

委託試験成績（平成27年度）

担当機関名、部・室名	兵庫県立農林水産技術総合センター農業技術センター農産園芸部															
実施期間	平成27年度															
大課題名	I 大規模水田営農を支える省力・低コスト技術の確立															
課題名	豆類の発芽率向上を目指した播種技術の構築															
目的	豆類は生育初期の湿害が後の生育まで影響するため、コンバイン収穫を前提とした不耕起栽培（平畝）では速やかな発芽、苗立、生育確保が重要となる。昨年度、湿害条件で大豆種子へのモリブデン及び薬剤処理により発芽率の向上に有望な結果が得られ、本年度は効果の年次間差を検証すると同時に、小豆にも応用して豆類への発芽率や初期生育の向上効果、増収効果を検証する。															
担当者名	來田 康男															
<p>1. 試験場所 兵庫県立農林水産技術総合センター農業技術センター場内圃場</p> <p>2. 試験方法</p> <p>試験 I 大豆種子へのモリブデン及び薬剤処理の効果の年次間差の検証（ほ場試験）</p> <p>不耕起播種において、モリブデン付加（Mo 付加）と薬剤処理播種とを組み合わせた時の大豆種子の出芽、生育、収量への影響への年次間差を検討する。</p> <p>（1）試験区</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>種子処理</th> <th colspan="2">ほ場飽水処理</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>無処理</td> <td>無</td> <td>有</td> </tr> <tr> <td>Mo 付加</td> <td>〃</td> <td>〃</td> </tr> <tr> <td>薬剤処理</td> <td>〃</td> <td>〃</td> </tr> <tr> <td>Mo+薬剤処理</td> <td>〃</td> <td>〃</td> </tr> </tbody> </table> <p>（2）方法</p> <p>○ほ場飽水処理：播種直後に水尻を止め、水口から田面が水没する程度給水、3時間後排水</p> <p>○Mo 付加：種子 1kg 当たり <math>\text{MoO}_3</math>14.4g、PVA0.144g、水 21.82g をよく混和して、袋の中の種子に掛け、衝撃を与えないよう満遍なく混ぜた後、風乾</p> <p>○薬剤処理：チアメトキサム・フルジオキシニル・メタラキシル M 水和剤を種子 1kg 当たり 8ml 塗沫</p> <p>○Mo+薬剤処理：種子 1kg 当たり <math>\text{MoO}_3</math>14.4g、PVA0.144g、チアメトキサム・フルジオキシニル・メタラキシル M 水和剤 8ml、水 21.82g をよく混和して、袋の中の種子に掛け、衝撃を与えないよう満遍なく混ぜた後、風乾</p> <p>（3）試験規模 1区 200 m<sup>2</sup>・4 反復</p> <p>（4）圃場条件 水田転換畑 供試機械 トラクターKT-300（K社）、不耕起播種機（M社） コンバイン GS400-GCWES（Y社）</p> <p>（5）耕種概要 品 種 サチユタカ 栽培様式 不耕起播種（条間 30cm×株間 15cm、6 条播）、播種量 7.5kg/10a 播種日：6月30日、収穫日：11月12日</p> <p>（6）調査項目 出芽率：播種後 14 日目の 2m 間の出芽数から計算、子葉展開を出芽とした生育・収量：主茎長、最下着莢高、主茎節数、分枝数、莢数、収穫全重、粗子実重、精子実重、百粒重 コンバイン調査：作業時間</p>		種子処理	ほ場飽水処理		無処理	無	有	Mo 付加	〃	〃	薬剤処理	〃	〃	Mo+薬剤処理	〃	〃
種子処理	ほ場飽水処理															
無処理	無	有														
Mo 付加	〃	〃														
薬剤処理	〃	〃														
Mo+薬剤処理	〃	〃														

