

品目別地球温暖化 適応策レポート



平成19年6月21日
農林水産省生産局

目次

1 はじめに	1
2 主要品目別における主な影響、当面の適応策と今後の方針について	
（1）水 稻	2
（2）麦 類	7
（3）大 豆	11
（4）果 樹	
①うんしゅうみかん	15
②りんご	19
③日本なし	22
④ぶどう	26
（5）野 菜	
①トマト	29
②イチゴ	33
（6）花 き	36
（7）茶	40
（8）畜産・飼料	
①肉用牛・乳用牛	44
②飼料作物	46

1. はじめに

今年、気候変動に関する政府間パネル(IPCC)の第4次評価報告書が発表され、地球温暖化の現状と将来予測に関する最新の知見が明らかにされたところである。本報告書では、気候システムに温暖化が起こっていると断定するとともに、人為起源の温室効果ガスの増加が温暖化の原因とほぼ断定している。また、地球温暖化は加速的に進行していることが明らかにされたところであり、将来予測のうち、化石エネルギー源を重視しつつ高い経済成長を実現する社会が続く場合には、今世紀末には、平均気温の上昇は4.0℃(2.4℃～6.4℃)に達すると予測されている。更に、地球温暖化による食料生産への影響についても、今後さらに深刻な影響が生じると予想されているところである。

一方、我が国でも米の高温障害をはじめ、果実の着色不良、病害虫の多発等近年の高温化による農作物生育への影響が懸念されており、安定的な農業生産を引き続き確保するためにも農業生産における適応策の検討・普及が急務となっている。

このため、農林水産省生産局においても、昨年12月に農業生産関係課の担当官からなる生産局地球温暖化対策プロジェクトチームを立ち上げ、地球温暖化への適応策等について検討することとしたところである。

その検討の一環として、本年2月に都道府県等に対して、地球温暖化に伴う農業生産に関する実態調査を実施し、生産現場における現象や当面の適応策について数多くの報告を頂いたところである。

また、これまで独立行政法人試験研究機関や都道府県試験研究機関等において、高温障害回避技術、高温条件下での生産安定技術、高温耐性品種等の研究開発が行われており、様々な成果があがっている。

「品目別適応策レポート」は、農業生産現場で適応策を講じようとする農業者及び農業指導者の営農参考資料とすることを目的に、これら貴重な報告や最新の研究開発成果等を基に、品目別に主な現象に対応する当面の適応技術及び短期・中長期的な研究開発課題等についてとりまとめたものである。

都道府県におかれては、本レポートを参考とし、最近の気象動向と農業生産への影響及び適応策につき、更に精査・検討され、農業生産の安定生産に向けた取組を強化されるようお願いする。

生産局地球温暖化対策PT

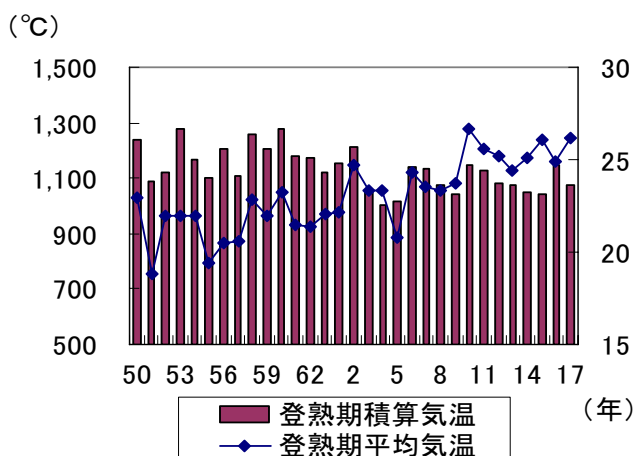
○ 水稻

1 生産現場における現象

①品質の顕著な低下

西日本を中心に東北以南の広い地域で、心白粒、乳白粒などの白未熟粒や粒の充実不足、胴割粒、斑点米といった品質低下が報告されている。白未熟粒は、出穂後約20日間において、日平均気温が26℃～27℃以上になると発生が増加する。胴割粒は、出穂後10日間の最高気温が32℃以上の条件で発生が増加する。

○水稻の登熟期における気温の推移(福岡)

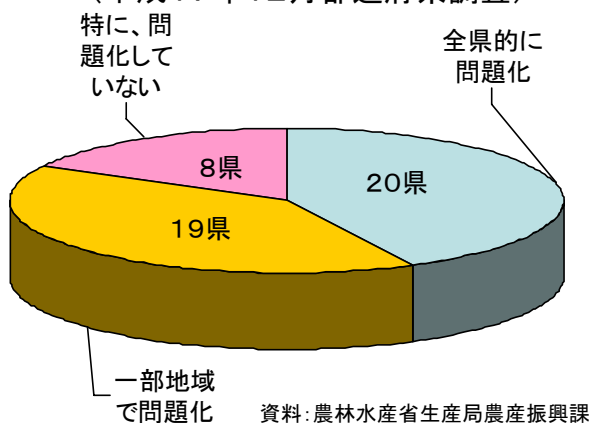


○九州における一等米比率の推移

	13年産	14年産	15年産	16年産	17年産
九州地方	72	57	49	24	28
福岡県	67	52	40	13	19
佐賀県	74	36	43	25	23
長崎県	50	48	34	25	19
熊本県	80	58	48	14	30
大分県	81	78	64	40	41
宮崎県	65	66	65	43	42
鹿児島県	70	76	62	32	26

資料: 農林水産省総合食料局消費流通課

○白未熟粒等の高温障害の発生状況 (平成17年12月都道府県調査)



○白未熟粒の発生を助長する営農要因 (平成17年12月都道府県調査)

- ・ 田植時期が早まり、出穂・登熟期が高温に遭遇しやすい。
- ・ 中干しが十分に行われず、もみ数制御ができない。
- ・ 食味を意識しすぎた施肥量の削減によって生育後半に稲活力が凋落する。
- ・ 登熟期に水管理がおろそかになっており、早期落水の傾向にある。

等

資料: 農林水産省生産局農産振興課

○白未熟粒の発生形態



○胴割粒



写真：東北農業研究センター

②斑点米カメムシ類の発生

斑点米はカメムシ類によって吸汁被害を受け、一部が変色した粒である。近年、斑点米の発生量が増加する傾向にあり、斑点米カメムシ類の分布域の拡大や発生量の増加が原因ではないかとみられている。

(参考1) 斑点米カメムシ類

カメムシ類は、国内に約65種類いるといわれているが、このうち、水稻に被害をもたらすカメムシ類(斑点米カメムシ類)は10数種類とされる。主なものとして、北海道、東北、北陸地方では小型のアカヒゲホソミドリカスミカメ、アカヒゲホソミドリカスミカメが、関東地方や西日本ではアカスジカスミカメ、クモヘリカメムシ、南日本ではクモヘリカメムシ、ミナミアオカメムシが被害の中心となる。

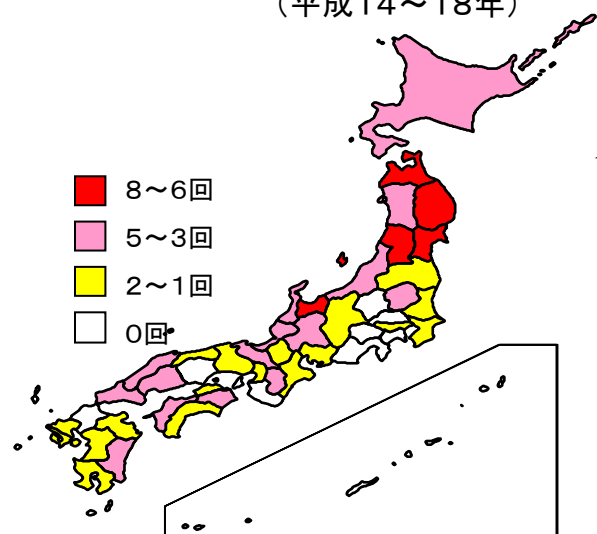


アカヒゲホソミドリカスミカメ

○斑点米カメムシ類の被害を受けた玄米



○斑点米カメムシ類発生注意報の発令総数(平成14～18年)



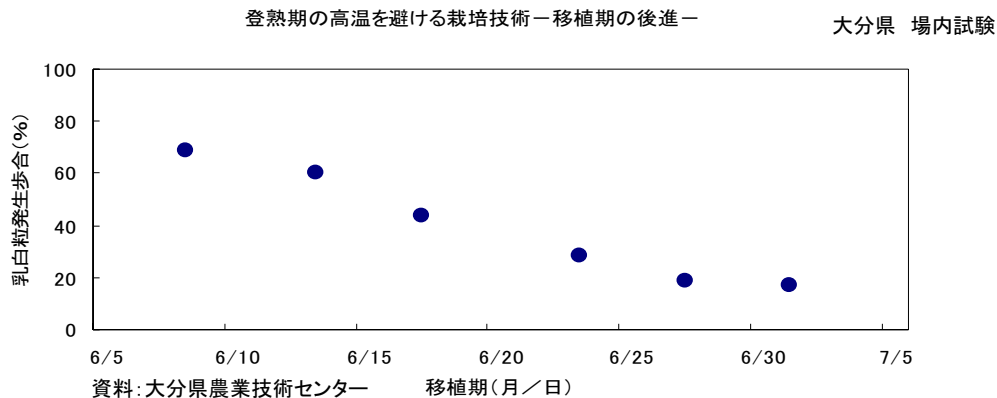
資料：農林水産省消費・安全局植物防疫課

2 当面の適応策

①高温による品質の低下

白未熟粒、粒の充実不足や胴割粒による品質低下に対して、主に以下の取組で対応。

ア 登熟期の高温を避けるため、普通期栽培においては遅植えや晩生品種の導入を指導するとともに、西南暖地の早期栽培においては早植え及び極早生品種の導入を検討する。



イ もみ数の過剰な着粒によって白未熟粒、特に乳白粒の発生が助長される。また食味を意識して肥料が削減され、登熟期に窒素栄養が不足すると特に背白粒、基白粒が増加する傾向がある。このため、適正なもみ数となるよう制御しながら、生育後半まで稲体の活力が保たれるような施肥管理を行うよう指導する。

ウ 根系の活力を生育後半まで維持することが重要であることから、適正耕起深度の確保、有機物施用の励行、登熟後半の根活力を凋落させやすい早期落水の防止等の適切な水管理を呼びかける。

エ 「こしいぶき(新潟県)」、「てんたかく(富山県)」、「ふさおとめ(千葉県)」、「にこまる(九州沖縄農研センター)」等の高温耐性品種への転換を推進する。

(参考2) にこまる

「にこまる」は九州の主力品種である「ヒノヒカリ」と同様に熟期が中生のウルチ品種である。食味は「コシヒカリ」なみの極良食味で、外観品質は「ヒノヒカリ」よりも優れ、高温年でも品質が安定している。現在、長崎県で奨励品種に採用され、普及が開始されている。

平成17年に九州沖縄農業研究センターにおける同一栽培条件下での比較試験の結果、「ヒノヒカリ」では白未熟粒が目立ったのに対し(写真右)、「にこまる」では明らかに白濁した粒が少なかった(写真左)。

「にこまる」(左)と「ヒノヒカリ」(右)の外観品位の比較

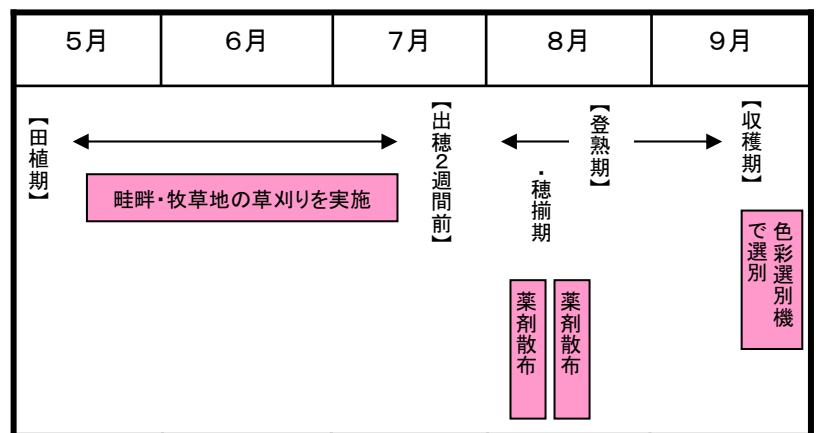


写真: 平成17年産米、九州沖縄農研センター(福岡県筑後市)の生産力検定試験ほ場より収穫

②斑点米カメムシ類による被害

斑点米による品質低下に対しては、斑点米カメムシ類の水田への侵入を防ぐため、畦畔及び水田周辺の雑草地の草刈りを出穂2週間前までに実施するとともに、発生予測に基づいた確かな防除を推進している。また水田に侵入した斑点米カメムシ類に対しては1～2回の農薬散布を行い、それでも発生した斑点米については収穫後、色彩選別機により選別・除去している。

○斑点米カメムシ類の基本的防除対策



3 今後の対応方針

①高温による品質の低下

○短期的な適応に向けた取組として、以下を実施。

ア 直播栽培による出穂遅延の有効性を検証する。

(参考3) 水稻直播栽培

水稻直播栽培は種もみを直接水田に播いて栽培する方法であり、現在のところ全国で約1万6千haの水田に普及している。育苗作業が省略できるなど省力・低コスト稲作の実現に向け、鍵となる技術であるとともに、播種から収穫までに140日程度(移植栽培より10日～20日長い)要するため、登熟期を盛夏から外すことができ、高温下での登熟による品質低下を防止する技術としても注目されている。

