

Maize chlorotic mottle virus に関する
病害虫リスクアナリシス報告書

令和２年２月１７日

農林水産省

横浜植物防疫所

目次

はじめに.....	1
I リスクアナリシス対象の病害虫の生物学的情報（有害植物）	1
1. 学名及び分類	1
2. 地理的分布	1
3. 宿主植物及び国内分布	2
4. 感染部位及びその症状	2
5. 移動分散方法	3
6. 生態	4
7. 媒介性又は被媒介性に関する情報	5
8. 被害の程度	6
9. 防除に関する情報	6
10. 診断、検出及び同定	7
11. 我が国における現行の植物検疫措置	7
12. 諸外国での輸入検疫要件	8
II リスクアナリシスの結果	9
第1 開始（ステージ1）	9
1. 開始	9
2. 対象となる有害動植物	9
3. 対象となる経路	9
4. 対象となる地域	9
5. 開始の結論	9
第2 病害虫リスク評価（ステージ2）	10
1. 有害動植物の類別	10
2. 農業生産等への影響の評価	10
3. 入り込みの可能性の評価	12
4. <i>Maize chlorotic mottle virus</i> の病害虫リスク評価の結論	15
第3 病害虫リスク管理（ステージ3）	16
1. <i>Maize chlorotic mottle virus</i> のリスク管理措置の選択肢の有効性及び実行可能性の検討	16
2. 経路ごとの <i>Maize chlorotic mottle virus</i> に対するリスク管理措置の選択肢の有効性及び実行可能性一覧	18
3. 経路ごとの <i>Maize chlorotic mottle virus</i> に対するリスク管理措置の選択肢の特定	19
4. <i>Maize chlorotic mottle virus</i> の病害虫リスク管理の結論	22
別紙1	23
別紙2	25
別紙3	27
参考	30
引用文献	32

はじめに

Maize chlorotic mottle virus (MCMV) は、Tombusviridae 科 *Machlomovirus* 属のタイプ種であり、1973 年にペルーのトウモロコシで初報告された後、アフリカやアジアにおいて発生国の拡大が続いている (CABI, 2019a)。MCMV はイネ科植物に寄生し、特にトウモロコシの被害は、ペルーで平均 10~15%、2010 年にはハワイのスイートコーン農場において、ベクターであるアザミウマ科の一種 *Frankliniella williamsi* の伝搬により、深刻な減収が報告されている (Nelson *et al.*, 2011; CABI, 2019a)。

日本においては、MCMV が侵入した場合、重要な農作物であるトウモロコシの生産に甚大な被害がもたらされる可能性がある。なお、MCMV は、現在、「まん延した場合に有用な植物に損害を与えるおそれがないことが確認されていない有害植物」に該当し、輸入検査で発見された場合、廃棄となる (農林省, 1950a, 農林省, 1950b, 農林水産省, 2011)。

このため、MCMV に対する病害虫リスク評価を実施し、植物検疫上の位置づけを明らかにするとともに、適切なリスク管理措置を検討するため、病害虫リスクアナリシスを実施した。

I リスクアナリシス対象の病害虫の生物学的情報 (有害植物)

1. 学名及び分類

(1) 学名 (ICTV, 2019)

Maize chlorotic mottle virus (MCMV)

(2) 英名、和名等

情報なし。

(3) 分類 (ICTV, 2019)

種類：ウイルス

科：Tombusviridae

属：Machlomovirus

(4) シノニム (CABI, 2019a)

Maize chlorotic mottle machlomovirus、maize mottle virus、Peru com virus

(5) その他 (CABI, 2019a; Gordon *et al.*, 1984; Plant Viruses Online, 2019)

系統 (strain)：Kansas serotypes 1 (K1)、Kansas serotypes 2 (K2) 及び Peru serotype

2. 地理的分布

(1) 国又は地域 (詳細は別紙 1 参照)

アジア：タイ、台湾、中華人民共和国

欧州：スペイン

アフリカ：ウガンダ、エチオピア、ケニア、コンゴ民主共和国、タンザニア、モザンビーク、ルワンダ

北米：アメリカ合衆国

中南米：アルゼンチン、エクアドル、ブラジル、ペルー、メキシコ

大洋州：ハワイ諸島

※日本未発生 (NARO, 2019; 日本植物病理学会, 2019)

(2) 生物地理区

旧北区、新北区、エチオピア区、東洋区、新熱帯区及びオセアニア区の6区に分布する。

3. 宿主植物及び国内分布

(1) 宿主植物（詳細は別紙2参照）

ア 種子伝染の報告がある宿主植物

イネ科：トウモロコシ (*Zea mays*)

イ 種子伝染の報告がない宿主植物

イネ科：モロコシ (*Sorghum bicolor*)、セイバンモロコシ (*S. halepense*)、サトウキビ (*Saccharum officinarum*)、シコクビエ (*Eleusine coracana*)、コイクス・キネシス (*Coix chinensis*)

なお、*Zea diploperennis*については、CABI (2019a) では宿主植物 (Other) としているが、Nault *et al.* (1982) では好適宿主植物ではないとしているため、宿主植物としない。

また、Mudde *et al.* (2019) はMCMVが発生したトウモロコシ栽培ほ場周辺の *Digitaria abyssinica* (イネ科)、オヒシバ (*Eleusine indica*) (イネ科)、ネピアグラス (*Pennisetum purpureum*) (イネ科)、ハマスゲ (*Cyperus rotundus*) (カヤツリグサ科)、ゴマ (*Sesamum indicum*) (ゴマ科)、*Commelina benghalensis* (ツユクサ科)、キャッサバ (*Manihot esculenta*) (トウダイグサ科)、*Amaranthus spinosus* (ヒユ科) 及びインゲンマメ

(*Phaseolus vulgaris*) (マメ科) からMCMVを検出し、これらは宿主植物であると報告している。しかし、これらの植物は、MCMVが発生したトウモロコシほ場周辺から採取された植物で、潜在的なウイルス保有宿主 (potential reservoir host) と考えられる。また、本報告において、「本報告は栽培作物が宿主植物となる可能性を示す最初の報告であるが、これらの作物がトウモロコシと同じベクターを共有するか否か、これらのベクターがトウモロコシと他の作物間でウイルスを伝搬するか否かは、さらなる調査が必要。」としている。さらに他に宿主植物であることを示す十分な知見がなく、また、これまでの報告では実験宿主植物としてはイネ科に限定され (CABI, 2019a; Scheets, 2004)、双子葉植物には症状が出ず、おそらく感染もしない (CABI, 2019a) とされていることから、これらの植物については宿主植物としないと判断した。

(2) 我が国における宿主植物の分布・栽培状況

トウモロコシ及びモロコシは47都道府県、サトウキビは3県で栽培されている。オヒシバ属 (*Eleusine* sp.) 国内では栽培されていないが自生する。

4. 感染部位及びその症状

(1) 感染部位

植物全体 (種子を含む。)

MCMVは、植物全体 (種子を含む。) に感染する。トウモロコシでは、葉、茎、花粉、絹糸、穂、雄花、雌花、苞葉、子葉及び種子 (果皮、胚乳、子葉及び種子) 等植物体全体から検出される (CABI, 2019a; Jiang *et al.*, 1992; Nelson *et al.*, 2011; Scheets, 2004)。

(2) 症状

トウモロコシでは、感染した葉は葉脈と平行に白色の筋が生じ、斑点が拡大して融合すると

葉が壊死し、上偏生長を生じる。症状が激しい場合、葉の壊死から植物全体が枯死に至る。円錐花序が固くなり、花軸は短く、小穂は減少する。植物体全体が萎縮する (CABI, 2019a)。症状は、トウモロコシの品種の感受性の程度によって、激しいモザイク症状や矮化を呈するものから、ほぼ無病徴なものまで様々である (Nelson *et al.*, 2011)。MCMV の症状である矮化及び退緑は、栄養欠乏又はトウモロコシモザイク病の症状に類似している (Nelson *et al.*, 2011)。

退緑及びモザイク症状を呈したモロコシ及び *Coix chinensis* から、MCMV が検出された (Huang, 2016)。一方、モロコシに MCMV を接種した試験で、植物体全体からウイルスが検出されたが、無病徴であった (Bockelman *et al.*, 1982; Mahuka *et al.*, 2015a; Uyemoto *et al.*, 1980)。

黄化及びモザイク症状を呈したセイバンモロコシから MCMV が検出された (Achon *et al.*, 2017)。また、シコクビエでは、葉に退緑、モットル (斑紋) 及びえそ症状を呈した植物からウイルスが検出され (Kusia *et al.*, 2015)、MCMV を接種した植物は症状を強く発現した (Mahuka *et al.*, 2015a)。

退緑及びモザイク症状を呈したサトウキビから、MCMV 及び *Sugarcane mosaic virus* (SCMV) が検出された (Wang *et al.*, 2014)。サトウキビにおける MCMV 単独の症状については情報なし。

5. 移動分散方法

(1) 自然分散

ア ベクター伝搬

MCMV のベクターとして、ハムシ科に含まれる *Diabrotica* 属等の種及びアザミウマ科の一種 *Frankliniella williamsi* (検疫有害動物：日本未発生) が報告されている (Cabanias *et al.*, 2013; CABI, 2019a; Jensen, 1985; Gordon *et al.*, 1984; Jiang *et al.*, 1992; Mahuku *et al.*, 2015a; Louie, *et al.*, 2016; Mwando *et al.*, 2018; Nault *et al.*, 1978; Nelson *et al.*, 2011)。

詳細は、「7 媒介性又は被媒介性に関する情報」を参照。

イ 土壌伝染

MCMV の土壌伝染については、以下 (ア) ~ (ウ) のとおりいくつか報告がある。一方でハムシ科の幼虫が MCMV に感染した植物残渣を摂食し、ウイルスを媒介することについては、(エ) のとおり否定的な報告がある。

- (ア) トウモロコシの連作ほ場において、トウモロコシを栽培したところ、ベクターであるハムシ成虫がいなくても関わらず、12%が MCMV に感染していた (Phillips *et al.*, 1982)。このことから、地下部により伝搬した可能性が示唆される。また、MCMV が発生した汚染土壌に健全トウモロコシ種子をは種し、30~40 日間ポットで栽培した後に ELISA 法により検定したところ、汚染土壌中の感染植物残渣の有無に関わらず、70%の苗から MCMV が検出された (Mahuku *et al.*, 2015a)。
- (イ) ほ場及び網室において、感染植物の残渣をすき込んだ土壌には種したトウモロコシに感染が生じ、すき込まなかった場合は、感染が起こらなかった (Kinyungu *et al.*, 2019)。
- (ウ) MCMV の K1 系統の疫学が土壌及び水と関係しており、MCMV と同科に属する Tombusvirus と同様、土壌伝染、水媒伝染、又は糸状菌による伝搬の可能性もある (Sheets, 2008)。
- (エ) Uyemoto (1983)は、トウモロコシにおいて、MCMV が、耕うんされたほ場内の切株等の植物残渣で越冬し、ベクターである *Diabrotica* 属等のハムシ科の幼虫が土壌中の感染

