

2 いちご

1 現在の気候変動影響と適応策

温暖化がいちごの生育に及ぼす影響として、花芽分化の遅れと台風や豪雨による作業の遅延、病害虫の多発が挙げられます。

いちごは、8月中旬以降の気温の低下と日長の減少に伴い花成が誘導され、9月中旬頃に花芽を形成し定植に至ります。近年は8月中旬以降も高温が続く傾向であり、花芽分化が遅れるため、定植時期が遅れ、年内収量の低下を招いています。生産現場では、遮光や強制換気などによるハウスの昇温抑制対策がとられているほか、一部のほ場では定植後のクラウン冷却技術が導入されています。

また、集中豪雨など極端な気候変動が多くなることで、ほ場の浸水による定植準備の遅れや、定植後の浸水による生育停滞が頻発化しています。浸水被害を受ける地域では、浸水により畝を崩されないように不耕起栽培を導入する事例が見られます。また、ハウスを新設する際には浸水地域を避けてほ場を選定しています。

病害虫では、アザミウマ類の被害が増加傾向となっています。アザミウマ類は、10月下旬頃になると生殖休眠に

入り、施設内への侵入や増殖が抑えられますが、温暖化に伴って活動できる期間が長くなり、

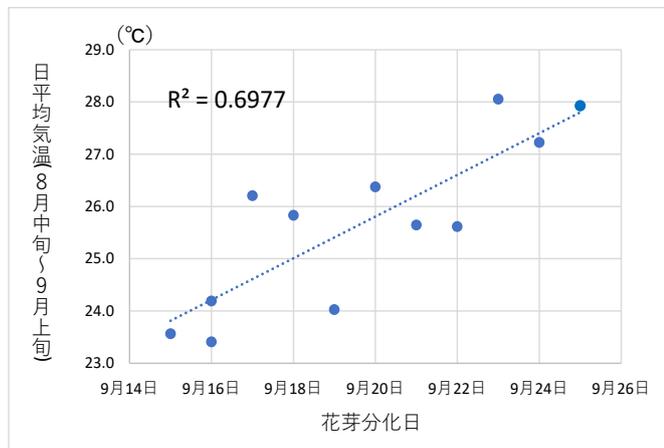


図1 秋口の高温がとちおとめの花芽分化に及ぼす影響

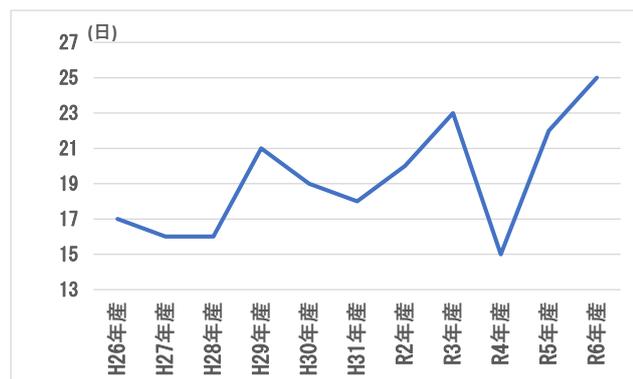


図2 県いちご研究所の花芽分化日(9月)の年次推移(H26～R6年産:とちおとめ)

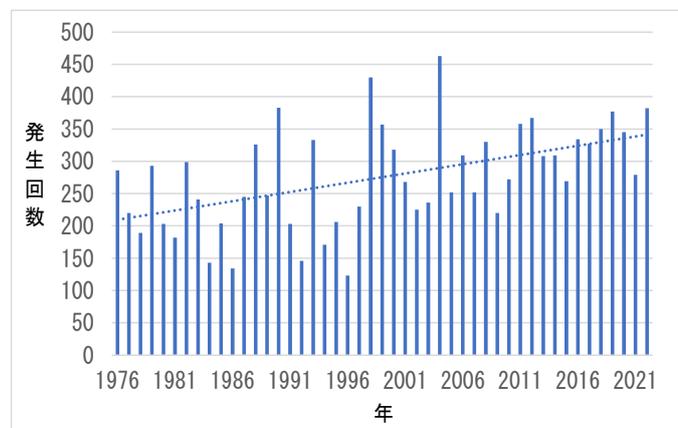


図3 雨量 50mm/h以上の降雨の発生回数

被害が増加しています。化学農薬の効果も低下しているため、天敵農薬をアザミウマ類防除に用いる事例が増加しています。

(1) 現在生じている気候変動影響

表1 現在生じている気候変動影響

影響を引き起こす気候	作物の症状	品質・収量等への影響	被害の大きさ ※1	被害の発生頻度 ※2
高温	ア 花芽分化の遅れ	収量低下	中	中
	イ 連続出蕾性の低下	品質・収量低下	中	中
	ウ 病害虫の発生	品質・収量低下	中	中
大雨	エ ほ場の浸水	収量低下	小	少