主に、湛水直播と乾田直播の2種類が行われており、地耐力の維持には水田に水を引き入れずに播種をする乾田直播の方が有効であり、収穫直前まで入水が可能となる。

湛水直播栽培における播種の様子



写真：農林水産省農林水産研修所農業技術研修館

イ もみ数制御、食味と品質の両立のための肥培管理、植え付け法、土壌管理法、水管理法を確立し、普及する。

ウ 不耕起直播、耕起乾田直播等の地耐力向上栽培技術導入により収穫直前まで入水を可能にする栽培法を確立する。

エ 高温下で品質の安定した耐性品種の導入を進める。

○中期的な適応策として、主に以下の取組を実施。

ア 高温登熟回避のための出穂期を予測し、これに対応する品種(早晩性)、作期および栽培法(移植, 直播)を各地域で設定する。

イ 高夜温、低日照、台風など高温障害を助長する複合要因について、対応栽培技術、耐性品種育成の開発を行う。

○長期的な適応策として、主に以下の取組を実施。

ア 高温不稔に対する耐性品種を開発する。

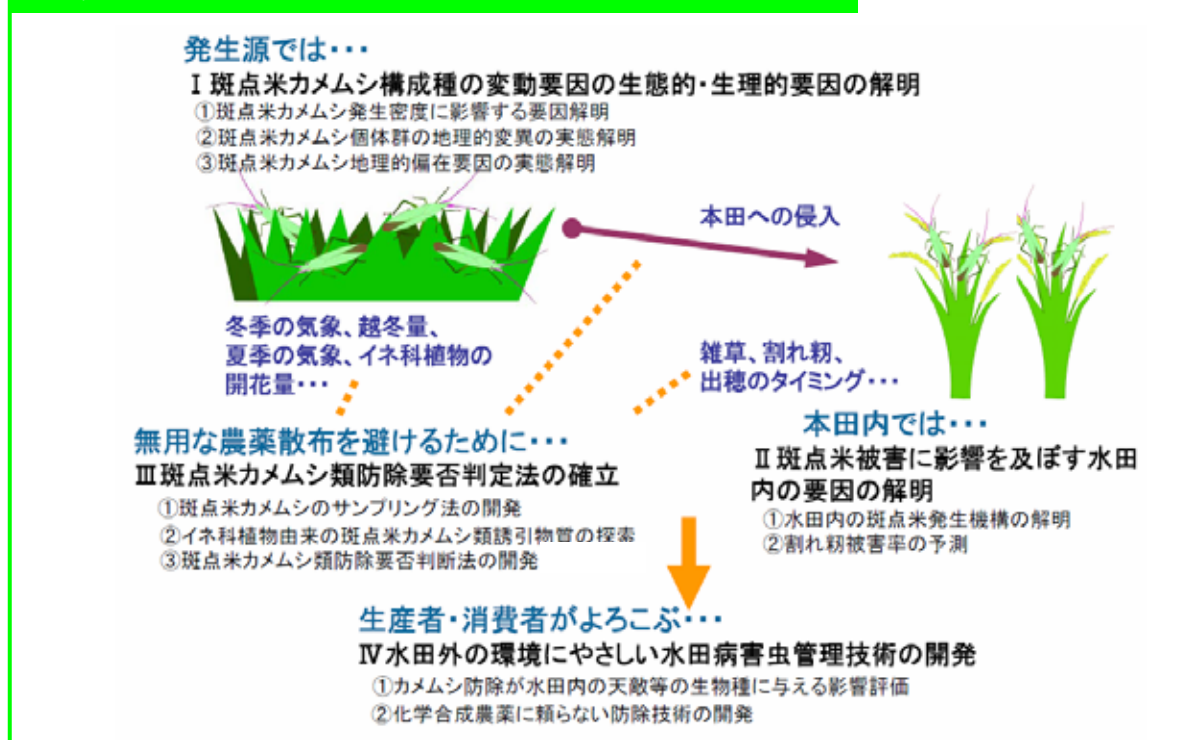
イ 高温、低日射に対する適応性品種の効率的育種法を開発する。

ウ 水不足が予想される地域では節水栽培法を確立する。

②斑点米カメムシ類の発生対策

斑点米カメムシ類の発生量については精度の高い予察が難しく、必要以上に農薬を散布する傾向があるため、フェロモン(誘引物質等)を利用した発生予察の高度化と個体群抑制技術の開発を進める。

(参考4) 斑点米カメムシ類の発生予察の高度化



資料: 東北農業研究センター

○ 麦 類

1 生産現場における現象

麦類は、秋～冬にかけて播種し、本州で翌年の5月中旬～7月中旬、北海道においては7月下旬～8月中旬にかけて収穫されるため、下記のとおり全国的に暖冬による生育過剰、気温上昇による病害虫の多発等が報告されている。

(参考1) 麦の生育過程(関東の例)

①播種(11月上中旬)～発芽



②踏圧(いわゆる麦踏み) (12月中旬～2月下旬)



④出穂(4月下旬～5月上旬)



③茎立ち(3～4月)



⑤開花～成熟



⑥収穫(6月上旬～中旬)



① 暖冬による過繁茂、徒長(本州各地)(図1)

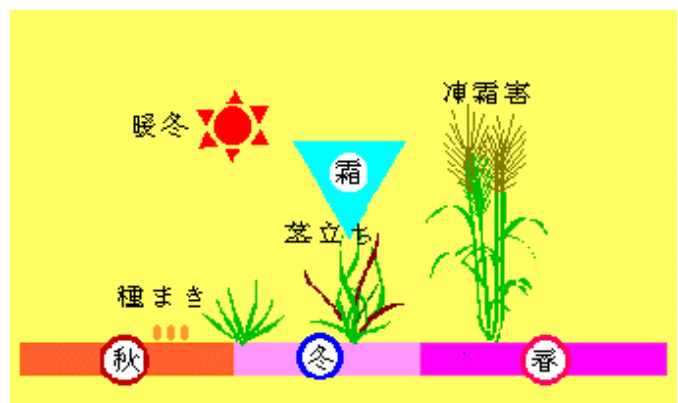
暖冬により生育が促進されると過繁茂、徒長となり、春先以降に倒伏しやすくなる。
過繁茂や倒伏の発生は、時期や程度によって、品質低下や収量低下等の悪影響につながることが確認されている。

② 茎立・出穂の早期化による凍霜害(本州各地)(図2)

暖冬による茎立や出穂の早期化、その後の春先の低温や遅霜により、麦の一部または全部が凍結し、幼穂凍死や不稔障害が発生している。



(図1) 過繁茂により倒伏した麦



(図2) 暖冬による凍霜害発生の概念図

③ 病害・雑草の多発(全国)

気温が高めに推移すると雑草の発生が多くなりやすい。

また、麦のデオキシニバレノール(DON)汚染の原因となる赤かび病(参考2)は、開花期(関東で5月上旬頃)の穂に感染することから、この時期に気温が高めに推移し(20~27℃)、多雨になると多発する傾向にある。

さらに、近年被害が拡大しつつある縞萎縮病(図3)については、播種(関東で11月中旬頃)後30~40日頃の地温が高い(10~15℃)と多発する傾向にある。



(図3) 縞萎縮病の症状

(参考2) デオキシニバレノール(Deoxynivalenol: DON)とは？

デオキシニバレノールは、麦類の赤かび病の原因となるフザリウムというかびが作るかび毒である。DONに高濃度に汚染された食品を食べると、吐き気、嘔吐、腹痛、めまい、下痢、頭痛等を引き起こすことから、平成14年5月、厚生労働省が市場に流通する小麦の安全性を確保するための行政上の指針として、小麦の暫定基準値(1.1ppm)を定めた。

このため、検査等により暫定基準値を超えるDONが検出された場合は、販売の自主規制等が行われている。

赤かび病は、麦の開花期の穂に感染し、高温、多雨となると多発する傾向にあるため、あらかじめ出穂・開花期を予測し、適期に薬剤散布を行うよう関係者への指導を行っている。

また、赤かび病に抵抗性を有する品種も多く開発されており、これらの品種への転換も推進している。



④ 冬期間の降雨

根雪期間に降雨があると、排水性の劣る圃場では滞水したり、さらにその後の低温で、麦が凍結する被害が発生している。

(参考3) 主な気象災害による被害状況

(被害の内容)

○ 凍霜害

- ・暖冬などで生育が進み、幼穂(注1)が形成し始めた時に再び低温(−3～−4℃)にあうと幼穂が凍死する。
- ・出穂期(注2)や開花期に遅霜などによって低温(−1～−2℃)にあうと不稔、登熟不良となる。

○ 湿害

- ・播種時に過湿であると、酸素不足となって発芽不良となるとともに、耕耘等による土壌の練り返しにより透水性が悪化する。
- ・生育初期に過湿であると、根が酸素不足になり生育不良となる。

○ 雨害

- ・多雨は、湿害や倒伏の原因となる。
- ・生育期に多雨であると、うどんこ病や赤かび病などが発生しやすい。
- ・収穫期に降雨が続くと、穂発芽(注3)、収穫不能による刈遅れ等により、収量や品質が低下する。

注1. 外部に現れていない未完成の穂

注2. 穂が出る時期

注3. 麦は収穫期を迎えると本来は休眠に入るが、それが十分でないと収穫期の長雨などにより、収穫前の穂の状態が発芽しやすくなる。穂発芽が発生すると著しい品質低下を招き、発芽には至らなくとも雨に当たると品質が低下しやすい。

(穂発芽した麦)



2 当面の適応策

① 過繁茂、徒長、早期茎立等に対する対策

低温要求性が高く早期茎立ちしにくい品種を選定するとともに、排水対策を徹底し、適期播種や適正な播種密度の確保に努める。

また、土入れ、踏圧等の管理作業は、暖冬傾向の年にはその効果が高いことから、適切に行なうとともに、生育ステージや生育量に応じた適正な追肥を実施する。

(参考4) 踏圧(麦踏み)の効果

踏圧は、ほかの作物にはみられない麦独特の管理作業で、「麦踏み」として古くから行われてきた。

踏圧は、幼苗期(12月)から茎立ち期(関東地方で2月下旬頃)までに行うが、その効果として、①分げつを促進し茎数を増加、②徒長防止(倒伏防止)、③耐寒性を向上し凍霜害を防止などがある。

② 病害・雑草対策

病害に対しては、抵抗性品種への転換、連作や早播きの回避に努める。

また、発生予察やほ場の観察等により、適期防除の徹底を図るとともに、病害・雑草による被害が確認された場合には、仕分け乾燥の実施や調製を徹底する。

3 今後の対応方針

○ 品種開発

暖冬下においても早期に茎立ちしない品種、耐倒伏性、赤かび病抵抗性・穂発芽抵抗性等を強化した品種等、各地域の栽培環境に適応できる新たな品種の開発が必要である。

○ 大豆

1 生産現場における現象

① 高温少雨による生育量不良等

北海道、東北を除く地域では、高温少雨による生育量不足や着莢不良、汚損粒の原因となる青立ち株の発生(参考1)が報告されている。

(参考1) 青立ち株

成熟期になっても落葉せず茎や葉に緑色が残る状態である。

登熟期間に高温や土壌の水分が少ない場合、一株当たりの莢数や子実粒数が極端に少なくなり、養分の茎葉部から子実への転流が十分に行われず、莢は熟しても茎葉部はいつまでも枯れ上がらず青立ち状態になる。

また、夏場の高温により増加傾向にあるカメムシ類の子実吸汁による転流異常も要因の一つと考えられる。



青立ち株



正常に成熟した株

② 病害虫の多発等

全国的には、病害虫の多発及び発生期間の拡大が、特に、東北地域では暖地性の病害虫の発生が報告されている(参考2)。

これは、①豪雨、長雨等により、土壌水分が高くなることによる茎疫病、黒根腐病等の立ち枯れ性病害の発生、②台風に伴う倒伏や茎葉の損傷による葉焼病の発生、③高温下におけるさび病の発生等によるものである。

(参考2) 大豆の主要な病害虫

大豆の主要な病害は、

- ① ウイルスに冒された種子やアブラムシによりウイルスが伝染することにより発病するモザイク病、萎縮病、わい化病
- ② 登熟期の高温多湿により発生しやすく、紫斑粒の原因となる紫斑病
- ③ 排水性の悪いほ場で発生しやすく、根や地ぎわ部を損傷し立ち枯れ状態になる茎疫病、黒根腐病、白絹病

大豆の主要な害虫は、

- ④ 発芽前～発芽中の種子を食害するタネバエ
- ⑤ 茎葉を害するウコンノメイガ、ハスモンヨトウ、アブラムシ類
- ⑥ 莢や子実を害するマメシンクイガ、シロイチモジマダラメイガ、カメムシ
- ⑦ 根粒や茎葉、莢を食害するフタスジヒメハムシ



黒根腐病



ウコンノメイガの幼虫による食害

③ 単収や品質の低下

東北、関東、北陸、東海、九州地域では、は種期の大雨によるは種作業の遅延に伴う単収の低下、収穫期の高温多雨による収穫作業の遅延等に伴う品質低下(紫斑病、しわ粒、腐敗粒等の発生(写真1))が生じている。

また、台風に伴う倒伏や葉の損傷による小粒化やしわ粒(写真1)の発生、潮害による減収被害の増加が報告されている。

(写真1)



(写真左斜上) 紫斑病
(写真上) 腐敗粒
(写真左) しわ粒

④ 難防除雑草の蔓延化等

帰化アサガオ(写真2)、アメリカセンダングサ、イヌホオズキ等の難防除雑草の定着地域が北上しており、各地域で蔓延化や雑草の発生様式の変化が見受けられている。

(写真2) マルバアメリカアサガオ



2 当面の適応策

① 畦間かん水による生育量の確保等

高温少雨による生育量不足、着莢不良、青立ち株の発生については、開花期前後の畦間かん水(写真3)の徹底で対応している。本技術は、急激に要水量が多くなる開花期から着莢期に実施することで、水分不足による落花、落莢、青立ち株の発生を回避する。



(写真3) 畦間かん水

② 病虫害対策

病虫害の多発、発生期間や発生地域の拡大については、発生予察やほ場の観察等による適期・適正防除の徹底、抵抗性品種への転換、弾丸暗きょ、周囲溝等の排水対策の徹底により対応している。これら技術により病虫害の発生を抑制する。

③ 適期は種対策

は種期の大雨や収穫期の高温多雨の影響による作業遅延に伴う単収や品質の低下については、弾丸暗きょ、周囲溝等の排水対策を徹底するとともに、不耕起播種技術(写真4)や耕うん同時畝立て播種技術(写真5)の新たな播種技術(参考3)の導入により対応する。これら技術により、降雨による播き遅れを回避し、適期は種に努める。

(参考3) 新たな播種技術

<不耕起播種技術>

耕起や整地を省略し、ディスクで溝を切り、直接は種する技術である。

慣行の耕起は種では、降雨後すぐに耕起・整地作業を実施することや、耕起直後に雨が降った時に短期間には種することは困難。不耕起は種では土壌が固い状態に保たれているため、降雨後でも早期には種作業が行える。



