

# し尿処理場における余剰汚泥の砂質土壌への利用 (3)

—小麦の生育に及ぼす土壌への汚泥混合の影響—

片岡 功・片岡 一郎

(農学部 応用分析化学研究室)

## The Application of Surplus Sludges from Human Waste Disposal Plants to Sandy Soil (3)

—The Effect of Mixing Sludge into the Soil on Wheat Growth—

Isao KATAOKA and Ichiro KATAOKA

*Laboratory of Applied Analytical chemistry, Faculty of Agriculture*

**Abstract** : The effects of mixing sludge into the soil (HAMAKAIDA sandy loam) on the germination, root elongation, growth, and yield of wheat were examined. The results obtained were as follows:

(1) The germination and root elongation of wheat were affected by sludge as the amount of sludge mixed into the soil was increased.

(2) By the results of the germination experiment of wheat on the soil-sludge mixture (10% mixture), various sludges were classified into following three groups.

Group A ..... High Cl percentage of sludge, poor root elongation.

Group B ..... There was no significant bad effects on the root elongation of wheat found with the use of the sludge (Group B).

Group C ..... Poor root elongation in spite of low Cl percentage of sludge. (with the formation of large amounts of  $\text{NO}_2\text{-N}$  or with active putrefaction of sludge).

(3) From the results of the pot cultivation of wheat, poor wheat growth was found on the 4% soil-sludge mixtures. (Especially, in the application of the sludge in Groups A and C.) But with the 1% soil sludge-mixtures, better wheat growth was found than with the manured soil. This trend was also found in the yields of wheat straw and grain.

Thus, wheat growth was affected by the application of the large amounts of sludge. Especially, the care must be taken in the application of the sludge with the formation of the large amounts of  $\text{NO}_2\text{-N}$  or with active putrefaction.

(4) In wheat cultivation on the soil-sludge mixture, an increase in the percentage of productive stem or head and in the weight of a grain can be expected with an additional application of fertilizer before harvesting (for instance, at the young panicle formation stage).

### 緒 言

し尿処理場で副生する余剰汚泥の農業的利用について、高知県内の処理場が、海岸あるいは河川の近くに多いことより、同地域に分布する砂質土壌への汚泥の施用をとりあげた。汚泥施用の意義は、有機物補給による地力の維持と肥料の効果の二点にあると考えられるが、土壌の物理的性質への影響、凝集剤の作物に対する影響についても検討する必要があると考えられる。

第一報<sup>1)</sup>では汚泥の化学的性質を、第二報<sup>2)</sup>では土壌の物理的性質に及ぼす影響について報告したが、本報では、砂質土壌へ汚泥を混合して、植物を栽培する場合の一例として、小麦の生育との関係について検討した。

## 供 試 土 壤

高知県南国市浜改田(海岸に近い)。土性は砂壤土(日本農学会法)。**HAMAKAIDA sandy loam**と略記する。詳細は第一報<sup>1)</sup> 参照。風乾細土を供試。

## 供 試 汚 泥

### 供試汚泥

供試汚泥の内容および略記号は第一報<sup>1)</sup> のとおり。

### 施用形態

風乾物を施用したが、風乾のままであると、粗大にすぎ、あるいは塊状となり、大きさも不揃いとなり、土壤へ混合した場合、不均質となるので、ここでは、径 2 mm 以下に粉碎した。粉碎については、まず、異質物を除いたうえ、ハサミで粗大物を切り、乳鉢での粉碎が、単に汚泥を扁平化するのみの場合もあったので、振動ミル(川崎重工業 T-100 型)を用いて粉碎した。これを以下、供試汚泥と略記。

### 土壤への混合割合

堆肥などを土壤に施用する場合、作土全層に施用するよりも、表面部あるいは播取部、あるいは移植部の下におかれることが多く、このような場合、その局部の土壤に対する混合割合はかなり高くなる。したがって、ここでは、**HAMAKAIDA sandy loam**(風乾細土) 100 g に対して、風乾供試汚泥 1g を加えた場合を、土壤への添加割合 1% とし、栽培試験(植木鉢)では 1%、4%、発芽試験では 1%、4%、10%の汚泥混合土壤をつくった。これらは多すぎる感があるが、汚泥の凝集剤による害作用をあわせて検討するためである。

## [1] 発芽試験

### 実 験 方 法

直径 9 cm のシャーレに、汚泥混合土壤 20 g をいれ、比重選した小麦(農林20号)の種子を昇永液で消毒し、水洗し、50粒を汚泥混合土壤の表面に等間隔にややおしこみ、ペーパークロマトグラフ用の噴霧器で、蒸留水 4 ml を噴霧してフタをした。1区を3連制とし、土壤のみ1区、汚泥15種類のそれぞれについて、土壤への混合割合 1、4、10%、の45区、総計 138 個の試験シャーレをつくった。試験シャーレは、20°C の恒温器にいれ、2日後に減水量を追加し、3日後にとりだして、発芽率および根の伸長したものについて根長を測定し、平均を求めた。全シャーレは、一度に測定できないので、恒温器へは数回にわけていれて測定した。なお、恒温器放置中にシャーレのフタの開閉を行って、空気を更新させた。

## 結 果 及 び 考 察

実験結果(3連平均)を Table 1 に示す。

以下、土壤へ汚泥を添加したものを汚泥添加区、1%、4%、10%添加をそれぞれ1%添加区、4%添加区、10%添加区、土壤のみを土壤区と略記する。

Table 1. Percentage germination and root elongation of wheat on soil-sludge mixture

Soil: HAMAKAIDA sandy loam  
wheat: Norin No. 20

| Sludge used             | After 3 days (20°C)               |      |      |                                   |      |      |
|-------------------------|-----------------------------------|------|------|-----------------------------------|------|------|
|                         | germination ratio (%)             |      |      | root elongation (mm)              |      |      |
|                         | percentage sludge mixed with soil |      |      | percentage sludge mixed with soil |      |      |
|                         | 1                                 | 4    | 10   | 1                                 | 4    | 10   |
| CH-SS (OX)              | 95.3                              | 96.7 | 91.3 | 12.1                              | 3.2  | 0    |
| KO-SC (OX)              | 94.0                              | 87.3 | 50.7 | 11.0                              | 3.7  | 0.3  |
| KA-SS (OX)              | 93.3                              | 93.0 | 86.7 | 12.1                              | 8.7  | 2.6  |
| BA-SS (OX)              | 96.0                              | 95.3 | 91.3 | 19.3                              | 13.3 | 2.9  |
| BA-AS (OX)              | 96.0                              | 94.7 | 90.7 | 19.2                              | 16.6 | 11.2 |
| RY-PC (OX)              | 94.7                              | 97.3 | 94.0 | 14.4                              | 15.7 | 18.0 |
| RY-SC (OX)              | 97.3                              | 92.0 | 88.7 | 9.0                               | 1.2  | 0    |
| KN-SS (OX)              | 96.7                              | 95.3 | 84.0 | 9.3                               | 5.5  | 0.6  |
| NI-CS (OX)              | 97.3                              | 97.3 | 96.0 | 13.3                              | 9.7  | 9.8  |
| SH-DC (OX)              | 92.0                              | 90.7 | 78.7 | 11.2                              | 3.1  | 0.1  |
| KA-DS (DG)              | 92.7                              | 93.3 | 92.0 | 14.5                              | 10.9 | 11.7 |
| AK-DS (DG)              | 96.7                              | 95.3 | 96.7 | 14.8                              | 13.2 | 6.8  |
| KN-DS (DG)              | 97.3                              | 95.3 | 94.0 | 14.0                              | 11.9 | 10.3 |
| CH-HW                   | 93.3                              | 96.7 | 94.0 | 13.7                              | 7.6  | 4.1  |
| SE-DC (CH)              | 94.7                              | 92.7 | 93.3 | 14.4                              | 14.6 | 12.0 |
| HAMAKAIDA<br>sandy loam | 96.0<br>(soil alone)              |      |      | 18.2<br>(soil alone)              |      |      |