## 試験Ⅱ 小豆種子へのモリブデン付加及び薬剤処理が出芽向上に及ぼす効果（ほ場試験）

不耕起播種において、モリブデン付加（Mo 付加）と薬剤処理播種とを組み合わせた時の小豆種子の出芽、生育、収量への影響への影響を検討する。

### （1）試験区

種子処理	ほ場飽水処理
無処理	有
Mo 付加	〃
薬剤処理	〃
Mo+薬剤処理	〃

### （2）方法

○ほ場飽水処理：播種直後に水尻を止め、水口から田面が水没する程度給水、3 時間後排水

○Mo 付加：種子 1kg 当たり  $\text{MoO}_3$ 14.4g、PVA0.144g、水 21.82g をよく混和して、袋の中の種子に掛け、衝撃を与えないよう満遍なく混ぜた後、風乾

○薬剤処理：チアメトキサム・フルジオキシニル・メタラキシル M 水和剤を種子 1kg 当たり 8ml 塗沫

○Mo+薬剤処理：種子 1kg 当たり  $\text{MoO}_3$ 14.4g、PVA0.144g、チアメトキサム・フルジオキシニル・メタラキシル M 水和剤 8ml、水 21.82g をよく混和して、袋の中の種子に掛け、衝撃を与えないよう満遍なく混ぜた後、風乾

（3）試験規模 1 区 200  $\text{m}^2$ ・4 反復

（4）圃場条件 水田転換畑

供試機械 トラクターKT-300（K社）、不耕起播種機（M社）  
コンバイン GS400-GCWES（Y社）

（5）耕種概要 品 種 丹波大納言

栽培様式 不耕起播種（条間 30cm×株間 18cm、6 条播）、播種量 6.0kg/10a  
播種日：8 月 3 日、収穫日：11 月 30 日

（6）調査項目 出芽率：播種後 11 日目の 2m 間の出芽数から計算、子葉展開を出芽とした  
生育・収量：主茎長、最下着莢高、主茎節数、分枝数、莢数、収穫全重、粗子実重、精子実重、百粒重

## 試験Ⅲ 過湿条件でのモリブデン付加播種が発芽に及ぼす影響（ポット試験）

過湿条件においてモリブデン付加播種が大豆種子の発芽へ及ぼす影響を検討する。

### （1）試験区

（ア）土壌水分 底面給水量：トレイ当たり 4.50

（イ）土壌 pH 4.3・5.5・6.4（底面給水に McIlvaine 氏緩衝液（クエン酸－リン酸緩衝液）を全量使用）（給水前に pH を測定確認）

（ウ）種子処理 無処理、Mo 付加

Mo 付加処理（試験Ⅰと同じ方法で処理）

### （2）発芽試験方法

①ポット（底部の直径 4cm、頂部の直径 6cm、高さ 10cm）に用土（市販のバーミキュライト）を 300ml 詰める、②播種、覆土、③トレイ（短辺 24cm、長辺 40cm、高さ 12cm）にポットを 5 個設置、④底面給水、⑤25℃・照光条件で管理