した植物残渣を摂食し、体内にウイルスを保毒し、その後、植えられた宿主植物の発根した根を摂食することにより伝染すると考察している (Uyemoto, 1983)。一方、*Diabrotica* 属幼虫は、自然乾燥した感染植物については、例え水分を添加しても摂食しないこと、また、枯死した植物は経時的に感染性が減少し、4 箇月以上自然乾燥した植物は感染性を失ったことから、「ウイルスが残渣中で越冬し、ハムシ科幼虫がそれを摂食して、トウモロコシの実生に伝搬する」可能性は非常に低いとする報告がある (Jensen, 1985)。

ウ その他

MCMV が、トウモロコシの花粉、雄花、雌花、穂等から検出された報告があるが (Nelson *et al.*, 2011; Scheets, 2004)、花粉により伝搬する旨の報告はない。

(2) 人為分散

ア 汁液伝染 (Nelson *et al.*, 2011)

イ 種子伝染

種子伝染の報告があるが、汚染種子が発芽後に病気を発症する割合 (種子伝染率) はそれほど高くない (Scheets, 2004; Nelson *et al.*, 2011; CABI, 2019a)。例えば、感染植物由来のトウモロコシ 25 ロットの種子から育成した苗 42,000 個体中 17 個体で感染が確認され、種子伝染後のスウィートコーン 129,190 株のうち 2 株、デントコーンにおいて 12,020 株のうち 1 株のみで感染が確認された等、種子伝染率は低い (0~0.33%) (CABI, 2019a; Jensen *et al.*, 1991; Louie, *et al.*, 2016; Plant Viruses Online, 2019; Scheets, 2004)。

6. 生態

(1) 中間宿主及びその必要性 情報無し。

(2) 伝染環数

MCMV は、トウモロコシの植物残渣中に生存し、越冬も可能であり、その後、再び宿主植物が存在すれば、ハムシ科の幼虫がベクターとして関与し伝染する可能性があること (CABI, 2019a; Uyemoto, 1983)、MCMV を保毒したアザミウマやハムシ成虫のようなベクターが、トウモロコシ等の主要宿主植物の感染ほ場周辺の雑草やその他の作物等を食する際に伝染し、そこから、再びベクターにより主要宿主植物へ伝搬される可能性もあるため、複数の伝染環を有すると考えられる。

(3) 植物残渣中での生存

トウモロコシにおいて、MCMV が、耕うんされたほ場内の切株等の植物残渣で越冬し、伝染する可能性が示唆されている (Uyemoto, 1983)。また、ほ場及び網室において、感染植物の残渣をすき込んだ土壌では、は種したトウモロコシに感染し、すき込まなかった場合は感染が起こらなかった (Kinyungu *et al.*, 2019)。以上のことから、植物残渣中で生存すると考えられる。

(4) 耐久生存態 情報無し。

7. 媒介性又は被媒介性に関する情報

MCMV のベクターとして、ハムシ科及びアザミウマ科が報告されている (Cabanas *et al.*, 2013; CABI, 2019a; Jensen, 1985; Gordon *et al.*, 1984; Jiang *et al.*, 1992; Mahuku *et al.*, 2015a; Mwando *et al.*, 2018; Nault *et al.*, 1978; Nelson *et al.*, 2011)。

(1) ハムシ科

ベクターとして報告のある以下の8種はすべて日本未発生である。

Diabrotica undecimpunctata (ジュウイチホシウリハムシ)、*D. barberi* (シノニム: *D. longicornis* 及び *D. longicornis barberi*)、*D. virgifera virgifera*、*D. viridula*、*D. decempunctata* *Oulema melanopus* (クビアカクビボソハムシ)、*Systema frontalis* (ハムシ科: ノミハムシの仲間)、*Chaetocnema pulicaria* (ハムシ科: ノミハムシの仲間)。

発生国のアメリカ合衆国本土では、MCMV はハムシ科6種 (ジュウイチホシウリハムシ、*D. barberi*、*D. virgifera virgifera*、クビアカクビボソハムシ、*S. frontalis*、*C. pulicaria*) による伝搬が報告されている (Cabanas *et al.*, 2013)。ペルーでは、*D. viridula* 及び *D. decempunctata* がベクターとの報告がある (Cabanas *et al.*, 2013; Gordon *et al.*, 1984)。

ジュウイチホシウリハムシ、*D. barberi* 及び *D. virgifera virgifera* の成虫は、6時間の摂食後、ウイルスを獲得し、その直後からウイルスを伝搬した。経卵伝搬は見られなかった (Jensen, 1985)。クビアカクビボソハムシは、幼虫、成虫ともに MCMV を伝搬するが、幼虫は成虫より伝搬効率が高い。保毒幼虫は、蛹化・羽化後に伝搬能力を失う (Nault *et al.*, 1978)。自然乾燥した感染植物を摂食した幼虫は、ウイルスを伝搬しなかった (Jensen, 1985)。

また、*D. virgifera virgifera* 及びクビアカクビボソハムシの成虫は、24時間の摂食後、ウイルスを獲得し、その直後からウイルスを伝搬し、伝搬期間は *D. virgifera virgifera* が3日間、クビアカクビボソハムシは6日間であったとの報告もある (Gordon *et al.*, 1984; Nault *et al.*, 1978)。

Diabrotica 属において、成虫は、2～3日の間に多くの植物を訪れ、数百マイル移動する。幼虫は、土壌から出ることはなく、土壌中を数cm移動するのみであるため、ベクターとしての働きは、感染植物のすぐ近くにある他の植物に感染させることであると考察されている (Jensen, 1985)。

(2) アザミウマ科

野外において媒介の報告のある種は *Frankliniella williamsi* である。しかし、MCMV が侵入したアフリカ地域では、ベクターとして既に知られている種以外の種についてもベクターとなっている可能性が示唆されている (Mahuku *et al.*, 2015a)。

F. williamsi は、ハワイ及びアフリカにおいて、MCMV の主要なベクターである (Deng *et al.*, 2014; Jiang *et al.*, 1992; Louie *et al.*, 2016; Nelson *et al.*, 2011)。獲得吸汁直後から伝搬する。獲得吸汁時間、接種吸汁時間は、それぞれ3時間で伝搬が可能であり、時間が長くなるにつれて伝搬効率は向上した。幼虫、成虫ともに MCMV 獲得から最大6日間、ウイルスを伝搬した。MCMV を獲得した幼虫は健全植物を吸汁すると、虫体内のウイルスがなくなる。保毒幼虫から羽化した成虫による MCMV の伝搬は生じなかった。以上のことから MCMV を半永続伝搬するとされている (Cabanas *et al.*, 2013; Louie *et al.*, 2016)。

実験により媒介が報告されている種: *Frankliniella schultzei* (日本未発生)、ミカンキイロアザミウマ (*F. occidentalis*) (非検疫有害動物 (栽培の用に供する植物に付着するものを除く。)) (日本既発生)、ネギアザミウマ (*Thrips tabaci*) (非検疫有害動物) (日本既発生)

ミカンキイロアザミウマによる MCMV の伝搬試験の結果、48 時間飢餓状態にした個体に MCMV に感染したトウモロコシ苗を吸汁させた後、健全なトウモロコシ苗に放飼することで感染が確認され、ベクターの可能性が指摘された (Zhao *et al.*, 2014)。一方、MCMV ケニア株で同様に本種により伝搬させる実験を行ったが感染は起こらなかった (Mahuku *et al.*, 2015a)。なお、ミカンキイロアザミウマは、MCMV の自然宿主を寄主としない (CABI, 2019b)。

さらにケニアにおいて、*F. schultzei* 及びネギアザミウマは、研究室及び温室内試験の結果、MCMV を伝搬した (Mahuku *et al.*, 2015a ; Nyasani *et al.*, 2016)。

8. 被害の程度

MCMV 単独でのトウモロコシの損失は、ペルーでは平均 10~15% (CABI, 2019a)。また、2010 年にはハワイのトウモロコシ (スウィートコーン) 農場において、*F. williamsi* の伝搬により、深刻な収量減を起こした (CABI, 2019a; Nelson *et al.*, 2011)。

【複合感染の被害】

MCMV と以下のウイルスが複合感染し、Maize Lethal Necrosis (Disease) (MLN (D)) (Mahuku *et al.*, 2015a; Achon *et al.*, 2017) (又は Corn Lethal Necrosis (Disease) (CLN (D)) (CABI, 2019a)) と呼ばれる非常に深刻な症状を引き起こしている情報がある (Louie *et al.*, 2016)。複合感染の影響は相乗的であり、それぞれのウイルスによる症状の相加よりはるかに深刻である (Louie *et al.*, 2016)。アメリカ合衆国カンザス州では、複合感染により、発生年や品種により 50%または 90%の損失になっていると推定されている (CABI, 2019a; Gordon *et al.*, 1984)。ケニアでは、ほぼ全ての商業用トウモロコシ品種に感染し、収量損失は 30~100%と推計されている。2012 年には、ケニアだけで 77,000ha で感染が生じ、収量損失は 12,600 万トン、金額に換算して 5,200 万米ドルと推計されている (Mahuku *et al.*, 2015a)。

- ・ *Wheat streak mosaic virus* (WSMV、日本未発生 (NARO, 2019; 日本植物病理学会, 2019))
- ・ *Maize dwarf mosaic virus* (MDMV、日本既発生 (NARO, 2019; 日本植物病理学会, 2019; 御子柴ら, 2002))
- ・ *Sugarcane mosaic virus* (SCMV、日本既発生 (NARO, 2019; 日本植物病理学会, 2019; 鳥山ら, 1965))

9. 防除に関する情報

(1) 総合防除

ハワイでは、殺虫剤の使用と抵抗性品種の栽培を含む総合的な防除が最も効果的であった (Mahuku *et al.*, 2015a; Nelson *et al.*, 2011)。ケニアでは、効果的なモニタリング、厳密にトウモロコシを作付けしない期間の設定及び実行、穀物以外の作物との輪作により MCMV の発生を抑制した (Mahuku *et al.*, 2015a)。

(2) 耕種的防除

- ・ 抵抗性品種の栽培 (Mahuku *et al.*, 2015a; Nelson *et al.*, 2011)
- ・ 無病種子の利用 (CIMMYT, 2015)
- ・ 宿主植物ではない作物との輪作 (CABI, 2019a; Hilker *et al.*, 2017; Mahuku *et al.*, 2015a)

- ・ トウモロコシを作付けしない期間を年間2か月間以上設定 (CIMMYT, 2015)
- ・ 雑草の管理 (CIMMYT, 2015; Nelson *et al.*, 2011) : ウイルス保有宿主 (virus reservoirs) 又はベクターの寄主植物となり得る雑草の防除。
- ・ 定期的なほ場調査及び感染植物の除去 (CIMMYT, 2015; Mahuku *et al.*, 2015a; Nelson *et al.*, 2011)
- ・ 植物残渣の処理 (Kinyungu *et al.*, 2019)
- ・ 不必要な立入の禁止や不必要な機械の排除による汁液伝染の回避 (CIMMYT, 2015; Nelson *et al.*, 2011)

