

空気膜ハウスがナスの促成栽培における セイヨウミツバチの受粉効果に及ぼす影響

飛川 光治

Pollination Efficiencies of Honeybees on Forcing Culture Eggplants in Plastic-houses Equipped with an Air Inflated Membrane Structure

Mitsuharu Hikawa

緒 言

トマトやナスの栽培で花粉媒介昆虫として利用されるセイヨウオオマルハナバチ *Bombus terrestris* (以下、マルハナバチと略す) は、2006年に特定外来生物に指定された。ナスの促成栽培では、その代替の花粉媒介昆虫として主にセイヨウミツバチ *Apis mellifera* (以下、ミツバチと略す) が利用されている(農林水産省生産局野菜課, 2005)。しかし、マルハナバチと異なり振動採粉しないミツバチによる受粉では、低温期に稔性花粉量が減少すると形状不良果が増加する(飛川, 2004)。このため、冬期にはマルハナバチが導入されているが、マルハナバチの導入には余分のコストが必要になり、導入時期の判断も難しい。さらに、特定外来生物であるマルハナバチは短期間の使用であっても、その使用許可や逃亡防止のための施設の改装が必要になるなど問題点が多い。

しかし、低温期の稔性花粉量の減少を抑制できれば冬期であってもミツバチの利用が可能になるかもしれない。飛川(2007)は冬期に日中の施設内温度を高めると稔性花粉重量が増加することを明らかにした。しかし、暖房機による加温では、燃料費が増加する。最近、省エネルギー技術として、パイプハウスに2枚重ねてフィルムを張り、その間にブローで加圧した空気を注入して、断熱層を作って保温する空気膜ハウスが各地で導入されている(島地, 2007; 吉田, 2008)。この空気膜ハウスでは暖房用燃料の消費量が約30%削減できるとされているが、保温性が高まるため日中の施設内温度を高める効果も期待できる。そこで、空気膜ハウスを利用して

日中の施設内温度を高めることが、ミツバチの受粉効果にどのような影響を及ぼすかを検討した。

材料および方法

1. ハウスの被覆フィルムと栽培管理

岡山県農業総合センター農業試験場内の同形状のビニルハウス2棟(1棟面積129㎡: 間口6m, 長さ21.5m, 高さ3.2m)を供試し、それぞれ空気膜ハウスおよび慣行ハウスとし、2007年8月1日にポリオレフィン製の透明フィルムを屋根面に展張した。空気膜ハウスは厚さ0.1mmのフィルム2枚(東織興産(株)社製, 商品名: ふくら一夢)を展張し、2枚のフィルムの間に常時空気を送り、内圧を約100Paに保って膨らませた。慣行ハウスには、厚さ0.15mmのフィルム(MKVプラテック(株)社製, 商品名: ダイヤスター)1枚を展張した。さらに、11月15日に両ハウスの内側に間口5.5m, 長さ20.5m, 高さ2.7mで厚さ0.05mmの透明ビニルを展張した。

両ハウスには、ハチの移動を防ぐため、ともに透明ネット(目合い: 2mm×4mm, ポリエチレン製, 日本ワイドクロス(株)社製, 商品名: アニマルネット)で仕切り、64.5㎡(6m×10.75m)ずつに2等分した区画を設けた。また、ハウスの開口部も同じネットで全て塞いだ。11月22日にネットで仕切った2区画内にそれぞれミツバチ巣箱(アピ(株)社製, 商品名: らくらく交配8000)とマルハナバチ巣箱(アグリセクト(株)社製, 商品名: キャッツマルハナバチ)を1箱ずつ置き、ミツバチ放飼区およびマルハナバチ放飼区とした。放飼期間中のミツバチには、蜂蜜50%水溶液および生花粉を与