1) 発芽率

発芽率 (%) をまとめると、つぎのとおりである。

発 芽 率 (%) (カッコは平均)

|       | 添加汚泥の方式                 | 点数 | 1%添加区               | 4%添加区               | 10%添加区              |
|-------|-------------------------|----|---------------------|---------------------|---------------------|
| 汚泥添加区 | 酸化 (OX)                 | 10 | 97.3-92.0<br>(95.3) | 97.3-87.3<br>(94.0) | 96.0-50.7<br>(85.2) |
|       | 消化 (DG)                 | 3  | 97.3-92.7<br>(95.6) | 95.3-93.3<br>(94.6) | 96.7-94.0<br>(93.3) |
|       | 化学 (CH)                 | 1  | 94.7                | 92.7                | 93.3                |
|       | し 渣                     | 1  | 93.3                | 96.7                | 94.0                |
| 土壌区   | HAMAKAIDA<br>sandy loam |    | 96.0                |                     |                     |

汚泥添加の小麦の発芽への影響は汚泥添加割合の増加とともにあらわれたが、処理方式でみると、消化方式による汚泥よりも、酸化方式による汚泥の方に大きくあらわれるものがあり、10%添加で85%というように、かなり、発芽率の減少をみた。1%以下の添加であれば、汚泥は本実験では

発芽に影響をおよぼさないようであった。

## 2) 発芽試験開始3日後の根の伸長

根の伸長をまとめると、つぎのとおりである。

根の伸長 (mm) (カッコは平均)

|       | 添加汚泥の方式                   | 点数 | 1%添加区               | 4%添加区               | 10%添加区             |
|-------|---------------------------|----|---------------------|---------------------|--------------------|
| 汚泥添加区 | 酸化(OX)                    | 10 | 19.3-9.0<br>(13.1)  | 16.6-3.1<br>(8.1)   | 18.0-0<br>(4.6)    |
|       | 消化(DG)                    | 3  | 14.8-14.0<br>(14.4) | 13.2-10.9<br>(12.0) | 11.7-10.3<br>(9.6) |
|       | 化学(CH)                    | 1  | 14.4                | 14.6                | 12.0               |
|       | し 渣                       | 1  | 13.7                | 7.6                 | 4.1                |
| 土壌区   | HAMAKA I DA<br>sandy loam |    | 18.2                |                     |                    |

汚泥添加の影響は、発芽よりも、発芽試験開始3日後の根の伸長(発芽したものについて)に一層あきらかにあらわれ、10%添加区では、かなり伸長がわるくなり、伸長ゼロのものもあった。処理方式でみると、やはり、酸化方式の汚泥添加の場合に大きく影響があらわれた。

## 3) 10%添加区による根の伸長と汚泥の Cl 含量による汚泥の分類

汚泥添加の影響のもっともあらわれた10%添加区の根の伸長をとりあげ、汚泥中の根の伸長に影響すると思われる項目のうち、汚泥の Cl 含量との関係に着目して、汚泥をつぎのように、便宜上、分類した。

| Group                               | 汚 泥        | 10%添加区の根の伸長 (mm) | 汚 泥 Cl (%) |
|-------------------------------------|------------|------------------|------------|
| A (汚泥の Cl 含量が高く、根の伸長が極めてわるい)        | KO-SC (OX) | 0.3              | 3.52       |
|                                     | KN-SS (OX) | 0.6              | 2.49       |
|                                     | KA-SS (OX) | 2.6              | 1.19       |
|                                     | SH-DC (OX) | 0.1              | 1.14       |
| B (汚泥の Cl 含量が低く、根の伸長への汚泥の影響が比較的少ない) | KA-DS (DG) | 11.7             | 0.61       |
|                                     | NI-CS (OX) | 9.8              | 0.21       |
|                                     | AK-DS (DG) | 6.8              | 0.13       |
|                                     | SE-DC (CH) | 12.0             | 0.10       |
|                                     | RY-PC (OX) | 18.0             | 0.07       |
|                                     | BA-AS (OX) | 11.2             | 0.06       |
|                                     | KN-DS (DG) | 10.3             | 0.06       |
| B' (中間的)                            | CH-HW      | 4.1              | 0.75       |
| C (汚泥の Cl 含量が低いにかかわらず、根の伸長がわるい)     | CH-SS (OX) | 0                | 0.36       |
|                                     | BA-SS (OX) | 2.9              | 0.09       |
|                                     | RY-SC (OX) | 0                | 0.07       |

Group A の汚泥は Cl 含量が高く、土壌への多量の添加が小麦の発芽、根の伸長に大きく影響することが一応考えられる。

Group B は、その影響が少ないものであり、Group B', Cについては、別に検討する必要がある。

## 4) 汚泥の pH との関係

pH が4~8の水耕液中で、多くの植物は充分生育しうが、pH 3の液では根が明らかに障害

をうけ、pH9 ではリン酸を吸収しえない<sup>3)</sup>。pH の低いことによる土壌中での2次的影響は、可給態のカルシウム、ときにはリン酸の不足であり、可溶性のアルミニウム、マンガンその他の金属イオンの過剰であるとされる<sup>3)</sup>。なお、大麦は酸性に弱い、小麦は比較的抵抗性があるとされる<sup>4)</sup>。また、耐酸性品種とアルミニウム、マンガンを対する抵抗性が一致する<sup>4)</sup>。pH の高いことによる有害な影響は、酸性の場合と同様、水酸基イオン自体よりもむしろ通常、塩濃度の結果に起因する。また、アルカリ性土壌に植物を育てる際に経験する困難は、鉄、マンガン、ホウ素その他の微量要素を充分吸収させることがむづかしく、リン酸の吸収の問題もある<sup>3)</sup>。

汚泥の pH と汚泥の Group との関係はつぎのとおりである。

| 汚泥の pH<br>(ケン濁液) | Group | 汚 泥        | 汚泥の pH<br>(ケン濁液) | Group | 汚 泥        |
|------------------|-------|------------|------------------|-------|------------|
| 12.42 (1+10)     | B     | SE-DC (CH) | 7.23 (1+2.5)     | C     | BA-SS (OX) |
| 9.38 (1+10)      | B     | KN-DS (DG) | 6.93 (1+10)      | C     | CH-SS (OX) |
| 8.90 (1+2.5)     | A     | SH-DC (OX) | 6.53 (1+10)      | B     | NI-CS (OX) |
| 8.50 (1+2.5)     | A     | KO-SC (OX) | 6.39 (1+10)      | C     | RY-SC (OX) |
| 8.14 (1+10)      | B     | AK-DS (DG) | 6.24 (1+10)      | B     | RY-PC (OX) |
| 7.98 (1+10)      | B     | KA-DS (DG) | 5.63 (1+2.5)     | A     | KA-SS (OX) |
| 7.76 (1+10)      | B'    | CH-HW      | 4.80 (1+10)      | A     | KN-SS (OX) |
| 7.30 (1+2.5)     | B     | BA-AS (OX) |                  |       |            |

HAMAKA I DA sandy loam, pH (1+2.5)=4.96

pH のもっとも低い汚泥は KN-SS (OX) の 4.80 で、土壌の pH 4.96 に近い。2番目に pH の低い KA-SS (OX) (pH 5.63) も、土壌に10%添加すれば、土壌の緩衝能により pH (1+2.5) =5.31 になったが、このような pH は、アルミニウムが可溶化する pH 4 より高いこと、小麦が比較的酸性に強いこと、pH 4.96 を示す土壌区の根の伸長が全区中、最高であったことよりみて、KN-SS (OX)、KA-SS (OX) の10%添加区の根の伸長がわるいのは、低 pH のためではないと考えられる。