(3) ベクターの防除

植え付け前に、クロチアニジン、チアメトキサム、イミダクロプリド又はイミダクロプリド・チオジカルブのような殺虫剤で種子を処理することにより、MLN の原因となるウイルスのベクターであるアザミウマ、アブラムシ及びコウチュウ類等に対して、栽培初期の防除効果がある (CIMMYT, 2015)。

ベクターであるアザミウマについては、必要に応じて毎週殺虫剤を散布する (Nelson *et al.*, 2011)。

ベクターであるジュウイチホシウリハムシ、*D. virgifera virgifera* 等の *Diabrotica* 属の幼虫に対する防除として、寄主植物ではない作物との輪作及び作付け時の土壤消毒 (例えば、イソフェンホス (isofenphos)、ピレスロイド (pyrethroid) を含む粒剤) が行われている。また、初春に耕作された土地へ遅めに作付けすること、産卵する前の成虫に効果があるククルビタシンを含むベイト剤の散布、及びピレスロイド (pyrethroid) を含む粒剤の散布が行われている (Pereira *et al.*, 2015; CABI, 2019d; CABI, 2019e)。

10. 診断、検出及び同定

形状：直径 30nm の球形粒子で構成されている。T=3 (180 のサブユニットからなる) 正二十面体であり、4,400 ヌクレオチドを持つ一本鎖 RNA を有する。

MCMV の症状である矮化及び退緑は、栄養欠乏又はトウモロコシモザイク病に類似しているため、症状のみによる診断は困難である (Nelson *et al.*, 2011)。

植物組織からの信頼性の高い検出法として、ELISA 法、ノーザンブロット法、MCMV に特異的なプライマーを用いた RT-PCR 法及び TaqMan プローブを用いたリアルタイム RT-PCR 法がある (Jensen *et al.*, 1991; Nelson *et al.*, 2011; Mahuku *et al.*, 2015a; Zhang *et al.*, 2011)。

種子に関しては、National Seed Health System (NSHS) のプロトコルによれば、トウモロコシ種子 400 粒 (サブサンプル 100 粒) を ELISA 法により検定する (NSHS, 2016)。抗体 (ELISA キット及びイムノクロマトキット) が販売されている。

Hydroxy Naphthol Blue (HNB) 又は SYBR Green 色素を組合わせた RT-LAMP 法 (Liu *et al.*, 2016; Zhang *et al.*, 2011)、表面プラズモン共鳴 (surface plasmon resonance) (Zeng *et al.*, 2013) 及び次世代シーケンス (Adams *et al.*, 2013) による植物組織 (種子を含む。) からの検出方法が報告されている。

11. 我が国における現行の植物検疫措置

輸入時に植物体に現れる MCMV 等による症状等の有無について目視検査を実施する。MCMV は「まん延した場合に有用な植物に損害を与えるおそれがないことが確認されていない有害植物」であり、輸入検査で発見された場合は廃棄となる (農林省, 1950a; 農林省, 1950b; 農林水産省, 2011)。

なお、サトウキビ生茎葉及び地下部については、輸入後、隔離栽培中の検査を実施する必要がある（農林省, 1968）。

1 2. 諸外国での輸入検疫要件

（1）ニュージーランド

栽植用トウモロコシ種子について、MCMV の無発生地域で生産された旨若しくは3,000 粒以上の種子の ELISA 法又は PCR 法により MCMV に感染していないことを確認した旨を検査証明書に追記することを要求している（MPI, 2019）。

（2）オーストラリア

アメリカ合衆国アイダホ州産の栽植用トウモロコシ種子は、MCMV を含む病害虫が無発生であることを条件にオーストラリアのほ場へは種することを許可しており、アメリカ合衆国内他地域又は他国産種子を輸入する場合は、輸入後、隔離栽培中の検査が必要である（Biosecurity Australia, 2002; DAWR, 2017）。

Ⅱ リスクアナリシスの結果

第1 開始（ステージ1）

1. 開始

Maize chlorotic mottle virus に対するリスク評価を行い、植物検疫上の位置づけを明らかにするとともに、適切なリスク管理措置を検討するため、リスクアナリシスを実施する。

2. 対象となる有害動植物

Maize chlorotic mottle virus を対象とする。

3. 対象となる経路

リスクアナリシス対象の病害虫の生物学的情報の「2. 地理的分布」に示す「国又は地域」からの「3. 宿主植物及び国内分布」に示す「宿主植物」であって、「4. 感染部位及びその症状」に示す部位を含む植物を対象とする。

4. 対象となる地域

日本全域を対象とする。

5. 開始の結論

Maize chlorotic mottle virus を開始点とし、MCMV の発生地域から輸入される植物を経路とした日本全域を対象とする病害虫リスクアナリシスを開始する。

第2 病害虫リスク評価（ステージ2）

1. 有害動植物の類別

ステージ1で特定された有害動植物について、国内における発生及び公的防除の有無、定着及びまん延の可能性並びに経済的影響を及ぼす可能性について調査し、検疫有害動植物の定義内の要件を満たしているかどうかを検討する。なお、検疫有害動植物の要件を満たしていない場合は、それが判明した時点で評価を中止し病害虫のリスクは「無視できる」とする。

（1）有害動植物の日本での発生の有無及び公的防除の有無等

MCMV は日本未発生である。

（2）定着及びまん延の可能性

MCMV の宿主となるトウモロコシを含むイネ科植物は日本で広く栽培・生育していることから、定着及びまん延する可能性があるとは判断する。

（3）経済的影響を及ぼす可能性

MCMV 単独でのトウモロコシの損失は、ペルーでは平均 10～15%と報告されており、また、ハワイのトウモロコシ（スウィートコーン）農場では、MCMV を媒介するアザミウマの伝搬により、深刻な収量減を生じたとの報告がある。現在、MCMV は我が国において発生は確認されていないが、もし、MCMV が我が国に入り込み、定着、まん延した場合、経済的影響を及ぼす可能性がある。

（4）評価にあたっての不確実性

特になし。

（5）有害動植物の類別の結論

MCMV は我が国未発生である。宿主植物であるトウモロコシは、広く国内で栽培されていることから、MCMV が国内に定着及びまん延する可能性がある。また、MCMV は、ペルーでトウモロコシの損失が、平均 10～15%と報告されており、また、ハワイのトウモロコシ（スウィートコーン）農場では、深刻な収量減となった報告がある。そのため、経済的影響を及ぼす可能性は否定できない。

したがって、植物検疫措置に関する国際基準（以下「国際基準」という。）No. 11「検疫有害動植物に関する病害虫リスクアナリシス」に規定された検疫有害動植物の要件を満たすことから、MCMV に対するリスクアナリシスを実施するため、引き続き「2. 農業生産等への影響の評価」で評価を行う。

2. 農業生産等への影響の評価

（1）定着の可能性の評価

ア リスクアナリシスを実施する地域における潜在的検疫有害動植物の生存の可能性

（ア）潜在的検疫有害動植物の生存の可能性

MCMV は種子伝染すると考えられており、植物残渣上でも生存可能で土壌伝染が知られていることから、我が国で生活環を維持できると考える。

（イ）リスクアナリシスを実施する地域における中間宿主の利用可能性

中間宿主が必須との情報がなため、評価しない。

（ウ）潜在的検疫有害動植物の繁殖戦略。

MCMV は有害植物であるため、評価基準より 5 点と評価した。

イ リスクアナリシスを実施する地域における寄主又は宿主植物の利用可能性及び環境の好適性

(ア) 寄主又は宿主植物の利用可能性及び環境の好適性

MCMV の宿主のトウモロコシは 47 都道府県で栽培されており、評価基準より 5 点と評価した。

(イ) 潜在的検疫有害動植物の寄主又は宿主範囲の広さ

MCMV が宿主とする植物の科は、イネ科のみが知られている。

(ウ) 有害動植物の侵入歴

旧北区、新北区、エチオピア区、東洋区、新熱帯区及びオセアニア区の 6 区に分布する。よって、評価基準より 5 点と評価した。

ウ 定着の可能性の評価結果

評価した項目の平均から、定着の可能性の評価点は 5 点満点中の 5 点となった。

(2) まん延の可能性の評価

ア 自然分散(自然条件における潜在的検疫有害動植物の分散)

(ア) 有害植物の自然分散

a ベクター以外による伝搬

(a) 移動距離

MCMV は土壌伝染及び汁液伝染で分散することが知られているため、評価基準より 2 点と評価した。

(b) 伝染環数

MCMV は、種子伝染（トウモロコシ）、土壌伝染及び汁液伝染することから、複数の伝染環をもつと考えられ、評価基準より 5 点と評価した。

b ベクターによる伝搬

(a) ベクターの移動距離

MCMV は、ハムシ科の *Diabrotica* 属等及びアザミウマ科の *Frankliniella* 属により伝搬されるとの報告がある。しかし、自然界で報告のあるベクター類は、日本未発生であるため、本項目は評価しない。

(b) ベクターによる媒介可能期間

(a) と同様の理由で、本項目は評価しない。

イ 人為分散

(ア) 農作物を介した分散

MCMV の宿主植物であるトウモロコシは 47 都道府県で生産されており、評価基準より 5 点と評価した。

(イ) 非農作物を介した分散

土壌伝染が知られており、人や輸送機器に土壌が付着して移動すると考えられることから、評価基準より 5 点と評価した。

ウ まん延の可能性の評価結果

評価した項目の平均から、まん延の可能性の評価点は5点満点中の4.3点となった。

(3) 経済的重要性の評価

ア 直接的影響

(ア) 影響を受ける農作物又は森林資源

MCMV の宿主植物にはサトウキビ、シコクビエ及びトウモロコシが含まれ、影響を受ける農作物の産出額の合計は620.5 億円であることから、評価基準より2点と評価した。

(イ) 生産への影響

MCMV の宿主植物であるサトウキビ、シコクビエ及びトウモロコシは付録2に記載されており、発生国で経済的被害を生じている報告がある。よって評価基準より4点と評価した。

(ウ) 防除の困難さ

海外における公的防除の情報はない。

(エ) 直接的影響の評価結果

上記2項目の評価点の積は8点となり、評価基準より直接的影響の評価点は2点となった。

イ 間接的影響

(ア) 農作物の政策上の重要性

MCMV の宿主植物であるトウモロコシ、サトウキビは「農業保険法」及び「同法施行令」で定める農作物に該当する。よって、評価基準より1点と評価した。

(イ) 輸出への影響

ニュージーランドは、MCMV を対象に無発生地域等の措置を要求しているが、その他輸入禁止等の規制を行っている国はないことから評価しない。

ウ 経済的重要性の評価結果

直接的影響の評価結果の得点と間接的影響の得点の和から、経済的重要性の評価点は3点となった。

評価における不確実性

MCMV が花粉から検出されたとの報告があるが、花粉を介してウイルスが伝播した旨の報告はないため、評価には不確実性を伴う。

農業生産等への影響評価の結論（病害虫固有のリスク）

3項目の評価点の積は63.8点となり、MCMV の農業生産等への影響の評価を「高い」と結論付けた。

3. 入り込みの可能性の評価

項目	評価における判断の根拠等
(1) 感染部位	植物全体、種子（トウモロコシ）
(2) 我が国に入り込みの可能性のある経路	生茎葉に斑点、壊死等の症状を引き起こし、トウモロコシでは種子により伝搬する。よって経路として考えられるものは、「栽植