え、これらを2~3日間隔で更新した。マルハナバチには毎日乾燥花粉を2g与え、糖の50%水溶液を巣箱底部のタンクから給餌した。マルハナバチを小規模な施設内に放飼すると過剰訪花して花柱や子房が損傷する。これを防ぐためマルハナバチは2~3日ごとに1日だけ放飼した。この放飼日において10時から10時30分までハチを自由に出入りさせた後、10時30分に出巢用の巣口を閉鎖して、順次帰巢させた。この操作により出巢した働きバチは約1時間で全て回収できた。一方、ミツバチは全試験期間を通して巣口は開放し、訪花を制限しなかった。試験期間中、マルハナバチのコロニーが衰退し始めたので、1月29日にコロニーを更新したが、ミツバチのコロニーは衰退が見られなかったため更新しなかった。

ナスは‘台太郎’を台木とした‘千両’を用いた。9月7日に第1花房開花期の苗を畝間2m、株間75cm、1条植えで両放飼区に各区とも1畝に11株ずつ定植し、V字4本主枝仕立てとして2畝で試験を実施した。加温設定温度は、6時から22時までを15℃、22時から6時までを13℃、換気開始温度を28℃とした。施肥は大塚化学(株)社製の養液土耕2号および5号を用い、1日1~2回施用した。9月7日~2月29日の1株当たりの総施肥量はNが72g、P₂O₅が86g、K₂Oが125gであった。

2. 稔性花粉重量

稔性花粉重量の調査は、12月3日、17日、1月4日、15日、28日、2月12日および25日の合計7回行った。調査は1区当たり異なる株の15花30葯を対象とし、開花1~2日前に1mm目合いの透明ポリ製網袋を被せてハチの訪花を防ぎ、開花当日の9時に葯を採取した。採取した葯はシャーレに入れ、オートドライデシケータ(アズワン(株)社製、幅290mm、奥行き290mm、高さ490mm、相

対湿度:30%以下、気温:20~25℃)内で6時間乾燥させた。その後は、飛川・宮永(2006)の方法に準じて葯から花粉を採取し、1葯当たり花粉重量を測定した。発芽率の調査にはショ糖100g、ホウ酸10mg、寒天8gを蒸留水1Lに加熱して溶解させた藤下(1981)の培地を用いた。この培地を5mmの深さになるよう直径9cmのシャーレの底に流し込み、冷却して固化させた。花粉をカバーガラス(1辺の長さ18mm、厚さ0.12~0.17mm)の1辺に付着させ、寒天培地上に、1シャーレ当たり10か所に置床し、1区当たり3個のシャーレを用いて培養した。培養はすべて25℃の暗黒条件下で24時間行った。1視野中における花粉発芽率{(発芽花粉粒数/全花粉粒数)×100}は、1シャーレ当たり花粉を置床した10か所から各1回(合計10回)の1区当たり合計30回測定し、稔性花粉重量は下式から求めた。

$$\text{稔性花粉重量} = \text{花粉重量} \times \text{花粉発芽率} / 100$$

3. 果実調査

果実の収穫は1週間に2回行い、おおむね60g以上の果実の個数と重量を測定した。肥大が極めて遅い果実(石ナス)は重量に関係なく、見つけしだい収穫した。収穫した果実では、外観が正常な商品価値のある果実を正常果とし、石ナス、曲がり、首細、奇形、変形などの商品価値のない果実を形状不良果とした。全収穫果に対する形状不良果の個数の割合を形状不良果率とした。また、12月3日、17日、1月4日、15日、28日、2月12日および25日の合計7回、同日に開花した外観の健全な中花柱または長花柱花について、1区当たり15花の着果率および果実1個当たりの種子数を調査した。

表1 空気膜ハウスと慣行ハウスでの12~2月のハウス内気温

ハウスの種類	日中の平均気温(℃)		11:00~14:00の最低気温 が25℃以上の日数
	8:00~17:00	11:00~14:00	
空気膜ハウス	22.6	25.7	37
慣行ハウス	21.9	24.9	8

表2 空気膜ハウスと慣行ハウス内の12~2月の平均照度

ハウスの種類	平均照度 (klx)	慣行ハウスに対する 比率(%)
空気膜ハウス	15.6	90.7
慣行ハウス	17.2	100

表3 ハウスの違いが12~2月の稔性花粉重量に及ぼす影響

ハウスの種類	稔性花粉重量(mg/葯)
空気膜ハウス	0.50
慣行ハウス	0.40
有意性 ²	*

² 分散分析により、* : 5%水準で有意差あり

4. 短花柱花率, 短花柱花および中・長花柱花の着果率

12月18日, 1月8日, 1月28日および2月18日に1区当たり60花について, 短花柱花率を調査した. また, 1月28日に開花した花の短花柱花および中・長花柱花について着果率を調査した.