※1：生産量の減少程度で大、中、小 ※2：一定年数中の発生年の割合で高、中、低

ア 花芽分化の遅れ

現在国内で栽培されているいちご品種の多くは、短日条件で花芽形成が誘導され、秋に気温が下がり日長が短くなると花芽分化します。「とちおとめ」や「スカイベリー」などの本県育成品種は、自然条件では9月の中下旬に花芽が形成されますが、近年は夏秋期の高温により花芽形成が遅れる傾向があります。

イ 連続出蕾性の低下

10月が高温で推移すると、頂花房から一次腋花房の間に発生する葉の枚数が増加し、一次腋花房の開花が遅れる傾向があります。一次腋花房は1月以降に出荷されるため、一次腋花房が遅れると年明け後の出荷量が減少します。

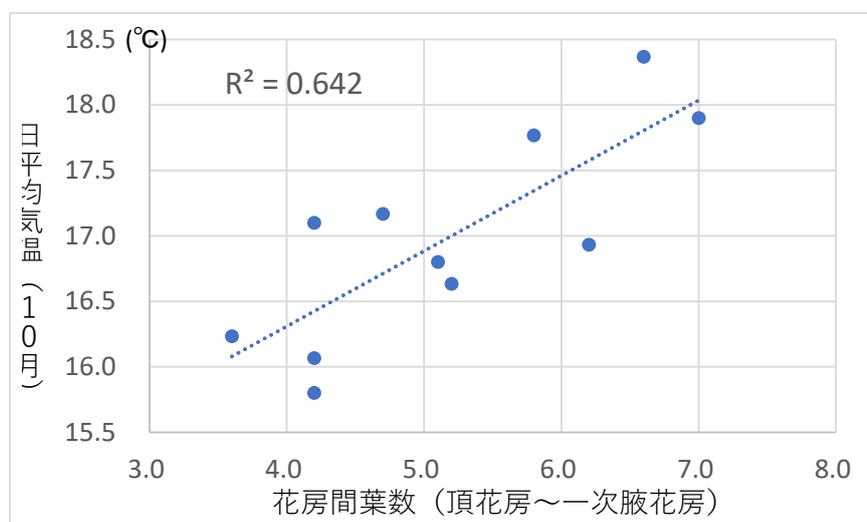


図4 10月の高温がとちおとめの花房間葉数に及ぼす影響

ウ 病害虫の発生

(ア) 炭疽病

症状は、葉身上に薄墨色の小斑点（葉上斑点）が現れ、クラウン部が侵されると株が枯死します。病斑上に胞子の塊（分生子層）を形成し、水はね等で胞子が飛散することで二次伝染を繰り返すため、経営を左右する重要病害です。最適発病温度は夜温 25℃～昼温 35℃で、分生子層形成の最適温度は 25℃です。温暖化に伴い、発生リスクが増加しています。



図5 炭疽病の葉上斑点

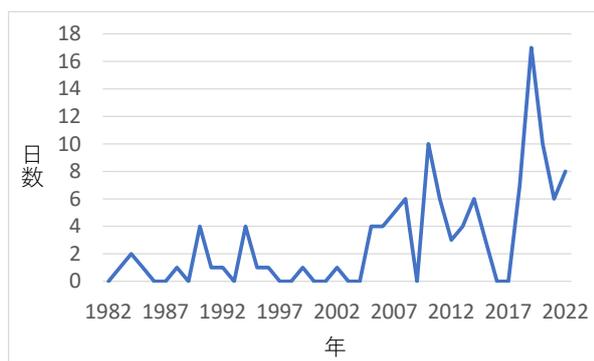


図6 各年8月における最低夜温 25℃以上の日数

(イ) 萎黄病

萎黄病も高温条件で問題となる病害です。病原菌は、土壤中で長期間残存し、汚染した土壌や苗で伝染します。発病最適土壌温度は 25～30℃であり、乾湿差が大きいと根が傷み、さらに発生しやすくなるので、高温が長期化すると発生が多くなることが懸念されます。



図7 萎黄病の症状(株の萎縮・黄化)

(ウ) アザミウマ類

活動適温は 20～30℃、主な多発時期は 9～11 月及び 2～6 月で、いちごの場合は秋の保温開始前にハウス内に侵入し、加害します。昨今の温暖化により活動期間が長くなっており、秋のハウス内へ侵入が増加し、被害拡大が懸念されます。現在は化学農薬による防除が中心となっていますが、薬剤抵抗性が発達しつつあり、被害が増加しています。