つぎに、高 pH の汚泥について、pH 12.42 の SE-DC (CH) の10%添加区は、土壌が砂質であり、その緩衝能が小さいから、汚泥混合物の pH は 11.55 (1+2.5) に下がるにすぎず、pH 9.38 の KN-DS (DG) の10%添加混合土壌の pH は 8.32 (1+2.5) に下るにすぎなかったが、これら2種の汚泥の10%添加区における根の伸長は、Group B に属し、高い pH の影響を受けていなかった。根の伸長は、試験3日後の測定値であり、この時期は種子の貯蔵養分による伸長と考えられ、高 pH による土壌成分の不可給態化とは関係がないからであると考えられる。

なお、汚泥には、凝集剤に  $Al_2(SO_4)_3$  を使用したものが KO-SC (OX)、BA-AS (OX) の2種あり、汚泥の  $\frac{N}{5}$ -HCl 可溶 Al は、それぞれ、5.60%、16.83%であるが、両汚泥はアルカリ性で、アルミニウムは可溶化されない。

以上、汚泥の pH は、使用した汚泥の範囲では、小麦の発芽、根の伸長に大きな影響がないようであった。

### 5) 汚泥の灰分含量との関係

前報<sup>1)</sup> に記した汚泥の灰分含量と汚泥の Group との関係を示すと、つぎの表のとおりである。

汚泥の灰分含量と根の伸長との間に、明らかな関係がみられないことは、表において、Group A と B がいりまじっていることよりわかる。汚泥の凝集に無機凝集剤を使用したものは、当然灰分が多くなるが、これらの汚泥で、凝集剤がアルカリ性で沈殿して水酸化物として汚泥に含まれてい

| 汚泥の灰分 (%) | Group | 汚 泥        | 汚泥の灰分 (%) | Group | 汚 泥        |
|-----------|-------|------------|-----------|-------|------------|
| 52.07     | A     | KO-SC (OX) | 24.07     | C     | BA-SS (OX) |
| 46.20     | B     | SE-DC (CH) | 23.81     | B'    | CH-HW      |
| 42.50     | B     | KN-DS (DG) | 15.81     | B     | NI-CS (OX) |
| 40.44     | B     | BA-AS (OX) | 15.78     | A     | KA-SS (OX) |
| 40.04     | A     | SH-DC (OX) | 12.45     | C     | CH-SS (OX) |
| 39.56     | B     | AK-DS (DG) | 11.18     | C     | RY-SC (OX) |
| 31.39     | B     | KA-DS (DG) | 8.34      | B     | RY-PC (OX) |
| 29.04     | A     | KN-SS (OX) |           |       |            |

ると、その灰分含量は塩類濃厚の害<sup>5)</sup>の原因となる水溶性塩類の目安にはならない。

#### 6) 汚泥の CaO 含量との関係

前報<sup>1)</sup>に記した汚泥の CaO 含量と根の伸長との関係を示すと、つぎの表のとおりである。

| 汚泥の CaO (%) | Group | 汚 泥        | 汚泥の CaO (%) | Group | 汚 泥        |
|-------------|-------|------------|-------------|-------|------------|
| 35.89       | B     | SE-DC (CH) | 1.55        | C     | RY-SC (OX) |
| 22.23       | B     | KN-DS (DG) | 1.14        | B     | RY-PC (OX) |
| 8.16        | A     | KO-SC (OX) | 0.99        | C     | CH-SS (OX) |
| 5.16        | A     | SH-DC (OX) | 0.91        | B     | BA-AS (OX) |
| 3.08        | C     | BA-SS (OX) | 0.90        | A     | KN-SS (OX) |
| 2.92        | B'    | CH-HW      | 0.57        | B     | AK-DS (DG) |
| 1.97        | B     | NI-CS (OX) | trace       | B     | KA-DS (DG) |
| 1.68        | A     | KA-SS (OX) |             |       |            |

CaO 含量の極めて高い SE-DC (CH) と、KN-DS (DG) は、前者は Ca(OH)<sub>2</sub> を、後者はカーバイドかすを使用したものであるが、ともに Group B に属しているから、石灰を多く含む汚泥の10%程度の土壌への混合は、試験3日後までの根の伸長に対する影響がなかった。

#### 7) 高分子凝集剤の影響

高分子凝集剤を使用した5種の汚泥について、土壌への混合(10%)と根の伸長(グループ分け)との関係を示すと、つぎの表のようになる。

| 高分子凝集剤使用汚泥 | グループ分け  | 高 分 子 凝 集 剤 |                                 |
|------------|---------|-------------|---------------------------------|
|            |         | 略 号         | 種 類                             |
| KO-SC (OX) | Group A | opM         | カチオン系(メタアクリル酸エステルとアクリルアミドの共重合物) |
| BA-AS (OX) | Group B | opFA        | アニオン系(ポリアクリルアミドとポリアクリル酸の共重合物)   |
|            |         | opFC        | カチオン系(ポリアクリルアミドのカチオン変性)         |
| BA-SS (OX) | Group C | opFC        | 同 上                             |
| CH-SS (OX) | Group C | opK         | カチオン系(ジシアンジアミドの変成体)             |
| RY-SC (OX) | Group C | opQ         | カチオン系(ポリアルキレンポリアミン)             |

**KO-SC(OX)** は Group A で、汚泥の Cl (%) が最も高く、根の伸長がわるいものであり、**opM** が入っているが、Cl<sup>-</sup> の害が考えられる。

**BA-AS (OX)** は Group B で、根の伸長が汚泥混合によってあまり影響を受けなかったものであるから、**opFA**、**opFC** の影響もあまり考えられないはずである。しかし、**BA-SS (OX)** にも **opFC** が入っていて、Group C に属し、根の伸長がわるい。これら 2 つの関係は、同一し尿処理場のものであり、酸化汚泥を除いた分離液について、曝気後の自然沈殿部を **opFC** 添加により脱水ケーキとなしたものが **BA-SS (OX)** で、自然沈殿部の上澄について、Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>、NaOH、**opFA** (pH 7 とす) の添加、沈殿後、**opFC** 添加によりケーキとなしたものが **BA-AS (OX)** であるが、汚泥量に対する **opFC** 添加割合はほぼ同じではなかろうかとのことである。そうであれば、両汚泥が Group B と C に分れることに疑問がおこる。

**KO-SC (OX)** については、さらに可溶性塩類の影響を、また、**BA-SS (OX)**、**BA-AS (OX)**、**CH-SS (OX)** については、高分子凝集剤のみの影響を検討する必要がある。

### 可溶性塩類溶液による発芽試験

#### i) 塩類含有噴霧液の調製

可溶性塩類の害は浸透圧との関係があるが、**KO-SC (OX)** は海水を使用したものであり、NaCl を含み、Cl<sup>-</sup>、Na<sup>+</sup> の影響も関係する。

**KO-SC (OX)** の Cl (%) = 3.5

汚泥 10% 混合 (土壌 100g + 汚泥 10g = 混合物 110g)

発芽試験シャーレの汚泥混合土壌 20g

同上中の汚泥量 =  $20 \times \frac{10}{110} = 1.82 \text{ g}$

汚泥 1.82 g 中の Cl (g) =  $1.82 \times \frac{3.5}{100} = 0.0637 \text{ g}$

0.0637 g Cl =  $0.0637 \times \frac{\text{NaCl}}{\text{Cl}} = 0.1050 \text{ g NaCl}$

発芽試験では、汚泥混合土壌 20 g に 4 ml の水を噴霧し、汚泥の Cl が噴霧水に全量溶解すると仮定すれば、0.1050 g NaCl/4 ml の濃度に相当する。その濃度は 0.449 M-NaCl である。