(写真4) 不耕起播種技術

<耕うん同時畝立て播種技術>

灰色低地土等で十分な耕うんが必要な地帯において、耕うん、畝立て、は種作業を一工程で行うは種技術である。

耕うんと播種を別々に行う作業体系では、耕うん後のは種前に降雨があると、耕うんした土壌が水分を多く保持し、その後は種作業が困難。耕うん同時畝立て播種では、耕うんとは種を同時に行うことで、降雨によるは種作業の困難性を軽減。また、畝立てにより降雨による湛水被害や湿害を受けにくくなる。



(写真5) 耕うん同時畝立て播種技術

3 今後の対応方針

① 高温少雨・多雨対策

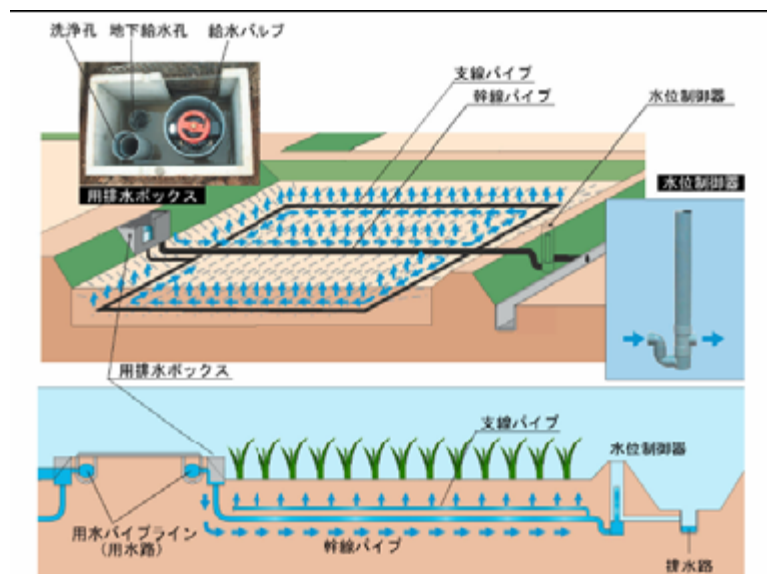
高温少雨や多雨の影響については、現行の畦間かん水や営農排水対策では生育状況に応じた十分な水管理ができないことから、当面、農業工学研究所等が開発した排水とかんがいの両立が可能な地下かんがいシステム(FOEAS)(参考4)による生育状況に応じた土壌水分管理技術の確立と普及を行う必要がある。

(参考4) 地下かんがいシステム (FOEAS)

既存の暗きよの用・排水両面の改良と弾丸暗きよを施工し、地下水位・土壌水分を維持するシステムである。

従来から実施されてきた暗きよは、開放と閉鎖のどちらかであり、各作物が生育期別に必要とする地下水位を設定することが困難である。

FOEAS(フォアス)は、暗きよ排水機能の維持に必要な管理と地下水位調節とともに、水稻栽培時の水管理も容易に行える。



② 病虫害・雑草対策

今後、病虫害や雑草の発生状況調査等を実施の上、

- ・ 耐病虫性の強化に加えて耐倒伏性や耐湿性を複合させた品種の開発
- ・ ウコンノメイガ等の突発的な害虫発生に対するフェロモン利用(参考5)等による発生予察及び防除技術の開発
- ・ 新規除草剤とその局所散布技術、また、カバークロップ(被覆植物)(参考6)等を活用した新たな除草体系の構築

など、抵抗性品種の開発・普及や栽培技術・体系の見直しが必要である。

(参考5) 性フェロモンの利用

昆虫の多くは、“フェロモン”と呼ばれる化学物質を利用して仲間(同種)とのコミュニケーションを行っている。

この性フェロモンを化学的に合成したフェロモン剤を利用するフェロモントラップにより、害虫の雄を捕らえ、その数を一定期間ごとに計数すると、害虫の発生時期を予察することができ、防除適期を判断する目安になる。

(参考6) カバークロップ(被覆植物)

土壌浸食防止、景観の向上、雑草抑制などを目的として、休閑地や畦畔などの露出する地表面を被覆するための植物。

作物の栽培において、主作物の休閑期や、栽培時の畝間などを被覆することで主作物栽培時の雑草抑制、土壌水分や地温の調整、緑肥効果を期待して使用する。

大豆栽培で、雑草防除を目的として、前作にカバークロップとして大麦を栽培し、大豆の播種前に細断して地表面を覆うことにより、雑草の出芽を抑制する。



大麦をカバークロップとして使用



③ 高温条件における生産技術体系の構築

高温条件や土壌水分の変動が、大豆の品質や加工適性に及ぼす影響の解明と対応技術の開発が必要である。

さらに、高温条件においても減収や品質低下が少ない品種の開発や、作期や作付体系の変化に対応した省力的安定生産技術体系の構築が必要である。

○ うんしゅうみかん

1 生産現場における現象

①着色不良

四国及び九州地方からは、果実の着色不良が報告されている。これは夏から秋の成熟期が高温で推移することで、果皮におけるクロロフィルの分解やカロテノイドの生成が遅れるために発生する。

②日焼け果の増加

四国及び九州地方からは、果皮の退色や褐斑等を生じる日焼け果(写真1)の発生増加が報告されている。これは夏季の高温による水分欠乏と果実が強い日射しにさらされることにより発生する。



(写真1) 日焼け果

③浮皮の発生

関東以西からは、果実の浮皮(写真2)の発生増加が報告されている。浮皮は、果皮と果肉が分離する症状で、品質や貯蔵性を低下させ、腐敗果の発生を増加させる。これは、干ばつ後の多雨といった降水条件とともに、果実が既に成熟している秋から冬が高温で推移することで多発する(参考3)。



(写真2) 浮皮果(左)

④その他

この他、生理落果や花芽形成不良等の生理障害発生の増加、病害虫の多発等、いずれも高温化が原因と考えられる報告がある。

2 当面の適応策

①着色不良対策

適正着果量を厳守し、樹体と果実のバランスを適切にするとともに、シートマルチ栽培技術（写真3）の導入により、日射及び水分量を調整することで発生を回避している（参考1）。

また、平成18年に、極早生品種を対象とした施肥法の改善により、着色不良の発生が抑制されたとの報告がある。

なお、一部では、シートマルチ栽培の導入により、日焼け果を助長する傾向が指摘されており、その活用には注意が必要である。

（参考1）シートマルチ栽培について

夏秋期に光反射率の高い透湿性マルチシートを敷設することにより、樹冠内部へ日射を入れると同時に、適度な土壤乾燥（水分ストレス）を与えることで、果実の着色が促進され、糖度も向上します。また、地温の上昇も抑制できます。しかし、長期間、降雨がない時には、小玉果や高酸度果実になる場合があるため、適度なかん水が重要です。

マルチの下に点滴かん水チューブを設置している園では、定期的なかん水により、過度の乾燥を防ぎ樹勢維持に効果を上げている例もあります。



（写真3）シートマルチ栽培による着色不良の回避

②日焼け果防止対策

遮光資材による被覆で直射日光を遮ることで発生を回避している。また、被害発生の多い表層部を中心とした摘果により発生を軽減している（参考2）。

（参考2）摘果による日焼け果防止について

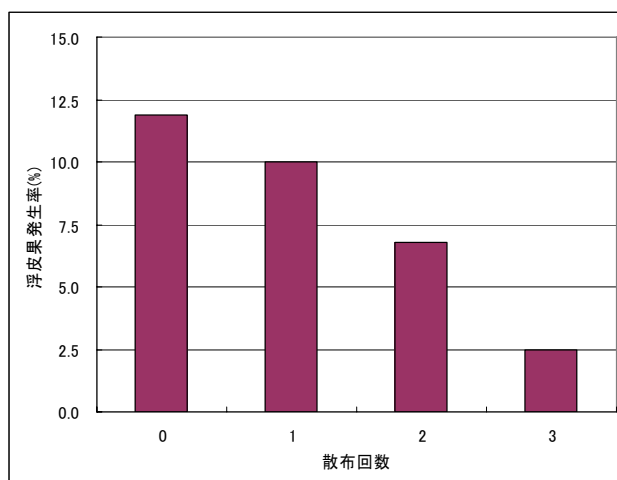
表層部の日焼け果を防止するには摘果が有効であり、摘果の方法としては、「樹冠上部摘果」と「後期重点摘果」があります。「樹冠上部摘果」は慣行摘果期に樹冠の上部を中心に樹冠表層果実を摘果するもので、日焼け果になりやすい果実をあらかじめ摘果しておく方法です。また、「後期重点摘果」は、従来の摘果時期より摘果期を遅く（早生温州：粗摘果8月上旬、仕上げ：8月下旬～9月上旬）して、樹冠全体の日焼け果、小玉果など商品価値の低い果実やその恐れのある果実を選択し、優先的に摘果していく方法です。

③浮皮防止対策

適正着果量を厳守するとともに、カルシウム剤の施用による果皮の代謝制御、貯蔵時の温湿度の適正管理により発生を抑制している（参考3）。また、一部では、浮皮の発生が少ない品種（石地温州、させぼ温州、川田温州等）の導入が行われている。

（参考3）浮皮の発生とカルシウム剤の効果について

みかんの浮皮は、果実の着色期に果皮と果肉の生長のアンバランスによって発生し、特に7～9月に降雨が少なく干ばつをうけた後、10～11月に高温で降雨が多いと著しく多発します。浮皮対策としては、浮皮軽減効果を有する植物成長調整剤として炭酸カルシウム剤等が登録されています。本剤は果皮の細胞の老化を抑制するとともに、蒸散を促進することにより本障害の発生を抑制するものと考えられています（図1）。



（図1）炭酸カルシウム散布による浮皮発生の抑制
（河瀬 1976）

3 今後の対応方針

① 浮皮の発生対策

的確な適応策を確立するためには、浮皮の発生機構を解明するとともに、既存の栽培管理手法と被害発生の関係を解明することが必要である。また、これらの知見を踏まえて、栽培管理の改良や植物成長調整剤の活用等による浮皮防止技術の確立が必要である。また、温湿度の管理による浮皮の発生を抑制する貯蔵技術の確立も行い、生産、貯蔵の両面からの対策を確立する必要がある。

中期的には、短期的な研究で確立された浮皮発生の防止対策の改良策として、発生軽減を図るための結実管理技術の確立を行うことが重要である。さらに、より根本的な浮皮対策として、高温条件下でも浮皮発生の少ない品種を育成することも重要である。

また、長期的に温暖化がさらに進行するようであれば、これら栽培管理技術では対応できないことも懸念されることから、浮皮が発生しにくく、高温条件下でも着色が良好等の生理障害への耐性も備えた耐高温性品種の育成・導入を行う必要がある。また、栽培適地の移動に関するより精度の高い予測モデルを確立し、それに基づき地域に適した品種の見直しとともに、産地における品目転換等も検討して行く必要がある（図2）。

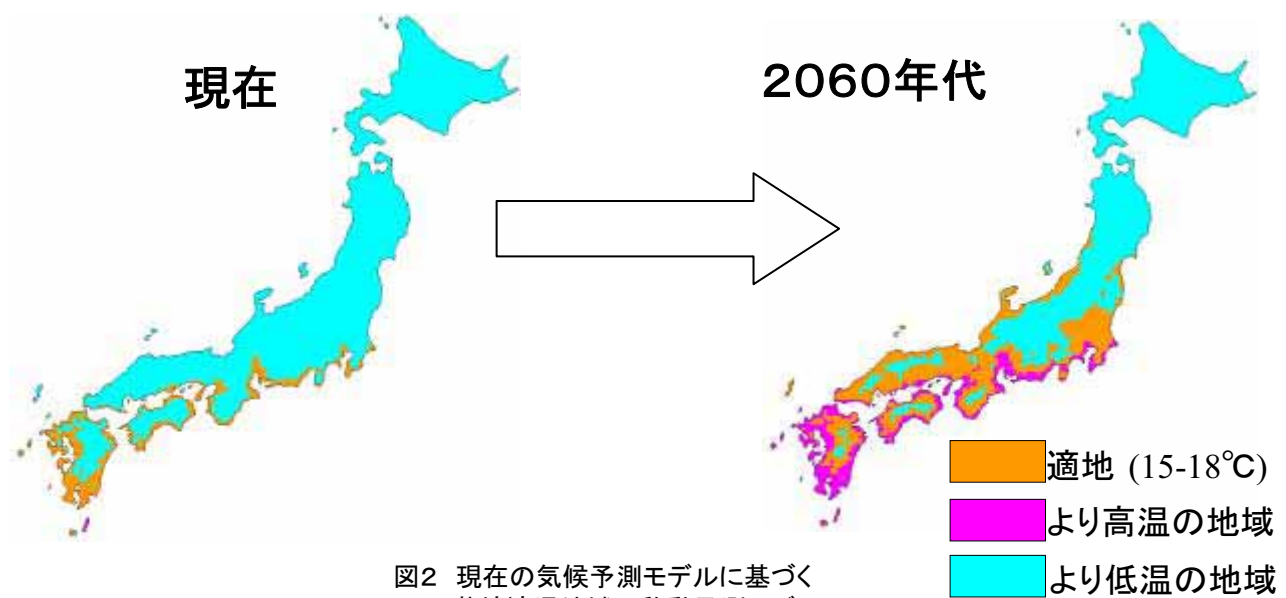


図2 現在の気候予測モデルに基づく
栽培適温地域の移動予測モデル

(杉浦・横沢, 2004)

② その他の果実の生理障害(着色不良、日焼け果)対策

その他の果実の生理障害についても、浮皮対策と同様に、短期的には、被害発生機構の解明と栽培管理手法との関係解明を行う。この知見を踏まえ、遮光資材や植物成長調整剤の活用や、日射及び水分管理等による栽培管理技術を確立する。

中期的には、これら確立された栽培管理技術の改良を図りつつ普及して行く必要がある。

また、長期的には、浮皮対策と併せた耐高温性品種の育成や適応技術の確立等を行う必要がある。

○ りんご

1 生産現場における現象

①凍霜害の発生

東北及び関東地方からは、凍霜害の発生増加が報告されている。凍霜害は、冬(休眠期)の凍害と春の晩霜害に分けられる。凍霜害は耐凍性の限界温度以下に気温が下がることにより発生する。