図8 花に発生したヒラズハナザミウマ成虫



図9 アザミウマ類に食害された果実

工 ほ場の浸水

集中豪雨や台風の大雨によりほ場が冠水する事例が生じています。定植後に冠水すると、ベッドの崩壊や、植物体への泥の付着により、収量が著しく減少します。また、土壌伝染性の病害の流入により、翌年以降にも影響を及ぼす事例もあります。

いちごは水田で作付けされている場合が多く、大雨時の排水路の逆流や越水などにより、冠水が起りやすい状況にあります。



図10 冠水後のほ場の様子

(2) 現在実施されている適応策（5年後の営農を見据えて取り組める事項）

表2 現在実施されている適応策

作物の症状	現在実施されている適応策	適応策の 効果※	留意事項
花芽分化遅延・病害の発生	ア「とちあいか」の導入	A	萎黄病に対する耐病性が高い
頂花房の花芽分化遅延	イ 夜冷庫の有効活用	A	効果安定に向けた検討が必要
	ウ 育苗ハウスの昇温抑制	A	開口部の拡大は施設の強度低下を招く
一次腋花房の花芽分化遅延	エ クラウン冷却	A	効果安定に向けた検討が必要
	オ 本ぼの昇温抑制	A	開口部の拡大は施設の強度低下を招く
病害の発生	カ 育苗時の株元かん水	A	専用の育苗トレイと液肥混入機が必要
害虫の発生	キ アザミウマ類天敵農薬の導入	B	薬剤防除体系と併せて活用方法を検討中
大雨によるほ場の浸水	ク 不耕起栽培	B	ベッド崩壊は対応できるが、冠水すると泥の付着や根傷みにより生育が停滞する
	ケ 気象災害への対応	B	気象状況や技術対策情報を迅速に把握する必要がある

※A：優れた効果がある、B：効果がある、C：やや効果がある

ア 「とちあいか」の導入

「とちあいか」は、「とちおとめ」より花芽分化しやすく、萎黄病に対する耐病性も高いため、高温条件での栽培に比較的適しています。さらに、収量性も高く品質も良好であるため、今後普及が見込まれます。ただし、果実の着色が早いため、特に春先の高温期は遮光などの昇温対策を講じる必要があります。

表3 「とちあいか」の耐病性(栃木県農業試験場研究報告 第81号を基に作成)

試験年次	品種	萎黄病発病度 ^{注1)}	炭疽病発病度 ^{注2)}
2016年度	とちあいか	38	83
	とちおとめ	98	95
	スカイベリー	73	58
	宝交早生	90	38
	アスカウェイブ	93	-
2017年度	とちあいか	38	90
	とちおとめ	100	100
	スカイベリー	-	73
	宝交早生	100	48
	アスカウェイブ	85	-

注1)病原菌接種110日後に発病指数(0:発病なし、1:小葉(1小葉)のわずかな奇形、2:小葉(2小葉以上)の奇形・黄化、3:株の萎縮・萎凋、4:枯死)を調査し、下記の式により求めた。

注2)病原菌接種55日後に発病指数(0:発病なし、1:斑点病斑を形成、2:分生子層または葉柄に黒褐色の陥没病斑を形成、3:萎縮、4:枯死)を調査し、下記の式により求めた。

$$\text{発病度} = \{ \sum (\text{発病度} \times \text{同株数}) \} \div (4 \times \text{調査株数})$$

イ 夜冷庫の有効活用

機械式の夜冷庫を活用することで、夜冷庫内の温度の正確な制御が可能となり、育苗時の花芽分化を調節することが可能です。

1か月程度育苗した苗を用い、日長8時間、室温12～15℃程度で処理をすることで高温時でも花芽分化を促進できます。また、室温15～20℃で設定することで、挿し苗後の発根促進にも利用できます。



図 11 夜冷育苗の様子



図 12 夜冷庫に入庫したいちご苗

ウ 育苗ハウスの昇温抑制

7～8月の育苗期は最も高温になります。育苗ハウスの屋根を可動式にしてフルオープンにすることで、晴天日の温度上昇を抑制することができます。

また、遮光ネットの活用も有効です。遮光ネットも可動式にすることで、天候に応じて遮光率を調整することが可能になります。



図 13 換気窓と遮光ネットを可動式にした育苗ハウス

エ クラウン冷却の導入

いちごはクラウン部にある成長点の温度を制御することで、生育をコントロールできます。定植後の高温対策として、クラウン部に接するようにチューブを配置し、地下水を通水することで花芽分化が促進され、高温年は一次腋花房の出荷を早めることができます。



