

転換畑におけるダイズのマンガン欠乏について

三宅 信・岩崎秀穂

I 緒 言

水田再編対策も第Ⅱ期に入り、栃木県の水田転作面積は 27,000 haに達した。転作作物のうち本県としても麦、大豆の作付体系を奨め、大豆の作付面積も年々増加して2,200 haにおよび、今後更に増加するとみられている。

このように転換畑の大豆栽培の増加のなかで、1980年作大豆に黄化葉が各地に発生し、検討の結果 Mn欠乏であることが判明した。従来本県における Mn欠乏は、pHの高い畑の陸稲で局部的に Fe・Mn 欠乏症状が発生する程度で、問題とはなっていない。まして転換畑において Mn欠乏が確認されたのは、今回が最初で、栃木県の水田土壌の特徴と考え合せ、転換畑における Mnについては、今後更に検討を要するものと考えられるので、ここにダイズの Mn欠乏について報告する。

II 黄化葉発生の実態調査

1. 調査方法

1980年8月9日、黄化葉の発生した農試場内及び現地の転換畑ほ場から、被害大豆及びその直下の作土を採取し、分析を行った。これと対比する意味で、黄化葉が発生していない最寄り

のは場、又は同一ほ場内の黄化葉が発生していない部分の大豆とその直下の土壌を採取し、健全ほとして表示した。更に場内の湿田で、暗きよ施工を行ったため排水が改良された転換畑と、未施工で湿害のために大豆の葉全体が黄化している転換畑を対照として選んだ。

作物体の分析は硝酸・過塩素酸による湿式灰化後、原子吸光光度法により測定した³⁾。土壌の置換性塩基は、セミマイクロ Schollenberger 法で、易還元性 Mn は 0.2% ハイドロキノロン含有 pH 7 の 1 規定酢安浸出液について、原子吸光光度法により測定した³⁾。

調査対象ほ場の場所及び土壌は、第1表のとおりである。採取された大豆の品種はタチズナリである。

2. 調査結果

1) 黄化葉の発生状況

発生したほ場はビール麦跡で、過湿のおそれのない乾田である。調査時点の生育は 8~10葉で、上位葉 3 枚を残して中、下位葉の葉脈間が黄化した。場内の発生状況をみると、4、5 葉期から下位葉の葉脈間がまず淡緑化し、次第に黄化した。更に葉数が増えるにしたがい上位葉にも広がり、上位葉 2、3 枚を残して黄化し、

第1表 調査ほ場の条件

地点名	場 所	土 壌 の 種 類	畑転換の回数	健全株の採取ほ場
石那田	宇都宮市篠井町石那田	厚層多腐植質黒ボク土猪倉統	畑転換初年日	近隣のほ場
占 田	河内郡河内町吉田	厚層多腐植質黒ボク土猪倉統	畑転換初年日	同一ほ場内
下平出	宇都宮市下平出町	灰色低地土下層黒ボク高崎統	2年休閑大豆初作	近隣のほ場
場 内	宇都宮市瓦谷町	表層多腐植質多湿黒ボク土三輪統	畑転換2年日	同一ほ場内
対 照	宇都宮市瓦谷町	厚層多腐植質黒ボクグライ土蓼地統	畑転換初年日	排水処理の有無

下位葉は黄化が著しく、最大茎葉繁茂期を待たずに落葉し、最大茎葉繁茂期には上位葉2～4枚が残る程度であった。又同一一場内でも発生は不均一で、症状の顕著な部分と、症状の発生しない部分がみられた。

これに対して対照の排水不良区は、常時地下水位が10～20cmの範囲にあり、生育量が劣り、葉色も上位2、3葉が緑色のほかは黄緑色を呈していた。しかも一枚の葉全体が一様に黄緑色で、前記の黄化症状とは明らかに異なるものである。

大豆の抜取調査結果を第2表に示した。健全株に比較して地上部も葉数も少なかった。根は症状が著しい株ほど根量が少なく、新根の発生も劣るが、根量に対する割合で見ると、根粒の着生状況には差がみられなかった。又シストセンチュウの附着は、無ないし僅かにみられる程度であった。

