

農業災害防止マニュアル

(凍霜害対策)

令和5 (2023) 年3月

栃木県農政部

目 次

とちぎ農業防災メール等の活用と登録推進 1

凍霜害対策

I	果 樹	. . . . .	2
II	野 菜	. . . . .	5
III	花 き	. . . . .	6
IV	水 稻	. . . . .	6
V	麦 類	. . . . .	7
VI	飼料用とうもろこし	. . . . .	7
VII	桑	. . . . .	8
VIII	たばこ	. . . . .	8

とちぎ農業防災メール等の活用と登録推進

近年、気候変動により農業災害が頻発している。被害を未然に防止するには、事前の対策が重要であることから、気象災害に対する農作物の技術対策情報等を配信する「とちぎ農業防災メール」を引き続き推進する。併せて、気象警報等を配信する「栃木県防災メール」についても登録推進を図る。

1) とちぎ農業防災メール（農作物の技術対策）

とちぎ農業防災メール



QRコードで
直接登録が
できます



2) 栃木県防災メール（各気象情報・注意報・警報等）

栃木県防災メール



QRコードで
直接登録が
できます



- ※ 2つのメールは、携帯電話・パソコンのどちらでも登録可能です。
- ※ 登録は無料ですが、受信に伴う通信費は登録者様の負担となります。

I 果 樹

1 凍霜害安全限界温度

安全限界温度は次表のとおりであるが、この温度は植物体温であるので百葉箱で測定した気温より 1～1.5℃低いと考えてよい。一般に野外で裸の棒状温度計で計った温度は、ほぼ植物体温に近いので実用的にはこの温度を安全限界温度とする。

果樹の発育程度別の安全限界温度 (°C)

樹 種	硬い蕾	ふくらんだ蕾	開花直前	満開期	落花後	備 考
りんご	-4.0	-2.5	-2.0	-1.8	-1.8	1. この温度で 30 分以上おかれた場合に危険である。
なし	-2.7	-1.9	-1.9	-1.5	-1.4	
もも	-4.5	-2.7	-2.3	-2.0	-2.0	
うめ	-7.0	-5.0	-4.0	-3.5	-4.0	2. ぶどうのほう芽・展開期は-3.5～-4.0℃
すもも	-4.5	-2.7	-2.3	-2.0	-2.0	

※安全限界温度は植物体が当該温度下に 30 分以上おかれた場合に障害を受ける最低温度

※なしは農業試験場の試験結果。「にっこり」は「幸水」と同程度かやや低い。

2 事前対策

(1) 栽培管理による防止対策

- ア 一般に栄養条件がよい樹は同じ低温を受けても被害が少ないので、日常の栽培管理をよくして、健康な樹づくりに努める。
- イ 幼果は種子含有数が多いものほど被害が少ないので、なし、りんごは人工受粉を励行する。なお、開花期の気温が低いときの人工受粉は、花粉の希釈倍率を低くして、回数を増やし、めしべに花粉がよく付着するよう丁寧に実施する。
- ウ 草生栽培や敷わらは、清耕栽培に比べて晩霜の被害を受けやすい。草生は、こまめに刈取りを行い、敷わらは晩霜の心配がなくなってから行う。
- エ 人工受粉を実施することを前提に、多目的防災網を展張しておくこと被害程度が軽くなる。サイドの網は、冷気の滞留防止のため棚面まで巻き上げておく。また、多目的防災網を展張する場合は、週間天気予報で降雪がないことを確認し実施する。

(2) 送風法による防止対策

- ア 送風法は、放射冷却による逆転層を利用し、ファンによって上方の暖かい空気を下方に送風するもので、逆転層の気温が 3℃の場合、2℃の昇温が可能である。
- イ 極度の低温が予想される場合は、燃焼法を併用し、昇温効果を高める。
- ウ 防霜ファンは、凍霜害の危険時期前に試運転をして、サーモスタット(温度センサー)やタイマーの調整整備をしておく。サーモスタットの調整は気温の低い時期に行っておく。
- エ 防霜ファンの作動は「花蕾露出期」頃から開始する。