凍害については、秋口から早春にかけて高温で推移することにより耐凍性が高まりにくく、また早期に低下することで発生しやすくなる。特に、M. 9系統の耐凍性の低いわい性台木での発生が懸念される。また、晩霜害については、発芽・開花が早まることで、春の気温が低い地域で発生しやすくなる(写真1)(参考1)。



(写真1) 晩霜害によるフロストバンド

(参考1) りんごの安全限界温度

(単位:℃)

発育ステージ	展葉開始期	花蕾露出始期	花蕾着色(赤色)期	開花始め～満開期	幼果期
花芽の状態					
安全限界温度	-3.5	-1.5	-1.0	-1.5	-1.5

※1 安全限界温度は、「スターキングデリシャス」を対象品種とし、植物体温度がこの指標以下に1時間おかれた場合、わずかでも花芽が障害を受ける恐れがある温度。

2 花蕾露出始期は、基部葉が外側に広がり、内側に花蕾の塊が見え始めた時。花蕾着色(赤色)期は、花そうが密着したまま、赤～ピンク色の花卉が蕾の中から見えるようになった時。

(資料:福島県農業総合センター果樹研究所)

②着色不良

東北、関東及び北陸地方からは、果実の着色不良(写真2)が報告されている。これは成熟期が高温で推移することによって、果実の色素であるアントシアニンの合成が抑制されることによって発生する。

また、着色度により収穫時期を判断する場合に、果肉の成熟が着色に先行することで、果実が過熟となり、果肉軟化が発生するとの報告もある。



(写真2) 着色不良発生果(成熟期の高温によって着色不良果が増加する)

③その他

この他、開花不揃いや落葉遅延、果実の生育・成熟障害、日焼け果の発生、長期貯蔵果の果肉褐変、病害虫の多発や発生地域の拡大等、いずれも高温化が原因と考えられる報告がある。

2 当面の適応策

①凍霜害対策

凍害に対しては、適切な栽培管理による樹勢の維持と新梢の遅伸び防止等により耐凍性を高めるほか、樹体温度的上昇による耐凍性の低下を防ぐための白塗剤の塗布や、凍害に弱い部分のわら巻き等による保温対策が実施されている。

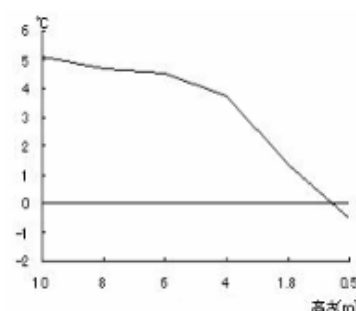
また、晩霜害に対しては、防霜ファン(写真3)の設置、燃焼法の実施などによる霜の発生抑制対策で対応している(参考2)。

(参考2) 防霜対策について

晩霜害は放射冷却が強く風が弱い条件下で発生します。このような時には、園地の気温に比べ上空の気温が高い傾向にあります(図1)。防霜ファンは上空の比較的暖かい空気を下方に送り、園地の気温低下と樹体温度の低下を防ぎます。



(写真3) 防霜ファン



(図1) 逆転層の出現状況(小松1994)

②着色不良対策

適切な栽培管理による樹冠内光環境の改善や収穫前の摘葉、反射シートの活用により着色を促進している(写真4)。また、一部では、優良着色系統(三島系ふじ、夢つがる、芳明つがる等)・優良着色品種(秋映)の導入が行われている。



(写真4) 反射シートによる着色促進

3 今後の対応方針

① 凍霜害対策

より効率的な凍霜害への対策を実施するため、送風法等の改良による経済的・効果的な防霜技術の確立が必要である。また、開花等予測モデルと気象予報を組み合わせた凍霜害発生予測法を確立する必要がある。

中期的には、品種別の安全限界温度を解明しつつ、凍霜害発生予測法の高精度化を図ることで、よりの確な凍霜害への対応を可能とする必要がある。

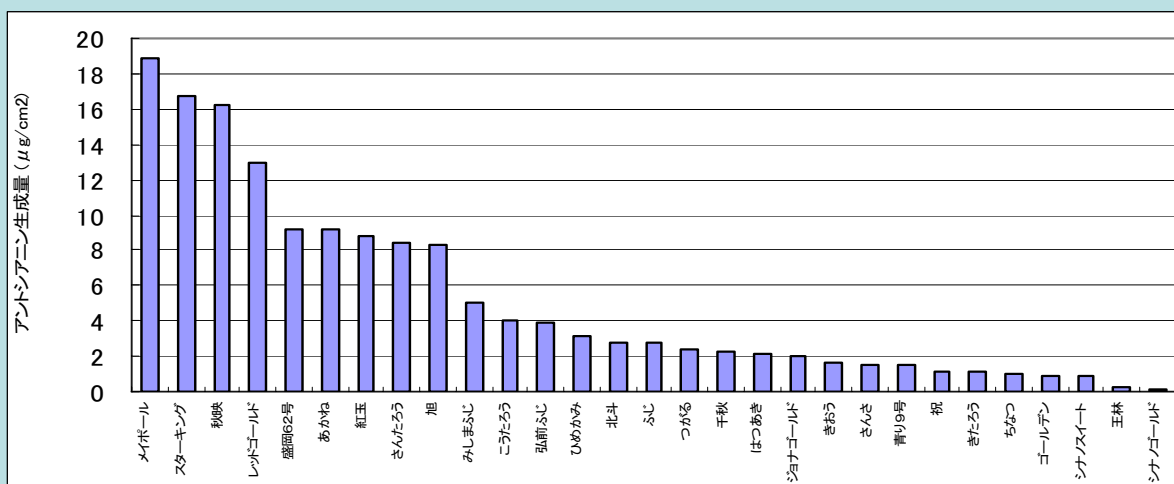
長期的には、気象状況の変化を踏まえ、地域に適した品種の見直しを検討しつつ根本的な対応策として、耐凍性品種を育成する必要がある。

② 着色不良対策

的確な適応策を確立するためには、高温条件下におけるりんご品種の着色能力を解明・評価し、その知見に基づいた優良着色系統・品種の選抜を行うことが必要である。また、さらに高い適応策とするため、高温条件下における着色抑制機構の解明を行い、中期的には、その知見に基づき、系統選抜を進めることが重要である(図2)。

長期的に温暖化がさらに進行するようであれば、これら選抜品種での対応の限界も懸念されることから、高温条件下でも着色が良好で安定生産可能な耐高温性品種の育成・導入を行うことが必要である。また、栽培適地の移動に関するより精度の高い予測モデルを確立し、それに基づき地域に適した品種の見直しとともに、産地における品目転換等を検討して行く必要がある(図3)。

図2 収穫期におけるアントシアニン合成能力(25℃)



資料: 果樹研究所

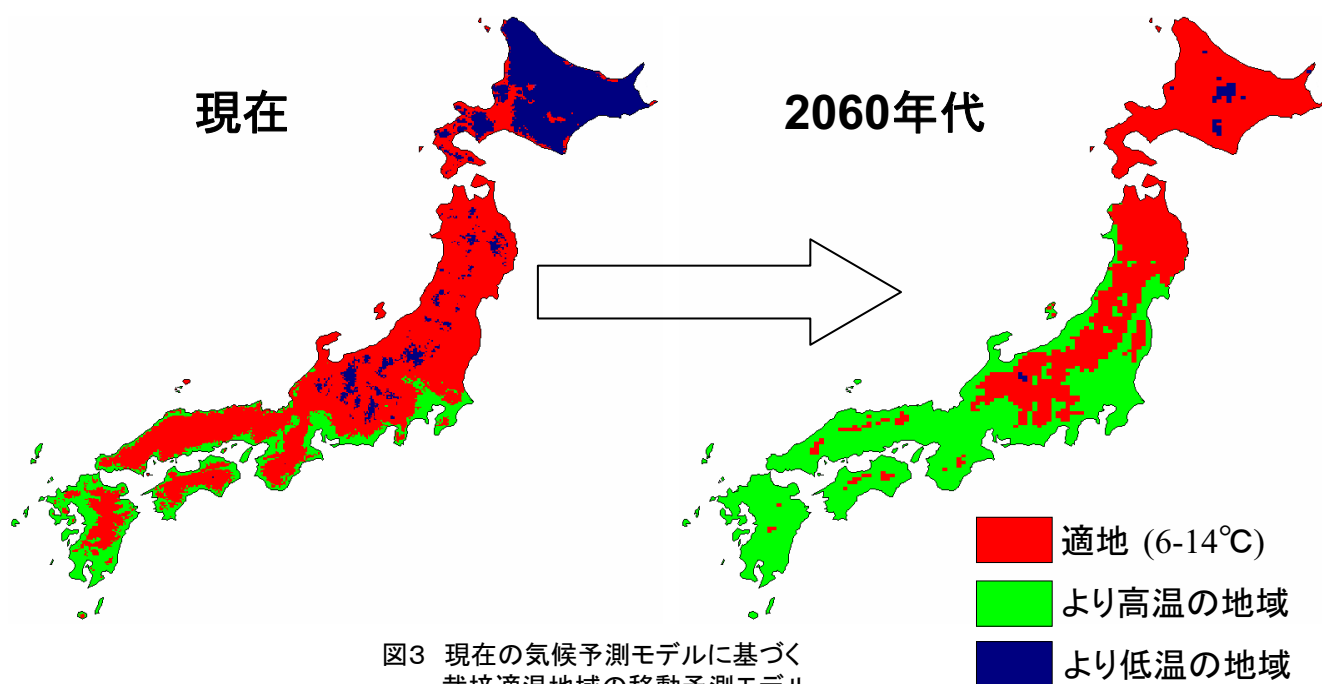


図3 現在の気候予測モデルに基づく栽培適温地域の移動予測モデル

(杉浦・横沢, 2004)

○ 日本なし

1 生産現場における現象

①凍霜害の発生

全国的に、凍霜害の発生増加が報告されている。凍霜害は、冬（成長停止期）の凍害と春の晩霜害に分けられる。凍霜害は耐凍性の限界温度以下に気温が下がることにより発生する。

凍害については、秋口から早春にかけて高い気温で推移することにより耐凍性が高まりにくく、また早期に気温が低下することで、発生しやすくなる。晩霜害については、発芽・開花が早まり、その後、春の気温が低下する地域で発生しやすくなる（参考1）。

（参考1）日本なしの安全限界温度

（単位：℃）

発育ステージ	花蕾露出期	花弁露出始期	花弁白色期	開花直前	満開期	幼果期
花芽の状態						
安全限界温度	-3.5	-2.8	-2.2	-1.9	-1.7	-1.7

※1 安全限界温度は、「長十郎」を対象品種とし、植物体温度がこの指標以下に30分間おかれた場合、わずかでも花芽が障害を受ける恐れがある温度。

2 花蕾露出期は、未着色のほとんどの花蕾が見え始める頃。花弁露出始期は、花弁が見え始める頃。花弁白色期は、花弁が白くなった時期。

（資料：福島県農業総合センター果樹研究所）

②新高のみつ症等果実の生理障害

東海以西の地域からは、「新高」のみつ症等の果実の生理障害（写真1）が報告されている。本みつ症は、果肉が湯にひたしたような状態（水浸状）になる症状で、8～9月の高温乾燥で多発する。この他、本障害と同様に高温が原因と疑われる褐変、奇形果等の発生も報告されている。



（写真1）みつ症による被害果

③加温施設栽培における休眠覚醒の遅延(眠り症)

関東や九州の一部地域からは、施設栽培において、花芽の発芽が遅れる場合があるとの報告がある。なしが休眠から覚醒し、春に成長を開始するためには、一定の低温にさらされる必要がある(表1)。冬季が高温で推移した年に、施設栽培において通常通りに加温を開始すると、必要な低温要求を満たせなくなり、休眠からの覚醒が遅れる(写真2)(参考2)。



写真2 休眠覚醒遅延(手前の樹)

表1 なしの栽培基準

平均気温			
年	4月1日～10月31日	冬季の最低極温	低温要求時間
7℃以上	13℃以上	-20℃	幸水については800時間以上

出典:果樹農業振興基本方針関係資料集

④その他

この他、果実成熟の前進化や花芽形成の不良などの報告や、病虫害の多発や発生時期の前進化等、いずれも高温が原因と考えられる報告がある。

(参考2) 低温要求とは



(写真3) 低温不足による発芽不良(左・中央)

なしなどの落葉果樹が正常に発芽するためには、一定期間一定温度以下の環境に遭遇する必要があります。この条件を満たすことで、芽などの生育が充実し、その後、発芽適温に遭遇することで正常な生育をします。このことを、低温要求と呼びます。

低温要求が満たされないと、通常一齐に生育するものが不揃いとなり、その後の栽培管理等が効率的に行えないなどの問題が生じます。ひどくなると、開花量の減少に伴い収量が大幅に減少することがあります。

2 当面の適応策

① 凍霜害対策

凍害に対しては、適切な栽培管理による樹勢の維持と新梢の遅伸び防止等により耐凍性を高めること等で、晩霜害に対しては、防霜ファンの設置や燃焼法の実施などの霜の発生抑制対策により、樹体や樹園地の温度を発生限界温度以上に保つことで被害を回避している。

② みつ症等果実の生理障害対策

果実の生理障害の発生に対しては、適切な栽培管理により樹勢を良好に管理するほか、カルシウム剤等の施用、遮光資材の活用による果実温度の上昇抑制により発生を抑制している(参考3)。なお、果実の熟度が進むと発生が多くなるので、適期収穫を徹底する必要がある。

(参考3) 遮光による「新高」のみつ症抑制

梅雨明け後、高温乾燥が続くなどみつ症の発生が懸念される場合は、9月の1ヶ月間、遮光率22%程度の資材で果実に直射日光が当たらないよう樹を被覆することで、みつ症の発生を軽減できる(表2)。

表2 遮光処理による「新高」のみつ症抑制

みつ症発生果率 (%)	
無処理	34
遮光	4

(高知県農業技術センター)

③ 加温施設栽培における休眠覚醒遅延対策

冬場の温度推移を勘案し、低温要求を十分満たせるよう加温開始時期を調節することで発生を回避している。

3 今後の対応方針

① 凍霜害対策

より効率的な凍霜害への対策を実施するため、送風法等の改良による経済的・効果的な防霜技術の確立が必要である。また、開花等予測モデルと気象予報を組み合わせた凍霜害発生予測法を確立する必要がある。