このようにして、0.449 M-NaCl 溶液を標準噴霧液として調製したが、同時に、同濃度の KCl、KNO<sub>3</sub> 溶液をも調製し、Na<sup>+</sup>、K<sup>+</sup> の比較、Cl<sup>-</sup> と NO<sub>3</sub><sup>-</sup> の比較用とした。また、5 倍希釈液として、0.09 M 溶液を調製した。

#### ii) 発芽試験結果

既記の発芽試験の方法と同様に、シャーレにいたれた **HAMAKAIDA** sandy loam 20g 上に、小麦農林20号を採種し、上記の塩類溶液を噴霧して、3日後 (20°C) の発芽率、発芽したものの根の伸長を測定 (3 連平均) したところ、つぎの表のようであった。

噴霧液

| 塩類               | 濃度 (M) | 噴霧量 (ml) | 発芽率 (%) | 根の伸長 (mm) |
|------------------|--------|----------|---------|-----------|
| NaCl             | 0.449  | 4        | 60.0    | 0         |
|                  | 0.09   | 4        | 93.3    | 4.5       |
| KCl              | 0.449  | 4        | 67.3    | 0         |
|                  | 0.09   | 4        | 88.7    | 5.4       |
| KNO <sub>3</sub> | 0.09   | 4        | 96.7    | 6.4       |

KO-SC (OX) については、海水を使用したことによる NaCl の影響が大きな原因であることが考えられる。

### 高分子溶液による発芽試験

#### i) 高分子溶液の調製と発芽試験

高分子で凝集させた場合には、通常、乾燥汚泥中に、その1%の高分子が含まれるのが標準とされるので、この量を噴霧の目安とした。

HAMAKAIDA sandy loam 20 g に対して、その10%すなわち 2 g の風乾汚泥を混合するとし、それを乾物汚泥になおし、その1%の高分子純分が含まれるとする。

この純分重量に相当する高分子が 4 ml の水に含まれるような割合に高分子を溶解して、高分子溶液を調製して、高分子標準液とし、その 4 ml をシャーレ中の HAMAKAIDA sandy loam 20 g 上に噴霧することによって、土壤に汚泥10%を添加した場合の、その中の高分子量に相当するものと仮定した。さらに標準液の3倍希釈液、3倍濃厚液をも調製した。(濃厚液は、粘度が大で噴霧困難のため、メスピペットで滴加した)。

A処理：土壤に小麦種子を播種した後、高分子液 4 ml を噴霧して、発芽試験を行った。

B処理：汚泥粉末の場合は風乾状態であり、水を噴霧しても、汚泥中の高分子は直ちに溶解しないものと考えられる。したがって、この条件に模するため、予め、高分子溶液 4 ml を土壤に噴霧し、風乾させ、よく混合した後、小麦を採種し、水 4 ml を噴霧した。

#### ii) 結果

発芽率及び根の伸長(3日後)はつぎの表のようである。

opK (CH-SS (OX) 用凝集剤)

| 濃 度       | 1 l 中純分 (g) | 相 対 粘 度 (水に対する) | 処 理 | 発 芽 率 (%) | 根 の 伸 長 (mm) |
|-----------|-------------|-----------------|-----|-----------|--------------|
| 3 倍 希 釈 液 | 1.29        | 1.0             | A   | 92.0      | 7.1          |
| 標 準 液     | { 3.88      | 1.0             | A   | 92.7      | 7.5          |
|           | { 3.88      | 1.0             | B   | 91.3      | 8.2          |
| 3 倍 濃 厚 液 | { 11.64     | 1.0             | A   | 88.7      | 4.6          |
|           | { 11.64     | 1.0             | B   | 88.0      | 5.3          |

opF (BA-SS (OX) 用凝集剤)

|           |         |      |   |      |      |
|-----------|---------|------|---|------|------|
| 3 倍 希 釈 液 | 1.20    | 2.0  | A | 95.3 | 9.5  |
| 標 準 液     | { 3.61  | 11.3 | A | 95.3 | 10.4 |
|           | { 3.61  | 11.3 | B | 95.3 | 12.0 |
| 3 倍 濃 厚 液 | { 10.83 | 40.5 | A | 94.0 | 3.7  |
|           | { 10.83 | 40.5 | B | 94.7 | 11.7 |

opM (KO-SC (OX) 用凝集剤)

|           |         |       |   |      |     |
|-----------|---------|-------|---|------|-----|
| 3 倍 希 釈 液 | 1.24    | 8.1   | A | 96.7 | 9.4 |
| 標 準 液     | { 3.73  | 35.7  | A | 94.0 | 9.1 |
|           | { 3.73  | 35.7  | B | 96.3 | 8.7 |
| 3 倍 濃 厚 液 | { 11.19 | 242.2 | A | 94.0 | 8.7 |
|           | { 11.19 | 242.2 | B | 96.0 | 7.2 |

以上の結果より、高分子凝集剤の溶液を単独に土壤と種子に施用すれば、発芽、根の伸長にある程度の影響を与えるようであり、高分子の種類間にも若干の差が現れたが、汚泥混合土壤ほどの影響はなかった。

8) 汚泥混合土壌の酸化還元電位,  $\text{NO}_2^-$  の生成, 高分子凝集剤との関係

汚泥混合土壌の incubation と測定

直径 4.9 cm, 高さ 8.4 cm のスチロール棒びんを用い, 深さ 5 cm (94.2 cc) に, 汚泥混合土壌を粗密平均の容積重より算出した量を充填し, 容水量の 60% にあたる水を加え, ふたをかろくなくし, 途中, 数回ふたの開閉を行って空気の更新をはかり, 3 日後に, 酸化還元電位 (Eh) と  $\text{NO}_2\text{-N}$  の測定を行なった。

$\text{NO}_2\text{-N}$  の定量は, Eh 測定後の土壌を, 土層全体について, 土壌の  $\text{NO}_3\text{-N}$  定量における浸出<sup>6)</sup> に準じて, 水を加えて浸出乾燥口過し, 口液について G.R 試薬を用いて, 発色させ, 吸光光度法で定量した<sup>7)</sup>。

汚泥混合土壌 (10%), 畑状態 3 日後

| 汚 泥                     | グループ | 汚 泥 混 合 土 壌        |  | 備 考           |
|-------------------------|------|--------------------|--|---------------|
|                         |      | Eh (V)<br>(0~2 cm) | $\text{NO}_2\text{-N}$ (ppm)<br>(0~5 cm) |               |
| CH-SS                   | C    | +0.24              | 8.48                                     | 不快な腐敗臭<br>同 上 |
| BA-SS                   | C    | +0.24              | 0.51                                     |               |
| KA-DS                   | B    | +0.38              | 0.38                                     | } 汚泥臭のみ       |
| BA-AS                   | B    | +0.41              | 0.58                                     |               |
| RY-PC                   | B    | +0.49              | 0.19                                     |               |
| HAMAKAIDA<br>sandy loam | —    | +0.56              | 0.10                                     | 汚泥臭のみ         |

Group C に属する CH-SS, BA-SS を用いた汚泥混合土壌は, 3 日後, とともに, 酸化還元電位が他のものより低く, すでに腐敗臭をともなっていた。さらに, CH-SS 混合土壌は  $\text{NO}_2\text{-N}$  の生成が, 他のものに比して, 著しかった。

作物に対する亜硝酸の害について, 高知県農技研では, ハウス栽培において, 施用したたとえば油粕のチッ素が, 有機態チッ素→アンモニア態チッ素→亜硝酸態チッ素→硝酸態チッ素に土壌中で移行するとき, 亜硝酸態チッ素として停滞すれば根に障害をおこし, 土壌の酸性が強いときは, さらにガス化して, ハウス内の水滴にとけ, 落下して, 葉などに障害をおこすことを報告している<sup>8)</sup>。その後, 同農技研の柳井利夫氏のまとめたところによると, 土壌中の  $\text{NO}_2\text{-N}$  が乾土 100 g 中 0.5~5 mg (5~50 ppm) のとき害があり, 土壌の pH が 5.5 以下のとき, 特に害があるとのことである。