(3) 燃焼法による防止対策

燃焼による凍霜害防止にあたっては、県生活環境の保全等に関する条例による規制の対象となる場合もあるので、周辺地域の生活環境への影響を十分に考慮する。

ア 燃焼資材

- ・市販固形燃料資材は、煙の発生が少ない資材を利用する。
- ・自作の固形燃料は、オガクズ 2 (容積比) : 灯油 1 を混合する。
- ・1 箇所 1 kg 程度をスコップか容器で固めて地上におき、点火する。量が多すぎると炎が大きくなってしまうので注意する。点火をよくするために荒なわ(太さ 8mm 程度)を 5 cm ほどに切った芯を入れるとよい。
- ・防霜ロックは、一斗半切缶に入れたロックウールを芯として灯油を燃焼させる方法。燃焼法の中では比較的容易な方法であり、生産現場での使用事例は多い。

イ 燃焼資材の配置

- 市販、自作いずれの場合も、燃焼資材は園の周囲や冷気が流れ込んでくる方向、傾斜地の低い側に多く配置する。点火数は、火力が弱くとも数が多いほど効果が高い。なお、晩霜は2～3日連続することがあるので、連続して晩霜があっても燃料補給ができるような体制を地域ぐるみで整えておくことが必要である。
- 極度の低温が予想される場合は、点火数を増加するか、多目的防災網を併用し昇温効果を高める

10 a 当たり点火配置数と燃料消費量の目安

種類	点火数	燃料時間 (1個1時間当たり消費量)
市販固形燃料	40～50	1個で 3時間
固形燃料(カックス+灯油)	50～60	〃 1～2時間
防霜ロック	20～40	〃 2～3時間

ウ 点火時期と点火後の管理

- 点火をしても園内の温度はすぐには上がらないので、危険限界温度より1℃高い温度(地上1.5mの位置)で点火が完了できるようにする。点火は園の周囲や冷気が流れ込んでくる方向から行い、点火後は園内の温度、風、雲の状態等によって火の強さや点火の数を加減し、無駄な燃料消費を防ぐことを心掛ける。
- 点火後2時間以上経過すると火力が低下し、急激な気温低下を招くことがあるので、低温が長時間継続する場合は燃焼資材を追加するなどの対策を講じる。
- 燃焼は、朝気温が上昇に転じ、プラスになるまで継続する。
- 燃焼資材の不足が生じる場合や想定を超える極度の低温が予想される場合は、凍霜害危険度の高いほ場を優先して設置するなどの対策を講じる。

エ 温度観測

- 温度観測に用いる温度計は、検定済みの正確なものを使用する。温度計が不正確なものであっては、せっかくの晩霜対策も十分な効果を上げることができない。

(4) 散水氷結法による防止対策

- 水と氷が共存しているところでは、外気温に関係なく0℃が保たれる。
- 散水の途中で水が不足してしまうと被害を助長してしまうので、施設や水利の整っているところで行う。また、散水後は排水がスムーズに行われるよう、排水溝の設置などを事前に行っておく。
- 満開時に多量の散水を行った場合、柱頭の花粉が洗い流されてしまう場合があるので、人工受粉を徹底する。
- 散水終了の判断は、日の出後、凍結した氷が解けたことを確認してからとする。

(5) 防霜資材の散布による防止対策

- 防霜資材は、霜ガードやアイスバリア、フロストバスターなどがある。
- 資材は、生育期の降霜に応じて、2～3回は使用できる数量を準備しておく。
- 散布は、「花蕾露出期」頃から使用を始めることで被害の軽減につながる。
- 資材の防霜効果を安定させるためには、散布量を十分に確保し、花器への付着量を高めるとともに、強い冷え込みが予想される前日のタイミングにその都度散布を行うことが重要である。また、散布後に降雨等があった場合は追加散布を行う。
- 防霜資材の使用法は、各資材の説明書を熟読の上、適正に使用する。