中期的には、品種別の安全限界温度を解明しつつ、凍霜害発生予測法の高精度化を図ることで、よりの確な凍霜害への対応を可能とする必要がある。

長期的には、気象状況の変化を踏まえ、地域に適した品種の見直しを検討しつつ、根本的な対応策として、耐凍性品種を育成する必要がある。

② みつ症等果実の生理障害対策

的確な適応策を確立するためには、みつ症等果実の生理障害の発生機構を解明するとともに、既存の栽培管理手法と被害発生との関係を解明することが必要である。また、これらの知見を踏まえて、植物成長調整剤を活用した発生防止技術や、遮光資材の活用による果実の温度管理技術等の栽培管理技術を確立する必要がある。

中期的には、さらに詳細な発生機構等を解明しつつ、栽培管理技術を改良していく必要がある。

長期的に温暖化がさらに進行するようであれば、これら栽培管理技術では対応できないことも懸念されることから、みつ症等果実の生理障害が発生しにくく、高温でも高品質な果実を安定的に生産できる耐高温性品種の育成・導入を行う必要がある。また、栽培適地の移動に関するより精度の高い予測モデルを確立し、それに基づき地域に適した品種の見直しとともに、産地における品目転換等を検討して行く必要がある。

③ 休眠覚醒遅延対策

施設栽培における当面の適応策としては、より精度の高い冬季の温度推移に基づく休眠・開花予測モデルを確立し、適期加温の指導により被害を回避することが必要である。

中期的には、より根本的な対策として、休眠生理の機構を解明し、それに基づく物理的・化学的休眠打破技術の確立を行う必要がある。

長期的に温暖化がさらに進行するようであれば、これら栽培管理技術では対応できないことも懸念されることから、低温要求性の低い品種を育成することが重要である。また、栽培適地の移動に関する予測モデルを確立し、それに基づき地域に適した品種の見直しとともに、産地における品目転換等を検討して行く必要がある。

○ ぶどう

1 生産現場における現象

① 着色不良

北海道を除く全国で、果実の着色不良(写真1)が報告されている。これは夏から秋にかけての成熟期が高温で推移することによって、果実の色素であるアントシアニンの合成が抑制されることによって発生する(参考1)。

「安芸クイーン」



(写真1) 温暖地域着色不良区

冷涼地域着色良好区

(資料: 広島県立総合技術研究所農業技術センター果樹研究部)

(参考1) アントシアニンの合成とは

ぶどうやりんごの果実は、成熟に伴いアントシアニンという色素が生成されるため赤色や紫色に着色します。このようなアントシアニンの生成は、高温下では抑制されるため、成熟期の気温が高く推移すると果実の着色が悪くなります。なお、最近の研究により、高温下ではアントシアニンの生成に関わる遺伝子の発現が抑制されることが明らかにされています。

② 加温施設栽培における休眠覚醒の遅延

関東や四国の一部からは、施設栽培において、発芽が遅れる場合があるとの報告がある。ぶどうが休眠から覚醒し、春に成長を開始するためには、一定の低温にさらされる必要がある(表1)。冬季が高温で推移した年に、施設栽培において通常通りに加温を開始すると、必要な低温要求を満たせなくなり、休眠からの覚醒が遅れる。

表1 ぶどうの栽培基準

平均気温			
年	4月1日～10月31日	冬季の最低極温	低温要求時間
7℃以上	14℃以上	－20℃以上 欧州種については －15℃以上	巨峰については500時間以上

出典：果樹農業振興基本方針関係資料集

③ その他

この他、凍霜害の発生増加、果実成熟の前進化、日焼け果など果実の生理障害の増加や病害虫の多発等、いずれも高温が原因と考えられる報告がある。

2 当面の適応策

① 着色不良対策

適切な栽培管理により樹勢と結実量のバランスを適正化することで着色不良の発生を抑制している。また、適応策の一つとして環状剥皮技術(写真2～4)があるが、適応する品種が限られていることなどから、今後更なる研究が必要である(参考2)。

(資料：広島県立総合技術研究所農業技術センター果樹研究部)



写真2 剥皮ナイフ幅を調整



写真3 環状剥皮を行う。



写真4 剥皮部分をテープで保護し、一ヶ月後に除去。

(参考2) 環状剥皮技術とは

ぶどうの着色は、同化養分の供給量によって左右されます。環状剥皮技術は、幹の表皮を環状に剥皮することによって、同化養分を下部へ移行させることなく果房へ集中させ、着色を良好にする技術です。

② 加温施設栽培における休眠覚醒遅延対策

冬場の温度推移を勘案し、低温要求を十分満たせるよう加温開始時期を調節することで対応している。また、一部の地域では、休眠打破剤としてシアナミドの散布により対応している。

3 今後の対応方針

① 凍霜害対策

より効率的な凍霜害への対策を実施するため、送風法等の改良による経済的・効果的な防霜技術の確立が必要である。また、開花等予測モデルと気象予報を組み合わせた凍霜害発生予測法を確立する必要がある。

中期的には、品種別の安全限界温度を解明しつつ、凍霜害発生予測法の高精度化を図ることで、よりの確な凍霜害への対応を可能とする必要がある。

長期的には、気象状況の変化を踏まえ、根本的な対応策として、耐凍性品種を育成する必要がある。

② 着色不良対策

短期的には、高温条件下における着色抑制機構を解明し、それに基づく着色改善技術を確立する必要がある。中期的には、高温条件下でも着色が良好で、安定生産が可能な品種を育成する。

長期的に温暖化がさらに進行するようであれば、これら栽培管理技術や育成品種での対応の限界も懸念されることから、高温条件下でも着色が良好で、着色不良以外の生理障害への耐性も備えた高品質な果実を安定的に生産できる耐高温性品種の育成・導入を行う必要がある。また、栽培適地の移動に関するより精度の高い予測モデルを確立し、それに基づき地域に適した品種の見直しとともに、産地における品目転換等を検討して行く必要がある。

③ 休眠覚醒遅延対策

施設栽培における当面の適応策としては、休眠・開花予測モデルを確立し、適期加温の指導により被害を回避することが必要である。中期的には、より根本的な対策として、休眠生理の機構を解明し、それに基づく物理的・化学的休眠打破技術の確立を行う必要がある。

長期的に温暖化がさらに進行するようであれば、これら栽培管理技術では対応できないことも懸念されることから、低温要求性の低い品種を育成する必要がある。また、栽培適地の移動に関するより精度の高い予測モデルを確立し、それに基づき地域に適した品種の見直しとともに、産地における品目転換等を検討して行く必要がある。

○トマト

1 生産現場における現象

①生育(着花・着果)不良

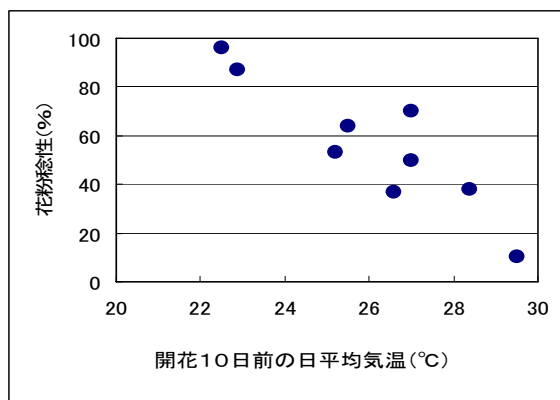
ほぼ全国において、夏場の高温による着花・着果不良が報告されている。これは、花粉発芽の適温は20℃から30℃であり、平均気温が28℃以上になると花粉機能が障害を受けることによる(図1-1)。さらに高温になると受粉用のマルハナバチの活動も衰え、ホルモン処理しても着果が不安定になる。

②障害果

関東、東海、近畿地方を中心に、夏場の高温による着色不良果の発生が報告されている。これは、赤い色素である「リコピン」の生成適温は20℃から25℃であり、35℃以上になると生成されなくなることによる(図1-2)。一方、黄色の色素である「カロチン」は30℃以上でも生成されることから、高温下では黄色味が強くなる(写真1)。西日本の一部の地域では、裂果の発生が報告されている。これは、高温により果皮が老化した場合、水分吸収による果実肥大に伴い裂けること等による。その他、尻腐果(写真2)・乱形果・小果などの障害果発生も増加する。

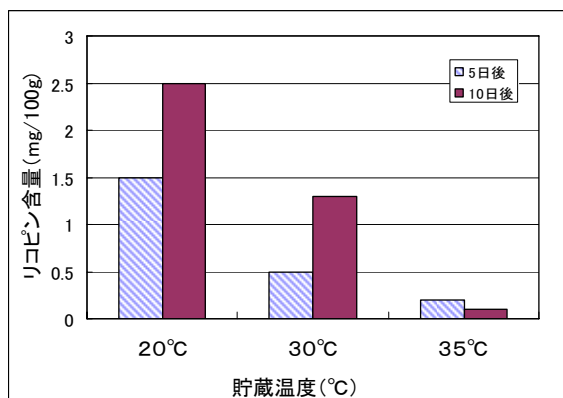


(写真1) 着色不良果(黄色)



(図1-1) 高温による花粉障害 (河崎・鈴木 2006)

品種: ハウス桃太郎、2005年6月～10月調査
花粉稔性は、花粉の形成期である開花10日前の日平均気温と高い相関を示し、温度が高くなると稔性が低下する。



(図1-2) リコピンの生成適温 (濱渦ら 1998より改変)

未熟果実の追熟中のリコピン増加を見た実験。20℃、30℃では5日目から10日目にかけて増加しているが、35℃では減少している。

(写真2)尻腐果

高温になると葉からの蒸散が活発になり、水と一緒に運ばれるカルシウムが果実先端部分に行きにくくなる。そのため、果実の細胞肥大に必要なカルシウムが不足し、細胞膜の損傷が起こり、細胞が壊死し、尻腐果が発生する。



③病害虫

複数の県において、コナジラミ等病害虫の多発が報告されている。タバココナジラミ類が媒介するトマト黄化葉巻病(参考1)が問題となっており、0.4mm目合いのネット展張で対処しているが、換気効率を悪化させ温室内の気温上昇の原因となっている。

(参考1) トマト黄化葉巻病

トマト黄化葉巻病は、シルバーリーフコナジラミ(現在は、タバココナジラミの1系統としてタバココナジラミバイオタイプBとされる)と近年になって国内での発生が確認された新たなタバココナジラミの系統“バイオタイプQ”によって伝染するウイルス病。汁液(接触)伝染、種子伝染、土壌伝染はしない。病徴は、最初に頂葉が黄化し、葉巻症状があらわれる。症状が進むと、葉は葉脈とその周辺の一部を除いて黄化し、ちりめん状に萎縮する。発病前に着果した果実は正常に発育するが、発病後は開花しても結実しないことが多い。

(写真右上)シルバーリーフコナジラミ
(写真右)トマト黄化葉巻病の症状



2 当面の適応策

①高温による生育障害

着果・着花不良、着色不良をはじめとする高温障害に対しては、多くの県では遮光資材の利用技術で対応している。本技術は、トマトの上部に光の通過量を減少させるフィルム等を展開することでトマト及び土壌の温度上昇を抑制するものである。しかしながら、トマトは強光を好む作物であり、遮光資材をかけたままでは生育に影響があることから、日中の高温時間帯のみとする必要がある。

また、ハウス栽培であれば、循環扇(写真3)の導入やフルオープン等換気の徹底も実施されている。循環扇は、ファンによりハウス内の空気を攪拌するもので、室内全体でみると温度低下は期待できないが、上部空間の局所的な高温空気の滞留を防ぎ、室内温度の均一化を図るとともに作業快適性の向上効果が期待できる。更に、着色不良に対して細霧冷房(参考2)の利用技術で対応している県もある。細霧冷房については適切な運転が難しく、制御方法の開発が望まれている。



(写真3)循環扇

(参考2) 細霧冷房



ノズルから噴霧された細霧が蒸発する時に周辺の熱を奪う(気化冷却)ことを利用して、気温を低下させる方式。蒸発した水蒸気を室外に出すため窓換気を利用し、温室内の頭上にノズルを取り付けた方式(自然換気型細霧冷房)が主流となっており、条件によっても違うが、外気よりも室温を最大で6～7℃低くすることができる。相対湿度が100%で植物が濡れた状態が長時間続くことは、植物の生育に悪く、病害発生の原因ともなる。したがって、細霧を間欠噴霧する方法で噴霧量を調節したり高温となった温室内空気を、たえず換気によって室外に排出する必要がある。

②障害果対策

裂果対策として、遮光処理や作物への水分吸収を制御するため、適正なかん水管理を行っている。また、尻腐果に対しては、カルシウム不足を解消するため、カルシウム剤の葉面散布を実施している。

③病虫害対策

一般的な適正防除に加え、コナジラミ等微小害虫に対しては、網目の細かなネットを開口部に展張することで物理的に侵入を防止している。シルバーリーフコナジラミについては、0.4mm目合いのネット展張で対処しているが、換気効率を悪化させ温室内の気温上昇の原因となっている。また、病害予防としては、循環扇を導入し、トマト周辺の空気の湿度を引き下げている。

3 今後の対応方針

①高温対策

ネット展張を行っているハウスにおいては、生育障害回避の面はもとより、ハウス内部での作業快適性や労働生産性向上の観点からも、ハウス内の高温対策を検討することが必要である。短期的な対応としては、既存の遮光資材では十分な昇温抑制効果が得られていないため、昇温抑制効果が高く低コストな遮光資材や局所冷房等を利用した低コスト冷房・環境制御技術の開発が必要である。また、フルオープン等換気効率が高い低コスト耐候性ハウスの開発も求められる。更に既に開発された単為結果性品種は高温下でも安定した収量が確保されることから、その普及を進めることも重要である。

中期的には、高温下でも花数や着果が安定し、生理障害の発生が少ない新品種の開発やそれに適した栽培方法の導入が望まれる。更に、高温期での栽培管理作業の自動化やロボット利用技術の開発や温度を自動調節する新素材フィルムの開発も期待する。

また、現在ではコスト面から普及しにくい自然エネルギー等を活用した施設内冷房システムの開発も長期的には必要となると考えられ、そのためには自然・地域資源を利用した産地エネルギー供給体制の検討も進める必要がある。