図 14 クラウン冷却の様子

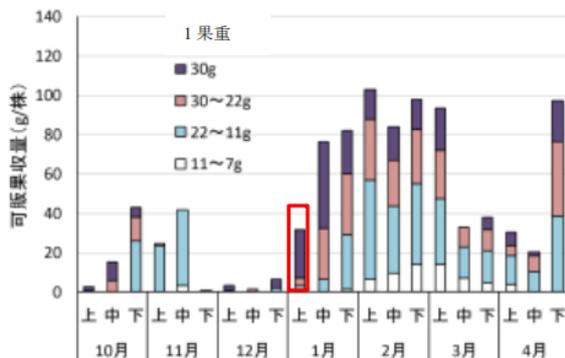


図 15 クラウン冷却有りの可販果収量

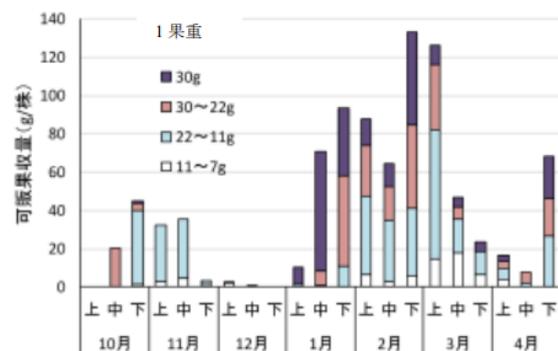


図 16 クラウン冷却無しの可販果収量

(参考文献：イチゴ超促成栽培におけるクラウン温度制御を用いた増収効果

<https://www.naro.affrc.go.jp/org/tarc/seika/jyouhou/H27/yasaikaki/H27yasaikaki006.html>)

オ 本ぼの昇温抑制

(ア) 強制換気の導入

定植後に送風機により換気することで、ハウス内気温を下げることができ、一次腋花房の分化の促進や高温に起因する生理障害の発生を軽減できます。

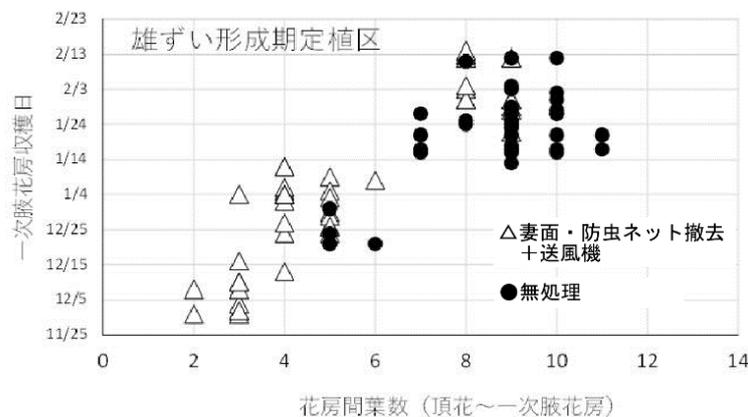


図 17 換気の違いが一次腋花房の収穫時期に及ぼす影響

(イ) 遮光ネットの利用

遮光率 40～60%程度の遮熱ネットを展張することで、ハウス内気温を最大 5℃程度抑えることが可能です。また、定植前から遮光ネットを展張することで、定植時の地温の低下が図られ、定植後の苗の活着が良くなります。

定植直後は、植物体が小さく、必要とする日射量も少なくて済むため、定植後 2 週間程度は遮光をしましょう。



図 18 遮光ネットを展張したハウス

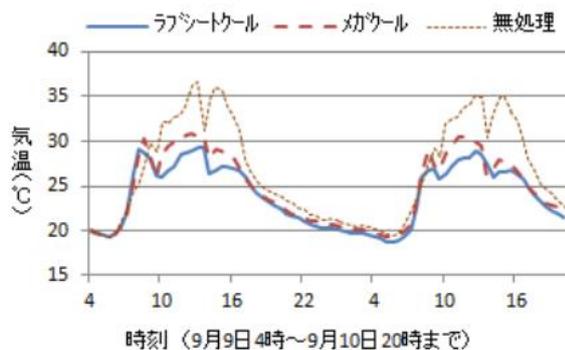


図 19 遮光ネットの昇温抑制効果

(参考文献：いちご本ぽにおける昇温抑制対策

<https://www.pref.tochigi.lg.jp/g61/seika/documents/03125.pdf>)

