

普通ソバの開花・結実に及ぼす人工受粉および 昆虫の活動制限の影響

道山弘康・宮原直隆・有国真通・平野達也
(名城大学農学部)

Effect of Artificial Pollination and Exclusion of Pollinating Insects
on Flowering and Seed-setting in Common Buckwheat
(*Fagopyrum esculentum* Moench)

Hiroyasu MICHİYAMA, Naotaka MIYABARA, Masamichi ARIKUNI and Tatsuya HIRANO
(Faculty of Agriculture, Meijo University)

要旨：ミツバチの訪花がほとんどみられない場所で、普通ソバの開花結実に及ぼす人工受粉と訪花昆虫の活動制限の影響の大きさについて研究した。本実験の人工受粉による結実促進は大きくても約10%程度しかなく、自然放任でもすべての花が受粉していると思われるくらい十分にミツバチ以外のものによって受粉が行なわれていると考えられた。本実験では特にアリの受粉効果が大きいと考えられた。本実験の観察では自家受精は全くなく、ほとんどが虫媒の他家受精と考えられた。

キーワード：アリ，人工受粉，ソバ，訪花昆虫。

緒 言

ソバは虫媒花で他花受精の植物である。長友(1961)は訪花昆虫の種類に関する調査を行い、ミツバチの訪花が最も多く、受粉能力の点でミツバチを凌ぐものは観察することができなかったとしている。しかし、この報告には実際に受粉能力に関する調査は行われておらず、受粉能力の点に関しては不明である。中山ら(1972)は、Kopel'kievskiiの文献を引用しソバの訪花昆虫は多種多様であるがその63～72%はミツバチであると報告している。しかし、ミツバチの受粉効果を見積もることはきわめて難しいともいっている。また、長瀬(1981)は網を用いてミツバチなどの訪花を遮断した場合、ハエ類や微小昆虫の受粉能力が意外に高く、自然状態に置いた区の3割程度の結実があることを示したが、いずれにしてもソバの受粉は主としてハチ類による媒介が必要であると報告している。しかし、著者らは名古屋市内の都市部のようにミツバチの訪花があまり見られない場所で毎年栽培を行ってきたが、かなりの結実を記録している(道山ら1998a, 1998b, 1999)。以上のことから、著者らはミツバチの訪花があまり見られない地域においてもソバの結実に及ぼす訪花昆虫の効果について再検討の必要があると考えた。

著者らは訪花昆虫の効果を見積もるためには開花した花すべてに人工受粉を行い、100%受粉をさせた個体を基準とする必要があると考えた。そこで、本実験では人工受粉の開花・結実に及ぼす効果が自然状態と比較してどの程度あるかを明らかにしようとした。そのうえで訪花昆虫の制限がソバの開花・結実にどのように影響を及ぼすかを明らかにしようとした。

材 料 と 方 法

栽培

実験は1999年に名城大学農学部構内網室で普通ソバ夏型品種の「しなの夏そば」を用いて行った。1/5000aワグナーポットに実験1では5g、実験2および実験3では3gの高度化成肥料（N、 P_2O_5 、 K_2O をそれぞれ15%、15%、10%含有）をそれぞれ元肥として施した。実験1は5月19日、実験2は9月1日、実験3では11月5日にそれぞれ播種を行った。出芽後間引いて1ポット1個体植えとした。開花始後、各処理区の開花始および短柱花・長柱花の割合ができるだけ揃うように、各処理区9個体ずつに振り分けた。栽培期間中に1日に1～2回、土壌の乾燥程度に応じて適宜灌水を行った。また、茎の倒状を防止するため、倒れそうになった個体から順次支柱によって主茎を固定した。

処理

実験1 4つの処理区（人工受粉区、午前網掛け区、午後網掛け区、全日網掛け区）とコントロール区の全5区を設けた。人工受粉区では、花粉用として栽培した個体群から開花した花をピンセットで採取し、採取した花の雄蕊を人工受粉区の花の雌蕊にこすりつけるようにして適合受粉を行った。人工受粉はすべての花の開花終了まで行なった。午前網掛け区は夜の22時から正午まで網を掛ける処理を行い、午前中の飛来訪花昆虫の活動を制限した。午後網掛け区は正午から夜の22時まで網掛け処理を行い、午後の飛来訪花昆虫の活動を制限した。全日網掛け区は1日中網を掛け続ける処理を行い、1日中飛来訪花昆虫の活動を制限した。なお、飛来昆虫の活動制限用の網は、縦126cm、横91cm、高さ126cmの角材の骨組みに白寒冷紗を張ったものを用いた。毎日行なった開花数の測定時には網をはずした。網の透光率は約72%であった。コントロール区では何の処理も行わなかった。

