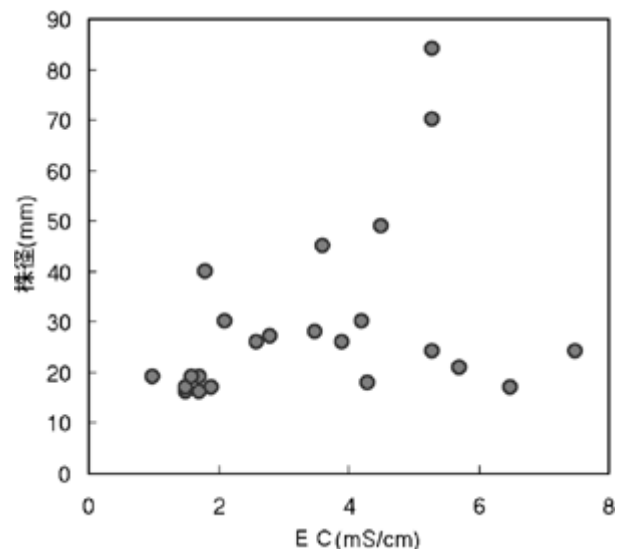


図3 畜ふん堆肥のECとコマツナの生育(株径)の関係

## おわりに

「日本は資源のない国」とはよく使われる言葉であるが、農業生産における肥料成分として見たとき、このことは必ずしも正解とは言えない。2000年度農業センサスデータから算出した都道府県別の家畜ふん堆肥による化学肥料代替可能割合(生雲、2003)という資料がある。これによると窒素換算で化学肥料代替の可能性が10%以下の府県もあれば100%を超える県もあり、家畜ふんの地域的な偏在がよくわかる。また、堆肥原料は家畜ふんに限ったものではなく、食品工業からの副産物や生ゴミを原料にしたものまで多岐にわたっていることから堆肥の性質をわかりやすく説明する努力が必要である。耕種側が要望する高品質で安定供給される堆肥を確保するためにも堆肥の正当な品質評価が行われることが今後ますます重要になってくると思われる。

## 【参考文献】

農林水産技術会議事務局、農業・生物系特定産業技術研究機構編「家畜ふん堆肥の品質評価・利用マニュアル」、平成16年3月。

## 資料

### 幼植物栽培装置を用いた評価法

(「家畜ふん堆肥の品質評価・利用マニュアル」より抜粋)

#### 1. ねらい

各種堆肥や肥料の安全性に関する検定法が、種々提案されている。しかし、多様化する農業用資材の品質を統一的に検定することは困難であり、家畜ふん堆肥においても、その例外ではない。この点において、時間を要するとはいえ、実際に植物を栽培して障害性の有無や効果を判定する方法は、農業現場での理解が得られやすい。しかし、栽培試験の結果は天候に左右され、中でも温度や光の影響が大きい。そこで、肥料取締法による植害試験法に準拠した環境を提供する栽培試験装置を利用する方法を紹介する。

#### 2. 方法

植害試験法によれば、供試作物はコマツナが原則であり、温度を15~25℃に保つとされている。照度に関する規定はないが、10000lx程度が必要である。これらの条件を満たす人工気象

器または、簡易栽培装置(富士平工業製、さいばい君)を利用する。ここでは簡易栽培装置を用いてコマツナを供試する方法について述べる。

- 1) 装置の設置:本装置を、エアコンで常時室温を25℃以下に設定できる室内に設置する。温浴槽があるため、荷重に問題のない平坦な場所に設置する必要がある。また、直射日光の当たる場所や熱源の近傍での使用は避ける。
- 2) 装置の準備:温浴槽に清浄な水道水をポンプの運転に問題のない水位まで入れ、ヒーターが十分に水没していることを確認して電源を入れる。コマツナを供試する場合には播種後2日目までは出芽しないため、この時点では蛍光灯は消灯しておく。
- 3) 試験用土:試験用土には、壤土(L)または砂壤土(SL)の風乾細土(2mm目の篩を通したものを)を用いる。事前に土壌の種類、土性、pH、電気伝導度(EC)、最大容水量(できれば、硝酸態窒素と陽イオン交換容量)を調査し、pHが5.5~7で、電気伝導度(EC)ができるだけ低い用土を選択するのがよい。試験の主旨がリン酸の肥効でない場合には、リン酸吸収係数の大きな土壌は避けるべきである。また、透水性の悪い土壌は灌水時に倒伏の原因になるので予備的に試験をしておくのがよい。一般的に既耕地の作土は雑草種子や各種資材の残留の問題があるため好ましくない。
- 4) 供試資材の混合:供試資材の施用量の決め方は、試験の目的によって異なる。供試資材の分析結果から窒素の肥料効果が大きいと予想される場合(乾物あたり全窒素含量で2%以上)は、施用標準量を乾物で(全窒素として)100mgとする。例えば、全窒素2.3%を含む堆肥の場合、ノイバウエルポット(100cm<sup>2</sup>)あたり施用標準量(X mg)は、