2) 土壌の化学性

健全ほに比較して、障害発生ほの pH は高く 6.5 以上で、置換性CaOが多い傾向を示している。置換性 Fe は土壌による差は小さかった。置換性 Mn は健全ほで 3ppm 以上であるのに比較して、障害ほでは 1～3ppm であった。易還元性 Mn は、対照ほで 200ppm と高含量であるのに対し、他のほ場はいずれも低く、特に障害ほでは 6～32ppm と著しく低かった。

3) 大豆の養分含量

ダイズは葉位の中央から上位葉と下位葉に分けて分析したが、傾向は類似していたため、下位葉の分析値を表示した。最も明瞭なのは Mn で、障害株は 14ppm 以下であったのに対し、健全株は 21ppm 以上で、特に対照では高い値であった。Fe 含量には差がなかったため、Fe・Mn 比は健全株は 10 以下であるのに、障害株は 10 以上を示した。CaO は障害株でやや低く、MgO 及び K₂O は差がないため、CaO・MgO 比は障害株が低かった。細根の Mn 含量は、健全株と障害

第2表 大豆の生育状況

項 目	石 那 田		古 田		下 平 出		場 内		対 照	
	健全	障害	健全	障害	健全	障害	健全	障害	掛水良	排水不良
生体重 g / 本	83	81	88	59	100	45	108	44	77	43
葉 数 枚	9.0	8.7	10.3	9.2	8.8	7.7	10.7	7.8	8.5	7.9
根 重 g / 本	2.5	2.6	4.6	1.6	2.9	2.0	4.7	2.5	3.6	1.3
根 粒 大きさ	大	極大	中	大	大	大	中	中	大	大
根 粒 数	少	少	中	中	多	多	多	中	中	少

第3表 土壌の化学性 (乾土当り)

項 目	石 那 田		古 田		下 平 出		場 内		対 照	
	健全	障害	健全	障害	健全	障害	健全	障害	排水良	排水不良
pH	H ₂ O (1 : 2.5)	6.7	6.8	6.2	6.5	6.2	6.8	6.4	6.6	6.5
	KCl (1 : 2.5)	5.6	5.7	5.2	5.4	5.1	5.8	5.6	5.6	6.0
	CaO mg / 100 g	770	910	434	455	322	473	546	490	630
置換性	MgO "	240	144	57	100	49	107	160	127	105
	K ₂ O "	29	17	15	20	52	44	82	47	14
	Fe ppm	6	4	4	4	3	4	4	4	1
	Mn "	3	1	1	1	2	1	8	3	18
易還元性 Mn	"	48	32	10	6	6	6	29	12	205

第4表 大豆の養分含量 (乾物当り)

項 目	石 那 田		古 田		下 平 出		場 内		対 照	
	健全	障害	健全	障害	健全	障害	健全	障害	排水良	排水不良
CaO %	2.30	1.40	1.75	1.68	1.50	1.32	2.15	1.64	2.15	1.83
MgO "	0.63	0.50	0.43	0.42	0.43	0.49	0.95	0.88	0.85	0.68
K ₂ O "	1.19	1.24	1.36	1.30	1.48	1.46	3.63	3.92	2.55	2.23
CaO / MgO	3.7	2.8	4.1	4.0	3.5	2.7	2.3	1.9	2.5	2.7
K ₂ O / MgO	1.9	2.5	3.2	3.1	3.4	3.0	3.8	4.5	3.0	3.3
Fe ppm	155	230	251	217	160	186	158	158	167	143
Mn "	32	10	27	9	27	8	21	14	45	59
Fe / Mn	4.8	23.0	9.3	24.1	5.9	23.3	7.5	11.3	3.7	2.4
Fe ppm	475	743	660	840	398	892	325	653	2,290	2,065
Mn "	11	10	9	13	7	11	7	7	94	102
Fe / Mn	43	74	73	65	57	81	46	93	24	20

株間の差が判然とせず、むしろ障害株が高い場合もみられた。しかしFe含量は障害株が高く、したがってFe・Mn比は明らかに障害株が高くなっていた。又対照はFe及びMnとも顕著に高く、Fe・Mn比は低かった。