（3）供試種子 品種：サチユタカ

（4）試験規模・反復 20 粒/ポット・5 反復

（5）調査項目 播種後 7 日目の発芽率（子葉展開を発芽とした）

### 3. 試験結果

#### 試験Ⅰ ほ場試験（大豆）

- ①種子への処理は、薬剤処理は方法が簡便で塗抹も均一に行えたが、Mo 付加、Mo+薬剤処理は種子への均一混和が難しく、処理後に一部が剥皮し、改善の余地があると考えられた（観察）。
- ②無処理の種子は出芽率が 66~67%であった（第 1 図）。それに対し、Mo 付加、薬剤処理、Mo+薬剤処理で出芽率が向上し、有意差が認められた（第 1 図）。種子処理区間の差は飽水無処理ほ場では見られなかったが（第 1 図）、飽水処理ほ場では Mo+薬剤処理が他の処理区よりも発芽率が有意に向上した（第 1 図）。
- ③昨年のもも考慮した 2ヶ年平均の発芽率では、飽水無処理ほ場では無処理に対して種子処理区では 16~21%の向上が見られたものの種子処理区間の差は無かった（第 1 表）。それに対し、飽水無処理ほ場では、無処理に対して Mo 付加、薬剤処理で 18~21%、Mo+薬剤処理で 28%の向上が見られ、湿害条件での Mo+薬剤処理の発芽率向上効果が高かった（第 1 表）。
- ④ほ場での生育は種子無処理に対して、Mo 付加、薬剤処理、Mo+薬剤処理が優り、主茎長、主茎節数、分枝数、莢数については有意差が認められた（第 2 表、第 3 表）。この結果、全重、粗子実重、精子実重とも種子無処理に対して、処理区が優る傾向にあった（第 2 表、第 3 表）。登熟期の虫害により区間差が大きくなり、有意差は認められなかった。粒大（百粒重）は 40g 前後と昨年より大きくなったが、明確な区間差は認められなかった（第 2 表、第 3 表）。
- ⑤昨年のもも考慮した 2ヶ年平均の収量（粗子実重）では、収量比は飽水無処理ほ場、飽水処理ほ場とも、無処理<Mo 付加、薬剤処理<Mo+薬剤処理の順となり、湿害条件の有無に関わらず、Mo+薬剤処理の収量向上効果が高かった（第 4 表）。
- ⑥コンバイン収穫による作業性（10a 当作業時間）は、何れのほ場とも無処理の雑草が多く、若干作業時間が掛かる傾向にあったが、種子処理による区間差は認められなかった（第 5 表）。

#### 試験Ⅱ ほ場試験（小豆）

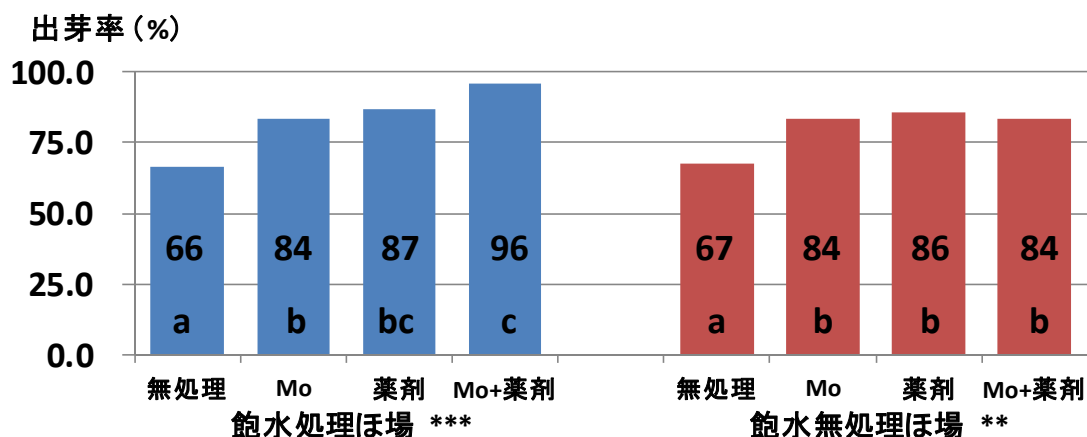
- ①種子への処理は、薬剤処理は塗抹が均一に行えたが、Mo 付加、Mo+薬剤処理は種子への均一混和が大豆よりもさらに難しく、改善の余地があると考えられた（観察）。
- ②ほ場処理は飽水無処理区のみ実施した（ほ場が一筆しか確保出来なかったが、本研究の主要テーマが湿害条件での Mo 付加の有効性の確認であり、それを重視したため）。無処理の種子は出芽率が 62%であった（第 2 図）。それに対し、種子処理で出芽率が向上し、Mo+薬剤処理では有意差が認められた（第 2 図）。ただし、有意水準が 10%と低かった。
- ③ほ場での生育は種子無処理に対して、Mo 付加、薬剤処理、Mo+薬剤処理が優り、主茎長、莢数については有意差が認められた（第 6 表）。種子処理区の中では Mo 付加単独よりも、薬剤処理、Mo+薬剤処理が優る傾向にあった。この結果、全重、粗子実重、精子実重とも種子無処理に対して、処理区が優り、精子実重では、薬剤処理、Mo+薬剤処理が無処理に対して有意に優った（第 6 表）。粒大（百粒重）は明確な区間差は認められなかった（第 6 表）。