CH-SS (OX) 混合土壌の小麦発芽, 根の伸長に対する害作用は, すでに 3 日後にあらわれているようであり, その後, 増加の可能性が大きい (ハウス内では, 数週間後最高)。しかし, 後に記するように, 2 週間後には, CH-SS (OX) 10% 混合土壌では, Eh が著しく低下したが,  $\text{NO}_2\text{-N}$  は減少をみた。

CH-SS (OX) 混合土壌の  $\text{NO}_2\text{-N}$  生成は汚泥に由来するものか, 高分子凝集剤 opK (23% 程度の N 含有) に由来するものかという問題がある。opK は土壌のみに施した場合には, 他の高分子凝集剤と同様, 多量施せば, ある程度の影響がみられたことは, さきに記したが, CH-SS (OX) 混合土壌 (10%) の場合には, 特に影響が大きい。土壌に混合された CH-SS (OX) が腐敗して, その中の opK 中の N が  $\text{NO}_2\text{-N}$  になるとするなら, 土壌に CH-SS (OX) を加え, さらに opK を追加すると, CH-SS (OX) 中の opK と, 追加した opK の N が CH-SS (OX) の腐敗にともなって,  $\text{NH}_3\text{-N} \rightarrow \text{NO}_2\text{-N}$  へと, とともに移行し,  $\text{NO}_2\text{-N}$  量がさらに増加するはずである。しかし,

定量結果は、やはり、そのようにならなかった(つぎの実験による)。

No.1 …HAMAKAIDA sandy loam 20 g に 2g の CH-SS (OX) を混合……汚泥混合土壌(10%)

No.2 … No.1 にさらに、opK 標準液(既記) 4 ml 添加

以上は発芽試験の量を規準にしたが、実際の incubation では、スケールを大きくして、汚泥混合土壌は、さきの Eh 測定のとときと同様、133.6g を用い、No.1 では容水量の60%となし、No.2 では、汚泥混合土壌133.6 g に、opK 標準液 26.7 ml と、容水量の60%として必要な水分になるように、10.1 ml の水を追加した。

畑状態、20°C、3日後

|       | 汚泥混合土壌                          | 追 加<br>高分子凝集剤     | Eh*<br>(V) | NO <sub>2</sub> -N<br>(ppm) | 備 考    |
|-------|---------------------------------|-------------------|------------|-----------------------------|--------|
| No. 1 | 土壌に対し10%のCH-SS<br>(OX) (opK 含有) | —                 | +0.24      | 8.48                        | 不快な腐敗臭 |
| No. 2 | 土壌に対し10%のCH-SS<br>(OX) (opK 含有) | opK<br>(標準液 4 ml) | +0.27      | 0.06                        | 汚泥臭のみ  |

\* 表面部(土層 5 cm のうち、0~2 cm の部分、発芽試験の参考とするため)

この結果によると、NO<sub>2</sub>-N の多量生成は、CH-SS (OX) 中のNによるものと考えられ、opK の増量は、NO<sub>2</sub>-N の生成をかえて防ぐようである。(汚泥の腐敗臭もなかったことから、汚泥の腐敗をも、ある程度抑制するのもかも知れないが、この点は、検討を要する。)

土壌に対して、4%の汚泥を混合し、高分子凝集剤をさらに追加した場合の発芽試験の例をあげると、つぎの表のとおりである。

CH-SS (OX) (opK 含有) 4%混合と opK 追加

| HAMAKAIDA<br>sandy loam | CH-SS (OX)<br>(NO <sub>2</sub> の生成多し) | opK 標準液<br>噴 霧 | 3 日 後        |              |
|-------------------------|---------------------------------------|----------------|--------------|--------------|
|                         |                                       |                | 発 芽 率<br>(%) | 根の伸長<br>(mm) |
| 20 g                    | 0.8 g (4%混合)                          | —<br>(水 4 ml)  | 96.7         | 3.2          |
| 20 g                    | —                                     | 4 ml           | 92.7         | 7.5          |
| 20 g                    | 0.8 g (4%混合)                          | 4 ml           | 71.3         | 6.6          |

BA-SS (OX) (opFC 含有) 4%混合と opFC 追加

| HAMAKAIDA<br>sandy loam | BA-SS (OX)<br>(NO <sub>2</sub> の生成少なし) | opFC 標準液<br>噴 霧 | 3 日 後        |              |
|-------------------------|--|-----------------|--------------|--------------|
|                         |  |                 | 発 芽 率<br>(%) | 根の伸長<br>(mm) |
| 20 g                    | 0.8 g (4%混合)                           | —<br>(水 4 ml)   | 95.3         | 13.3         |
| 20 g                    | —                                      | 4 ml            | 95.3         | 10.4         |
| 20 g                    | 0.8 g (4%混合)                           | 4 ml            | 91.3         | 10.8         |

さきの incubation で、NO<sub>2</sub>-N の生成の多かった CH-SS (OX) を4%混合し、さらに opK を追加した場合、根の伸長は CH-SS (OX) のみの場合よりは、よくなっている。これは、さきの(10%混合+opK追加)の incubation における opK の NO<sub>2</sub>-N 生成抑制の効果と関連がある

ものと思われるが、発芽率が、**opK** 追加によって低下していることは、incubation の場合の、**opK** の汚泥腐敗抑制(?)の問題点とともに、さらに、検討を要する。**NO<sub>2</sub>-N** の多量生成をみない **BA-SS (OX)** の混合と、それに含まれる **opFC** の追加の複合の効果は、**CH-SS (OX)** と **opK** の関係のようには、あらわれなかった。

Group C に属する汚泥 **CH-SS (OX)**, **BA-SS (OX)**, **RY-SC (OX)** のうち、**CH-SS (OX)** の多量混合は incubation 3 日後に、Eh の低下と **NO<sub>2</sub>-N** の多量生成をみたが、**BA-SS (OX)** の多量混合は、Eh のみの低下をみた。

したがって、**BA-SS (OX)** が Group C に属するのは、汚泥の腐敗によるものであろう。**RY-SC (OX)** も同じ原因によるものと考えられる。

なお、参考として、汚泥のうち、Group A と C に属する 2 種の汚泥の 10% 混合土壌を 2 週間畑状態で 20°C に incubate した場合の Eh, **NO<sub>2</sub>-N** の生成の例を記しておく。

汚泥混合土壌 (10% 混合) の Eh, **NO<sub>2</sub>-N** (畑状態, 20°C, 2 週間)

| 汚泥の種類             | グループ | 2 週間後              |       |                                  | pH<br>(1+2.5) | 備考     |
|-------------------|------|--------------------|-------|----------------------------------|---------------|--------|
|                   |      | Eh (V)<br>(0~2 cm) | 内部*   | <b>NO<sub>2</sub>-N</b><br>(ppm) |               |        |
| <b>CH-SS (OX)</b> | A    | -0.02              | -0.01 | 0.33                             | 7.85          | 不快な腐敗臭 |
| <b>KA-DS (DG)</b> | C    | +0.36              | +0.35 | 1.60                             | 7.50          | 汚泥臭のみ  |

\* 土層 5 cm のうちの中ほど

さきに記したように、**CH-SS (OX)** 混合土壌は、3 日後の **NO<sub>2</sub>-N** 生成がきわめて大であったが、2 週間後には、その量は減少し、Eh は極度に低下した。一方、**KA-DS (DG)** 混合土壌は、Eh の低下は少なく、**NO<sub>2</sub>-N** の生成が多くなってきている。