Ⅲ ポット栽培による再現試験

1. 試験方法

Ⅱの実態調査における場内は場の土壌を用いて、5,000分の1 aポットに乾土1.85kg相当量

をつめた。処理は麦わら施用(30g)の有無、消石灰(6.7g)と硫黄(1g)の有無及び土壌水分の多(湿潤状態)少(畑状態)の組せとした。更に麦わらと消石灰を施用したポットにFe(硫酸鉄0.33g)、Mn(硫酸マンガ ン0.67g)、Fe・Mn併用(前記量施用)及びEDTA(EDTAナトリウム0.2g)の土壌施用区を設けた。供試品種はタチスズナリで、1980年9月20日には種し、5葉期の11月21日に抜取り、分析した。

2. 試験結果

第5表 土壌の化学性及び大豆の生育、養分含量 (平均値)

処 理	土 壌 の 化 学 性			生 育 状 況 g / Pot			大 豆 の Fe・Mn 含 量 ppm					
	pH	易還元性		黄化葉の発生	地上部重	根重	葉 身			細 根		
		H ₂ O	KCl				性 Mn	Fe	Mn	Fe/Mn	Fe	Mn
石 灰 施 用	6.4	5.5	17	+	30.5	1.7	164	15	10.9	2,372	23	103
無 施 用	5.6	4.8	17	+	31.0	1.6	153	48	3.2	2,037	44	46
硫 黄 施 用	5.1	4.5	19	-	24.8	1.4	156	108	1.4	1,560	125	12
麦 わ ら 施 用	5.7	4.9	18		27.1	1.6	160	56	2.9	1,952	59	33
麦 わ ら 無 施 用	5.7	4.9	18		30.4	1.5	154	58	2.7	2,027	69	29
多 水 分	5.7	4.9	18		33.0	1.8	169	50	3.4	1,466	57	26
少 水 分	5.7	4.9	18		24.5	1.4	146	64	2.3	2,513	70	36
Fe 区	6.3	5.5	16		23.5	1.4	178	20	8.9	1,579	28	56
Mn 区	6.2	5.6	81	+	32.8	1.8	177	58	3.1	3,334	109	31
Fe・Mn 区	6.2	5.5	45	+	30.0	2.2	156	64	2.4	3,412	130	26
EDTA 区	6.3	5.7	14		19.5	0.9	171	10	17.1	2,271	35	65

注. 黄化葉の発生程度 - 発生せず + 発生が認められる ++ 明瞭 +++ 激甚

1) 生育状況

4 葉期から消石灰施用系列はすべて黄化葉が発生し、硫黄施用系列及び無施用系列は発生せず、pHの影響は顕著であった。土壤水分の影響は消石灰施用の場合、少水分より多水分の方が黄化の程度が判然としているようである。麦わらの影響は明らかでなかった。

Fe 施用により生育は抑制され、黄化葉の発生程度に差はないのに比べ、Mn区及び Fe・Mn 区の生育はよく、葉色は濃緑で、消石灰を施用したにもかかわらず全く黄化葉は発生しなかった。EDTA区は黄化葉が最も顕著に発生し、生育も最も劣った。

2) 土壤の分析結果

消石灰施用により pH は 6.4 前後に、無施用区は 5.6 前後に、硫黄施用により 5.1 前後に変化した。易還元性 Mn には大きな変化はみられなかった。Mn 施用により易還元性 Mn が顕著に増加したが、EDTA区では減少していた。

3) 大豆の Fe・Mn 含量

消石灰施用により、葉身、細根とも Fe 含量が高まる反面 Mn が著しく低下し、Fe・Mn 比は顕著に高くなった。硫黄施用により細根中の Fe 含量は減少し、葉身と細根の Mn は明らかに高まった。麦わら施用によって細根の Mn が低下する傾向がみられたが、葉身では判然とせず、又 Fe は葉身、細根とも明瞭でなかった。土壤水分の影響は細根の Fe 含量に最もよくあらわれ、多水分でむしろ低かった。Mn 含量は葉身、細根ともやや低下した。又細根の Fe・Mn 比も Fe 含量が低下するため、低下していた。

消石灰施用系列に比べて、Fe区は細根の Fe が低下し Mn が僅かに高まった。Mn 区及び Fe・Mn 区は葉身、細根とも Mn 含量が顕著に高まり、根では Fe も著しく高まる傾向がみられ、特に少水分系列でその傾向が著しかった。又 Fe・Mn 区は Mn 区に比較して、Mn 含量が僅かに高まることが認められた。EDTA区は特に葉身中の Mn の低下