	用植物」、「栽植用種子」、「消費生植物」及び「消費穀類」である。		
	用途	部位	経路となる可能性
	ア 栽植用植物	植物全体	○
	イ 栽植用種子 (トウモロコシ)	種子	○
	ウ 消費生植物	植物全体	○
	エ 消費穀類 (トウモロコシ)	種子	○
(3) 宿主植物の輸入データ	別紙3を参照。		

(4) 入り込みの可能性の評価

ア 栽植用植物

(ア) 輸送中の生き残りの可能性（加工処理に耐えて生き残る可能性）

栽植用植物では、原産地で有害植物の生存に影響を与えるような加工処理は実施されないことから、当該有害植物が通常輸送中生き残る可能性が高い。よって、評価基準より5点と評価した。

(イ) 潜在的検疫有害動植物の個体の見えにくさ

MCMVは有害植物であり、評価基準より5点と評価した。

(ウ) 輸入品目からの人為的な移動による分散の可能性

栽培のために宿主植物が存在する地域へ運ばれるため、栽植用植物の評価基準より、5点と評価した。

(エ) 輸入品目からの自然分散の可能性

栽培用植物は評価基準より一律5点であることから、5点と評価した。

(オ) 評価における不確実性

特にない。

栽植用植物の入り込みの可能性の評価の結論

評価を行った項目の得点から平均値は5点であり、MCMVの栽植用植物を経路とした場合の入り込みの可能性の評価を「高い」と結論付けた。

イ 栽植用種子（トウモロコシ）

(ア) 輸送中の生き残りの可能性（加工処理に耐えて生き残る可能性）

栽植用種子では、原産地で有害植物の生存に影響を与えるような加工処理は実施されないことから、当該有害植物が通常輸送中生き残る可能性が高い。よって、評価基準より5点と評価した。

(イ) 潜在的検疫有害動植物の個体の見えにくさ

MCMVは有害植物であり、評価基準より5点と評価した。

(ウ) 輸入品目からの人為的な移動による分散の可能性

栽培のために宿主植物が存在する地域へ運ばれるため、栽植用植物の評価基準より、5点と評価した。

(エ) 輸入品目からの自然分散の可能性

栽培用植物は評価基準より一律5点であることから、5点と評価した。

(オ) 評価における不確実性

特にない。

栽植用種子（トウモロコシ）の入り込みの可能性の評価の結論

評価を行った項目の得点から平均値は5点であり、MCMVの栽植用種子（トウモロコシ）を経路とした場合の入り込みの可能性の評価を「高い」と結論付けた。

ウ 消費用生植物（切り枝・切り花、野菜）

(ア) 輸送中の生き残りの可能性（加工処理に耐えて生き残る可能性）

原産地で MCMV の生存率に影響を与える加工処理等は実施していないことから、評価基準により5点とした。

(イ) 潜在的検疫有害動植物の個体の見えにくさ

MCMV は有害植物であり、評価基準より5点と評価した。

(ウ) 輸入品目からの人為的な移動による分散の可能性

宿主植物であるトウモロコシ及びモロコシは 47 都道府県で栽培されていることから、評価基準により、4点と評価した。

(エ) 輸入品目からの自然分散の可能性

MCMV に感染した宿主植物が輸入された場合、当該植物から我が国に存在する宿主植物への自然分散の方法は、ベクターによる伝搬が考えられる。しかし、MCMV の報告のあるベクターはすべて日本未発生であること、さらにベクターが付着して輸入されても消費用生植物は、栽培地に持ち込まれる可能性は低く、当該植物自体短期間のうちに消費され廃棄されることから、ベクターによる自然分散する可能性は無視できると判断し、評価を中止する。

(オ) 評価における不確実性

特にない。

消費用生植物の入り込みの可能性の評価の結論

MCMV の消費用生植物を経路とした場合の入り込みの可能性は、「無視できる」と結論付けた。

エ 消費用穀類（トウモロコシ）

(ア) 輸送中の生き残りの可能性（加工処理に耐えて生き残る可能性）

原産地で MCMV の生存率に影響を与える加工処理等は実施していないことから、評価基準により5点とした。

(イ) 潜在的検疫有害動植物の個体の見えにくさ

MCMV は有害植物であり、評価基準より5点と評価した。

(ウ) 輸入品目からの人為的な移動による分散の可能性

宿主植物であるトウモロコシは 47 都道府県で栽培されていることから、評価基準により、4点と評価した。

(エ) 輸入品目からの自然分散の可能性

MCMV に感染した宿主植物が輸入された場合、当該植物から我が国に存在する宿主植物

への自然分散の方法は、ベクターによる伝搬が考えられる。しかし、MCMV の報告のあるベクターは、乾燥した穀類に寄生することはないため、当該経路に付着して輸入される可能性は無視できることから消費用穀類から自然分散する可能性は無視できると判断し、評価を中止する。

(オ) 評価における不確実性

消費用穀類として輸入されたトウモロコシ種子が本来の用途ではない栽培目的で利用される可能性があるため、評価の結論には不確実性が伴う。

消費用穀類の入り込みの可能性の評価の結論
MCMV の消費用穀類を経路とした場合の入り込みの可能性は無視できると結論付けた。

4. *Maize chlorotic mottle virus* の病害虫リスク評価の結論

MCMV は検疫有害植物であり、栽植用植物及び栽植用種子（トウモロコシ）を経路として入り込む可能性があるとして評価した。

農業生産等への影響評価の結論 (病害虫固有のリスク)	入り込みのリスク		病害虫リスク評価 の結論
	用途	入り込みの可能性 の評価の結論	
高い	ア 栽植用植物	高い	高い
	イ 栽植用種子 (トウモロコシ)	高い	高い
	ウ 消費用生植物	無視できる	無視できる
	エ 消費用穀類 (トウモロコシ)	無視できる	無視できる

第3 病害虫リスク管理（ステージ3）

病害虫リスク評価の結果、*Maize chlorotic mottle virus* はリスク管理措置が必要な検疫有害植物であると判断されたことから、ステージ3において、発生国からの宿主植物の輸入に伴うMCMVの入り込みのリスクを低減するための適切な管理措置について検討する。

1. *Maize chlorotic mottle virus* のリスク管理措置の選択肢の有効性及び実行可能性の検討

選択肢	方法	有効性及び実行可能性の検討	有効性及び実行可能性の難易		
			実施時期	有効性	実行上の難易
①病害虫無発生地域、生産地又は生産用地の設定及び維持	国際基準 No. 4 又は No. 10 の規定に従って設定及び維持する。	〔有効性〕 ●国際基準に基づき輸出国植物防疫機関が設定、管理及び維持する病害虫無発生地域、生産地又は生産用地であって、MCMVの感染がないことを確認した種子を利用すること及びベクターの管理ができれば、リスクを十分に低減することができる。 〔実行可能性〕 ●輸出国において適切に管理されること（ベクターの管理も含む。）が必要であるが、実行可能と考えられる。	輸出国輸出前	○	○
②システムズアプローチ	複数の管理措置を組み合わせる。	有効性及び実行可能性については、具体的に提案される管理措置の内容を検討する必要がある。	輸出国輸出前	—	—
③栽培地検査	栽培期間中に生育場所において植物の症状を観察する。	〔有効性〕 ●栽培期間中に症状を明瞭に現す場合は有効である。 ●MCMVによる症状は、品種の感受性の程度によって、激しいモザイク症状や矮化を呈するものから、ほぼ無病徴なものまで様々であり、また、症状を現す場合でも、他の病原体等による症状と区別できない場合があるため、有効でない場合がある。 〔実行可能性〕 ●輸出国においてベクターの適切な防除が実施されるとともに、適切な検査が行われる必要がある。	輸出国栽培中	▽	○

		るが、実行可能と考えられる。			
④精密検定	血清学的診断法、遺伝子診断法等による精密検定を実施する。	〔有効性〕 ●ELISA 法及びイムノクロマト法の血清学的診断法又は RT-PCR 法等の遺伝子診断法により MCMV の検出が可能である。 〔実行可能性〕 ●輸出入国において検定施設を有するとともに、ELISA キット、特異的なプライマー及びポジティブコントロールが必要であるが、実行可能と考えられる。	輸出国 輸出前 輸入国 輸入時	○ ○	○ ○
⑤荷口への当該有害動植物の付着がないことを検査証明書に追記	輸出国での目視検査の結果、当該有害動植物の付着がないことを確認し、その旨を検査証明書に追記する。	〔有効性〕 ●輸出検査時に症状を明瞭に現す場合は有効である。 ●MCMV は症状を現さない場合があり、検査で見逃されるおそれがある。 ●種子は症状に関して報告されておらず、有効でない。 〔実行可能性〕 ●輸出国において適切な検査が行われる必要があるが、実行可能と考えられる。	輸出国 輸出時	▽ (栽植用 種子は ×)	○
⑥輸出入検査(目視検査)	症状を観察する。	〔有効性〕 ●輸出入検査時に症状を明瞭に現す場合は有効である。 ●MCMV は症状を現さない場合があり、検査で見逃されるおそれがある。 ●種子は症状に関して報告されておらず、有効でない。 〔実行可能性〕 ●輸出国及び輸入国において通常実施されている検査であり、実行可能である。	輸出国 輸出時 輸入国 輸入時	▽ (栽植用 種子は ×) ▽ (栽植用 種子は ×)	○ ○
⑦隔離栽培中の検査	輸入後、国内の施設等において一定期間	〔有効性〕 ●栄養繁殖するサトウキビ生茎葉及び地下部は隔離栽培中の	輸入国 輸入後	○ (サトウ	○ (サトウ

	栽培し、症状の確認や精密検定を実施する。	検査に適する。 ● 隔離栽培期間中に症状が現れない場合でも、MCMV の特異的な抗血清やプライマー等を用いた精密検定による検出法が確立されているため、有効である。 〔実行可能性〕 ● サトウキビ生茎葉及び地下部は、隔離栽培運用基準（農林省, 1968）で対象としているため、実行可能である。		キビ生茎葉及び地下部)	キビ生茎葉及び地下部)
--	----------------------	---	--	-------------	-------------