結 果

12月から2月の日中の平均温度は, 空気膜ハウスの8時から17時までが22.6℃, 11時から14時までが25.7℃で, 慣行ハウスの8時から17時までが21.9℃, 11時から14時までが24.9℃であった. 11時から14時までの最低温度が25℃以上であった日数は, 空気膜ハウスが37日, 慣行ハウスが8日で, 空気膜ハウスは慣行ハウスに比べて有意に多かった ($p < 0.05$, χ^2 検定, 表1). 12月から2月の平均照度は, 空気膜ハウスが15.6klx, 慣行ハウスが17.2klxで, 空気膜ハウスの平均照度は慣行ハウスの90.7%であった (表2).

1葯当たり稔性花粉重量は空気膜ハウスが0.50mg, 慣行ハウスが0.40mgで, 空気膜ハウスの1葯当たり稔性花粉重量は慣行ハウスに比べて有意に重かった (表3).

着果率は, 空気膜ハウス—ミツバチ放飼区, 空気膜ハウス—マルハナバチ放飼区, 慣行ハウス—ミツバチ放飼区および慣行ハウス—マルハナバチ放飼区がそれぞれ96.7%, 94.2%, 96.7%および97.5%で, 各区分間に有意な差は認められなかった (表4). 果実1個当たりの種子数

は, 空気膜ハウスのミツバチ放飼区, 空気膜ハウスのマルハナバチ放飼区および慣行ハウスのマルハナバチ放飼区がそれぞれ1,036粒, 1,041粒および992粒でこれらの各区分間に有意差は認められなかったが, 慣行ハウスのミツバチ放飼区は682粒で他の区に比べて有意に少なかった (表4).

空気膜ハウスの1株当たりの正常果収量は, 両放飼区ともに慣行ハウスに比べて有意に少なかった. 空気膜ハウスの1株当たりの正常果収量は, ミツバチ放飼区およびマルハナバチ放飼区ともに5.5kgで有意差は認められなかった. 慣行ハウスの1株当たりの正常果収量についても, ミツバチ放飼区が6.0kg, マルハナバチ放飼区が6.2kgで両放飼区の間には有意差は認められなかった (表5). 形状不良果率は, 慣行ハウスのミツバチ放飼区が14.5%で他の区に比べて有意に高かった. しかし, 空気膜ハウスのミツバチ放飼区, 空気膜ハウスのマルハナバチ放飼区および慣行ハウスのマルハナバチ放飼区の形状不良果率は, それぞれ8.0%, 8.3%および9.3%で, これらの各区分間に有意差は認められなかった (表5).

短花柱花は, 12月18日と2月18日には少なく, 空気膜ハウスで1.2%および0.0%, 慣行ハウスで0.0%および0.8%で有意差は認められなかった. 1月8日と1月28日には短花柱花率が高く, 空気膜ハウスで9.9%および39.2%, 慣行ハウスで5.3%および25.8%で, これら両日の空気膜ハウスの短花柱花率は, 慣行ハウスに比べて有

表4 ハウスの種類とポリネーターの違いが12～2月の着果率および種子数に及ぼす影響

ハウスの種類	ポリネーター	着果率 (%)	種子数 (粒/果)
空気膜ハウス	ミツバチ	96.7	1036a ²
	マルハナバチ	94.2	1041a
慣行ハウス	ミツバチ	96.7	682b
	マルハナバチ	97.5	992a
有意性 ³		n.s.	*

² 同一列の異なる文字間には5%水準で有意差あり (Tukeyの多重比較)