が著しく、Fe・Mn 比は処理区中最高であった。

このようにポット試験でも黄化葉が再現できた。要因としては土壤の pH の影響が最も大きく、高 pH で、大豆の Mn 含量が低下し、黄化葉が発生すること、更に Mn を施用すれば健全な生育を示すことが判明した。

IV 葉面散布による確認試験

類似した大豆の黄化現象を引起すおそれのある他の要素欠乏として、Mg, Fe 及び Zn が考えられるため、これらとの区別のために葉面散布による確認を行った。

1. 試験方法

II の調査を行った場内ほ場で、数種の試薬の葉面散布を行い、黄化葉の治ゆ効果を確認した。使用した試薬及び濃度は、硫酸マンガン 0.2%、硫酸第一鉄 0.2%、硫酸亜鉛 0.3% 及び硫酸マグネシウム 1% である。

2. 試験結果

第 6 表のとおり、Mn を散布した区のみ治ゆ効果が認められ、他の元素では何ら変化が認められなかった。

第 6 表 葉面散布の効果

処 理	黄化葉の治ゆ効果
Mn	+
Fe	-
Zn	-
Mg	-
Fe・Mn	+
Mn・Zn	+

注. +効果あり -効果なし

V 考 察

この黄化現象は下葉から発生し葉脈間がクロロシスをおこすことから、Mg 欠乏によく類似している。しかし土壤中の置換性 MgO は多く、CaO・MgO 比及び K₂O・MgO 比をみても、Mg 欠乏を引起すおそれはなく、健全と障害土壤の間にも一定の関係はみられない。更に大豆葉中の含量をみても、障害の発生していない大豆

の成績⁴⁾との比較及び健全株と障害株との比較でも、Mg 欠乏ではない。大豆のK欠乏は葉緑からクロロシスをおこし、本症状と区別できる。又土壌及び葉中のK₂O含量からも、K欠乏とは明らかに異なるものである。

Mnは葉緑素の成分ではないが、これを欠くと葉緑体の生成発育が不完全となり、光合成がおとろえ、葉が黄化する。葉の黄化が上葉にあらわれるか、下葉にあらわれるかは植物によって異なる⁶⁾。多くの作物は上葉から発生するが、藤原¹⁾の報告では大豆は下葉から黄化しており、発生状況は今回の調査事例と一致している。更にその時の土壌は健全土壌に比較して全Mnには差がないが、置換性Mnは4ppm以下と少なく、反応は中性に近かったとしている。又Mn欠乏土壌は、多くの作物で易還元性Mn 30~40ppm、置換性Mn 2~4ppmで発生しやすく、易還元性Mn 15~20ppm以下、置換性Mn 0.8ppm以下では激甚である場合が多く、pHが6.5以上で助長される²⁾としている。

本調査においても障害の発生している土壌のpHは6.5以上、置換性Mn 1~3ppm、易還元性Mn 6~32ppmで、Mn欠乏の発生しうる土壌とみることができよう。なお健全株直下の土壌でも土壌中のMnが低いものがあるが、採取ほ場が同一ほ場の黄化葉の発生していない部分、或いは近隣のは場であるため、潜在的にMn欠乏土壌とみてよいと思われる。又対照ほ場のように、湿田では易還元性及び置換性Mnも多い。

大豆の葉のMnは30ppm以下で潜在的欠乏状態にある⁵⁾といわれ、麦の茎葉では15ppm以下又は23ppmでもおきる²⁾としているのに比べ、障害葉は14ppm以下で、明らかにMn欠乏であるとみることができよう。又対照ほ場にあってはMn含量は高く、特に排水不良によって黄化した場合のMn含量は59ppmと著しく高く、湿害による黄化とは明らかに異なるものである。更にMnはFeと拮抗作用があり、Feを多量に吸収

するとMnが吸収されにくくなるが⁶⁾対照ほ場の葉中のFe含量と比較して、障害葉のFe含量は同等かやや高い程度であり、Feの異常吸収によるMn欠乏とは考えにくい。

ポット試験の結果でも、消石灰の施用によりpHが上昇すると黄化が著しく、葉中のMnが低下している。硫黄を施用してpHを低下させると黄化葉が発生せず、葉中のMnも高まる。又硫酸マンガンを施用すると黄化葉は発生せず、葉中のMn含量も高まること、更には葉面散布の結果からも、Mnだけの欠乏によるものとみることができる。