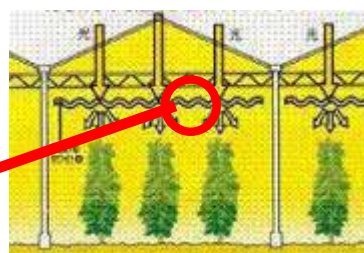
② 障害果対策

適切な水分管理の徹底を推進することが必要である。生産性を低下させない裂果対策として効果的な遮光技術の開発や赤外線吸収フィルム等新素材による遮光フィルム(参考3)の開発が必要である。

(参考3) 遮光フィルム

一般的に夏季に農作物の栽培を行う際、必要以上の強い光を和らげ気温、地温等の上昇を抑制することで、植物の高温障害を回避し生育を良好するために用いる被覆資材。赤外線等吸収フィルムは、フィルムが熱線を吸収して施設内に届く熱線を半減する機能を持つ。

(写真右) 赤外線等吸収フィルム
(写真下) ハウス内部に設置した遮光スクリーン



③ 病虫害対策

病虫害対策として、現在全国的な問題となっているタバココナジラミ類の防除に関する技術指導の強化が不可欠である。また、トマト黄化葉巻病抵抗性品種の早期開発が求められている。更に、天敵や静電防除スクリーン等を利用したIPM技術の開発も必要である。

加えて、様々な土壌タイプに対応できる効果的な土壌殺菌方法の導入、循環式養液栽培においては、低コスト養液殺菌方法の開発が望まれる。

中期的には、温室内の適切な湿度制御技術の開発を、長期的には、複合病害抵抗性品種の開発も必要である。

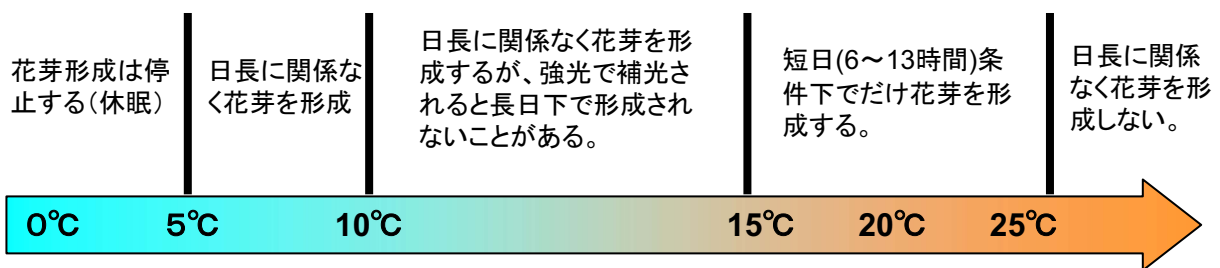
○ イチゴ

1 生産現場における現象

①高温による花芽分化遅延

関東以西において、高温による花芽分化の遅延が報告されている。これは、一季成り性イチゴでは、約15℃から約25℃の間では短日下で花芽は分化するものの、それ以上の温度では日長条件を変えても花芽が分化しないことによる。また、主として高温期業務用需要を担う四季成り性イチゴでも約30℃以上では花芽分化は抑制される。

(参考1) 花芽形成と温度・日長との関係（一季成り性品種）



Jonkers.H(1965)を一部改写

(参考2) 一季成り性と四季成り性の違い

	特 性	主要品種
一季成り性	秋の低温・短日により花芽を分化し、春に開花・結実する。	とちおとめ、とよのか、さちのか、章姫、さがほのか、あまおう、紅ほっぺ
四季成り性	花芽分化は1年を通じて行われ、特に夏の長日で促進される。	ペチカ、夏んこ、夏実、F1エラン、サマープリンセス、きみのひとみ、なつあかり、デコルージュ

②生育不良

複数の県において、高温による生育不良が報告されている。これは、イチゴの生育適温は15℃から20℃であり、30℃以上となると光合成能力が低下することによる。また、地温も18℃から21℃が適温であり、25℃以上では根の伸長は抑制される。

③品質低下

全国的に、小玉化などの品質低下が報告されている。これは、高温により成熟日数が少なくなり果実が十分肥大する前に着色、成熟することによる。また、黒ずみ果(写真1)や酸味の強い果実が多発する。さらに、高温期には果実の軟化や結実不良が見られる。この結果、良品の生産量が減少する。



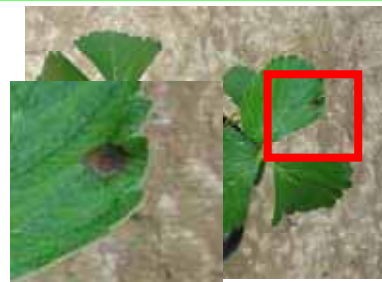
(写真1)黒ずみ果:高温下で色素の生成が進み、栽培・流通過程で濃色化、さらには暗色化する。果色の濃い(色素量の多い)品種で起きやすい。

④病害虫

全国的に、炭疽病やハダニ類、アザミウマ類等の病害虫の多発が報告されている。

(参考3) いちご炭疽病

本病は葉や葉柄、ランナー(匍匐枝)に黒褐色の病斑が生じ、クラウン部(冠部)を侵して株全体を枯らす病害。15℃前後では症状が現れず、20℃以上の高温となると発病し、葉等に病斑を形成。高温になるほど株全体が枯れる急性の萎れ症状が多発。



2 当面の適応策

①高温による花芽分化遅延

花芽分化遅延に対しては、多くの県では遮光資材を利用した育苗技術で対応している。本技術は、イチゴ苗に光の通過量を減少させる寒冷紗等を被覆することでイチゴ苗の温度上昇を抑制するものである。

また、複数の県では、短日夜冷育苗技術で対応している。これは花芽形成に必要な低温短日条件を人工的に与えるため、冷蔵庫の中に苗を入庫し、夜温10℃～15℃程度、日長8時間程度で20日から30日の間処理するものである。

更に、ポット育苗の場合、窒素施用のコントロールにより花芽分化を促進できることから、過窒素の防止、制御時期の前倒しを行っている県もある。

しかし、短日夜冷処理で第1花房を分化させても第2花房との間に大きな収穫の谷が生まれる。これは温暖化が進むほどより顕著になると想定される。

(参考4) 短日夜冷育苗技術

イチゴの花芽誘導を目的に、夜冷施設(夜冷库)が利用されている。昼間は自然光をあて、夜間は断熱構造の夜冷施設内にベンチを収納し冷房し、14℃前後の夜温で、20日間ほど処理することで花芽分化が促進する。



②高温による生育不良、品質低下対策

生育不良・品質低下に対しても、多くの県では遮光資材の利用技術で対応している。

③病害虫対策

一般的な適正防除に加え、炭疽病に対しては、健全苗の確保が重要であることから、多くの県では育苗における雨よけ施設や高設ベッドの導入で対応している。また、一部では底面・ドリップ給水等の耕種的防除法が導入されている。これは、炭疽病感染株の罹病部位に形成される分生孢子が水滴により飛散感染することから、降雨による病原菌の飛散を防ぐためのものである。また、ダニ類に対しては、天敵農薬の導入で対応している県もある。

3 今後の対応方針

①花芽分化遅延対策

短日夜冷育苗技術が確立しているものの、夜冷库・冷蔵庫といった設備投資が必要であり、低コストな冷却技術・装置の開発が重要である。また、高温下でも局部冷却により花芽分化を促進する技術開発も求められている。さらに、遮熱資材、細霧技術等を開発することも必要である。

長期的には、高温下でも品質・収量が優れた耐暑性品種等の開発を進めることも必要である。

②生育不良・品質低下対策

生育不良・品質低下対策としては、株冷却の有効性は試験研究により認められているものの、多額の設備投資を要することから、低コスト化に向けた研究開発が必要である。

中長期的に見れば、今後、地球温暖化の進展により高温化した場合、既存の遮光資材であっても十分な昇温抑制効果が期待できない恐れもあり、昇温抑制に効果的な遮光資材の開発が望まれる。また、果実の成熟制御技術や高温下でも生育不良、品質低下を招かない新品种の開発・導入が望まれる。

③病害虫防除対策

短期的には、炭疽病防除のための技術指導を進めることが求められている。また、遮光の多用が病害虫被害を助長する恐れもあることから、昇温抑制と病害虫防除の双方に効果的な遮光資材の開発、低コスト雨よけ灌水技術開発が望まれる。また、IPM技術の開発、炭疽病抵抗性品種や高温下で多発する病害虫に対する強い抵抗性を有する新品种の開発・導入が望まれる。

○ 花き

1 生産現場における現象

①開花期の前進又は遅延

全国的に、複数の品目において、開花期の前進又は遅延(写真1)が報告されている。これは、生育期間中に平年よりも高温であったことによる生育促進、夏から秋にかけての高温による生育抑制、低温要求のある品目における低温不足により発生する。

(写真1:スプレーギクの花色の退色と開花遅延) キクの赤系品種においては、花卉の着色時に高温が続くと花卉の着色不良又は退色が発生する。夏季高温期に栽培するキクの作型では、電照期間中又は消灯後の高温により開花遅延が発生する。輪ギク品種「岩の白扇(写真とは別)」では、発蕾から開花までの日数が、25/20℃(昼/夜温)に比べて、30/25℃の高温の遭遇により2日程度、33/28℃の遭遇により5日程度遅れる。

(写真右上:昼温/夜温=20/15℃)

(写真右:昼温/夜温=30/25℃)



②品質低下

全国的に、複数の品目において、奇形花(写真2)、花焼け、退色(写真1)、葉焼け等による品質の低下が報告されている。これは、夏から秋にかけての高温により生理障害を起こすことにより発生する。

(写真2:輪ギクの奇形花) 夏季高温期に栽培するキクの作型では、品種によっては、花序が扁平化する奇形花が発生する。「岩の白扇」では、電照期間中、特に消灯20日前から消灯日までの間、30/25℃(昼/夜温)の高温の遭遇により助長される。



(正常花)



(奇形花)



(奇形花)

③その他

この他、育苗期間中の高温によるロゼット化(写真3)(トルコギキョウ)、夏から秋にかけての高温による茎の徒長等生育不良や収量の低下(施設全般)、害虫の多発が報告されている。

(写真3:トルコギキョウのロゼット化)

ロゼット化とは、茎が伸長しない状態をいう。トルコギキョウの多くの品種では、は種から本葉2葉展開までの幼苗期に、日平均気温25℃以上かつ夜温20℃以上の高温に遭遇するとロゼット化する。また、キクでは、冬季の低温不足により幼苗期に十分な低温要求が満たされない場合にロゼット化する。



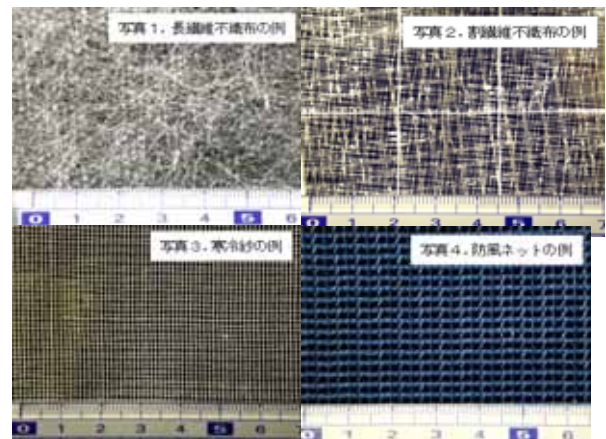
(ロゼット状) (正常)

2 当面の適応策

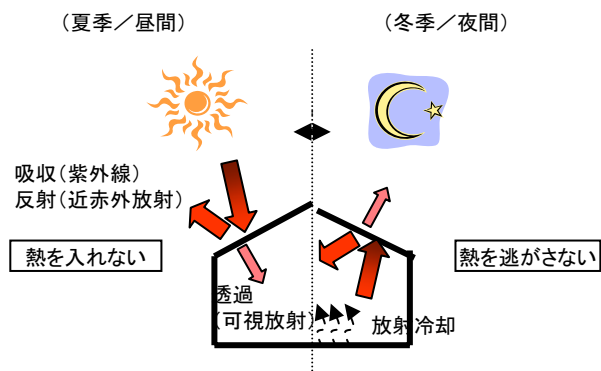
①開花期の前進又は遅延対策

夏から秋にかけての高温が原因のものについては、遮光・遮熱資材(写真4、図1)、循環扇(写真5)、細霧冷房(写真6)等により温度管理を徹底することで対応している。それ以外の原因のものについては、品種構成を見直すことや開花調節管理(低温処理、薬剤処理、日長処理)を徹底することで対応している。

(写真4:遮光資材) いわゆる寒冷紗。作物を強光から守るという目的で用いられているが、遮光だけでなく、防虫という目的で多くの資材が開発されている。



(図1:遮熱資材) 太陽光のうち、光合成に必要な赤外線をカットして、施設内の高温を抑制するためのフィルム。



(写真5:循環扇) 施設内の空気を攪拌することにより、温度ムラをなくす装置。



(写真6:細霧冷房) 5～30ミクロンの細霧の蒸発潜熱によって、施設内の気温を下げるもの。十分な換気が行われないと、その効果は発揮できない。

②品質の低下対策

高温を避けるため、遮光・遮熱資材、循環扇、細霧冷房等により温度管理を徹底することに対応している。また、耐暑性の品種を導入することも行われている

3 今後の対応方針

花きは、特定の日に需要が集中し、それに合わせて出荷することが求められ、生育開花調節の技術は多数の品目・品種で確立されているものの、生育開花調節の技術が確立されていない品目・品種については、その対応策が必要である。したがって、短期的には、それらの品目・品種に対応した生育開花調節技術の開発、開花予測技術の開発を、中期的には、温度反応特性に基づく高度な生育開花調節技術の開発を行う。