有効性 ○：効果が高い
▽：限定条件下で効果がある
×：効果なし
－：検討しない

実行可能性 ○：実行可能
▽：限定条件下で実行可能
×：実行困難
－：検討しない

2. 経路ごとの *Maize chlorotic mottle virus* に対するリスク管理措置の選択肢の有効性及び実行可能性一覧

経路ごとのリスク管理措置について検討した結果を以下にとりまとめた。

選択肢 経路等		①	②	③	④		⑤	⑥		⑦
		病害虫無発生 の地域、生産地 又は生産用地の 設定及び維持	システムズア プローチ	栽培地検査	精密検定		検査証明書へ の追記	輸出入検査（目 視検査）		隔離栽培中の 検査
		輸出 国	輸出 国	輸出 国	輸出 国	輸入 国	輸出 国	輸出 国	輸入 国	輸入 国
栽植用植物	有効性	○	－	▽	○	○	▽	▽	▽	○ ^{※1}
	実行可能性	○	－	○	○	○	○	○	○	○ ^{※1}
栽植用種子	有効性	○	－	▽ ^{※2}	○ ^{※3}	○	×	×	×	－
	実行可能性	○	－	○ ^{※2}	○ ^{※3}	○	○	○	○	－

- ※ 1 : 栄養繁殖する植物に対する措置
- ※ 2 : 採種用親植物に対する措置
- ※ 3 : 採種用親植物又は種子に対する措置

有効性 ○ : 効果が高い
 ▽ : 限定条件下で効果がある
 × : 効果なし
 — : 検討しない

実行可能性 ○ : 実行可能
 ▽ : 限定条件下で実行可能
 × : 実行困難
 — : 検討しない

3. 経路ごとの *Maize chlorotic mottle virus* に対するリスク管理措置の選択肢の特定

(1) 栽植用植物

ア リスク管理措置の選択肢

- (ア) 病虫害無発生地域、生産地又は生産用地の設定及び維持（選択肢①）
- (イ) 精密検定（選択肢④）
- (ウ) 隔離栽培中の検査（選択肢⑦）

イ 検討結果

病虫害無発生地域、生産地又は生産用地の設定及び維持（選択肢①）は、MCMV のリスクを適切な保護水準まで低減できる選択肢である。しかしながら、MCMV のベクターであるハムシ科及びアザミウマ科は移動能力が高いことから病虫害無発生生産用地においてもその管理は困難と考える。また、病虫害無発生地域等における宿主植物の栽培環境、病虫害管理等を含む各種要因に影響を受けるためすべての地域等で一律の状況ではなく、個別案件ごとに、どのように設定、管理及び維持されているかについて、輸出国植物防疫機関が示し、日本側がその内容を確認し、問題なければ承認することとなる。

精密検定（選択肢④）は、ELISA 法、RT-PCR 法等の MCMV を検出するための検定法が報告されている。また、MCMV を対象とした抗体（ELISA キット及びイムノクロマトキット）が市販されている。したがって、輸出前又は輸入時いずれかの精密検定は有効であり、実行可能であると考ええる。

栄養繁殖する栽植用サトウキビ植物については、隔離栽培運用基準（農林省, 1968）で隔離栽培中の検査（選択肢⑦）の対象としており、輸入後、国内の施設等において一定期間栽培し、症状の確認や精密検定を実施することは有効な措置であると考ええる。なお、症状が現れない場合でも、精密検定によって MCMV の検出が可能である。

ウ 栽植用植物（サトウキビを除く。）を経路とするリスク管理措置の選択肢の特定

栽植用植物に対する管理措置として、MCMV の入り込みの可能性を低減させることが可能であり、かつ必要以上に貿易制限的でないことを考慮し、以下の選択肢を特定した。

- 輸出国（輸出前）において、荷口全体（同一の荷口単位）の植物を対象に輸入植物検疫規程（農林省, 1950c）別表第 1 の 6 項 2 号の規定に基づく検査量相当について目視検査を行う。また、疑症状部及び無作為に抽出した検体について ELISA 法等の血清学的診断法又

は RT-PCR 法等の遺伝子診断法による検定を行い、MCMV に感染していないことを確認し、その旨を検査証明書に追記する。

又は、

- 輸入国（輸入時）において、輸入植物検疫規程（農林省, 1950c）別表第 1 の 6 項 2 号の規定に基づく検査量について目視検査を行う。また、疑症状部及び無作為に抽出した検体について ELISA 法等の血清学的診断法又は RT-PCR 法等の遺伝子診断法による検定を行い、MCMV に侵されていないことを確認する。

輸入植物検疫規程（農林省, 1950c）別表第 1 の 6 項 2 号

検査荷口の大きさ		検査する数量
1,000 本未満		30%以上
1,000 本以上	1,841 本未満	300 本以上
1,841 本以上	4,601 本未満	400 本以上
4,601 本以上	9,201 本未満	500 本以上
9,201 本以上	24,001 本未満	600 本以上
24,001 本以上		800 本以上

エ 栽植用サトウキビ植物を経路とするリスク管理措置の選択肢の特定

栽植用サトウキビ植物に対する管理措置として、MCMV の入り込みの可能性を低減させることが可能であり、かつ必要以上に貿易制限的でないと判断し、以下の選択肢を特定した。

- 輸出国（輸出前）において、荷口全体（同一の荷口単位）の植物を対象に輸入植物検疫規程（農林省, 1950c）別表第 1 の 2 項の規定に基づく検査量相当について目視検査を行う。また、疑症状部及び無作為に抽出した検体について ELISA 法等の血清学的診断又は RT-PCR 法等の遺伝子診断法による検定を行い、MCMV に感染していないことを確認し、その旨を検査証明書に追記する。

又は

- 輸入後、全量を隔離栽培中の検査対象として、国内の施設等において一定期間栽培し、MCMV について症状の確認や精密検定を実施して、MCMV に感染していないことを確認する。

輸入植物検疫規程（農林省, 1950c）別表第 1 の 2 項

検査荷口の大きさ		検査する数量
920 本未満		50%以上
920 本以上	1,841 本未満	460 本以上
1,841 本以上	4,601 本未満	570 本以上
4,601 本以上	9,201 本未満	750 本以上
9,201 本以上		920 本以上

(2) 栽植用種子

ア リスク管理措置の選択肢

- (ア) 病害虫無発生地域、生産地又は生産用地の設定及び維持（選択肢①）
- (イ) 精密検定（選択肢④）

イ 検討結果

宿主植物のうちトウモロコシのみが種子伝染の報告がある。

病害虫無発生地域、生産地又は生産用地の設定及び維持（選択肢①）は、MCMV のリスクを適切な保護水準まで低減できる選択肢である。しかしながら、MCMV のベクターであるハムシ科及びアザミウマ科は移動能力が高いことから病害虫無発生生産用地においてもその管理は困難と考える。また、病害虫無発生地域等における宿主植物の栽培環境、病害虫管理等を含む各種要因に影響を受けるためすべての地域等で一律の状況ではなく、個別案件ごとに、どのように設定、管理及び維持されているかについて、輸出国植物防疫機関が示し、日本側がその内容を確認し、問題なければ承認することとなる。

精密検定（選択肢④）は、ELISA 法、RT-PCR 法等の MCMV を検出するための検定法が報告されている。また、MCMV を対象とした抗体（ELISA キット及びイムノクロマトキット）が市販されている。したがって、輸出国（輸出前）の採種用親植物若しくは種子に対する精密検定又は輸入国（輸入時）の種子に対する精密検定は有効であり、実行可能であると考ええる。

ウ 栽植用種子を経路とするリスク管理措置の選択肢の特定

栽植用種子に対する管理措置として、MCMV の入り込みの可能性を低減させることが可能であり、かつ必要以上に貿易制限的でないことを考慮し、以下の選択肢を特定した。

- 輸出国（輸出前）において、採種用親植物又は種子について ELISA 法等の血清学的診断法又は RT-PCR 法等の遺伝子診断法による検定を行い、MCMV に感染していないことを確認し、その旨を検査証明書に追記する。

又は

- 輸入国（輸入時）において、種子について ELISA 法等の血清学的診断法又は RT-PCR 法等の遺伝子診断法による検定を行い、MCMV に感染していないことを確認する。

なお、検定を行う場合は、国際種子検査協会（ISTA）が定める国際種子検査規程（International Rules for Seed Testing）の抽出方法に準拠した方法で同一の荷口単位から無作為に抽出した規定の種子数について検定を実施する。MCMV に関しては、精密検定に必要なサンプルサイズ及びサブサンプルサイズについて、アメリカ合衆国の National Seed Health System (NSHS, 2016) のプロトコルによれば、トウモロコシ種子 400 粒（サブサンプル 100 粒）を ELISA 法により検定する旨規定している。しかしながら、当該プロトコルは、発生国であるアメリカ合衆国のものであり、国内発生を前提にしたサンプルサイズであると判断し採用しないこととする。よって、規定の種子数については、検定粒数や感染種子率に係る情報を記載した文献はないことから、現時点では 99% の検出確率で 0.1% の感染種子を検出可能なサンプルサイズとして、通常ロットの場合（同一の荷口当たりの種子数が 46,000 粒以上）は、ロット当たり一律 4,600 粒、小ロットの場合（同一の荷口当たりの種子数が 46,000 粒未満）は、その種子数の 10% とする（種子検定粒数に係る詳細は参考参照）。なお、検定実施（血清学的診断法及び遺伝子診断法）におけるサブサンプルの最大値については、NSHS

(2016) による MCMV の ELISA 検定時のサブサンプル数である 100 粒とする。

4. *Maize chlorotic mottle virus* の病害虫リスク管理の結論

経路ごとにリスク管理措置の選択肢を検討した結果、MCMV の入り込みのリスクを低減させる効果があり、かつ必要以上に貿易制限的でないと判断した各経路の管理措置を以下にとりまとめた。

経路	対象植物	リスク管理措置
栽植用植物 (種子及び果実を除く。)	イネ科：トウモロコシ (<i>Zea mays</i>)、モロコシ (<i>Sorghum bicolor</i>)、セイバンモロコシ (<i>S. halepense</i>)、シコクビエ (<i>Eleusine coracana</i>)、コイクス・キネンシス (<i>Coix chinensis</i>)	○ 輸出国 (輸出前) 又は輸入国 (輸入時) における適切な血清学的診断法又は核酸の塩基配列を検出するために適切と認められる方法による精密検定。
	イネ科：サトウキビ (<i>Saccharum officinarum</i>)	○ 輸出国 (輸出前) における適切な血清学的診断法若しくは核酸の塩基配列を検出するために適切と認められる方法による精密検定又は輸入後の隔離栽培中の検査。
栽植用種子	イネ科：トウモロコシ (<i>Zea mays</i>)	○ 輸出国 (輸出前) における採種用親植物若しくは種子又は輸入国 (輸入時) における種子に対する適切な血清学的診断法又は核酸の塩基配列を検出するために適切と認められる方法による精密検定。 ※ 検定は、ISTA が定める国際種子検査規程の抽出方法に準拠した方法で同一の荷口単位から無作為に抽出した規定の種子数について行うこと。通常ロットの場合 (同一の荷口当たりの種子数が 46,000 粒以上) は、ロット当たり一律 4,600 粒について、血清学的診断法又は遺伝子診断法のいずれの場合も、最大 100 粒ずつ検定を行い、小ロットの場合 (同一の荷口当たりの種子数が 46,000 粒未満) は、その種子数の 10% を規定数とし、血清学的診断法又は遺伝子診断法のいずれの場合も、最大 100 粒ずつ検定を行う。