(ウ) 肩換気の導入

側窓の換気だけでなく、肩換気を導入することでハウス開口部の拡大により高温期の温度上昇を抑制できます。フィルム交換時の手間は増えますが、高温対策として有効な技術です。また、厳寒期は肩換気で換気することで、冷気が株に直接当たるのを防ぐため、生産性向上も図れます。



図 20 肩換気の活用

カ 育苗時の株元かん水

いちごの最重要病害である炭疽病は、かん水による水はねで胞子が飛散し感染が拡大するため、株元かん水により被害を抑えられます。近年では、専用の育苗トレイとドリップチューブを用いる方法が普及しつつあります。

液肥混入機を用いることで、育苗期の施肥の省力化も図れます。頭上かん水と比較してハダニ類は発生しやすくなるので注意しましょう。



図 21 株元かん水用の育苗資材

キ アザミウマ類天敵農薬の導入

アザミウマ類幼虫を捕食するククメリスカブリダニ製剤と定植時のかん注剤を使用した防除体系により、薬剤抵抗性が発達したヒラズハナアザミウマに対しても防除効果が期待できます。定植前にアザミウマ類に効果のあるかん注剤を用いることで定植後1か月程度の間アザミウマ類による寄生を防ぎ、効果が切れる頃にククメリスカブリダニ剤を放飼することで、継続して防除効果が得られます。

天敵農薬の効果を十分に発揮するためには、放飼前の薬剤防除により十分に害虫密度を低下させることと、天敵に影響が少ない農薬を選定するのが重要です。栃木県農業環境指導センターの病害虫発生予察情報や天敵に対する農薬影響表を参考に農薬を選定しましょう。

また、ククメリスカブリダニはアザミウマ類成虫を捕食できないため、1割以上の花でアザミウマ類成虫の寄生が見られる場合は、成虫に効果のある薬剤で防除しましょう。

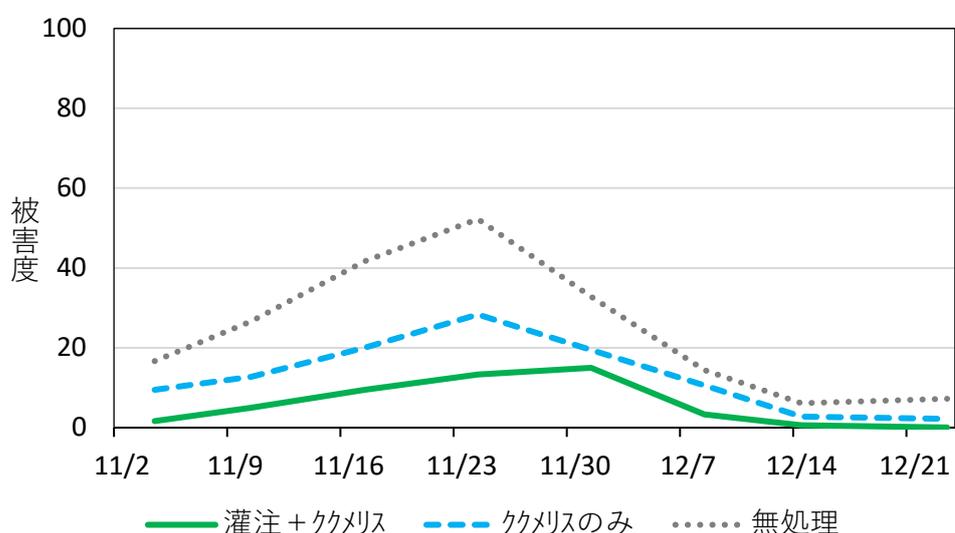


図 22 アザミウマ類による果実の被害度

(参考文献：栃木県農業試験場農試 News

<https://www.pref.tochigi.lg.jp/g59/nousinews/documents/r509.pdf>)

(参考文献：栃木県農業環境指導センター病害虫発生予察情報

<https://www.pref.tochigi.lg.jp/g64/boujo/yosatsu.html>)

ク 不耕起栽培

集中豪雨等により、頻繁にほ場が浸水する地域では、浸水しないほ場の選定や、排水溝や水中ポンプの設置による浸水対策が必要になりますが、それでも浸水被害を受ける場合は不耕起栽培の導入が有効です。高設栽培とは異なり、設備コストがかからないので導入しやすい技術です。2年目以降は畝が硬くなるため、浸水しても畝が崩壊せず被害が軽減されます。

また、畝立ての作業を省略できるため、軽作業化も図れ、定植作業を適期に実施しやすくなります。導入コストがかからないのも特徴です。基肥や堆肥を全層施用できなくなるため、給液装置等の導入により肥培管理を精密化して増収を図りましょう。