汚泥の腐敗による生育障害については、有底容器に汚泥混合土壌をいれて、小麦をやや長期生育させた場合にあらわれた。すなわち、有底平底ガラス鉢に、砂及び土壌を標準区とし、汚泥混合土壌を下にして、上に砂をおいたものを試験区として、灌水し、ノイバウアー法<sup>9)</sup>により、小麦を発芽させて 18 日間幼植物を生育させたところ、汚泥の腐敗臭が大で、汚泥混合土壌区のうちで、容器底部の汚泥混合土壌が、腐敗によって土壌と汚泥が互に、ジュータン状に固結した状態のものは、発芽率、生育したものの 18 日後の幼植物重量が標準区に対して、極めて低かったことを経験した。

要するに、砂質土壌に余剰汚泥を多量混合すれば、汚泥の種類によっては小麦の発芽、根の伸長に大きな影響を及ぼすことになり、その原因は、汚泥の Cl 含量 (海水を用いたものはさらに Na 含量)、汚泥の分解にともなう **NO<sub>2</sub>-N** の生成、汚泥の腐敗の進行などによるものと思われる。汚泥の凝集に用いられる高分子凝集剤は、単独に土壌に添加されるときは、多量なら、やはり小麦の発芽、根の伸長に影響するが、汚泥の多量混合のような影響はない。高分子凝集剤の中には、汚泥腐敗にともなう **NO<sub>2</sub>-N** の生成を抑制するものもあるようである。

## [2] 栽培試験

### 試験方法

植木鉢試験によった。汚泥混合土壌区 (5 種類、混合割合は 1% 及び 4%) が 10 区、**HAMA-KAIDA** sandy loam (<2 mm) のみについて、無肥土壌区と施肥土壌区を設けた。

植木鉢は面積5万分の1アールのポリエチレン製ポットを用い、各区とも、4 Kg (風乾) を充填した。なお、施肥土壌区は1ポット当り、N 0.3 g, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 0.3 g, K<sub>2</sub>O 0.3 g となるように、硫酸アンモニア、くみあい苦土重焼リン1号、硫酸カリを元肥として全層に混合した。

(註) 汚泥混合土壌区は、汚泥の肥料的効果をもみるために、施肥を行わず、したがって、施肥土壌区も追肥は行わなかった。

試験区はつぎの表のとおりである。

試 験 区

| No. | 試 験 区   | 混合汚泥           | 土壌への添加割合 | 施 肥       |
|-----|---------|----------------|----------|-----------|
| 1   | 無肥土壌区   | —              |          | —         |
| 2   | 施肥土壌区   | —              |          | N, P, K元肥 |
| 3   | 汚泥混合土壌区 | KA-D S<br>(DG) | { 1%     | —         |
| 4   |         |                | { 4%     |           |
| 5   | "       | KA-S S<br>(OX) | { 1%     | —         |
| 6   |         |                | { 4%     |           |
| 7   | "       | AK-D S<br>(DG) | { 1%     | —         |
| 8   |         |                | { 4%     |           |
| 9   | "       | KO-S C<br>(OX) | { 1%     | —         |
| 10  |         |                | { 4%     |           |
| 11  | "       | CH-S S<br>(OX) | { 1%     | —         |
| 12  |         |                | { 4%     |           |

発芽試験に用いたと同じ小麦農林20号の種子を1976年11月25日、1ポット当り、3粒播種し、幼植物3本のうち、生育が平均を示したものを1本残して、他は間引きした。生育期間中は、時々、耕起、灌水した。

収穫は1977年5月であり、各鉢、各穂の成熟の時期が異ったので、各穂を、成熟ごとにつみとり、最後に刈取った。

#### 調査項目

草丈, height (cm)

茎数 (茎数/株), stem (num./stump)

穂数 (穂数/株), head (num./stump)

最高茎数 (最高茎数/株), stem (max. num.) (max. num./stump) …… [A]

成熟期穂数 (穂数/株), head (num./stump) …… [B]

有効茎歩合, percentage of productive stem ……  $\frac{[B]}{[A]} \times 100$

穀粒のつかない穂 (穂数/株), head with no grains (num./stump) …… [C]

穀粒のついた穂の%, percentage of productive head ……  $\frac{[B]-[C]}{[B]} \times 100$

一穂粒数 (数/穂), grain (num./head) ……  $\frac{[D]}{[B]}$ ,  $\frac{[D]}{[B]-[C]}$

一粒重 (g/粒), grain (g/grain) ……  $\frac{[E]}{[D]}$

わら重 (g/株), straw (g/stump)

穀粒収量, yield of grain

1株粒数 (数/株), (num./stump)

1株当り粒重 (g/株), (g/stump)

## 結果及び考察

### (1) 小麦の生育

生育調査の結果を Table 2 に示す。

**KA-DS (DG)** 混合土壌は、1%区では施肥土壌区にくらべて、草丈、茎数ともに、終始、優位をつづけた。しかし、4%区は、一時、無肥土壌区よりは優位を示したが、3月上旬に枯死した。短時間の発芽試験では Group B に属した汚泥であるが、Group B' の中では Cl 含量が最も高く、かつ、さきに記した2週間の incubation の試験では、NO<sub>2</sub>-N が増加してきており、これらの影響によるものであろう。1%程度の混合では、生育に対する肥効が大であった。

**KA-SS (OX)** 混合土壌は、1%区では、**KA-DS (OX)** 混合土壌の場合と同様の傾向を示して、草丈、茎数ともに施肥土壌区より優位をつづけた(成熟期に近くなった4月には茎数は施肥土壌区よりやや劣ったが、無肥土壌区よりはるかに高かった)。しかし、4%区では、無肥土壌区より生育がわるく、4月中旬枯死した。**KA-SS (OX)** は Group A に属し、4%混合は生育にわるい影響を及ぼしたが、1%程度の混合では、生育に対する肥効がかなりあった。

**AK-DS (DG)** 混合土壌は、汚泥が Group B に属し、1%区では、生育に対する肥効が大で、終始、施肥土壌区に対して優位を示し、4%区では、多量のため、施肥土壌区よりは劣ったが、無肥土壌区よりは、茎数はやや大で、枯死することもなかった。

**KO-SC (OX)** 混合土壌は、汚泥が Group A に属するが、1%区では、施肥土壌区よりも優位を保ち、成熟期に近くなって、茎数が、施肥土壌区より劣ったが、無肥土壌区よりは多かった。しかし、4%区では、3月上旬に枯死した。

**CH-SS (OX)** 混合土壌は、汚泥が Group C に属し、4%区が1月下旬に枯死したのは、初期の NO<sub>2</sub>-N の多量生成と、その後の腐敗、還元によるものと考えられる。しかし、1%区では、かなりよい成績を示した。

以上、汚泥混合の小麦の生育に対する影響は4%のような多量混合の場合、Group A 及び C に属する汚泥または、それに近い性質のものは、枯死あるいは、生育がわるくなったが、1%混合では、Group B に属する汚泥の混合によれば、施肥土壌区よりも生育がよく、その肥効が大であり、他の Group に属するものでも、混合量が少ないために無肥土壌区に対して茎数増加の効果があらわれた。

### (2) 小麦の収量

汚泥4%混合のような多量混合の場合、小麦の生育に対して、よくない影響をあたえた。したがって、小麦の収量に及ぼす汚泥混合の影響について、1%混合の場合について記す。小麦の収量調査の結果を Table 3 に示す。

まず、わら重についてみると、1%汚泥混合土壌は、すべての区において、無肥土壌区は勿論、施肥土壌区よりも、大きく、特に Group B に属する **KA-SS (OX)**、**AK-DS (DG)** によるものは大きかった。

穀粒重においては、**CH-SS (OX)** によるものを除く4区の汚泥混合土壌区は施肥土壌区よりも大きかった。**CH-SS (OX)** は NO<sub>2</sub>-N の多量生成と極度の腐敗の進行をみた汚泥であり、1%混合でも、穀粒重が減少した。**KO-SC (OX)** によるものは、施肥土壌区より、穀粒重が大きい、4種の汚泥の中では、Group A に属して、汚泥の Cl 含量が最大で、その影響がややあらわれたものであろう。