Maize chlorotic mottle virus の発生地の根拠

国又は地域	ステータス	根拠文献	備考
アジア			
タイ	発生	CABI, 2019a; CABI/EPPO., 2014	
台湾	発生	CABI, 2019a; Deng <i>et al.</i> , 2014	
中華人民共和国	発生	CABI, 2019a; Xie <i>et al.</i> , 2011; Wang <i>et al.</i> , 2014; Huang <i>et al.</i> , 2016	河北省、四川省、雲南省で発生
河北省			
四川省			
雲南省			
欧州			
スペイン	発生	Achon <i>et al.</i> , 2017; CABI, 2019a; CABI, 2019b	
アフリカ			
ウガンダ	発生	CABI, 2019a; Mudde <i>et al.</i> , 2019	
エチオピア	発生	Feyissa and Fentahun, 2016; Mahuku <i>et al.</i> , 2015b	
ケニア	発生	CABI, 2019a; Mahuku <i>et al.</i> , 2015b; CABI/EPPO, 2014; Wangai <i>et al.</i> , 2012	
コンゴ民主共和国	発生	CABI, 2019a; Lukanda <i>et al.</i> 2014; Mahuku <i>et al.</i> , 2015b	
タンザニア	発生	CABI, 2019a; CABI/EPPO., 2014; IPPC, 2018	
モザンビーク	発生	CABI, 2019a	
ルワンダ	発生	Adams <i>et al.</i> , 2014	
北米			
アメリカ合衆国	発生	CABI, 2019a; Plant Viruses Online, 2019; Jiang <i>et al.</i> , 1992	
カンザス州	発生	CABI/EPPO (2014)	
ネブラスカ州	発生	CABI/EPPO (2014)	
中南米			
アルゼンチン	発生	CABI, 2019a; Plant Viruses Online, 2019; Louie, <i>et al.</i> , 2016; SENASA, 2019	

エクアドル	発生	CABI, 2019a; EPPO, 2016	
ブラジル	発生	CABI, 2019a; Uyemoto, 1983	
ペルー	発生	CABI, 2019a; Plant Viruses Online, 2019; Louie, <i>et al.</i> , 2016; Castillo and Hebert, 1974	
メキシコ	発生	CABI, 2019a; Plant Viruses Online, 2019; Louie, <i>et al.</i> , 2016; Gordon <i>et al.</i> , 1984	
コロンビア	—	Mahuku <i>et al.</i> , 2015a; Morales <i>et al.</i> , 1999	Mahuku <i>et al.</i> , 2015a ではコロンビアを発生国としていたが、その根拠文献である Morales <i>et al.</i> , 1999 において材料としているウイルスはペルー由来（筆者の所属がコロンビアの研究所）であるため、コロンビアは発生国としない。
大洋州			
ハワイ諸島	発生	CABI, 2019a; Plant Viruses Online, 2019; Jiang <i>et al.</i> , 1992	

Maize chlorotic mottle virus の宿主植物の根拠

学名	科名	属名	和名	英名	根拠文献	備考
<i>Coix chinensis</i>	イネ科	ジュズダマ属	コイクス・キネンシス		Huang <i>et al.</i> , 2016	
<i>Eleusine coracana</i>	イネ科	オヒシバ属	シコクビエ	African Millet	CABI, 2019a; Kusia <i>et al.</i> , 2015	
<i>Zea mays</i>	イネ科	トウモロコシ属	トウモロコシ	Corn	CABI, 2019a; Nelson <i>et al.</i> , 2011; Scheets, 2004; Louie, <i>et al.</i> , 2016	
<i>Saccharum officinarum</i>	イネ科	サトウキビ属	サトウキビ	Sugarcane	CABI, 2019a; Louie, <i>et al.</i> , 2016	
<i>Sorghum bicolor</i>	イネ科	モロコシ属	モロコシ	Sorghum	Huang <i>et al.</i> , 2016; Namikoye <i>et al.</i> , 2017	
<i>Sorghum halepense</i>	イネ科	モロコシ属	セイバンモロコシ	Johnson Grass	Achon <i>et al.</i> , 2017; CABI, 2019a	

※以下の植物は MCMV の宿主植物として整理せず、継続調査としているもの。

学名	科名	属名	和名	英名	根拠文献	備考
<i>Digitaria abyssinica</i>	イネ科	メヒシバ属			Mudde <i>et al.</i> , 2019	継続調査
<i>Eleusine indica</i>	イネ科	オヒシバ属	オヒシバ	Wire Grass	Mudde <i>et al.</i> , 2019	継続調査
<i>Zea diploperennis</i>	イネ科	トウモロコシ属			CABI, 2019a; Nault, <i>et al.</i> , 1982	CABI (2019a) では宿主 (Other) としているが、Nault, <i>et al.</i> (1982) は好適宿主ではないとしており、また宿主であるとの情報は他に

						ないため、継続調査。
<i>Pennisetum purpureum</i>	イネ科	チカラシバ属	ネピアグラス	Hybrid Napier Grass	Mudde et al., 2019	継続調査
<i>Cyperus rotundus</i>	カヤツリグサ科	カヤツリグサ属	ハマスゲ	Coco Grass	Mudde et al., 2019	継続調査
<i>Sesamum indicum</i>	ゴマ科	ゴマ属	ゴマ	Sesame	Mudde et al., 2019	継続調査
<i>Commelina benghalensis</i>	ツユクサ科	ツユクサ属			Mudde et al., 2019	継続調査
<i>Manihot esculenta</i>	トウダイグサ科	イモノキ属	キャッサバ（タピオカノキ）	Cassava	Mudde et al., 2019	継続調査
<i>Amaranthus spinosus</i>	ヒユ科	ヒユ属			Mudde et al., 2019	継続調査
<i>Phaseolus vulgaris</i>	マメ科	インゲン属	インゲンマメ	Common Bean (Kidney Bean)	Mudde et al., 2019	継続調査

**Maize chlorotic mottle virus の宿主植物に関連する経路の年間輸入検査量
(貨物、郵便物及び携帯品)**

(1) 栽植用植物

単位 (数量) : 本

※ 検査件数及び数量には輸入禁止品のデータを含む。

植物名	生産国	発生国	2016		2017		2018	
			件数	数量	件数	数量	件数	数量
Saccharum officinarum(サトウキビ (地上部))	オーストラリア	×	6	24	4	16	5	20
	タイ	○					1	1
	ベトナム	×	3	30	6	56	4	35
	中国	○	1	5	4	39	3	68
Saccharum officinarum(サトウキビ)	オーストラリア	×	6	24				
	タイ	○	1	2	1	5		
	バングラデシュ	×					1	4
	ベトナム	×	2	11				
	台湾	○	2	9				
	中国	○	2	17			2	6

(2) 栽植用種子

単位 (数量) : kg

※ 検査件数及び数量には輸入禁止品のデータを含む。

植物名	生産国	発生国	2016		2017		2018	
			件数	数量	件数	数量	件数	数量
Zea mays(トウモロコシ コーティング種子)	ドイツ	×	3	15				
	フランス	×	3	15	2	8,724		
Zea mays(トウモロコシ)	アルゼンチン	○	1	1	3	3		
	イタリア	×	7	10,348	9	17,414	6	11,635
	インド	×					2	5
	インドネシア	×	2	400				
	オーストラリア	×	4	38,864	7	69,495	10	176,159
	オーストリア	×	49	24,494	48	63	47	22,428
	オランダ	×	1	1	1	1		
	カナダ	×	2	2	4	4	4	4
	カンボジア	×			1	1	1	1
	ギリシャ	×	17	17	19	137	17	75
	クロアチア	×	5	5				
	コロンビア	×					1	1

	スイス	×			6	18	1	1
	スペイン	○	9	23,822	16	16	27	56
	タイ	○	63	44,593	42	49,173	171	107,045
	タンザニア	○					1	1
	チリ	×	4,245	183,278	3,803	98,776	1,570	37,483
	ドイツ	×	59	37,583	144	41,499	205	95,100
	トルコ	×	35	34,116	31	59,392	29	25,559
	ニュージーランド	×	66	300,170	103	356,247	82	330,861
	ネパール	×	2	2			1	1
	パキスタン	×			1	1		
	ハワイ諸島	○	2	13	3	14	4	21
	ハンガリー	×	9	49,682	5	2,597	2	3,516
	フィリピン	×	1,014	1,014	105	105	1,680	1,680
	プエルトリコ	×	55	66	43	141	17	33
	ブラジル	○			5	92	3	53
	フランス	×	369	1,090,512	295	353,387	251	1,037,145
	ベトナム	×	13	13	21	22	32	131
	ペルー	○	1	1			1	1
	ポーランド	×					2	2
	マレーシア	×			1	1		
	ミャンマー	×	16	16	34	34		
	メキシコ	○	70	72	94	97	157	165
	ルーマニア	×	21	1,731	17	8,413	8	9,575
	ロシア	×					1	1
	英国	×	1	1				
	韓国	×			4	4	2	2
	台湾	○	7	7	7	7	11	11
	中国	○	112	122	129	133	106	113
	日本	×	10	10	2	2	1	1
	米国	○	372	285,276	514	288,329	396	194,398
Zea mays var. everta(ホップコーン)	ハンガリー	×					1	1
	米国	○	1	3	1	12		
Zea mays var. indentata(デントコーン)	タイ	○	1	7,500				
	フランス	×					1	1,200
Zea mays var. indurata(フリントコーン)	英国	×					1	1
Zea mays var. rugosa(ス ウィートコーン コーティング種 子)	フランス	×	1	4				
Zea mays var. rugosa(ス ウィートコーン)	インドネシア	×			1	23		
	セルビア	×					2	2
	チリ	×	103	8,046	172	25,382	238	38,637
	ドイツ	×	42	99			10	52

トルコ	×	1	14				
ニュージーランド	×					4	8
フィリピン	×			74	74		
フランス	×	19	19	12	3,011	15	70
メキシコ	○			1	1		
台湾	○			1	2		
中国	○	1	1				
日本	×			2	153		
米国	○	775	60,543	186	42,053	350	64,820

種子の検定を実施する場合の粒数の考え方について

1 検査用主試料の抽出方法（1次抽出）

ISTA が定める国際種子検査規程の抽出方法（ISTA Rules 2019 Chapter 2: Sampling）（ISTA, 2019）に準拠した方法で同一の荷口単位から無作為に検査用の主試料を抽出し、その中から、以下の検定用試料として規定の数量を抽出する。