図 23 定植前の不耕起栽培ほ場

(参考文献：イチゴの連続畝利用と灌水同時施肥法

<https://www.pref.aichi.jp/nososi/seika/singijutu/singijiyutu86.pdf>)

ク 気象災害への対応

天気予報を事前に確認の上適切な対応を実施することにより、気象災害の被害を軽減し生産性が安定します。また、栃木農業防災 LINE に登録することで技術対策も確認できます。



QR コードからお友だち登録を

2 20年後を見据えて準備しておく事項

気温が現状よりさらに2℃上昇すると、より高温の影響が顕著に現れます。大雨による浸水被害や台風や突風による施設被害の増加などのほか、大雪の頻度が増加すると言われており、強風や大雪に備えた設備やハウスの強靱化等が必要になると予測されます。

また、気温と湿度の上昇により、病害虫の発生増加が懸念されます。特に、ハスモンヨトウやアザミウマ類など、秋口にハウス内に侵入する害虫の増加が予想され、より徹底的な侵入対策が必要になります。夏季の炭疽病も増加が予想され、株元かん水や底面給水などの対策を基本的な技術として普及拡大していく必要があります。

さらに、花芽分化の遅延も問題になり、特に定植後の花芽分化制御が課題になると予想されます。現状では、地下水を利用したクラウン冷却等による定植後の花芽分化促進技術が一部で導入されていますが、ヒートポンプを用いた冷却方法など、新しい設備が必要になると考えられます。将来的には、日長延長により花芽形成が調整できる四季成り性品種が普及する可能性があるため、電照設備等が必要になると見込まれます。