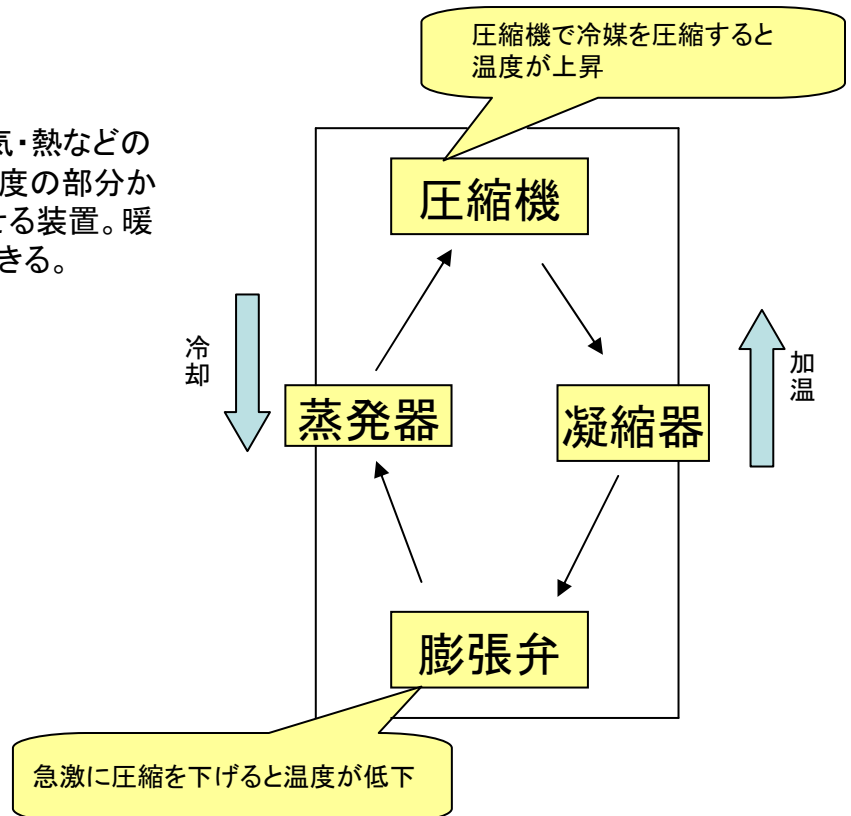
低温要求のある品目や高温で生理障害等を起こしやすい品目については、温度管理の徹底（低温処理含む。）や既存の品種で対応できない場合、新たな品種の開発が必要である。したがって、中期的には、耐暑性に優れた品種の開発を行う。

今後、温暖化の進展により、病虫害の発生量の増大、発生時期の拡大が進むことが予想される。したがって、短期的には、発生予測の高度化に資する技術の開発を、中期的には、天敵利用等による施設内総合害虫管理技術の開発、病害抵抗性品種の開発を行う。

今後、温暖化の進展により、既存の昇温抑制技術では十分な温度低下効果が期待できないおそれもあることから、より効果的な昇温抑制技術が必要である。したがって、短期的には、ヒートポンプ（図2）を利用した低コスト夜間冷房技術の開発、雪冷房等地域の冷熱資源を利用した冷房技術の開発、効果的な遮光・遮熱資材の開発、換気効率の高い構造の施設の開発を、中期的には、複合環境制御による施設内の昇温抑制技術の開発を行う。

冷涼な気候を生かし、特定の時期への出荷を目的に、特定の地域・作型により作られているといったものなどについては、今後、温暖化の進展により、産地の維持が困難となることも考えられる。したがって、短期的には、既存作型の技術的な見直しを、中期的には、地域の気候条件に適した栽培品目の見直しの検討を、長期的には、熱帯・亜熱帯性新規花き導入の検討を行う。

（図2：ヒートポンプ） 外部から電気・熱などの駆動エネルギーを与えて、低い温度の部分から温度の高い部分へ熱を移動させる装置。暖房と冷房の両方に用いることができる。



○ 茶

1 生産現場における現象

①凍霜害被害の発生等

暖冬化に伴い萌芽が早期化し、凍霜害の多発や発生地域の拡大が予想される。また、秋の整枝後の気温が高いと秋冬期に萌芽してしまう(「再萌芽」という)などの問題から、新芽の数が減少し翌春の萌芽もバラつきやすくなることから、一番茶の収量が減少するとの報告もみられる。また、気温が高いと新芽の成長速度が早くなり、高品質な若芽を摘採できる期間が短縮され、硬化した茶葉が増加して荒茶の品質が低下する。



萌芽期前の凍霜害による茶新芽の奇形(右端が正常)

②干害や生育障害の発生

夏季の干ばつや異常高温は、二番茶芽以降の生育抑制や葉焼け、枝枯れをもたらしことから、当年産の収量の減少に加え、茶樹の正常な年間生育周期を大きく攪乱して翌年の一番茶の生産に悪影響を及ぼす。



夏に干ばつを受けた茶園の被害状態

③病虫害の多発や発生パターンの変化

年々の気象条件によって、病虫害の発生パターンや防除適期が変動するが、近年このズレ幅が大きくなってきている。虫害ではハマキガ類、チャノホソガ、カンザワハダニ、クワシロカイガラムシ等の多発や年間発生回数の増加が報告されている。

また、病害では輪斑病等が多発傾向にあり、枝枯れや越冬芽の枯死につながるなどの報告がみられる。



クワシロカイガラムシ多発生状況



輪斑病の病斑

【輪斑病(りんはんびょう)】

茶の摘採や整枝の切り口から感染し、落葉、枝枯れしやすくなり、次の茶期の芽数が少なくなり減収となる。葉に褐色、濃淡のある輪紋状の病斑を形成する症状。

2 当面の対応策

①凍霜害等対策

地域毎に終霜日を考慮して適切な品種を選定し、霜害リスクを低減することが基本となるが、当該年の気象動向等を踏まえて秋の整枝時期や、整剪枝程度を工夫することにより秋冬期の再萌芽や萌芽のバラつき等を抑制することができる。また、凍霜害が頻発する園地ではスプリンクラーや防霜ファンの設置が効果的であるが、最近、凍霜害が発生しやすい低温・無風時のみに**防霜ファン**を自動運転させる「省電力防霜ファン」が開発されており、今後はこの普及が期待される。

【防霜ファン】

春期の萌芽期前後から摘採期において、風のない晴天日の夜間、放射冷却による凍霜害発生を防ぐために上空6～8mからファンで送風して、茶園表面の温度を上げるための送風機。



防霜ファンと敷きわらの事例(幼木園)

②干害・生育障害対策

敷草・敷わら等に努め、土壌水分の蒸発を防ぐことが重要であるが、夏季の異常高温や干ばつの被害が多い地域では**点滴かん水**等を導入し、樹勢の衰弱や葉枯れ等の発生を防ぐ必要がある。

【点滴かん水】

茶うねの樹冠下に穴のあいたかん水パイプを設置し、給水が必要な茶株基部(作物根部)に直接必要量のかん水を行う方式。

③病虫害対策

毎年変動する病虫害の発生パターンに対応するため、ハマキガ類やチャノホソガを対象とした「自動計数**フェロモントラップ**」やクワシロカイガラムシを対象とした「微小昆虫捕獲装置&画像処理自動計数ソフト」、「有効積算温度計」等を積極的に利用し、発生予察の省力・高度化を図るとともに、予察情報に基づく適期防除を徹底する。また、無農薬・減農薬栽培を推進する観点から、新芽加害性害虫を物理的に除去する「**送風式捕虫機**」や減農薬散布防除を可能とする「**送風式農薬散布機**」等の新技術を活用することも重要である。

【フェロモントラップ】

害虫の雌が遠距離から雄を呼び集めるために放出する匂い物質(性フェロモン)を化学的に合成し、これに引き寄せられる害虫をこの装置で捕獲する。その捕獲された数のデータに基づき害虫の発生ピークを予想し、より確実に害虫の防除を行う。

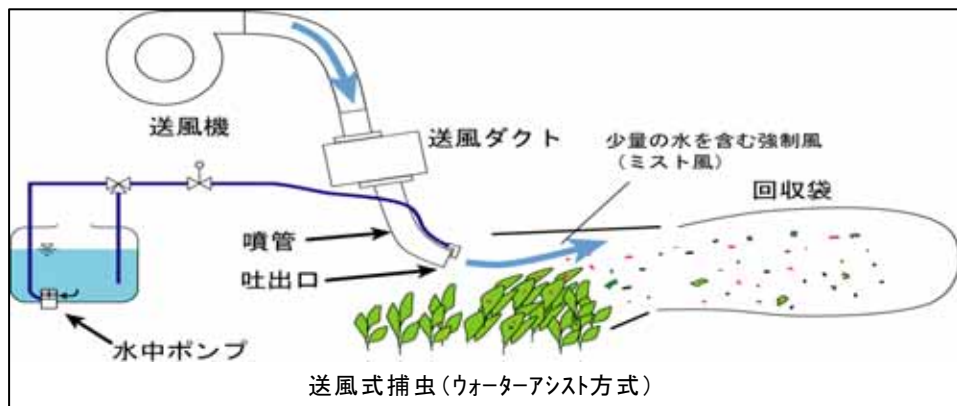
送風式捕虫機

【技術の概要】

送風式捕虫機は、茶樹に強制風又は水滴を含んだ強制風（ウォーター アシスト方式）を吹き付けて害虫を吹き飛ばし、回収袋で捕獲・圧死させる新しい物理的害虫防除法である。（下図）

【特徴】

チャノミドリヒメヨコバイ、チャノキイロアザミウマ、カンザワハダニ等の ダニ類、ヨモギエダシャク幼虫を捕獲できる。また、ウォーターアシスト方式の場合には、チャノミドリヒメヨコバイ成虫に対する防除効果も優れる。



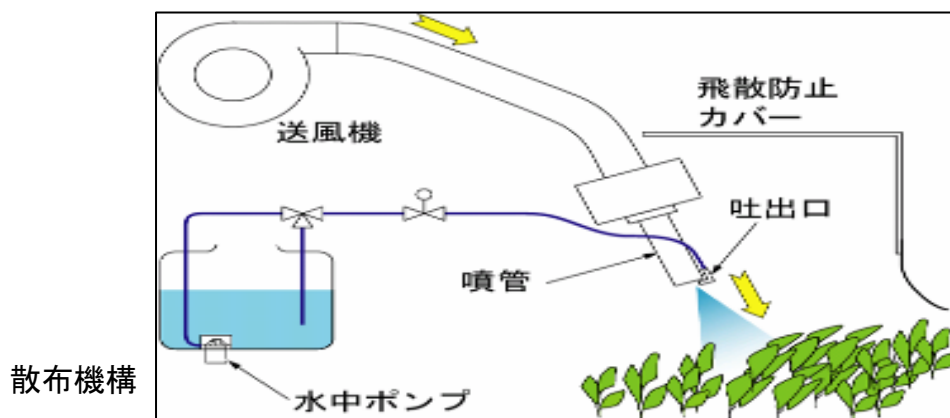
送風式農薬散布機

【技術の概要】

茶園用の送風式農薬散布機は、送風機と低圧ポンプを用いた小型の乗用型ミスト機である。葉層内部への薬液到達性が高いため、茶葉裏面への薬液付着が優れ、通常の動力噴霧機を用いた農薬散布方法と比較して、薬液の散布量を削減できる。

【特徴】

1. 散布機構は28個の噴管から茶樹に近接して斜め下へ送風散布する方式であり、葉層内部や葉裏への薬液到達性が高い。また、散布中のドリフトを防止するためカバーを設けている（下図）。
2. 動力噴霧機を用いた手散布と比較して、散布量を減量しても葉裏への薬液付着が優れている。



3 今後の対応方針

①凍霜害対策

当面(短期)、温暖化に伴う茶樹の生育パターン等の基礎的な情報の収集と蓄積を図るとともに、整枝後の再萌芽等を防止するための整枝剪定技術を確立する。また、中期的には凍霜害に強い茶品種系統の選抜・育成に計画的に取り組む。

②干害・生育障害対策

中期的には干ばつ、高温適応性の高い茶品種系統の選抜・育成や、乾燥や急激な温度変化といった環境ストレスに対する耐性を向上させる薬剤等の高位栽培技術の開発に計画的に取り組む必要がある。

③病虫害対策

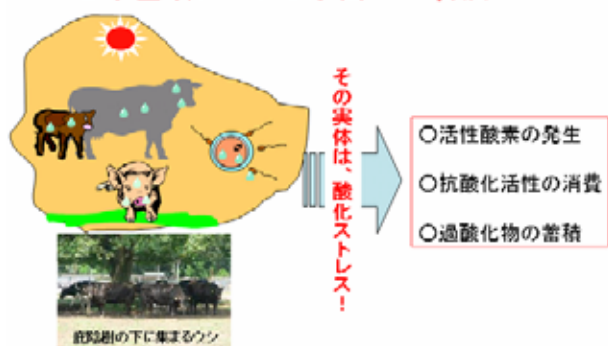
当面、病虫害の発生予察技術の高度化、省力化に取り組むとともに、中期的には温暖化条件下で有効に働く天敵等の生物的防除技術の開発や病虫害の発生パターンに依存しない新たな防除法の開発等に取り組む。

○ 肉用牛・乳用牛

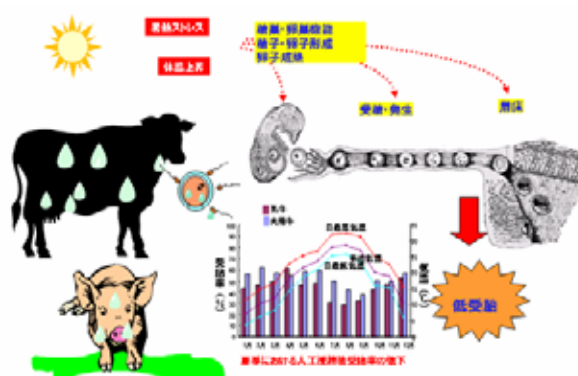
1 生産現場における現象

夏期の暑熱による直接的な影響は、全国的に見受けられる。具体的には受胎率の低下、精液性状の活力低下といった繁殖面での悪影響、乳量・乳質の低下や肥育での発育低下といった生産面での低下が挙げられる。

地球温暖化による家畜への暑熱ストレス



(図1) 温暖化による酸化ストレス図



(図2) 雌雄生殖機能に及ぼす暑熱ストレス

また、温暖化により顕著となる家畜疾病としては、乳牛の乳房炎の発生や重篤化、関東以西の地域における吸血昆虫が媒介するアルボウイルスによる流・早死産や奇形の発生といった流行性異常産の疾病被害の増加が挙げられる。

(参考1) 牛に流行性異常産を起こすアルボウイルス

牛のアルボウイルスは、九州地方を中心に、毎年のように流行が確認されている。これらの中には、流産、早産、死産、子牛の奇形などのいわゆる異常産(アカパネ病、アイノウイルス感染症、チュウザン病)を引き起こすウイルスが含まれている。