1%汚泥混合土壌区における有効茎歩合、一穂粒数、一粒重が無肥土壌区より低かったのは、汚

Table 2. *Effect of mixing sludge into the soil*  
soil: **HAMAKAIDA** sandy loam

| Sludge used   | Sludge per cent added to the soil | Manuring | Exp. No. | Jan. 10       |                   | Feb. 10       |                   |
|---------------|-----------------------------------|----------|----------|---------------|-------------------|---------------|-------------------|
|               |                                   |          |          | height (cm)   | stem (num./stump) | height (cm)   | stem (num./stump) |
| —             | —<br>(soil alone)                 | none     | 1        | 16.1<br>(100) | 5.0<br>(100)      | 27.3<br>(100) | 10.0<br>(100)     |
|               | —<br>(soil alone)                 | NPK      | 2        | 17.0<br>(106) | 6.7<br>(134)      | 29.2<br>(107) | 15.3<br>(153)     |
| KA-DS<br>(DG) | 1                                 | none     | 3        | 17.8<br>(111) | 7.3<br>(146)      | 39.8<br>(146) | 16.0<br>(160)     |
|               | 4                                 | none     | 4        | 15.0<br>(93)  | 6.7<br>(134)      | 33.5<br>(121) | 12.0<br>(120)     |
| KA-SS<br>(OX) | 1                                 | none     | 5        | 17.2<br>(107) | 6.7<br>(134)      | 35.2<br>(129) | 16.3<br>(163)     |
|               | 4                                 | none     | 6        | 6.7<br>(42)   | 3.0<br>(60)       | 22.5<br>(82)  | 8.0<br>(80)       |
| AK-DS<br>(DG) | 1                                 | none     | 7        | 17.0<br>(106) | 7.3<br>(146)      | 35.0<br>(128) | 15.0<br>(150)     |
|               | 4                                 | none     | 8        | 13.9<br>(86)  | 6.7<br>(134)      | 34.9<br>(128) | 11.7<br>(117)     |
| KO-SC<br>(OX) | 1                                 | none     | 9        | 16.5<br>(102) | 7.7<br>(154)      | 33.9<br>(124) | 16.3<br>(163)     |
|               | 4                                 | none     | 10       | 14.5<br>(90)  | 4.3<br>(86)       | 28.5<br>(104) | 7.7<br>(77)       |
| CH-SS<br>(OX) | 1                                 | none     | 11       | 12.7<br>(79)  | 5.0<br>(100)      | 32.5<br>(119) | 15.7<br>(157)     |
|               | 4                                 | none     | 12       | 4.4<br>(27)   | 1.0<br>(20)       | —             | —                 |

泥混合土壤においては、全区無肥料で、追肥もなく、穂数、粒数の増加、穀粒の充実に対してまでは汚泥の肥効が十分でなかったことを示している。このことは、施肥土壤区においても、追肥を行わなかったために、無肥土壤区に比して、これらの項目が低くあらわれたことをみてもわかる。

要するに、1%汚泥混合土壤では、初期のNO<sub>2</sub>-N生成とその後の極度の腐敗をとまなうCH-SS(OX)の場合を除いて、わら重、穀粒重の増加をみたが、追肥を行えば、さらに、穂数、粒数の増加、穀粒の充実を伴って、小麦の増収を期待できるものと考えられる。

## 要 約

砂質土壤へ汚泥粉末を混合した場合の小麦の発芽、根の伸長、生育、収量への影響を検討した。

(1) 発芽試験の結果によれば、土壤への汚泥混合の割合が増加するほど、小麦種子の発芽、根の伸長への影響が大きくあらわれた。

on growing of wheat (pot culture)

wheat: Norin No. 20

| Mar. 10       |                   | Apr. 12       |                   |                   | Harvest-time (May) |                   | Notes                            |
|---------------|-------------------|---------------|-------------------|-------------------|--------------------|-------------------|----------------------------------|
| height (cm)   | stem (num./stump) | height (cm)   | stem (num./stump) | head (num./stump) | height (cm)        | head (num./stump) |                                  |
| 42.8<br>(100) | 9.7<br>(100)      | 65.3<br>(100) | 8.0<br>(100)      | 3.3<br>(100)      | 65.4<br>(100)      | 3.7<br>(100)      |                                  |
| 45.9<br>(107) | 14.7<br>(152)     | 51.0<br>(78)  | 22.0<br>(275)     | 7.0<br>(212)      | 53.3<br>(82)       | 12.0<br>(324)     |                                  |
| 53.9<br>(126) | 15.7<br>(162)     | 57.1<br>(87)  | 29.0<br>(362)     | 8.0<br>(242)      | 57.1<br>(87)       | 13.7<br>(370)     |                                  |
| 58.2<br>(136) | 13.3<br>(137)     | 64.3<br>(98)  | 10.0<br>(125)     | 7.7<br>(233)      | 64.9<br>(99)       | 7.7<br>(208)      | withered at the beginning of May |
| 48.9<br>(114) | 16.3<br>(168)     | 53.2<br>(81)  | 16.7<br>(209)     | 7.3<br>(221)      | 53.2<br>(81)       | 13.3<br>(359)     |                                  |
| 53.0<br>(124) | 9.7<br>(100)      | 58.1<br>(89)  | 8.7<br>(109)      | 7.0<br>(212)      | 58.1<br>(89)       | 7.0<br>(189)      | withered in mid-April            |
| 52.4<br>(122) | 15.7<br>(162)     | 55.1<br>(84)  | 26.0<br>(325)     | 7.3<br>(221)      | 58.3<br>(89)       | 12.0<br>(324)     |                                  |
| 58.7<br>(137) | 13.3<br>(137)     | 61.9<br>(95)  | 9.7<br>(121)      | 7.0<br>(212)      | 62.4<br>(95)       | 7.0<br>(189)      |                                  |
| 50.8<br>(119) | 15.3<br>(157)     | 55.7<br>(85)  | 11.7<br>(146)     | 6.7<br>(203)      | 55.7<br>(85)       | 7.0<br>(189)      |                                  |
| 51.1<br>(119) | 9.7<br>(100)      | 56.6<br>(87)  | 6.7<br>(84)       | 5.3<br>(161)      | 56.6<br>(87)       | 5.3<br>(143)      | withered at the beginning of May |
| 46.1<br>(107) | 16.0<br>(165)     | 47.0<br>(72)  | 20.7<br>(259)     | 5.3<br>(161)      | 47.6<br>(73)       | 16.3<br>(441)     |                                  |
| —             | —                 | —             | —                 | —                 | —                  | —                 | withered late in Jan.            |

(2) 発芽試験の結果によって、10%混合の場合の試験3日後の根の伸長により、汚泥をつぎの3グループに分けた。

Group A …… 汚泥の Cl 含量高く、根の伸長がきわめて、わるくなった。

Group B …… 汚泥の Cl 含量が高くなく、根の伸長への影響も小さい。

Group C …… 汚泥の Cl %低く、根の伸長がわるかった。その原因は、NO<sub>2</sub>-N の多量生成と、腐敗の進行によるものとが考えられた。

(3) ポット試験によれば、4%汚泥混合土壌では、生育がわるかったか、枯死した (Group A と C に属する汚泥による)。1%汚泥混合土壌では、全区、施肥土壌区よりも生育がよく、収量については、全区とも、施肥土壌区よりも、わら重が大であったが、穀粒重は NO<sub>2</sub>-N の多量生成をみる汚泥のみが施肥土壌区、無肥土壌区よりも低かったが、他はすべて施肥土壌区よりも大きかった。