#### 試験Ⅲ ポット試験（大豆）

- ①湿害条件での、Mo 付加、薬剤の効果を見るため、底面給水量を 4.5 l に増やして検討した。さらに、低 pH ほ場で水溶性モリブデン濃度が低下して、生育、収量が減少するとの知見があり（坪内ら 2010、浜口ら 2013）、低 pH で生じる Mo 不足の改善を期待して、低 pH 条件での種子無処理と Mo 付加の差異を検討した。その結果、pH が 6.4→5.5→4.3 と低下するにつれて、無処理の発芽率も 59%→47%→38%と低下した（第 7 表）。それに対し、Mo 付加の発芽率では 64%→59%→54%と向上する傾向にあった（第 7 表）。

4. 主要成果の具体的データ

試験 I ほ場試験 (大豆)



第1図 Mo及び薬剤が大豆の出芽率に及ぼす影響(2015 播種後14日目)

注) 異符号間は5%水準有意を示す。\*\*\*は0.1%、\*\*は1%、\*は5%水準有意を示す。

第1表. 飽水処理の有無と発芽率(2014~2015 2ヶ年平均)

	種子処理			
	無処理	Mo	薬剤	Mo+薬剤
飽水無処理ほ場	70	87	91	86
無処理との差	0	17	21	16
飽水処理ほ場	60	78	81	88
無処理との差	0	18	21	28

第2表. モリブデン付加及び薬剤処理が生育・収量に及ぼす影響(2015 大豆: 飽水処理ほ場)

試験区	主茎長 (cm)	最下着莢高 (cm)	主茎節数 (節/株)	分枝数 (個/株)	莢数 (個/株)	収穫全重 (kg/10a)	粗子実重 (kg/10a)	精子実重 (kg/10a)	同左無処理比 (%)	百粒重 (g)
無処理	37 <sup>a</sup>	12.9	11.5 <sup>a</sup>	1.7 <sup>a</sup>	24.6 <sup>a</sup>	617	334	295	100	39.8
Mo	42 <sup>ab</sup>	13.6	13.1 <sup>b</sup>	2.9 <sup>b</sup>	41.6 <sup>b</sup>	700	356	316	107	40.4
薬剤	45 <sup>b</sup>	11.9	13.5 <sup>b</sup>	3.1 <sup>b</sup>	40.7 <sup>b</sup>	770	421	391	133	41.2
Mo+薬剤	42 <sup>ab</sup>	11.6	13.0 <sup>b</sup>	3.4 <sup>b</sup>	46.5 <sup>b</sup>	818	427	386	131	41.5

注1) 収穫全重、粗子実重、百粒重とも水分15%に換算した。

2) 異符号間は5%水準有意を示す。

第3表. モリブデン付加及び薬剤処理が生育・収量に及ぼす影響(2015大豆: 飽水無処理ほ場)

試験区	主茎長 (cm)	最下着莢高 (cm)	主茎節数 (節/株)	分枝数 (個/株)	莢数 (個/株)	収穫全重 (kg/10a)	粗子実重 (kg/10a)	精子実重 (kg/10a)	同左無処理比 (%)	百粒重 (g)
無処理	35 <sup>ab</sup>	14.7	12.3 <sup>a</sup>	1.7	20.1 <sup>a</sup>	450	229	207	100	41.7
Mo	39 <sup>b</sup>	15.0	13.0 <sup>ab</sup>	2.0	26.9 <sup>b</sup>	558	303	287	139	43.7
薬剤	42 <sup>b</sup>	14.7	13.8 <sup>b</sup>	1.7	28.9 <sup>b</sup>	591	327	307	148	41.2
Mo+薬剤	32 <sup>a</sup>	12.4	12.0 <sup>a</sup>	2.0	29.5 <sup>b</sup>	547	313	288	139	39.4

注1) 収穫全重、粗子実重、百粒重とも水分15%に換算した。

2) 異符号間は5%水準有意を示す。

第4表. 飽水処理の有無と粗子実重(2014~2015 2ヶ年平均)