(6) 人工受粉による結実対策

- ミツバチ放飼による自然交配は、開花期の気温や日照条件によって結実が不安定化しやすいため、人工受粉を併用し、結実を確保する。
- 特に開花の早い年は、日中の気温が上がらず、低温による受精不良の危険が高いため人工受粉を徹底する。

対策組合せによる昇温効果 (H25.12 農業試験場試験データから)

対策技術			昇温効果		
燃焼資材	防霜ファン	防災網	上昇温度		平均
有(標準)	無	無	4.1℃	～ -0.1℃	2.1℃
有(標準)	有	無	3.2℃	～ 0.6℃	1.6℃
有(標準)	無	有	4.3℃	～ 0.5℃	2.3℃
有(倍量)	無	有	8.1℃	～ 1.3℃	4.1℃
有(半量)	無	有	2.0℃	～ 0.5℃	1.2℃
無	有	無	1.2℃	～ 0.2℃	0.6℃
燃焼資材点火時気温(2:30)			-4.4℃ (最低-4.7℃)		

- 注1: 防霜ファン処理において、逆転層の発生が無かったため昇温効果が劣ったが、春期に使用した場合+1℃程度の昇温効果が期待でき
 2: 燃焼資材は、防霜ロックを使用。上部を解放した状態で約2時間燃焼が継続した。
 3: 処理は、同一日、同一ほ場の2反復(2:30～4:30、4:30～5:30)とし、昇温効果はそれぞれ着火20分後からの測定値。

3 事後対策

(1) なし・りんご

- ア 開花時に被害を受けた場合は、遅咲きの花に人工受粉を徹底して行い、結実の確保を図る。
 イ 摘果は、生理落果が終了してから実施する。幼果の胚軸が黒変したものは落果するが、果皮に障害を受けた場合はサビ果、変形果、傷果として残り、軽傷の場合は回復するので個々の果実をよく観察しながら摘果作業を進める。
 ウ りんごは樹冠上部の方が被害は少ないので、摘果の際は上部に多めに着果させて品質を確保するとともに、着果数の確保を優先し、中心果にこだわらず側果でも残す。
 エ 生理落果により極端に着果不良を招いた場合は、果実の大小及び外観にこだわらず、樹勢維持を目的に着果させておく。
 オ 着果が少なく徒長枝が多発した場合は、間引きや誘引を励行して樹冠内への日照の確保に努める。着果皆無等被害が甚大なほ場は、その後の管理を放任しがちであるが、病虫害雑草防除等の管理を継続する。

(参考 なし開花期の被害程度とその後の結実・収穫状況)

被害程度	症状	結実状況・摘果対応	収穫状況 (平年着果数比)
蕾・花の90%以上が被害(ほぼ落花)	雌しべ黒変 子房の黒変 火ぶくれ症 裂皮	・残花に人工受粉実施 ・結実状況 0～1 果/m ² ・結実した果実はそのまま着果させる。	0～500 果/10a (0～5.2%) 規格外率 85～95%
蕾・花の60～80%が被害(5割落花)	雌しべ黒変 子房の黒変 火ぶくれ症 裂皮	・残花に人工受粉実施 ・結実状況 2～5 果/m ² ・傷の回復状況、着果数を確認しながら収穫直前まで随時補正摘果 ・規格外果含めて最大限の着果数を確保	1700～4300 果/10a (17.5～44.3%) 規格外率 44～56%
蕾・花の30～50%が被害(3割落花)	雌しべ黒変 子房の黒変 火ぶくれ症 裂皮	・残花に人工受粉実施 ・結実状況 5～8 果/m ² ・傷の回復状況、着果数を確認しながら補正摘果	5700～7800 果/10a (58.7～80.4%) 規格外率 20～27%
蕾・花の30%未満が被害	雌しべ黒変 子房の黒変 火ぶくれ症 裂皮	・残花に人工受粉実施 ・結実状況 8～10 果/m ² ・重症果中心に摘果 ・傷の回復状況、着果数を確認しながら補正摘果	8200～9500 果/10a (84.5～97.9%) 規格外率 5～15%