2 検定用試料の抽出方法（2次抽出）

検定用試料については、ISTA の抽出方法に準拠した方法で、国際基準 No. 31 「Methodologies for sampling of consignments」（FAO, 2016）を根拠とした、以下のポアソン分布に基づく抽出量の計算式（山村, 2011）に基づいた抽出理論による検定数量について抽出する（小ロットについては下記（2）参照。）。

$$n = - \frac{\log_e (1 - \beta)}{p}$$

n : 抽出量

β : 検出確率（信頼度）

p : 限界不良植物率（不良率の上限）

本式では、病害虫の付いた植物を不良植物とし、不良植物率が p 以上の荷口が国内へ入ってくるリスクを、 n 個検査することにより、 $1-\beta$ 以下に制御する。

（1）通常ロットの種子検定対象の2次抽出量(n)の基本的な考え方

個々の病原体の具体的な種子検定粒数の根拠とできる技術的情報がない場合は、国際種子連盟（International Seed Federation (ISF)）（ISF, 2019）等の検定プロトコール等の国内外の検定方法の諸情報等を総合的に考慮し、種子検定のための2次抽出量(n)は、ウイルス・ウイロイドについては、限界不良植物率（＝ロットにおいて検出しようとする最低感染種子率）(p)の暫定値として 0.001（＝0.1%＝荷口 1000 粒/ロット中、感染種子 1 粒）、検出確率(β)は 99%を採用し、上記ポアソン分布の式を用いて 4,606 粒／ロット要することとする。

なお、検出確率 99%は、オーストラリアも採用している（Australian Government, 2017）。

	検出確率(β)	限界不良植物率 (p) (暫定値)	2次抽出量(n)→検定用の主 試料／ロット当たり
ウイルス・ウイロイド	99%	0.001	約 4,600 粒

<MCMV についての検定用抽出量の検討詳細>

MCMV の検定粒数や種子感染率(p)に係る情報を記載した文献はないことから、現時点では、上記で算出した検定粒数の約 4,600 粒/ロットは妥当と考える。

よって、MCMV の場合の検定のための数量は、下記（2）で示す同一の荷口当たりの種子

数が少ない場合（小ロット）以外は、その同一の荷口当たりの種子数に関わりなく一律に約4,600粒／ロットとする。

（2）小ロットの種子検定対象の抽出量の基本的な考え方

小ロット（同一の荷口当たりの種子数が少量の場合。例えば、規定の検定数量を確保することが困難な場合）の2次抽出量については、次の考え方に基づくこととする

なお、小ロットの範囲とは、上記（1）で計算した2次抽出量の値が、検出対象の同一の荷口当たりの種子の数量（検査荷口の大きさ（母集団））の10%となるまでの値の範囲とする。

限界不良植物率（ p ） （暫定値）	小ロットの範囲
ウイルス・ウィロイド（0.001）	約46,000粒未満

よって、MCMVの宿主植物の種子については、小ロットの場合、ロット当たりの数量が約46,000粒未満の場合、10%抽出することとする。

引用文献

- Achon, M. A., L. Serrano, G. Clemente-Orta and S. Sossai (2017) First Report of *Maize chlorotic mottle virus* on a Perennial Host, *Sorghum halepense*, and Maize in Spain. *Plant Disease* 101: 393.
- Adams, I. P., D. W. Miano, Z. M. Kinyua, A. Wangai, E. Kimani, N. Phiri, R. Reeder, V. Harju, R. Glover, U. Hany, R. Souza-Richards, P. Deb Nath, T. Nixon, A. Fox, A. Barnes, J. Smith, A. Skelton, R. Thwaites, R. Mumford and N. Boonham (2013) Use of next - generation sequencing for the identification and characterization of *Maize chlorotic mottle virus* and *Sugarcane mosaic virus* causing maize lethal necrosis in Kenya. *Plant Pathology* 62: 741-749.
- Adams, I. P., V. A. Harju, T. Hodges, U. Hany, A. Skelton, S. Rai, M. K. Deka, J. Smith, A. Fox, B. Uzayisenga, C. Ngaboyisonga, B. Uwumukiza, A. Rutikanga, M. Rutherford, B. Ricthis, N. Phiri and N. Boonham (2014) First report of maize lethal necrosis disease in Rwanda. *New Disease Reports* 29, 22. (online) available from <https://www.ndrs.org.uk/pdfs/029/NDR_029022.pdf> (accessed 3 Sep 2019)
- Australian Government (2017) Final pest risk analysis for Cucumber green mottle mosaic virus (CGMMV). (online), available from <<http://www.agriculture.gov.au/SiteCollectionDocuments/biosecurity/risk-analysis/plant-reviews/final-pest-risk-analysis-cgmmv.pdf>>, (Last accessed 2019-08-26).
- Biosecurity Australia (2002) Final IRA report. Importation of Sweetcorn seed (*Zea mays* L.) from Idaho (United States of America) for the purpose of field sowing in Australia, Biosecurity Australia, Department of Agriculture, Fisheries and Forestry, Canberra.
- Bockelman, D. L., L. E. Clafin and J. K. Uyemoto (1982) Host range and seed-transmission studies of *maize chlorotic mottle virus* in grasses and corn. *Plant disease* 66: 216-218.
- Cabanas, D., S. Watanabe, C. H. Higashi and A. Bressan (2013) Dissecting the mode of maize chlorotic mottle virus transmission (Tombusviridae: Machlomovirus) by *Frankliniella williamsi* (Thysanoptera: Thripidae). *Journal of Economic Entomology* 106: 16-24.
- CABI (2019a) Maize chlorotic mottle virus. *Crop Protection Compendium*. (online), available from <<https://www.cabi.org/cpc/>>, (accessed 22 Aug 2019).
- CABI (2019b) *Frankliniella occidentalis*. *Crop Protection Compendium*. (online), available from <<https://www.cabi.org/cpc/>>, (accessed 3 Sep 2019).
- CABI (2019c) *Thrips tabaci*. *Crop Protection Compendium*. (online), available from <<https://www.cabi.org/cpc/>>, (accessed 3 Sep 2019).
- CABI (2019d) *Diabrotica undecimpunctata*. *Crop Protection Compendium*. (online), available from <<https://www.cabi.org/cpc/datasheet/18634>>, (accessed 25 Sep 2019).
- CABI (2019e) *Diabrotica virgifera virgifera*. *Crop Protection Compendium*. (online), available from <<https://www.cabi.org/cpc/datasheet/18637>>, (accessed 25 Sep 2019).
- CABI/EPPO (2014) *Maize chlorotic mottle virus*. *Distribution Maps of Plant Diseases*, No. 912, Ed. 2.
- Castillo, J. and T. T. Hebert (1974) A new virus disease of maize in Peru. *Fitopatologia* 9: 79-84. (Abstract).
- CIMMYT (2015) MLN pathogen diagnosis, MLN-free seed production and safe exchange to Non-Endemic countries., International Maize and Wheat Improvement center. (online), available from <<https://repository.cimmyt.org/xmlui/bitstream/handle/10883/4284/56880.pdf?sequence=3>>.
- DAWR (2017) Final group pest risk analysis for thrips and orthotospoviruses on fresh fruit, vegetable,

- cut-flower and foliage imports., Department of Agriculture and Water Resources, Australia.
- Deng, T. C., C. M. Chou, C. T. Chen, C. H. Tsai and F. C. Lin (2014) First report of Maize chlorotic mottle virus on sweet corn in Taiwan. *Plant Disease* 98: 1748-1748.
- EPPO (2016) First Report of Maize Lethal Necrosis in Ecuador. EPPO Reporting Service no.2016/197. (online), available from <<https://gd.eppo.int/reporting/article-5942>>, (Last accessed 2019-08-26).
- FAO (2016) ISPM 31 Methodologies for sampling of consignments. (online), available from <https://www.ippc.int/static/media/files/publication/en/2016/01/ISPM_31_2008_En_2015-12-22_PostCPM10_InkAmReformatted.pdf>, (Last accessed 2019-08-26).
- Feyissa, T. and M. Fentahun (2016) Identification and Characterization of *Maize Chlorotic Mottle Virus* and *Sugarcane Mosaic Virus* Associated with Maize Lethal Necrosis Disease in Benishangul-Gumuz and Oromia Regions of Ethiopia. (online), available from <<http://etd.aau.edu.et/handle/123456789/12285>>.
- Gordon, D. T., O. E. Bradfute, R. E. Gingery, L. R. Nault and J. K. Uyemoto (1984) Maize chlorotic mottle virus. Descriptions of Plant Viruses. (online), available from <<http://www.dpvweb.net/dpv/showadvp.php?dpvno=284>>, (accessed 3 Sep 2019).
- Hilker, F. M., L. J. Allen, V. A. Bokil, C. J. Briggs, Z. Feng, K. A. Garrett, L. J. Gross, F. M. Hamelin, M. J. Jeger, C. A. Manore, A. G. Power, M. G. Redinbaugh, M. A. Rua and N. J. Cuniffe (2017) Modeling virus coinfection to inform management of maize lethal necrosis in Kenya. *Phytopathology* 107: 1095-1108.
- Huang, J., G. S. Wen, M. J. Li, C. C. Sun, Y. Sun, M. F. Zhao and Y. Q. He (2016) First report of *Maize chlorotic mottle virus* naturally infecting sorghum and coix seed in China. *Plant Disease* 100: 1955-1955.
- ICTV (2019) Maize chlorotic mottle virus. International Committee on Taxonomy of Viruses. (online), available from <https://talk.ictvonline.org/taxonomy/p/taxonomy-history?taxnode_id=201855237>, (accessed 23 Jul. 2019).
- IPPC (2018) Status of Maize Lethal Necrosis in Tanzania. Food and Agriculture Organization of the United Nations. (online), available from <<https://www.ippc.int/en/countries/tanzania-united-republic-of/pestreports/2018/02/status-of-maize-lethal-necrosis-in-tanzania-1/>>.
- ISF (2019) ISHI-Veg Protocols. (online), available from <<http://www.worldseed.org/our-work/phytosanitary-matters/seed-health/ishi-veg-protocols/>>, (Last accessed 2019-08-21).
- ISTA (2019) ISTA Rules 2019 Chapter 2: Sampling. (online), available from <<https://www.seedtest.org/upload/cms/user/Rules2019Chapter2.pdf>>, (Last accessed 2019-08-27).
- Jensen, S. G. (1985) Laboratory transmission of *maize chlorotic mottle virus* by three species of corn rootworms. *Plant Disease* 69: 864-868.
- Jensen, S. G., D. S. Wysong, E. M. Ball and P. M. Higley (1991) Seed Transmission of Maize Chlorotic Mottle Virus. *Plant Disease* 75: 497-498.
- Jiang, X. Q., L. J. Meinke, R. J. Wright, D. R. Wilkinson and J. E. Campbell (1992) *Maize chlorotic mottle virus* in Hawaiian-grown maize: vector relations, host range and associated viruses. *Crop Protection* 11: 248-254.
- Kinyungu, T. N., J. W. Muthomi, S. Subramanian, D. W. Miano, F. M. M. Olubayo and M. A. Maobe (2019) Role of maize residues in transmission of maize chlorotic mottle virus and effect on yield,