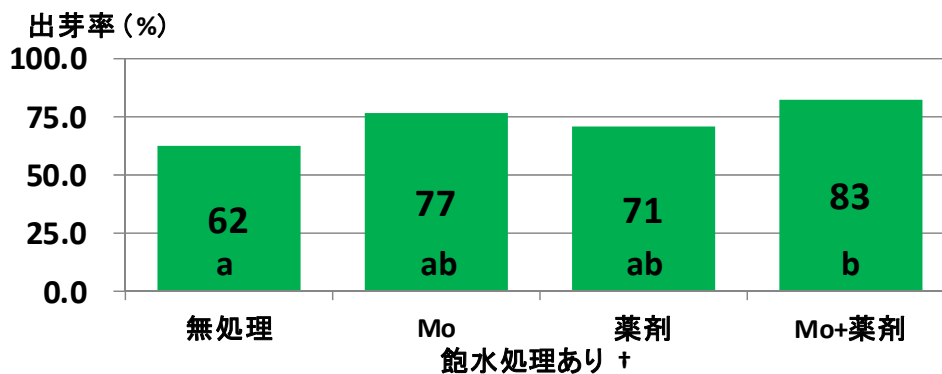
	種子処理			
	無処理	Mo	薬剤	Mo+薬剤
飽水無処理ほ場	248	356	353	386
無処理比 (%)	100	143	142	155
飽水処理ほ場	329	374	408	440
無処理比 (%)	100	114	124	134

第5表. 機械性能調査(コンバイン)(2015 大豆)

ほ場	試験区	群落調査			作業時間 (min/10a)
		草丈 (cm)	傾斜角度 (°)	子実水分 (%)	
飽水 処理	無処理				11.6
	Mo	50	3	14.0	10.6
	薬剤				9.3
	Mo+薬剤				9.8
無処理	10.1				
飽水 無処理	Mo	62	5	14.0	8.9
	薬剤				9.5
	Mo+薬剤				8.5
	無処理				9.5

注) 作業時間は40m間の作業時間を面積換算した(旋回、空走時間含まず)。

試験Ⅱ ほ場試験 (小豆)



第2図 Mo及び薬剤が小豆の出芽率に及ぼす影響(2015 播種後11日目)

注) アルファベット異符号間は5%水準有意を示す。†は10%水準有意を示す。

第6表. モリブデン付加及び薬剤処理が生育・収量に及ぼす影響(2015 小豆: 飽水処理ほ場)

試験区	主茎長 (cm)	最下着莢高 (cm)	主茎節数 (節/株)	分枝数 (個/株)	莢数 (個/株)	収穫全重 (kg/10a)	粗子実重 (kg/10a)	精子実重 (kg/10a)	同左無処理比 (%)	百粒重 (g)
無処理	32 <sup>a</sup>	19.1 <sup>a</sup>	10.5	0.7	6.4 <sup>a</sup>	207 <sup>a</sup>	134 <sup>a</sup>	119 <sup>a</sup>	100	22.4
Mo	41 <sup>b</sup>	21.9 <sup>a</sup>	10.9	1.6	10.2 <sup>b</sup>	343 <sup>b</sup>	225 <sup>b</sup>	203 <sup>ab</sup>	171	23.6
薬剤	51 <sup>c</sup>	25.3 <sup>b</sup>	11.9	1.4	12.7 <sup>c</sup>	393 <sup>bc</sup>	259 <sup>bc</sup>	224 <sup>b</sup>	188	22.5
Mo+薬剤	43 <sup>bc</sup>	21.3 <sup>a</sup>	11.8	2.0	13.2 <sup>c</sup>	476 <sup>c</sup>	325 <sup>c</sup>	296 <sup>b</sup>	245	23.4

注1) 収穫全重、粗子実重、百粒重とも水分15%に換算した。

2) 異符号間は5%水準有意を示す。

試験Ⅲ ポット試験（大豆）

第7表. 大豆種子への発芽率に及ぼすMo粉衣の有無とpHの影響

底面給水のpH	種子へのMo粉衣	給水量 (ℓ/トレイ)	発芽率 (%) (播種後7日目)	C.V.
6.4	無	4.5	59 b	22.7
	有	4.5	64 b	16.9
5.5	無	4.5	47ab	24.5
	有	4.5	59 b	16.3
4.3	無	4.5	38 a	37.9
	有	4.5	54ab	29.6