実験2 2つの処理区とコントロール区の合計3区を設けた。虫避け区はアリ避けのために市販の不快感虫駆除剤（商品名：ツーゴン微粒剤、有効成分：プロボクスル）をワグナーポット周囲の地表に散布し、さらにワグナーポットの外側表面に市販の不快感虫駆除スプレー剤（商品名：ツーゴン（エアゾル）、有効成分：プロボクスル）を吹き付けた。また、飛来昆虫を避けるため実験1と同じ網を用いて網掛け処理を終日行った。虫避け人工受粉区は虫避け区と同様にアリ避けおよび飛来昆虫避けを行なったうえで、実験1の人工受粉区と同様に毎日人工受粉を行なった。ただし、両処理区とも開花数調査および人工受粉を行う時だけ網をはずした。コントロール区ではこれらの処理を行わなかった。

実験3 ソバの栽培が他で行なわれていない冬期に、名城大学農学部構内の加温ガラス室でソバを1個体だけ栽培した。実験期間中のガラス室内における正午ごろの気温は約20℃であった。

調査

各処理区とも開花始後すべての個体で開花が終了するまで毎日、主茎の節位ごとに開花数を調査した。また、成熟して黒変したそう果を主茎節位別および花房位置別に、稔実粒およびしいなに分類して収穫した。同時に花房数も測定した。

結 果

実験 1.

1 個体当たり開花数はコントロール区が最も多く、次いで人工受粉区であり、午後網掛け区、全日網掛け区の順で少なくなり、午前網掛け区が最も少ない傾向であったが、それらの間に有意差は認められなかった（第 1 表）。開花数の推移をみると（第 1 図）、いずれの区も 6 月 13 日から開花が始まり、開花始後 15～19 日に開花盛期を迎え、開花始後 35 日くらいで開花が終了し、いずれの区でも開花期間に影響がみられなかった。

1 個体当り全粒数に及ぼす処理の影響は、全日網掛け区が最も少なくなったことを除いて 1 個体当たり全開花数と同様であった。しかし処理の影響が明確になり、午前網掛け区および全日網掛け区がコントロール区より有意に小さかった。全粒数に対する稔実粒数の割合は有意差ではなかったが、人工受粉区および午後網掛け区が他の区よりやや高い傾向であった。1 個体当り稔実粒数についてみると、1 個体当り全粒数がコントロール区よりわずかに少なかった人工受粉区が、コントロール区と同程度になった（コントロール区を 100 とすると 101）。しかし、それ以外の区がコントロール区より少ない傾向は変わらず、午前網掛け区および全日網掛け区がコントロール区より有意に少ないことは全粒数における傾向と同様であった（コントロール区を 100 とすると午前網掛け区、午後網掛け区、全日網掛け区はそれぞれ 74, 94, 68）。結実率はコントロール区を 100 とすると人工受粉区が 103、午前網掛け区が 107、午後網掛け区が 117 でやや高く、全日網掛け区は 87 で低い傾向であったが、どれも有意差はなかった。

1 粒重は人工受粉区が 31.9g でコントロール区の 30.3g より有意に重く、網掛け処理を行なった 3 区が 26.2～26.6g でほぼ同じ値でコントロール区より有意に軽かった。1 個体当たり収量は人工受粉区がコントロール区より多い傾向であり、午前網掛け区、午後網掛け区および全日網掛け区が少ない傾向であった。午前網掛け区および全日網掛け区がコントロール区より有意に少ないことは 1 個体当たり全粒数および稔実粒数と同様であった。

1 個体当たり花房数に対して処理による影響は有意ではなかったが、いずれの区もコントロール区より少なく、処理区の間では人工受粉区が最も多く、午後網掛け区、全日網掛け区の順で少なくなり、午前網掛け区が最も少なく、1 個体当たり開花数における処理の影響（第 1 表）と全く同様であった（第 2 表）。開花数を 1 花房当りでみても 1 個体当たり開花数の傾向と同様であった。稔実粒数を 1 花房当りでみると、コントロール区、人工受粉区、午後網掛け区がほぼ同程度（コントロール区を 100 とするとそれぞれ 97, 100）で、午前網掛け区がやや少なく、全日網掛け区が最も少なかった（コントロール区を 100 とするとそれぞれ 89, 73）。

実験 2.