³ 分散分析により, * : 5%水準で有意差あり

表5 ハウスの種類とポリネーターの違いが12～2月の正常果収量および形状不良果率に及ぼす影響

ハウスの種類	ポリネーター	正常果収量 (kg/株)	形状不良果率 (%)
空気膜ハウス	ミツバチ	5.5b ²	8.0b
	マルハナバチ	5.5b	8.3b
慣行ハウス	ミツバチ	6.0a	14.5a
	マルハナバチ	6.2a	9.3b
有意性 ³		*	*

² 同一列の異なる文字間には5%水準で有意差あり (Tukeyの多重比較)

³ 分散分析により, * : 5%水準で有意差あり

表6 ハウスの種類の違いが短花柱花率, 短花柱花および中・長花柱花の着果率に及ぼす影響

ハウスの種類	短花柱花率 (%)				着果率 (%)	
	12月18日	1月8日	1月28日	2月18日	短花柱花	中・長花柱花
空気膜ハウス	1.2	9.9	39.2	0.0	0.0	89.9
慣行ハウス	0.0	5.3	25.8	0.8	0.0	87.9
有意性 ²		n.s.	*	*	n.s.	n.s.

² χ^2 検定により, * : 5%水準で有意差あり

意に高かった。また、1月28日の短花柱花の着果率は両ハウスともに0.0%と極めて低かったが、中・長花柱花は空気膜ハウスが89.9%、慣行ハウスが87.9%と高く、両ハウスでの着果率に有意差は認められなかった(表6)。

考 察

ナスの促成栽培で日中加温によって最低昼温を25℃以上で栽培すると稔性花粉重量が増加し、その際の加温時間は正午前後の3時間のみでも、8時~17時の9時間加温した場合と同様の効果がある(飛川, 2007)。本報の空気膜ハウスでは、11時~14時の3時間の最低温度が25℃以上であった日数が慣行ハウスに比べて顕著に増加したために、飛川(2007)での正午前後3時間の最低昼温を25℃以上で栽培した場合と同様に、空気膜ハウスの稔性花粉重量が慣行ハウスに比べて増加したと考えられる。飛川(2004)は、ナスの促成栽培の収量および形状不良果の発生に及ぼすミツバチによる受粉の影響を検討し、収量はマルハナバチと同等だが、1葯当たり稔性花粉重量が0.50mg以下になると形状不良果が増加することを報告した。本報でも、1葯当たり稔性花粉重量が0.40mgであった慣行ハウスのミツバチ放飼区の形状不良果率は、マルハナバチ放飼区に比べて高く、種子数も少なかった。一方、1葯当たり稔性花粉重量が0.50mgであった空気膜ハウスでは、ミツバチ放飼区とマルハナバチ放飼区の種子数、正常果収量および形状不良果率は同等であった(表5)。本報の空気膜ハウスの稔性花粉重量は、飛川(2004)が報告したミツバチによる受粉が必要とされる境界の重量であり、必ずしも十分な量ではない。受粉直後の低温遭遇はナスの胚珠の受精を抑制する(飛川, 2008)。本報の空気膜ハウスでは、日中の平均温度が慣行ハウスに比べて約1℃高かったことから、空気膜ハウスでの受粉後の低温遭遇率は慣行ハウスに比べて低かったと考えられる。そのため、空気膜ハウスでは胚珠の受精が良好で種子数が多くなり、稔性花粉量が不十分でも形状不良果が減少したと推察される。以上のことから、空気膜ハウスでは日中の施設内気温が高まったことから、稔性花粉重量が増加するとともに、受粉後の低温遭遇率も低下したことから、ミツバチの受粉効果はマルハナバチと同等になったと考えられる。

空気膜ハウスでの正常果収量は、花粉媒介昆虫の種類に関わらず慣行ハウスに比べて減少した(表5)。飛川(2007, 2008)の実験では、暖房機による日中加温によって正常果収量が増加しており、日中の温度上昇によって空気膜ハウスの正常果収量が減少したとは考えに