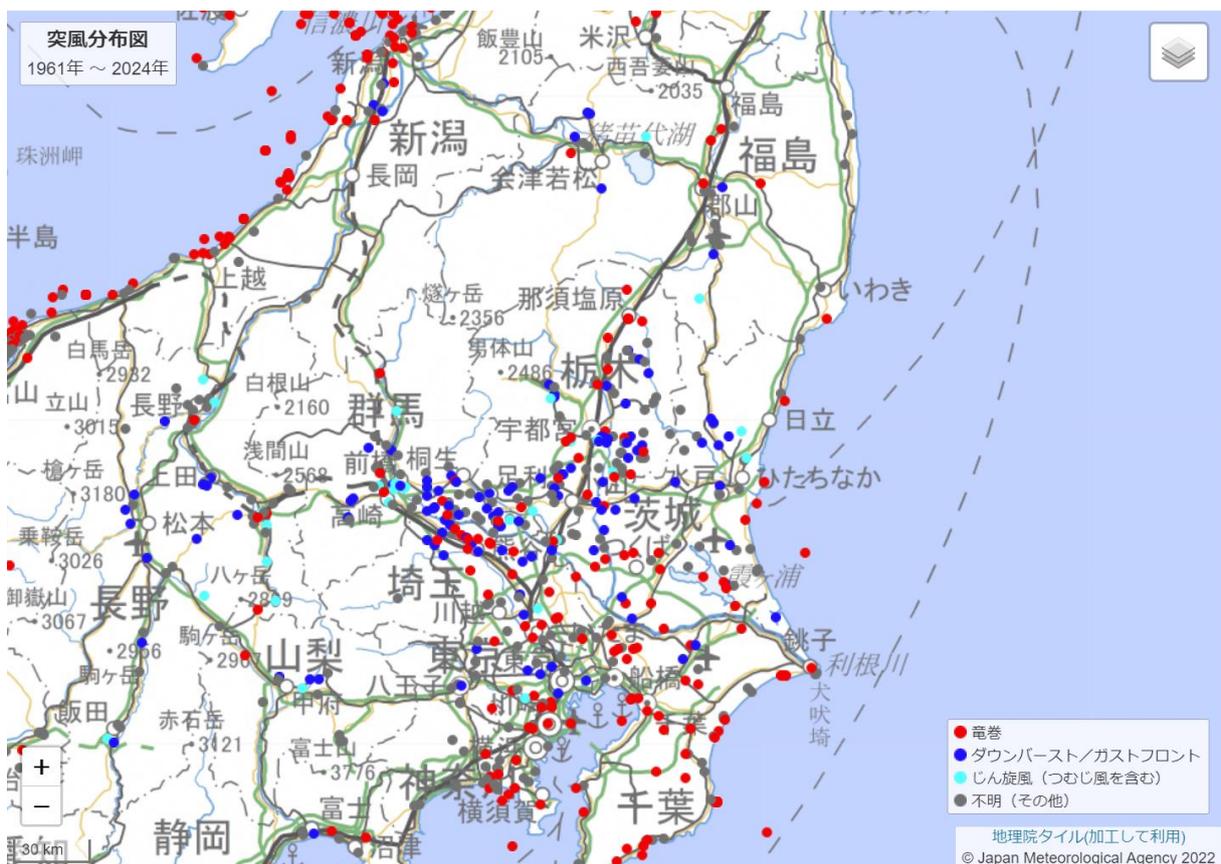


図 24 突風分布図(気象庁ホームページより)2024年2月28日更新

(1) 将来懸念される気候変動影響

表4 将来懸念される気候変動影響

影響を引き起こす気候	作物の症状	品質・収量等への影響	被害の大きさ		被害の発生頻度	
			※1		※2	
			現在	将来	現在	将来
台風や突風、豪雨などの増加	ア 浸水被害	生育が遅延して、収量が低下する	中	↗	小	↗
	イ 施設の被害	ハウスの倒壊などにより、経営が困難になる	大	↗	小	↗
夏秋期の高温	ウ 花芽分化の遅延	定植後の花芽分化の遅延により、収量が低下する。	中	↗	中	↗
	エ 害虫の侵入の増加	アザミウマ類などの微小害虫の活動期間が長くなり、被害が増加する。	中	↗	中	↗

※1：現在は生産量の減少程度で大、中、小、将来は現在と比べて増加が↗、変化なしが→、減少が↘

※2：現在は一定年数中の発生年の割合で高、中、低、将来は現在と比べて増加が↗、変化なしが→、減少が↘

ア 浸水被害

台風や豪雨の頻度が高まるため、浸水被害の頻度や被害エリアが拡大すると予想されます。現状の不耕起栽培の対策では、畝の崩壊は防げますが、泥などの付着により収量性は低下するため、頻度が高まると経済的な被害が増加します。

イ 施設の被害

強風や突風によるハウスの損壊・倒壊の頻度が増加すると予想されます。

ウ 花芽分化の遅延

更に高温になるため、特に定植後の花芽分化制御が困難になると予想されます。定植後の花芽分化が遅れることで、収量の山谷が大きくなり、労働生産性の低下や総収量の低下が懸念されます。

エ 害虫の侵入の増加

ハスモンヨトウの多発やアザミウマ類の施設内への侵入増加が懸念されます。特にアザミウマ類は屋外での活動期間が長くなることで、多発が予想されます。

(2) 準備が必要な具体的な事項

表5 準備が必要な具体的な事項

具体的な実施内容	導入によって見込まれる効果	課題
ア 高設栽培システムの導入	浸水被害の軽減、土壌消毒や畝立て等の夏季の労力軽減、高温期の果実品質の向上	導入コストが高額のため、単位面積あたりの収益性の向上が必須
イハウスの増強	高温条件下での花芽分化安定化	
ウ冷却技術の高度化	高温条件下での花芽分化安定化	
エ病害虫対策	微小害虫の侵入抑制 炭疽病発生率の減少	害虫侵入抑制は、ハウス内の気温上昇を招くため、冷却技術の併用が必須
オ高温に対する耐性の高い四季成り性品種の導入	秋期の花芽分化促進による年内収量の向上	四季成り性品種選抜の効率化
カ栽培適地の選定	豪雨や突風による気象災害の回避	

ア 高設栽培システムの導入

高設栽培システムを導入することで、大雨時に雨水がほ場に流入しても、冠水の心配がなくなります。

また、土壌消毒が簡易になるとともに、基肥や堆肥の施用及びトラクターによる耕耘作業、畝上げの作業などが無くなるため、夏季の高温時のハウス内作業が減少し、肉体的負担が軽減されます。

導入コストが高額ですが、収穫作業が格段に早くなるため、人件費の軽減が見込めます。



図25 高設栽培システム

イ ハウスの増強

(ア) 既存パイプハウスの強度向上

強風に備えてパイプハウスの強度向上を図っていく必要が生じます。単管パイプやダブルアーチによる補強、ブレース設置や筋交いなどによる補強が想定されます。コスト面で全てのハウスを補強できない場合は、ほ場の端にあるハウスなど、被害を受けやすい部分を補強するだけでも効果があります。ハウスを定期的に点検し、劣化した部材を更新するのも重要です。

また、ハウスのパイプ資材の太さや厚みなどを見直し、強度を向上させることも検討する必要があります。

ダウンバーストのような強い突風被害は、施設の強靱化では防げないため、施設園芸共済や収入保険への加入が重要です。



図 26 ダブルアーチによる補強



図 27 単管パイプによる補強

(参考文献：園芸用ハウスを導入する際の手引き

<https://jgha.com/wp-content/uploads/2019/11/TM06-14-house-tebiki-5.pdf>)