これらのウイルスは、ヌカカという体長1～3mmの微細な吸血昆虫によって媒介される。

アルボウイルスによる子牛の奇形(関節の彎曲) →



吸血中のヌカカ

2 当面の対応策

暑熱対策としては、①畜舎等の気温を下げる、②牛の体感温度を下げる、③栄養管理技術の改善、といった観点から適応策が講じられている。

①に当たるものとしては、畜舎内の換気扇の増設、通気の改善、畜舎周囲への植林、屋根への散水・塗装、屋根裏断熱材の敷設等が挙げられる。

②としては、細霧冷却法(牛体に送風扇で細霧を吹きかけ、気化冷却により体熱放散を促進する)やドリップクーリング法(牛の首から肩にかけて水滴を落下させ、体感温度を下げるもの)の活用、飼育密度の低減、夜間放牧の実施等が挙げられる。

③としては、良質粗飼料や高栄養飼料の給与、給餌時間の変更等による採食量の確保、水分・ミネラルの確保等が挙げられる。

また、家畜疾病に関しては、防虫ネットなどの設置や殺虫剤の散布を行うとともに、アルボウイルス等の抗体検査やワクチン接種及び媒介昆虫からのウイルス分離などの定期的なモニタリングを実施する。

3 今後の対応方針

暑熱対策としては、上記のように直接的な適応策が採られている現状にあるが、一方では、牛の生理機能改善の面から対策を講じていく必要がある。また、疾病対策としては、媒介昆虫の越冬対策、衛生害虫の浸潤モニタリング調査および放牧衛生対策が重要となる。

①暑熱に対する直接的な対応

当面の対応策としては、高温ストレスを緩和させるような栄養管理法や畜舎の開発を行うとともに、バイオガスエネルギー等で得た冷風の家畜への利用する技術の開発が挙げられる。

中期的な視野においては、新建築素材を用いた温暖化対策牛舎の開発、暑熱ストレスマーカークの探索と簡易評価法や対処技術の確立が挙げられる。

②牛の生理面からの対応

当面の対応策としては、暑熱による発情・卵巣機能、生殖細胞への影響評価を実施するとともに、牛体の熱収支解析から暑熱改善効果条件を定量し、生産性や繁殖機能を向上させる技術を開発することが挙げられる。肉用牛では暑熱時での肉質の低下のメカニズムをビタミンAや蛋白質給与などの面から解明し、栄養管理による肉質低下の適応技術を開発する。

中期的な視野においては、繁殖に係る暑熱対策に重点を置き、種畜の夏期不妊対策技術を開発するとともに、人工授精・受精卵移植時の適正体温指標を作成する。また、泌乳・代謝・繁殖機能および生殖細胞への酸化ストレス軽減技術の開発も実施する。加えて生産面では、ルーメン機能からみた夏期の乳量、乳質低下防止対策を講じるとともに、疾病対策として新型のものも含めたアルボウイルスの早期摘発技術の開発、発病抑制技術の開発を行う。

さらに、本格的に温暖化が進展した場合の長期的な視野に立った対応策としては、種畜牛などを対象に家畜への耐暑性を付与する育種改良を実施する。

○ 飼料作物

1 生産現場における現象

①牧草

全国的に温暖化の影響が見られるものとして、夏期間の30℃を超える高温の持続により寒地型牧草の生育停滞、夏枯れ、高温時に発生する病害、雑草との競合による、収量、栄養価の低下と草地の荒廃があげられる。

寒地型牧草の生育適温は一般に15～25℃程度であり、夏期に高温が継続する西南暖地以西の平地では、適応性は高いが栄養価の低いトールフェスクなどが選択されている。さらに、気温の高い地域では栄養価の劣るローズグラスなど暖地型牧草が栽培されている。一般的に、牧草類において温暖化に対する適応性と家畜に対する栄養価は相反している。

②イタリアンライグラス、エンバク

エンバクなど冬作物では、暖冬傾向により冬期間の休眠が不十分となり、冬枯れや春の生育が不十分な場合が見られる。また、ライグラスいもち病が西日本を中心に発生が増加している。この病害は、温暖化による秋期の高温により、出芽直後の苗あるいは幼植物が枯れ上がる深刻な被害が生じる。ライグラス冠さび病の発生も増加傾向が認められる。

③トウモロコシ、ソルガム等

トウモロコシでは32℃、ソルガムでは35℃以上において生育の停滞が生じ始める。さらに、水分ストレスおよび生育期間短縮による吸収日射量の減少による収量低下や栄養価の低下が生じる。台風が頻繁に来襲する沖縄地域では、栄養収量に優れるトウモロコシ、ソルガムは倒伏や折損により大きな被害を受けるため、栽培が敬遠される傾向にある。

病害虫の面では、高温性の病害であるトウモロコシ南方さび病の発生拡大、また、これまでに発生がみられなかったソルガム・トウモロコシ炭疽病の発生が見られるようになっており、その拡大が懸念されている。また、九州においてフタテンチビヨコバイ発生によるワラビー萎縮症の発生、ヨトウガ、アブラムシ等害虫の多発が挙げられる。



(写真1) トウモロコシ南方さび病



(写真2) ワラビー萎縮病

④調製、貯蔵

サイレージ調製後の品質維持の問題、特に開封後の変敗による廃棄が生じている。



(写真3) ロールベールラップサイレージのカビ発生状況

2 当面の対応策

①牧草

夏期間の温暖化対応として、耐暑性を高めたトールフェスク品種など夏枯れに強い草種・品種の導入、耐病性品種の活用、夏期における高刈りの励行、施肥量の抑制、放牧を抑制すること等が挙げられる。

②イタリアンライグラス、エンバク

病害虫対策として、防除のための基本技術の励行、耐病性品種の活用、耕種的防除が挙げられる。

③トウモロコシ、ソルガム等

収量低下対策としては、高温条件に適した品種の導入、気象災害による(主として)倒伏防止には、耐倒伏性が高い品種の導入、密植防止を講じる。なお、高温障害が連年起こる場合は、より高温に適したソルガムへの作付転換を検討する。

病害虫防除については、耐病虫抵抗性品種の選択、適正な防除の実施等が挙げられる。また、作付を前進化し、病害虫発生の最盛期を避ける適応策も挙げられる。

④調製、貯蔵

サイレージの品質低下防止策としては、保管場所、ラップの色の変更など調製・貯蔵法の工夫、腐敗を防ぐためのギ酸等添加剤の使用が挙げられる。

3 今後の対応方針

①牧草

夏期における寒地型牧草の生育停滞、夏枯れ、雑草との競合、栄養価の低下に対して、短期的には、夏期の生育に優れる、高品質な品種育成に取り組む必要がある。高温病害に対しては、さび病等に対する抵抗性品種の育成に取り組む必要がある。暖地型牧草の栄養価改善対策として、ブラキアリア属など新規牧草の導入がある。



(写真4) オーチャードグラス越夏性の選抜効果
選抜世代が進むほど、越夏後の再生力が大きい。

中期的には、精緻な気象変動モデルに基づいて、温暖化による牧草の成分、栄養価の変動解明と、その結果を組み込んだ作付け適地マップ、栄養収量マップの作成など、適応策シナリオ作成のための基礎的、基盤的研究も必要となる。また、黒さび病、葉腐病など高温性病害への抵抗性品種の育成、病原菌の系統・レース判別などに取り組む必要がある。

本格的に温暖化した場合、西南暖地においては高温による地力消耗が招く土壌生産力の低下や暖地型牧草への転換などが予想されることから、暖地型牧草の生産性の維持、暖地型牧草の栄養価を高めるための品種改良などに取り組む必要がある。

また、病虫害被害の多様化により、高温性病害である株枯病、白絹病などの多発も予想される。これらの対策のためには、耐病性系統の遺伝資源収集など長期的な取り組みが必要となる。

いずれにしても、地域ごとに適した草種の選定、品種の育種、奨励品種選定のための試験の実施が必要となる。



(写真5) *Brachiaria brizantha*草地

②イタリアンライグラス、エンバク

短期的には、暖冬条件における休眠不足等の問題に対して、播種時期の移動や品種選択、作付け体系など栽培技術の検討や低温要求性の低い系統の開発を行う。

ライグラスいもち病、ライグラス冠さび病対策には耐病性品種の導入が挙げられる。短期的には、いもち病抵抗性品種の育成、病原菌の系統・レース判別を行うとともに、冠さび病抵抗性品種の育成、中期的には、ライグラスいもち病抵抗性の作用機作解明、抵抗性遺伝子のDNAマーカー検索と遺伝子単離も視野に入れて、総合的な対策を取る必要がある。さらに、ライグラス網斑病に対する抵抗性系統の育成を行う必要がある。

③トウモロコシ、ソルガム等

温暖化により拡大が懸念される病虫害の対策として、短期的には、フタテンチビヨコバイによるワラビー萎縮症に対しては高度抵抗性の親系統の育成、トウモロコシ南方さび病に対する抵抗性品種を育成する必要がある。トウモロコシ根腐病における市販品種の抵抗性評価も対応策として挙げられる。中期的には、ソルガム・トウモロコシ炭疽病などに対しては、海外の抵抗性資源の導入も視野に入れながら抵抗性品種の育成を行う必要がある。また、耕種的防除法を開発するため病原菌や害虫の生態を解明する必要がある。家畜の暑熱ストレスに関係する酸化ストレスの指標改善に効果があるアントシアニンを高濃度で含有するトウモロコシの育成や耐暑性に優れるソルガムの栄養価向上なども考えられる。

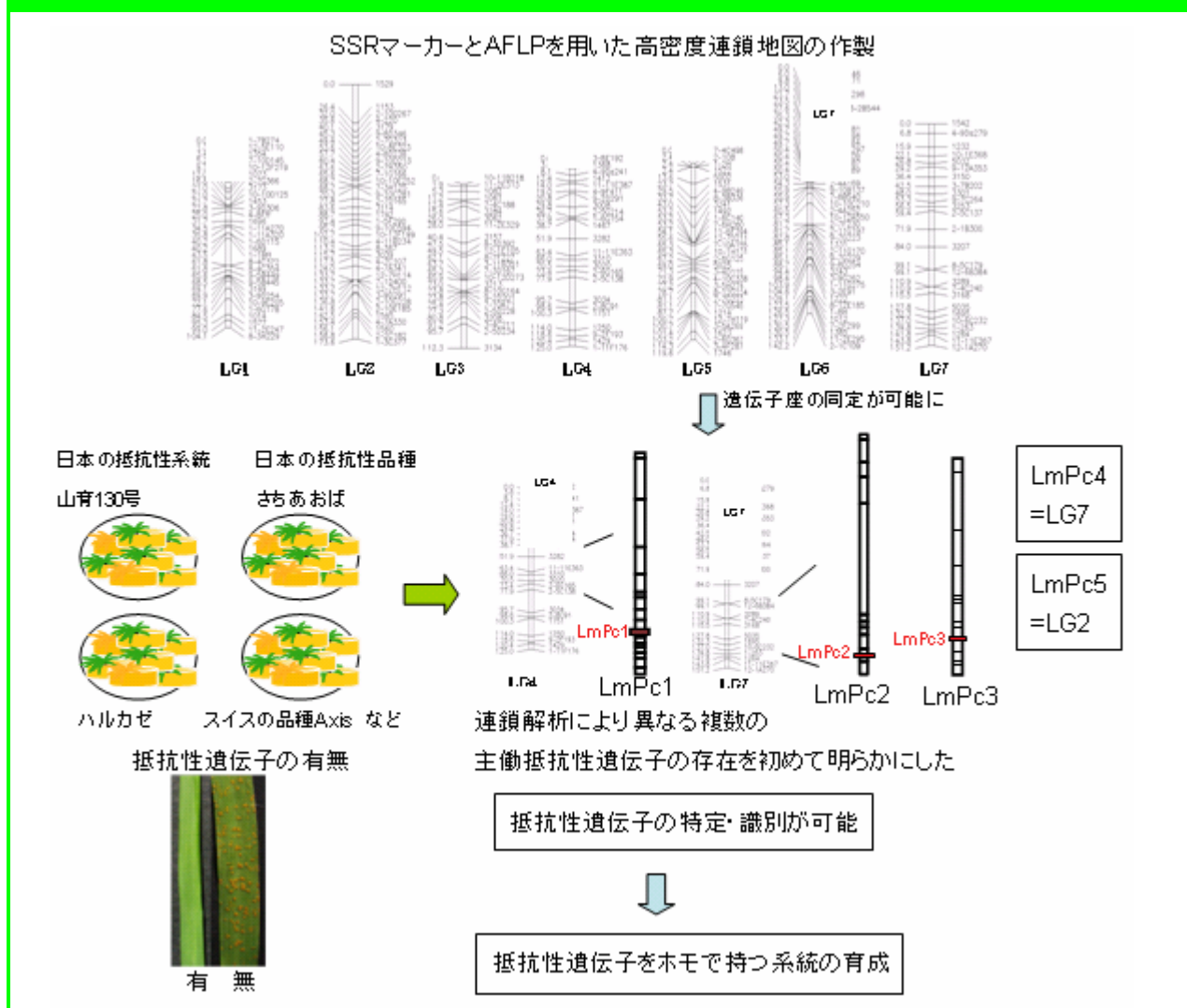
本格的に温暖化が進んだ場合、栽培適地が傾斜地が多い高緯度・高標高地へ移行することなども考えられ、傾斜地を利用した総合的な飼料作物栽培技術の開発も必要になると考えられる。

④調製、貯蔵

短期的にはサイレージにおけるカビ毒の簡易検出法の開発、中期的には高温条件下でも機能する乳酸菌添加剤の開発が必要である。

本格的に温暖化した場合、サイレージの低品質化に加えて、かなり変敗し易い状態になることから、高温条件下でもより高能力な添加剤の開発が必要となる。また、作物中の糖含量の低下と繊維成分の増加により、栄養価が低下し良質のサイレージ調製が困難となり、採食量や栄養価の低下を引き起こすと考えられるので、いずれの草種においても糖含量や繊維成分含量に配慮した品種育成が必要となる。

(参考) イタリアンライグラス高密度連鎖地図の作成と冠さび病抵抗性遺伝子の同定



このレポートについて、ご意見、ご質問などありましたら、お手数ですが下記担当までお問い合わせください。

農林水産省生産局野菜課生産班 担当 及川、大田

TEL:03-3597-0191 FAX:03-3502-4133

E-MAIL: seisan_ondanka@nm.maff.go.jp