$$X = 100 / (2.3 / 100) \\ = 4348 \text{ (mg)}$$

となる。窒素の肥料効果が小さいと予想される場合(乾物あたり全窒素含量で2%未満)は、乾物で5gを施用標準量にする。供試資材は、成分の揮散に注意して乾燥(できれば凍結乾燥)して1mm以下に粉砕したものが望ましい。これを、施用標準量とその2倍量を各試験用土と混和する。装置に余裕があれば3倍量、4倍量の区を設定してもよい。これらとは別に、資材を添加しない対照区および対照資材区を設ける。対照資材区には、既知の類似堆肥を施用標準量混和して設定するが、適当な資材がない場合には、肥効調節型肥料(くみあい微量要素入り被覆燐硝安加里; マイクロロングトータル201-40)をポットあたり0.83g用いるとよい。肥料試験では、窒素だけでなく、リン酸やカリ含量を勘案して単肥で成分の調整を行うが、家畜ふん堆肥の場合、微量元素を含めて窒素以外の肥料成分が欠乏することは考えにくく、むしろ単肥の施肥による塩類濃度の上昇が生育不良の原因になることがあるため、単肥による成分の調整は原則として必要ないと考えられる。なお、供試資材が粉砕されていれば、試験は2連で十分であるが、粉砕が困難な場合には3連で行う。

- 5) 播種:手播きする場合には、ノイバウエルポットに資材を混合済みの試験用土500mLを入れ、最大容水量の約60%になるように水分量を調整し、5×5の等間隔の升目に深さ10mm程度の植え穴をあけて25粒を播種する。その後、噴霧器で少量の散水をすると覆土できる。

水溶性播種シートを利用する場合は、ノイバウエルポットに資材等と混合済みの試験用土500mLのうち450mLを入れ、最大容水量の約50%になるように水分量を調整しておく。播種用のシートは、市販の水溶性播種シート(水溶性たねピタ)をシャーレに敷き、その中に種子をばらまいて(図2の左)、接着しなかった種子を取り出す(図2の右)ことで容易に作製できる。できた播種済みのシートを種子の着いた面を上にして敷き、噴霧器で水を約5秒間散布する。その後、残り50mLの用土で覆土して、最終的に最大容水量の60%になるまで噴霧器で給水する。

播種の終わったポットは、個別にラップ掛けて温浴槽に入れる。いずれの播種法でも、用土と供試資材の混合からラップ掛けまでの作業は速やかに行う。

- 6) 栽培管理:試験中、温浴槽の水位の低下には常時注意する必要があり、毎日1L程度の給水が必要である。播種後2日目にラップを取り、蛍光灯を1日12時間点灯させる。灌水は噴霧器で最大容水量の60%になるように毎日行い、その際、ポットの位置をローテーションす

るとよい。21日間栽培する場合、最後の1週間は蒸散が多くなるので、1日2回灌水するのが安全で、重量測定をして灌水をする場合には、コマツナの生育に応じて若干の修正が必要である。室内実験であるため、用土や供試資材に問題がなければ病虫害の発生は少ない。

- 7) 調査記録: 播種後3、5、7日目に発芽数と子葉に見られる障害を調査する。7日目に写真を撮った後、できるだけ等間隔になるように9株を残して地上部を切り取る。この9株について株径を調査する。植害試験法では間引きの指示はないが、これを行わないと生育途中の調査ができないことが多い。なお、7日目以降に発芽した株は見つけ次第取り除く。14日目には、写真記録と株径の調査を行う。21日目には、写真を撮った後、地上部を切り取り、地上部新鮮重、株径、最大葉の葉色、子葉の葉色、最大葉長、生育の異常の有無と、できれば地上部乾物重について調査する。なお、写真は試験ポットをメジャーおよび葉色票と共に撮影しておく。
- 8) 評価方法: 対照区において7日目の発芽率が92%に満たない場合には、種子または用土に問題があるものと考えられ、試験は成立しない。発芽抑制の少ない堆肥の場合、3日目で発芽率が90%を超える。障害性の少ない堆肥の場合、7日目の発芽率が90%を超える。発芽抑制があると判断された資材については、施用時期について注意を促す必要がある。窒素の肥料効果がある資材では、株径は順調に大きくなり、21日目の子葉の葉色が緑色に保たれる。14日目と21日目の株径の差が少ない資材は、窒素の肥料効果が短期間に限られると判断できる。また、施用標準量区と2倍量区を比較することで障害性や肥料効果が、より明瞭に判定できる。すなわち、肥料効果があつて障害性の少ない資材であれば、地上部新鮮重等の生育指標が施用標準量区<2倍量区となる。一般的に、地上部新鮮重等の生育指標について対照資材区に対する比率で表示されることがあるが、本法によれば、その必要性は低い。
- 9) 装置のメンテナンス: 使用後は電源を切り、温浴槽から排水すると共に、ヒーターの表面とポンプ内部のフィルターを洗浄しておく。

### 3. 適応範囲、留意点

本装置を利用した幼植物試験法は、土壌に施用される広範な農業用資材の検定に利用できる。装置が小さいので、ガスを発するような資材の場合には近接するポットへの影響に注意を要する。

### 4. 参考文献

藤原俊六郎(2000): 肥料検定法に基づく栽培試験法「堆肥等有機物分析法」216-217(日本土壤協会)

内山知二(2000): 近畿中国地域における新技術35「ノイバウエルポット幼植物試験における播種作業の簡易化と栽培環境の安定化技術」62-63

内山知二・山口武則・磯部武志・生雲晴久・渡辺高秀(2003): ノイバウエル幼植物試験における播種済みシートの利用、土肥誌74(2)199-201