*注1: 品種は幸水、豊水

*注2: 過去事例データから抜粋

(2) ぶどう

- ア 発芽、展葉直後の新梢が被害を受けた場合は、被害新梢の芽かきを行って副芽の発生を促し、結果枝として利用する。
- イ 被害がひどく着果量が極端に少ない場合は、徒長・遅伸びをして「ねむり病」の原因になるので、土壌中の過剰な養分を吸収させるため草生栽培を行う。

II 野菜

4月から5月上旬は露地野菜の育苗、定植時期、施設栽培では収穫期にあたる。また、いちごでは親株床のランナー発生初期になる。

野菜類の被害は種類や生育ステージ（発育程度）、温度によって異なる。凍霜害のおそれがあるときは、積極的に保温に努め被害を最小限にとどめる。

1 低温障害のあらわれ方

(1) いちご

茎葉及び肥大した果実は0℃でも被害はほとんど受けないが、幼果や雌ずいは0℃以下になると被害を受けやすくなる。

露地の親株ではクラウン部に凍み症が入り、初期生育や子苗の発生が抑制される。

(2) トマト

鶏卵大に肥大した果実は耐寒性が強く、0℃くらいの低温にあっても被害を受けることは少ない。しかし、花芽や開花中の花器、茎葉は寒さに弱く、5℃以下になると被害を受けやすくなる。

(3) きゅうり

トマトに比較して低温伸長力が弱く、5℃以下の気温が続くと矮化症状を呈し、0℃では被害が著しい。

(4) アスパラガス

萌芽後は寒さに弱く、新芽に凍害を受けやすい。そのため、ハウス内は最低温度を10℃程度で管理し、5℃以下に下がらないようにする。

2 いちご、トマト、きゅうり、なす、アスパラガス等の凍霜害防止

(1) 暖房機使用による防止策

施設野菜は、4月以降は暖房の必要性が少なくなるため、暖房機の整備、電源スイッチの入れ忘れ及び燃料の確保等が行われていない場合がある。しかし、4月は急激に気温が低下する日があるので、必要に応じて直ちに加温ができるように暖房機の点検と燃料を確保しておく。あわせて、停電時の電源確保、補助暖房器具等を確保しておく。

(2) 被覆による防止策

外気温が-4℃以下に下がると、無加温ハウス内の気温は-1℃程度まで下がり、トマト、きゅうり等では枯死するおそれがある。

トンネルについても外気温が-3℃に下がると、ビニル被覆だけでは-1℃程度になるので、マット類の保温資材をかけて3℃以上の温度を確保し低温障害を防止する。

また、保温の際は保温資材のすき間ができないよう、ていねいに被覆する。

(3) 水封マルチによる防止策

水封マルチの保温効果は1～1.5℃程度あるので、ポリフィルム又はビニルの被覆資材等と併用して保温に努める。ただし、菌核病、灰色かび病が発生しやすくなるので注意する。

べたがけ資材の保温効果

(1986年4月10日～4月19日調査)

	パスライト		マリエース		パオパオ90	
	最高	最低	最高	最低	最高	最低
平均	44.4	1.6	43.6	2.2	38.7	0.3
対無被覆差	18.8	1.7	18.0	2.3	13.1	0.4
	タフベル		ラプシート		無被覆	
	最高	最低	最高	最低	最高	最低
平均	39.3	2.1	44.2	2.3	25.6	-0.1
対無被覆差	13.7	2.2	18.6	2.4	-	-