1 個体当たり開花数は有意差ではなかったが虫避け区が最も多く、コントロール区が最も少なかった。虫避け人工受粉区とコントロール区の差はわずかであった（第 3 表）。開花数の推移をみると（第 2 図）、各区とも 9 月 22 日から開花が始まり、開花後 10～11 日目に開花盛期を迎えた。コントロール区と虫避け人工受粉区は同様の開花数の推移を示し、開花始後 30 日頃に開花が終了した。しかし、虫避け区はわずかであるが開花後 10～11 日目の開花数が他の区より多く、その後の開花数の減少が緩やかで、開花終了が他の 2 区より遅くなった。

1 個体当たり全粒数は虫避け人工受粉区がコントロール区より有意差ではないがわずかに多く、虫避け区は有意に少なかった（第3表）。このとき、コントロール区を100とすると虫避け人工受粉区が103で、虫避け区は45であった。コントロール区的全粒数に対する稔実粒数の割合は虫避け人工受粉区および虫避け区に比べて有意に低かった。稔実粒数はコントロール区の122個に対して、虫避け人工受粉区が135個（コントロール区を100とすると111）でそれよりわずかに多く、虫避け区は著しく少なく58個（コントロール区を100とすると48）であった。結実率はコントロール区が23.1%，虫避け人工受粉区は27.1%（コントロール区を100とすると117），虫避け区は7.9%（コントロール区を100とすると34）であった。

1 粒重では虫避け区がコントロール区より重く、虫避け人工受粉区はわずかに軽い傾向であった。1 個体当たり収量に対する処理の影響も全粒数、稔実粒数、結実率と同様の傾向であったが、コントロール区を100とすると虫避け人工受粉区が108で、虫避け区は60であり、稔実粒数の場合よりコントロール区との差が小さかった。

1 個体当たり花房数は各区とも30くらいで同程度であった（第4表）。1 花房当たり開花数では有意ではないが虫避け人工受粉区がコントロール区よりわずかに少なく、虫避け区は有意に多かった。1 花房当たり稔実粒数は有意ではないが虫避け人工受粉区がコントロール区よりわずかに多く、虫避け区は有意に少なかった。コントロール区を100とした場合の数値は虫避け人工受粉区で107，虫避け区は48であった。

1 花房当たり開花数を主茎・側枝の部位別にみると（第3図），第1節側枝を除き，虫避け区がいずれの部位でも多いことが明らかであった。また，1 花房当たり稔実粒数については（第4図），虫避け人工受粉区がいずれの部位でもわずかに多い傾向で，虫避け区は少なかった。

実験3.

1 個体当たり全開花数は243個であったが，結実はしいなも含めてまったくみられなかった（第5表）。

考 察

実験1の人工受粉区は1 個体当たりでも1 花房当たりでも稔実粒数がコントロール区と同程度であり，結実率はコントロール区よりわずかに高かったが，有意差にならなかった。実験2では虫避け人工受粉区の稔実粒数がコントロール区より多く，結実率も高かったが，有意差はなかった。これらの結果から，本実験の人工受粉の方法では効果がないようにみえる。しかし，実験2において人工受粉をしない虫避け区ではコントロール区より稔実粒数および結実率が有意に少なかったことから，本実験の方法での人工受粉は明らかに効果があることが示された。

コントロール区を100とした場合の人工受粉区の比数は，実験1の1 個体当たり稔実粒数で101，1 花房当たり稔実粒数では97，結実率は103であった。実験2の虫避け人工受粉区の1個体当たり稔実粒数では111，1 花房当たり稔実粒数で107，結実率では117であった。これらの数値は人工受粉の効果が稔実粒数より結実率に大きく現われることを示しているが，これには人工受粉区の開花数が有意ではないがコントロール区より少なくなったことが反映していた。道山ら（1999）は結実の障害が開花数を増加させることを報告している。また，西牧ら（1978）はソバの開花の終了は結実とも密接に関連しており，一定量の結

実が行なわれることによって成熟となり開花も終了するようであるといっている。本実験の人工受粉区は稔実粒数が明確には増加しなかったことから、本実験の人工受粉区の開花数の減少が人工受粉による結実状況の変化によるとは考え難く、単なる実験誤差の可能性も高い。これらのことから、人工受粉の効果の大きさを稔実粒数から判断すると、ミツバチの訪花がほとんどみられない地域でも、人工受粉による結実促進が大きくても約10%程度しかないことを示している。すなわち、自然放任でもすべての花が受粉していると思われるくらい十分にミツバチ以外のものによって受粉が行なわれていると考えられた。