- Kusia, E. S., S. Subramanian, J. O. Nyasani, F. Khamis, J. Villinger, E. M. Ateka and H. R. Pappu (2015) First Report of Lethal Necrosis Disease Associated With Co-Infection of Finger Millet With Maize chlorotic mottle virus and Sugarcane mosaic virus in Kenya. *Plant Disease* 99: 899.
- Liu, Z., X. Xia, C. Yang and J. Huang (2016) Colorimetric detection of *Maize chlorotic mottle virus* by reverse transcription loop-mediated isothermal amplification (RT-LAMP) with hydroxynaphthol blue dye. *RSC Advances* 6: 73-78.
- Louie, R., G. P. Munkvold, L. R. Stewart and M. G. Redinbaugh (2016) Maize Chlorotic Mottle and Maize Lethal Necrosis. In: *Compendium of Corn Diseases, Fourth Edition*. (Munkvold, G. P. and D. G. White, eds.) pp.107-109. APS Press, Minnesota, U.S.A.
- Lukanda, M., A. Owati, P. Ogunsanya, K. Valimunzigha, K. Katsongo, H. Ndemere and P. Lava Kumar (2014) First Report of *Maize chlorotic mottle virus* Infecting Maize in the Democratic Republic of the Congo. *Plant Disease* 94: 1448.
- Mahuku, G., B. E. Lockhart, B. Wanjala, M. W. Jones, J. N. Kimunye, L. R. Stewart, B. J. Cassone, S. Sevgan, J. O. Nyasani, E. Kusia, P. L. Kumar, C. L. Niblett, A. Kiggundu, G. Asea, H. R. Pappu, A. Wangai, B. M. Prasanna and M. G. Redinbaugh (2015a) Maize Lethal Necrosis (MLN), an Emerging Threat to Maize-Based Food Security in Sub-Saharan Africa. *Phytopathology* 105: 956-965.
- Mahuku, G., A. Wangai, K. Sadessa, A. Teklewold, D. Wegary, D. Ayalneh, I. Adams, J. Smith, E. Bottomley, S. Bryce, L. Braidwood, B. Feyissa, B. Regassa, B. Wanjala, J. N. Kimunye, C. Mugambi, K. Monjero and B. M. Prasanna (2015b) First Report of *Maize chlorotic mottle virus* and Maize Lethal Necrosis on Maize in Ethiopia. *Plant Disease* 99: 1870.
- 御子柴義郎・大同久明・重盛勲・佐藤尚・大久保博人・菅原幸哉 (2002) 日植病報 68: 70. (online), available from <https://www.jstage.jst.go.jp/article/jjphytopath1918/68/1/68_1_63/_pdf>, (accessed 3 Sep 2019).
- Morales, F. J., J. A. Arroyave, J. Castillo, C. de Leon (1999) Cytopathology of *maize chlorotic mottle virus* in *Zea mays* L.. *Maydica* 44: 231-235.
- MPI (2019) Import health standard -155.02.05 Seeds for Sowing. Ministry for Primary Industries, New Zealand. (online), available from <<https://www.mpi.govt.nz/importing/plants/seeds-for-sowing/requirements/>>, (accessed 22 Aug 2019).
- Mudde, B., D. Kilalo, F. Olubayo, A. Kiggundu, D. Kwemoi and D. Miano (2019) Role of Prevalent Weeds and Cultivated Crops in the Epidemiology of Maize Lethal Necrosis Disease in Major Maize Growing Agroecological Zones of Uganda. *Annual Research & Review in Biology* 32: 1-17.
- Mwando, N. L., A. Tamiru, J. O. Nyasani, M. A. Obonyo, J. C. Caulfield, T. J. Bruce and S. Subramanian (2018) *Maize Chlorotic Mottle Virus* Induces Changes in Host Plant Volatiles that Attract Vector Thrips Species. *Journal of Chemical Ecology* 44: 681-689.
- Namikoye, E. S., G. M. Kariuki, Z. M. Kinyua, M. W. Githendu and M. Kasina (2017) Cropping System Intensification as a Management Method against Vectors of Viruses Causing Maize Lethal Necrosis Disease in Kenya. *East African Agricultural and Forestry Journal* 82: 246-260.
- NARO (2019) 日本植物病名データベース, 農業生物資源ジーンバンク. (online), available from <http://www.gene.affrc.go.jp/databases-micro_pl_diseases.php>, (accessed 3 Sep 2019).
- Nault, L. R., W. E. Styer, M. E. Coffey, D. T. Gordon, L. S. Negi and C. L. Niblett (1978) Transmission of Maize Chlorotic Mottle Virus by Chrysomelid Beetles. *Phytopathology* 68: 1071-1074.

- Nault, L. R., D. T. Gordon, V. D. Damsteegt and H. H. Iltis (1982) Response of annual and perennial teosintes (*Zea*) to six maize viruses. *Plant disease* 66: 61-62.
- Nelson, S., J. Brewbaker and J. Hu (2011) Maize Chlorotic Mottle. College of Tropical Agriculture and Human Resources. University of Hawaii. *Plant Disease* December 2011 PD-79. (online), available from <<https://www.ctahr.hawaii.edu/oc/freepubs/pdf/PD-79.pdf>>.
- 日本植物病理学会 (2019) 日本に発生する植物ウイルス・ウィロイド. (online), available from <https://www.ppsj.org/pdf/mokuroku-viroid_2019.pdf?0802>, (accessed 3 Sep 2019).
- 農林省 (1950a) 植物防疫法 (昭和 25 年法律第 151 号) .
- 農林省 (1950b) 植物防疫法施行規則 (昭和 25 年農林省令第 73 号) .
- 農林省 (1950c) 輸入植物検疫規程 (昭和 25 年農林省告示第 206 号) .
- 農林省 (1968) 隔離栽培運用基準 (昭和 43 年 5 月 20 日付け 43 農政 B 第 916 号農政局長通知) .
- 農林水産省 (2011) 植物防疫法施行規則別表一の第一の二の項及び第二の二の項の規定に基づき、農林水産大臣が指定する有害動物及び有害植物を指定する件 (平成 23 年農林水産省告示第 542 号) .
- NSHS (2016) Mz 12.1 *Maize Chlorotic Mottle Virus*. Seed Health Testing Methods., National Seed Health System. (online), available from <<https://seedhealth.org/mz12-1/>>, (accessed 03 Sep 2019).
- Nyasani, J. O., R. Malit, E. Kusia and S. Sevgan (2016) 3610: Thrips as vectors of an emerging maize disease: A case study of *maize chlorotic mottle virus*, 2016 International Congress of Entomology. (online), available from <<https://esa.confex.com/esa/ice2016/meetingapp.cgi/Paper/105935>>, (accessed 28 Aug 2019).
- Pereira, A. E., H. Wang, S. N. Zukoff, L. J. Meinke, B. W. French and B. D. Siegfried (2015) Evidence of field-evolved resistance to bifenthrin in western corn rootworm (*Diabrotica virgifera virgifera* LeConte) populations in western Nebraska and Kansas. *PLoS One*, 10, e0142299.
- Phillips, N. J., J. K. Uyemoto and D. L. Wilson (1982) Maize chlorotic mottle virus and crop rotation: Effect of sorghum on virus incidence. *Plant Disease* 66: 376-379.
- Plant Viruses Online (2019) Maize chlorotic mottle machlomovirus. (online), available from <<http://bio-mirror.im.ac.cn/mirrors/pvo/vide/sppindex.htm>>, (accessed 22 Aug 2019).
- Scheets, K. (2004) *Maize chlorotic mottle virus*. In: *Viruses and Virus Diseases of Poaceae (Gramineae)*. (Lapierre, H. and P. Signoret, eds.) pp. 642-644. INRA, Paris.
- Scheets, K. (2008) *Machlomovirus*. In: *Encyclopedia of Virology*. (Mahy, B. W. J. and M. H. V. Regenmortel, eds.), Academic Press, pp. 259-263.
- SENASA (2019) Maize chlorotic mottle virus (MCMV). National Pest Surveillance and Monitoring Systems-SENASA (Health and Quality Agrifood National Service). (online), available from <<http://www.sinavimo.gov.ar/en/pest/maize-chlorotic-mottle-virus-mcmv>>.
- 鳥山重光・寺中理明・与良清・明日山秀文 (1965) 日植病報 30(5): 264. (online), available from <https://www.jstage.jst.go.jp/article/jjphytopath1918/30/5/30_5_264/_pdf>, (accessed 3 Sep 2019).
- Uyemoto, J. K., D. L. Bockelman and L. E. Claflin (1980) Severe Outbreak of Corn Lethal Necrosis Disease in Kansas. *Plant Disease* 64: 99-100.
- Uyemoto, J. K. (1983) Biology and Control of Maize chlorotic mottle virus. *Plant Disease*, 67: 7-10.
- Wang, Q., X. P. Zhou and J. X. Wu (2014) First Report of *Maize chlorotic mottle virus* Infecting Sugarcane (*Saccharum officinarum*). *Plant Disease* 98: 572-573.

- Wangai, A. W., M. G. Redinbaugh, Z. M. Kinyua, D. W. Miano, P. K. Leley, M. Kasina, G. Mahuku, K. Scheets and D. Jeffers (2012) First Report of *Maize chlorotic mottle virus* and Maize Lethal Necrosis in Kenya. *Plant Diseases*, 96: 1582. (online), available from <<http://apsjournals.apsnet.org/doi/abs/10.1094/PDIS-06-12-0576-PDN>>.
- Xie, L., J. Zhang, Q. Wang, C. Meng, J. Hong and X. Zhou (2011) Characterization of *Maize chlorotic mottle Virus* associated with maize lethal necrosis disease in China. *Journal of Phytopathology*, 159:191-193. (online), available from <<http://libcatalog.cimmyt.org/download/reprints/96639.pdf>>, (accessed 3 Sep 2019).
- 山村光司 (2011) 農学と統計学. 計量生物学 Vol. 32, Special Issue, S 19–S 34. (online), available from <https://www.jstage.jst.go.jp/article/jjb/32/Special_Issue/32_Special_Issue_S19/_pdf/-char/ja>, (Last accessed 2019-08-26).
- Zeng, C., X. Huang, J. Xu, G. Li, J. Ma, H. F. Ji, S. Zhu and H. Chen (2013) Rapid and sensitive detection of *maize chlorotic mottle virus* using surface plasmon resonance-based biosensor. *Analytical biochemistry* 440: 18-22.
- Zhang, Y., W. Zhao, M. Li, H. Chen, S. Zhu and Z. Fan (2011) Real-time TaqMan RT-PCR for detection of *maize chlorotic mottle virus* in maize seeds. *Journal of virological methods* 171: 292-294.
- Zhao, M., H. Ho, Y. Wu, Y. He and M. Li (2014) Western Flower Thrips (*Frankliniella occidentalis*) Transmits *Maize Chlorotic Mottle Virus*. *Journal of Phytopathology* 162: 532-536.