水封マルチの保温効果

	平均最低気温 (°C)		
	水封マルチ	無処理	
4月	12.4	11.1	+ 1.3
5月	13.4	12.3	+ 1.1

3 露地栽培用果菜類苗の凍霜害防止対策

育苗中の苗は、ビニルやマット類の保温資材をかけ防寒する。

なお、晩霜が予想される年は標準より株間を広くしておき、定植を遅らせる。

4 ばれいしょ

(1) 霜害の多い地区では、標準より1週間程度遅く植え付けする。早植で茎が10cm程度伸長したものは被害が大きい。

(2) 萌芽後晩霜のおそれがあるときは、土寄せを行い茎葉を覆って保護する。

5 いちご親株

露地の親株では、寒冷紗やパンチフィルム等によりトンネル被覆、または、不織布資材等によるべたがけ被覆を行う。また、株もとはマルチ被覆を行い、地温を確保する。

III 花き

1 施設花き

(1) 4月は急激に気温が低下する日があるので、必要に応じて直ちに加温ができるように暖房機の点検と燃料を確保しておく。

(2) あわせて、停電時の電源確保、補助暖房器具等を確保しておく。

2 りんどう（無加温半促成栽培）

低温による葉先の傷みを防止するため、夜温の低下が予想される場合は早めに換気を閉め温度確保に努める。

3 露地ぎく

7～8月咲きはトンネル内への定植とする。7月咲きは4月下旬から5月上旬にビニルを除去するが、5月中旬までは晩霜に備えて再被覆ができるようにしておく。

IV 水稲

4月から5月中旬は、早植栽培では育苗及び本田初期に、普通植栽培では育苗期にあたる。特に幼苗期に低温による影響を受けやすいので温度管理に十分注意する。

1 浸種温度の確保

(1) 浸種初期の低水温は発芽率の低下を助長するおそれがあるので、浸種水温は10°C以上を保ち、2～3日ごとに水を換えながら積算温度が120～130°C（水温10°Cの場合12～13日間）になるまで浸種を行う。

(2) 屋外では浸種せず、催芽器で温度をかけて浸種する、気温が低い3～4月はビニールハウス内での浸種（高温時は換気する）や、夜間は毛布等をかけて保温、などにより水温が下がらないようにする。

2 稚苗移植栽培における育苗

(1) 育苗中に低温(5℃以下)にあうと、ムレ苗や苗立枯病の発生が多くなりやすいので、これを防ぐため、床土に薬剤を土壌混和又はかん注する。

(2) 出芽の適温は 30℃なので育苗器の温度設定を確認する。

(3) 平置出芽法では、低温にあうと出芽期間が長くなるので中間かん水に注意する。本葉第一葉展開以降の育苗ハウス内の温度は、昼間は 18～25℃、夜間は 5～7℃以上に管理する。特に5℃以下にならないよう注意する。

なお、育苗初期は特に障害を受けやすいので、温度管理に十分注意するとともに、かん水が多すぎないようにする。早期の育苗では、夜間、保温マットを被覆して目標温度を確保する。また、日中は換気を十分にを行い、昼夜の温度差を小さくするよう注意し、硬く太い苗に育てる。プール育苗は、ムレ苗や苗立枯病が発生しにくい傾向がある。

3 早植栽培での本田初期管理

(1) 5月初旬までに田植したものは、晩霜に遭遇する機会が多いので、田植後の低温に対しては、夜間深水管理を行って保護し、日中は浅水管理によって水温の上昇を図り、生育の促進を促す。

(2) 凍霜害を受けて葉先が多少褐変しても、その後回復するので追肥や防除は原則として行わない。

V 麦 類

春先、気温の上昇と適度な土壌水分により、麦類の生育は急に旺盛となり、凍霜害の危険性が高まるので注意しなければならない。茎立ち後（平年の茎立期は3月中下旬）に最低気温が-3℃以下になると幼穂凍死が発生しやすい。なお、出穂前後に0℃程度の低温になると不稔粒が発生しやすい。