(イ) 低コスト耐候性ハウスの導入

高設栽培の導入と併せて、低コスト耐候性ハウスを導入することで施設を増強しつつ定植株数の確保や高度環境制御を実施しやすい栽培環境の実現を図ります。

低コスト耐候性ハウスは一般的に普及している鉄骨ハウス等の基礎や構造を改良することで十分な強度を確保したハウスであり、風速 50m/秒の強風や新雪 50kg/m²の積雪に耐えます。また、設置コストが同規模の鉄骨ハウスの7割以下となっています。



図 28 低コスト耐候性ハウス

(参考文献：一般社団法人日本施設園芸協会「低コスト耐候性ハウス」

<https://jgha.com/%E4%BD%8E%E3%82%B3%E3%82%B9%E3%83%88%E8%80%90%E5%80%99%E6%80%A7%E3%83%8F%E3%82%A6%E3%82%B9/>)

(参考文献：令和3年度農業用ハウスの低コスト化に向けた価格及び見積に関する調査委託事業

<https://www.maff.go.jp/j/seisan/ryutu/engei/attach/pdf/onshitsu-3.pdf>)

ウ 高度な冷却技術の導入

定植後の花芽分化安定化技術として、現在は地下水を利用したクラウン冷却技術が導入されつつありますが、ヒートポンプを用いた冷却技術を導入することで、より精密な花芽誘導が可能になります。厳寒期の局所加温としても活用できるため、より高い増収効果が望めます。



図 29 ヒートポンプ

(参考文献：促成イチゴ栽培で早期収量の増加と収穫の平準化が可能なクラウン温度制御技術

<https://www.naro.go.jp/project/results/laboratory/karc/2007/konarc07-06.html>)

工 病虫害対策

(ア) 微小害虫の侵入対策

屋外での害虫発生が増加するため、害虫侵入対策の徹底を図る必要が生じます。現在も0.4mm目合いの防虫ネットを設置している事例はありますが、ハウス内の気温上昇や花芽分化遅延を招くリスクがより高まるため、冷却技術と併せての導入が必要になると予想されます。

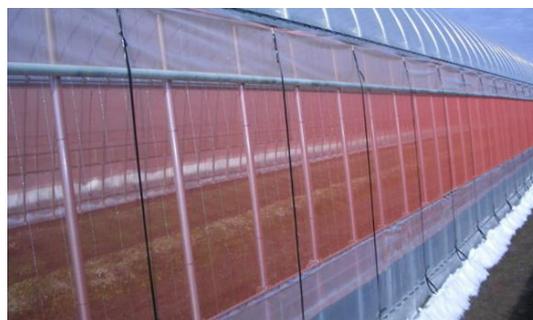


図 30 0.4mm 目合いの防虫ネット

また、ハウス周辺の雑草対策も侵入を防止するために重要です。ハウス周辺に防草シートを設置し、裾ビニールと一緒にビニペットで固定することで、隙間無く雑草対策ができます。上記の防虫ネットと併用することで、栽培期間中のアザミウマ類の侵入を防ぎましょう。



図 31 防草シートによる雑草対策



図 32 ビニペットによる固定

(イ) 炭疽病対策技術の一般化

気温と湿度がさらに上昇するため、現在普及しつつある株元かん水や底面給水などを基本的な技術として県全体に普及させていく必要があります。資材等の更新の際には導入を検討しましょう。



図 33 株元かん水

オ 高温に対する耐性の高い四季成り性品種の導入

長日条件で花芽分化する四季成り性の品種を促成栽培に導入することで、定植後の日長制御がしやすくなり、さらに温暖化が進行しても花芽分化の安定化が望めます。

(参考文献：イチゴ種子繁殖型品種「よつぼし」の長日処理による花成誘導

<https://agriknowledge.affrc.go.jp/RN/2010902282.pdf>)

カ 栽培適地の選定

大雨や強風の被害は、ほ場の立地条件により大きく異なるため、ハウスの新設・増設の際には被害を受けにくいほ場を選定することが重要です。過去の農業災害の発生状況を把握することで被災のリスクを軽減できます。

◇農業保険の活用

・収入保険(青色申告している方)

気象災害による収入減少だけでなく、価格低下なども含めた収入減少を補償する収入保険があります。

・園芸施設共済

(収入保険との併用が可能です(ただし施設内農作物の補償は併用できません))

自然災害等(突風、台風、大雪等)によるハウス損害への備えとして園芸施設共済があります。