土壌中のMnは、水田が還元状態となると2価になり可溶化するが、畑化すると4価となり溶解度を減少させる。しかし土壌水分が飽和に近い過湿状態では、置換性Mnが減少する⁷⁾。本試験においても多水分状態の方が葉中のMn含量は低い傾向がうかがわれる。1980年の7月下旬から8月上旬の宇都宮の雨量は、225.5mmで平年の188%と多く、陸稲でしばしばみられるように、長雨後の一時的過湿が、大豆のMn欠乏を助長する要因となったことも十分考えられる。

有機物が著しく多い場合には、有機物がMnと結合して不溶化する⁸⁾。調査ほ場はすべて麦跡であり、麦の刈株がすき込まれているため、ポット試験で麦わらの有無との関係を検討したが、試験の範囲では明らかでなく、今後更に検討を要するものと思われる。

つぎにこれらの調査及び試験結果から、ダイズの黄化葉の発生条件を検討すると、易還元性Mn 32ppm以下、置換性Mn 3ppm以下で発生している。健全株(潜在的に欠乏とみられるが)でもこれ以下のものがあるが、障害ほ場はpH 6.5以上、健全ほ場はpH 6.4以下が多いことから、易還元性Mn 30ppm以下、置換性Mn 3ppm以下及びpH 6.5以上の場合に発生すると考えられる。

葉中のMnは、この調査では14ppm以下で発生し、21ppm以上では発生していないが、ポッ

ト試験では20ppm以下で発生していることから考えると、20ppm以下が発生条件といえよう。更に葉中のFe・Mn比は、この調査では9.3以下では発生せず、11.3以上で発生している。ポット試験では8.2以上で発生し、若干のずれがあるが、発生条件はおよそ10以上とみられる。細根中のMn及びFe・Mn比は、調査と試験では結果が異なっているが、栽培条件によって異なってくるものと思われるので、発生条件の診断基準としては不適當であると考えられる。

VI 摘 要

転換畑、大豆に黄化葉が発生したため、その原因と発生条件の解明を行った。

1. 大豆の上位葉2, 3枚を残して中下位葉の葉脈間が黄化し、落葉も早まり、生育量が少なかった。
2. 黄化葉の発生土壤は、pHが高く、易還元性及び置換性Mnが少なく、葉中のMn含量も少なかった。
3. ポット試験及び葉面散布試験の結果、Mn欠乏であることを確認した。
4. 黄化葉の発生条件は、土壤の易還元性Mn 30ppm以下、置換性Mn 3ppm以下、pH 6.5以上、大豆葉中のMn 20ppm以下及びFe

・Mn比10以上の場合であった。

本研究を行うにあたり、ご指導をいただいた中野政行前土壤肥料部長、場内は場の調査にご協力いただいた太田章前特別研究員、現地は場の調査にご協力いただいた岡田武宇都宮普及所主査及び原稿のご校閲をいただいた羽生幌土壤肥料部長に対し、心から感謝いたします。

引 用 文 献

1. 藤原彰夫・立谷壽雄(1950) 東北大学農学研究所彙報2: 179~184
2. 小林茂久平(1958) 作物の要素欠乏: 317~330 博友社
3. 農水省農産園芸局農産課編(1979) 土壤水質及び作物体分析法 73~80, 167~170
4. 栃木農試(1980) 土壤肥料試験成績書: 66~78
5. 富山農試(1980) 土壤肥料試験成績書: 81~84
6. 山崎傳(1968) 多量要素微量要素: 232~238 博友社
7. 渡辺敏夫・安尾正元(1952) 土肥誌23 (講演要旨)

Manganese Deficiency of Soybean Plants on the Rotational Upland Fields.

Shin MIYAKE, Hideo IWASAKI

Summary

The yellow chlorotic symptoms were found on leaves of soybean plants except upper juvenile leaves in rotational upland fields. In these fields, the growth increment of soybean plants was smaller and the leaf fall was earlier than in the healthy soybean plants. The symptoms were due to Mn deficiency in their leaves caused by the low levels of Mn content in soils (<30 ppm of easily reducible Mn, <3 ppm of exchangeable Mn), the high pH(>pH 6.5) and the heavy moisture of soils. Mn content of yellow chlorotic leaves was under 20 ppm in dry matter and Fe-Mn ratio in the leaves was over 10.