注1)子葉展開を以て発芽とした。

2)異なるアルファベット間は5%水準有意を示す。

5. 考察

試験Ⅰ ほ場試験（大豆）

○Mo 付加が出芽に及ぼす影響

飽水処理ほ場、飽水無処理ほ場とも Mo 付加が種子無処理より有意に出芽率が増加したことから(第1図)、Mo 付加による単独の出芽向上効果は認められる。ただし、Mo 付加の出芽率は薬剤処理の出芽率と同等であり(第1図)、既存薬剤を超える効果はないと考えられる。これらの傾向は昨年も同様であった。

2カ年平均では、飽水処理ほ場における無処理に対する出芽率向上効果は、Mo+薬剤処理が最も高くなり(第1表)、湿害条件では Mo 付加、薬剤処理の組み合わせが、出芽率向上により有効と考えられる。Mo は生育や根粒菌の活性に関わる微量元素であり、薬剤は生育阻害や枯死の原因となる土壌病原菌の殺菌剤、と基本的作用が異なっており、両者の併用により追加的、相乗的に働くことが考えられる。

○Mo 付加が生育・収量に及ぼす影響

主茎長、莢数、分枝数、全重、粗子実重、精子実重は飽水処理ほ場、飽水無処理ほ場とも、種子無処理に対して何れの種子処理とも増加し、生育では有意差が認められた(第2表、第3表)。2ヶ年平均の収量(粗子実重)では、収量比は、無処理<Mo 付加、薬剤処理<Mo+薬剤処理の順となり、湿害条件の有無に関わらず、Mo+薬剤処理の収量向上効果が高かった(第4表)。

大豆は播種後の湿害で発芽率が減少して欠株となり、また初期生育が遅延して生育量が不足して減収する。さらに、湿害時は酸素不足となっており、初期の影響が生育、収量に及ぶ知見もある(農研センター 1996 他)。これらのことが起きやすい湿害条件下でも、種子への Mo 付加や薬剤処理によって発芽率が向上し(第1図)、また初期生育が確保されることで、生育、収量の増加に結びつき(第2表)、さらにその効果は作用機作の異なる Mo 付加と薬剤処理の併用で一層高まると考えられる(第4表)。

なお、無飽水処理ほ場でも同様の結果が得られていることから(第1図、第3表)、湿害条件で無くとも、Mo 付加や薬剤処理は生育、収量の確保に有望であり、Mo 付加と薬剤処理の併用で効果が一層高まると考えられる(第4表)。

試験Ⅱ ほ場試験（小豆）

○Mo 付加が出芽に及ぼす影響

出芽率は、種子無処理に対して、Mo 付加や薬剤処理により増加傾向にあり、Mo+薬剤処理では有意に増加した(第2図)。ただし、大豆より有意水準は低かった。大豆に比べて小

豆は表皮が硬く、吸水しにくく、表面の摩擦係数も小さく滑らかなため、Mo が付加しにくく、初期の出芽率に向上効果が反映されにくいと考えられる。

#### ○Mo 付加が生育・収量に及ぼす影響

主莖長、莢数、全重、粗子実重、精子実重は、種子無処理に対して、何れの処理増加も傾向にあり、種子処理による収量向上の有効性が概ね認められる（第 6 表）。しかしながら、詳細にみると、莢数では無処理に対して、Mo 付加が有意に増加しているものの、薬剤処理、Mo+薬剤処理がさらに有意に増加しており、処理区間で差がみられる（第 6 表）。また、精子実重は無処理に対して何れの処理区でも増加しているが、薬剤処理、Mo+薬剤処理で有意差がみられる（第 6 表）。これらの結果は、小豆に関しては Mo 付加単独でも収量向上効果があるが、薬剤処理の方が効果が高いことを示すと考えられる。この一因としては、上記のように小豆への Mo の付加しにくさが影響していると考えられる。