くい。一方、本報で使用した空気膜ハウスでは慣行ハウスに比べて照度が10%程度低下していた。照度が低下するとナスの花の発育は悪くなり、長花柱花が減少して、短花柱花の発現が順次多くなる(斎藤・伊東, 1973)。今回の試験でも、1月の寡日照期に空気膜ハウスの短花柱花率は慣行ハウスに比べて高まった(表5)。ナスの花は下向きに開花するため、柱頭が葯筒内に埋没している短花柱花は、花粉媒介昆虫による受粉が中・長花柱花に比べて困難で着果しにくい(表6)。そのため、着果率が低下して正常果収量が減少したと推察される。促成栽培ナスでは慣行ハウスに匹敵する光線透過率の得られる空気膜ハウス用のフィルムの開発が今後望まれる。また、ナスの体内窒素が不足すると短花柱花率が高まり(斎藤・伊東, 1973)、CO₂施用などによって生育を促進させると長花柱花率が高まる(今津ら, 1967)ことから、草勢を増強できれば冬期の長花柱花を増やすことは可能と考えられる。

摘 要

促成栽培ナスでセイヨウミツバチ(以下、ミツバチとする)の受粉効果に及ぼす空気膜ハウスの影響を検討した。空気膜ハウスでは、11時から14時までの3時間の最低気温が25℃以上あった日数は慣行ハウスに比べて顕著に増加し、稔性花粉重量が慣行ハウスに比べて増加した。慣行ハウスのミツバチ放飼区の形状不良果率は、セイヨウオオマルハナバチ(以下、マルハナバチとする)放飼区に比べて高かったが、空気膜ハウスのミツバチ放飼区とマルハナバチ放飼区では、正常果収量および形状不良果率に差がなかった。これらのことから、空気膜ハウスを利用して日中の施設内温度を高めると、ミツバチの受粉効果が高まることが明らかになった。しかし、空気膜ハウスでの正常果収量は、ミツバチ、マルハナバチともに慣行ハウスに比べて減少した。これは、空気膜ハウスの照度が慣行ハウスに比べて10%程度低下し、1月の短花柱花率が高まって、着果率が低下したことによると推察された。

引用文献

- 藤下典之(1981)花粉の発芽。大阪府立大学農学部園芸学教室編、園芸学実験・実習。養賢堂、東京、pp.78-82。
- 飛川光治(2004)セイヨウミツバチによる受粉が促成栽培ナスの収量および果実形状に及ぼす影響。園学研、3:175-178。
- 飛川光治(2007)ナスの促成栽培における日中加温が冬

- 期の稔性花粉重に及ぼす影響. 園学研, 6 : 247-250.
- 飛川光治 (2008) ナスの花粉発芽に及ぼす培養温度ならびに促成栽培における種子数, 収量および果実外観に及ぼす日中加温の受粉の影響. 園学研, 7 : 381-385.
- 飛川光治・宮永龍一 (2006) ナスの促成栽培におけるキオビオオハリナシバチの受粉効果. 園学研, 5 : 149-152.
- 今津 正・矢吹万寿・織田弥三郎 (1967) 炭酸ガス環境に関する研究 (第2報) CO₂濃度がナスの生育, 開花および結実におよぼす影響. 園学雑, 36 : 275-280.
- 農林水産省生産局野菜課 (2005) 施設野菜におけるミツバチ及びマルハナバチの利用状況. 園芸用ガラス室・ハウス等の設置状況. 日本施設園芸協会, 東京, 207 p.
- 齊藤 隆・伊東秀夫 (1973) ナスの開花・結実に関する研究 (第8報) 花の発育, 形態および落花に及ぼす幼苗期の環境条件の影響. 園学雑, 42 : 155-162.
- 島地英夫 (2007) 空気膜ハウスを利用した省エネ型栽培施設. 農機誌, 69 (1) : 18-21.
- 吉田千恵 (2008) 空気膜二重構造によるパイプハウスの保温性向上. 農耕と園芸, 6 (1) : 104-106.