1 幼穂凍死後の対策

(1) 遅れ穂が発生すると、赤かび病が発生しやすいので、薬剤散布を2回以上行う。

(2) 遅れ穂が発生した場合の収穫適期判断は、通常の麦よりも3～4日程度遅らせ、遅れ穂の登熟を促進する。

(3) 収穫直後の穀粒水分はばらつきが大きいので、2時間程度通風乾燥を行い均一になってから乾燥機に点火する。特にビール麦や種子では乾燥温度を低めにする。また、選別はていねいに行い未熟粒を完全に除去する。

2 不稔発生後の対策

(1) 不稔の類に赤かび病が発生しやすく、そこから二次感染が起こり被害が大きくなるので、赤かび病防除を必ず2回以上行う。特に六条大麦は大きな被害になるので注意する。

(2) 二条大麦は裂皮粒が発生しやすく、収穫・乾燥・調製はていねいに行い作業中も確認しながら裂皮粒が増加しないようにする。

VI 飼料用とうもろこし

飼料用とうもろこしの発芽直後は、凍霜害に弱いので次の点に注意する。

1 防止対策

(1) 晩霜のおそれがある地帯では5月播種とする。播種が遅れるとやや収量が低下する傾向にあるが、中晩生種を利用し収量確保に努める。

(2) 晩霜害のおそれがある場合は、播種深を3cm程度になるよう調整し生長点の被害を抑える。

2 事後対策

- (1) 晩霜により生長点まで強い被害を受け、被害率が大きい場合は播き直しする。被害が少ない場合は追播する。
- (2) 葉先の障害程度が軽度の場合は、窒素肥料等の追肥により、速やかに生育の回復を図る。

VII 桑

3～4 齡期用蚕桑園を完全に予防すれば、壮蚕用桑園はたとえ被害を受けても再発芽を利用することができるので、掃立数量を幾分減らす程度で春蚕を飼育することができる。

1 防止対策

(1) 栽培管理による予防法

- ア 雑草が繁茂していると凍霜害にかかりやすいので、除草剤散布又は草刈り等を行い、雑草を除去する。
- イ 凍霜害にかかりやすい地帯での草生は桑の脱苞前に必ず刈り取る。

(2) 固形燃料燃焼による予防法

桑は、0℃前後で凍霜害が発生し、更に低下すると条の枯死が発生する。したがって、気温 0℃以下が予想されるときは、固形燃料を利用しほ場内の昇温に努める。

なお、固形燃料の昇温効果については、果樹の 10a 当たりの配置数及び組合せによる昇温効果を参考にする。

2 事後対策

(1) 被害園の対策

被害を受けた桑園は直ちに伐採することなく、4～5 日後に枝の枯死状況を確認する。被害が軽微な場合は、再発芽を待って春蚕を飼育する。この場合、できるだけ早期に 10 a 当たり尿素 20 kg 程度を施用して樹勢の回復に努める。

凍霜害後はクワノメイガなどの虫害を受けやすいので、薬剤散布を早めに行う。

(2) 壮蚕用桑園の対策

壮蚕用桑園が被害を受けた場合でも、壮蚕用桑は再発芽を利用することができるので、飼育数量の変更は最小限に抑える。

VIII たばこ

1 防止対策

(1) 耐寒性の強い苗の育成

苗の生長に合わせて、直接太陽光線に当てたり、定植 1 週間位前からかん水量を調整しながら苗の硬化を図る。葉肉が厚く、茎丈の短い健全な苗を育成する。

(2) 注意報の確認と対策の実施

霜害は定植直後が最も被害程度が高くなりやすいので、晩霜注意報によく注意し降霜のおそれのない日を選んで移植する。降霜が予想されるときは、燃焼法等による対策を行う。

2 事後対策

- (1) 定植後 1～2 日で活着前であれば、植え替えたほうが生育が早い場合がある。
- (2) 芯葉に被害を受けない場合は、あわてて抜き取らず、植え替えの判断は 3～4 日後に行う。
- (3) 活着して生長している場合には、大半の葉が枯死しても植え替えせず、わき芽を伸長させる。最初は二芽を伸ばし、1 週間程度様子を見て優勢なものを 1 本立てとする。