全体としては、Mo+薬剤処理の増収効果が最も高く（第 6 表）、この理由としては大豆同様に、Mo は生育や根粒菌の活性に関わる微量元素として作用し、薬剤は生育阻害や枯死の原因となる土壌病原菌の殺菌剤として作用し、両者の併用により追加的、相乗的に働くためと考えられる。

#### 試験Ⅲ ポット試験（大豆）

大豆の最適 pH に最も近いと思われる pH 6.4 の条件でも、種子無処理の発芽率は 59% であり、また各処理区の変動係数は 16.3~37.9% と大きかった（第 7 表）。これは、底面給水量を 4.5l と増やし（昨年までの結果では発芽に最適な底面給水量は 2.0~3.0l）、湿害条件を再現しているため、発芽率が低く、発芽のばらつきも大きくなったと考えられる。

そのような条件下で、pH が 5.5、4.3 と低下するにつれて、無処理の発芽率も 47%、38% とさらに低下した（第 7 表）。大豆は酸性土壌で発芽や生育が不良となることが、知られており、湿害に加え、pH 低下により発芽率低下が助長されたためと考えられる。

それに対して、Mo 付加の発芽率も pH が 6.4→5.5→4.3 と低下するにつれて、64%→59%→54% と低下し（第 7 表）、無処理同様、pH 低下による発芽障害を生じていると考えられるが、同じ pH で比較すると、無処理に比べて増加傾向みられた（第 7 表）。昨年は、湿害条件で Mo+薬剤処理により発芽率向上が認められる場合があったが、本年は湿害条件に加え、低 pH 条件においても、大豆の発芽における Mo 付加の有用性を示唆すると考えられる。ただし、Mo 付加と無処理しか比較していないこと、まだ事例数も少ないことから、詳細なメカニズム解明については今後の課題である。

## 6. 利用機械評価

何れの種子処理とも無処理に比べて大豆コンバイン収穫の支障となる草姿の変化は見られず（第 2 表、第 3 表）、コンバイン収穫に当たって作業上の支障も無かった（第 5 表）。昨年も同様な結果を得た。したがって、トラクター KT-300（K 社）と不耕起播種機（M 社）による播種、コンバイン GS400-GCWES（Y 社）をモデルとする機械化栽培体系において、種子への Mo 付加や Mo 付加と薬剤処理との併用による技術上の問題はないと考えられる。

## 7. 問題点と次年度以降の計画

### 問題点

- ①モリブデン付加方法の簡便化（生産者がより実践しやすい方法）と安定化（付加程度の均一化、付加時の剥皮粒・割れ粒の減少）
- ②モリブデンが予め混和された薬剤の開発と登録（付加処理の技術的差異による効果のばらつきが少なくなる）
- ③モリブデンの作用機作解明（効果ありという結果が先行している。如何にして、また

どの様な時に効くかを解明することで、処理方法の能率化と効果の安定化が図れる)  
次年度以降の計画

豆類での効果の年次間差の確認（平成 28 年度新稲作研究会課題に応募、採択内定）

#### 8. 参考写真



写真 1 大豆播種作業

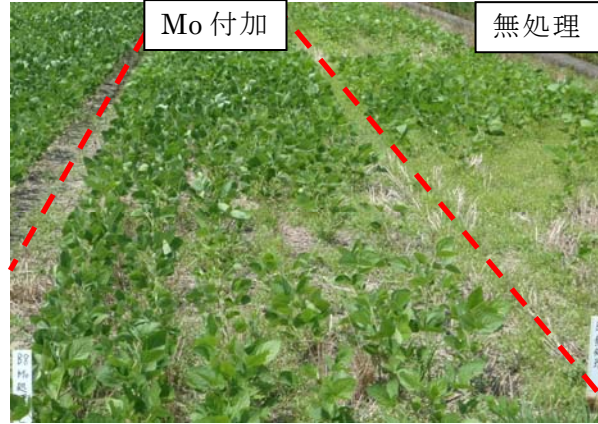


写真 2 大豆試験区（8月上旬）



写真 3 小豆飽水処理



写真 4 小豆出芽状況（播種後 11 日目）