(4) 汚泥混合土壌区は無肥料であったが、追肥を行えば、有効茎歩合、一穂粒数、一粒重の増加

Table 3. *Effect of mixing sludge into the soil*  
Soil: HAMAKA I DA sandy loam

| Sludge used   | Sludge per cent added to the soil | Manuring | Exp. No. | Stem                                    | Head         |                     | Percentage of productive stem $\frac{[B]}{[A]} \times 100$ | Head with no grains $\frac{[C]}{[A]}$ |
|---------------|-----------------------------------|----------|----------|---|--------------|---------------------|--|---------------------------------------|
|               |                                   |          |          | (max. num.)<br>(max. num./stump)<br>[A] | (cm)         | (num./stump)<br>[B] |  |                                       |
| —             | —<br>(soil alone)                 | none     | 1        | 9.7<br>(100)                            | 7.0<br>(100) | 3.7<br>(100)        | 38.1   | 0                                     |
|               | —<br>(soile alone)                | NPK      | 2        | 22.0<br>(227)                           | 6.8<br>(97)  | 12.0<br>(324)       | 54.5   | 2.0                                   |
| KA-DS<br>(DG) | 1                                 | none     | 3        | 29.0<br>(299)                           | 6.3<br>(90)  | 13.7<br>(370)       | 47.2   | 1.0                                   |
|               | 4                                 | none     | 4        | 13.3<br>(137)                           | 7.9<br>(113) | 7.7<br>(208)        | 57.9   | 0                                     |
| KA-SS<br>(OX) | 1                                 | none     | 5        | 16.7<br>(172)                           | 6.4<br>(91)  | 13.3<br>(359)       | 79.6   | 1.3                                   |
|               | 4                                 | none     | 6        | 9.7<br>(100)                            | 6.6<br>(94)  | 7.0<br>(189)        | 72.2   | 7.0                                   |
| AK-DS<br>(DG) | 1                                 | none     | 7        | 26.0<br>(268)                           | 6.7<br>(96)  | 12.0<br>(324)       | 46.2   | 0                                     |
|               | 4                                 | none     | 8        | 13.3<br>(137)                           | 7.8<br>(111) | 7.0<br>(189)        | 52.6   | 0.3                                   |
| KO-SC<br>(OX) | 1                                 | none     | 9        | 15.3<br>(158)                           | 7.5<br>(107) | 7.0<br>(189)        | 45.8   | 1.0                                   |
|               | 4                                 | none     | 10       | 9.7<br>(100)                            | 7.7<br>(110) | 5.3<br>(143)        | 54.6   | 0                                     |
| CH-SS<br>(OX) | 1                                 | none     | 11       | 20.7<br>(213)                           | 4.6<br>(66)  | 16.3<br>(441)       | 78.7   | 3.0                                   |
|               | 4                                 | none     | 12       | —                                       | —            | —                   | —  | —                                     |

が期待され、穀粒収量の増加がみられるものと考えられる。

栽培試験を行うにあたっては、本学部、楠瀬博三先生の圃場土壌の提供をうけ、作物・育種学研究室の林喜三郎先生に種々ご教示をうけたので、ここに謝意を表します。

## 文 献

- 1) 片岡功・片岡一郎, し尿処理場における余剰汚泥の砂質土壌への利用 (1) 一余剰汚泥の化学的成分一, 高知大学学術研究報告, 25, 農学 5, p. 1-13 (1976)
- 2) 片岡功・片岡一郎, し尿処理場における余剰汚泥の砂質土壌への利用 (2) 一土壌の物理的性質に及ぼす汚泥混合の影響一, 高知大学学術研究報告, 26, 農学 7, p. 1-13 (1977)
- 3) E. W. Russell, Soil conditions and plant growth, p. 523-534, Longmans, Green and Co. Ltd., London (1961)

on yield of wheat (pot culture)

Wheat: Norin No. 20

| Percentage of productive head<br>$\frac{[B]-[C]}{[B]} \times 100$ | Grain                            |                                |                   | Straw<br>(g/stump) | Yield of grain                    |                                | Notes                            |
|---|----------------------------------|--------------------------------|-------------------|--------------------|-----------------------------------|--------------------------------|----------------------------------|
|   | (num./head)<br>$\frac{[D]}{[B]}$ | (g/grain)<br>$\frac{[E]}{[D]}$ | $\frac{[E]}{[D]}$ |                    | (num./stump)<br>$\frac{[D]}{[D]}$ | (g/stump)<br>$\frac{[E]}{[E]}$ |                                  |
| 100   | 26.0<br>(100)                    | 26.0<br>(100)                  | 0.0290<br>(100)   | 3.64<br>(100)      | 96.3<br>(100)                     | 2.792<br>(100)                 |                                  |
| 82.9  | 16.1<br>(61.9)                   | 19.4<br>(74.6)                 | 0.0161<br>(55.5)  | 6.23<br>(171)      | 188.0<br>(195)                    | 3.035<br>(108.7)               |                                  |
| 97.2  | 18.2<br>(70.0)                   | 19.6<br>(75.4)                 | 0.0172<br>(59.3)  | 9.50<br>(261)      | 249.3<br>(258.9)                  | 4.296<br>(153.9)               |                                  |
| 100   | 33.8<br>(130.0)                  | 33.8<br>(130.0)                | 0.0121<br>(41.7)  | 7.29<br>(200)      | 260.0<br>(270.0)                  | 3.141<br>(112.5)               | withered at the beginning of May |
| 90.2  | 18.5<br>(71.2)                   | 20.5<br>(78.8)                 | 0.0176<br>(60.7)  | 6.32<br>(174)      | 245.5<br>(254.9)                  | 4.316<br>(154.6)               |                                  |
| 0   | 0                                | 0                              | —                 | 4.61<br>(127)      | 0                                 | 0                              | withered in mid-April            |
| 100   | 20.9<br>(80.4)                   | 20.9<br>(80.4)                 | 0.0168<br>(57.9)  | 9.06<br>(249)      | 251.3<br>(261.0)                  | 4.227<br>(151.4)               |                                  |
| 96  | 32.0<br>(123.1)                  | 33.4<br>(128.5)                | 0.0190<br>(65.5)  | 6.75<br>(185)      | 223.8<br>(232.4)                  | 4.247<br>(152.1)               |                                  |
| 86  | 20.5<br>(78.8)                   | 24.0<br>(92.3)                 | 0.0251<br>(86.6)  | 6.22<br>(171)      | 143.8<br>(149.3)                  | 3.616<br>(129.5)               |                                  |
| 100   | 32.5<br>(125.0)                  | 32.5<br>(125.0)                | 0.0201<br>(69.3)  | 3.80<br>(104)      | 172.3<br>(178.9)                  | 3.470<br>(124.3)               | withered at the beginning of May |
| 82  | 10.1<br>(38.8)                   | 12.3<br>(47.3)                 | 0.0123<br>(42.4)  | 6.60<br>(181)      | 164.0<br>(170.3)                  | 2.010<br>(72.0)                |                                  |
| —   | —                                | —                              | —                 | —                  | —                                 | —                              | withered late in Jan.            |

- 4) 小田桂三郎, 作物大系第2編, 麦類, II. 麦の生理生態, p. 77, 養賢堂, 東京 (1963)
- 5) A. M. Mayer and A. Poljakoff-Mayber, The germination of seeds, p. 198-199, Pergamon Press, London (1963)
- 6) 京大農芸化学教室編, 農芸化学実験書, 第1巻, p. 237, 産業図書, 東京 (1957)
- 7) 三宅泰雄・北野康, 水質化学分析法, p. 114-116, 地人書館, 東京 (1963)
- 8) 橋田茂和, ハウス栽培の施肥条件とガス障害, 農業および園芸, 46巻, 1号, p. 233-237, 養賢堂, 東京 (1971)
- 9) 大杉繁, 一般土壌学 (農芸化学全書第10冊), p. 195-198, 朝倉書店, 東京 (1942)

(昭和52年8月8日受理)

(昭和52年10月27日分冊発行)