実験1で網掛け処理を行い飛来昆虫の訪花を制御すると午前網掛け区および全日網掛け区の稔実粒数が減少した。しかし、開花数も減少したために結実率は減少しなかった。全日網掛け区はやや減少したが、有意差にならない範囲であった。これらは飛来昆虫の活動制限が結実に強い影響を及ぼすとは明確には言えない結果であった。長友(1961)はミツバチが受粉の一番の担い手であると言う一方で、アリの枝から枝へたくみに渡って花を訪れるのは注目を引いたと言っている。本実験でもアリが盛んに活動していることを観察しており、網掛け処理ではアリの訪花を防止することはできず、アリによる受粉があるとするとそれを避けることはできなかった。そこで実験2では、網掛け処理で飛来昆虫の活動を制限するのに加えてアリ避け剤によってアリの訪花も妨げた。その結果、この虫避け区は稔実粒数がコントロール区の半分に減り、結実率は約8%でコントロール区に対して3分の1程度の結実率しか示さなかった。そのうえ、開花期間が延長して開花数が増加した。本実験の花房数、1花房当り開花数、稔実粒数の結果から、これらは道山らの報告(1999)におけるような高次位側枝の発生による花房数増加によるものではなく、各花房の開花数増加であったが、明らかに虫避けによる結実不良が影響したものと考えられた。ソバの受粉の主な担い手はミツバチといわれているが(長友1961)、ミツバチの訪花のみられない地域では他の虫たちの受粉効果も大きく、本実験の場合アリによる受粉の効果が大きかったと考えられる。

前述のように稔実粒数によって開花数が変動してそれらに結実率が影響されるため、結実率ではなく稔実粒数から訪花昆虫の受粉効果を考えると、実験1で午前網掛け区と全日網掛け区の稔実粒数がコントロール区より減少し、午後網掛け区も減少はしたが、コントロール区との間の差が有意差にならなかった。この結果は、明確なものではないが、午前中の訪花昆虫の活動のほうが午後よりも有効であることを示唆しており、この点については今後一層の検討を要すると思われる。

実験2の虫避け区は飛来昆虫だけではなくアリの活動も制限したが、稔実粒数が減少し、結実率が低下したものの、1個体当り稔実粒数が58で、結実率が7.9%はあった。これらの稔実が如何なる受粉様式によるものかを考えるとき、西牧ら(1978)は自家受精・風媒受粉の有無を調査しており、自家受精、風媒受粉は極まれな現象であり、圃場でも無視できる程度であろうといっている。しかし、この実験では虫避け網室内に12個体栽培して扇風機で送風した区の稔実を風媒受粉の結果と判断し、送風しない区の結実を自家受精と判断している。風媒受粉が稀なことは理解できるが、自家受精とみた結実が風媒であった可能性がある。そこで、著者らは実験3でソバの花粉が他から運んでこられる可能性の少ない冬期に1個体だけソバを栽培して開花と結実を調査したところ、全く結実がみられなかったことから自家受精は皆無に近いことを確認した。また、実験1の実験期間中には観察された飛来昆虫が著しく少なかった。

たが、実験2の実験期間中にはかなり多くの飛来昆虫を観察し、毎日の開花数調査時に網から出したとき、虫避け区でも飛来昆虫の訪花が起こってしまった。これらのことから、実験2の虫避け区における結実率は、開花数を調査するため網を外した5～30分間に飛来昆虫により受粉されたものではないかと考えられる。

実験1の網掛け処理区はいずれも1粒重が軽かった。これは網掛け処理により光が遮断され、光合成が少なくなったが稔実粒数がその割に減少しなかったためであろう。実験2の虫避け区は網掛けによって当然光合成が減少しているはずであったが、稔実粒数が著しく減少したために1粒重が減少ではなく増加したと考えられた。実験1の人工受粉区の1粒重はコントロール区より重くなり有意差がみられた。また、実験2の虫避け人工受粉区も網掛けによる弱光の影響があったはずであり、稔実粒数が減少していないので1粒重は減少すると考えられたが、実際は減少せずにコントロール区とほぼ同程度であった。これらから、人工受粉区は受粉時の花粉の量が多いと考えられるが、ソバの1粒重に花粉の量は何らかの影響を及ぼしていることが考えられた。

引用文献

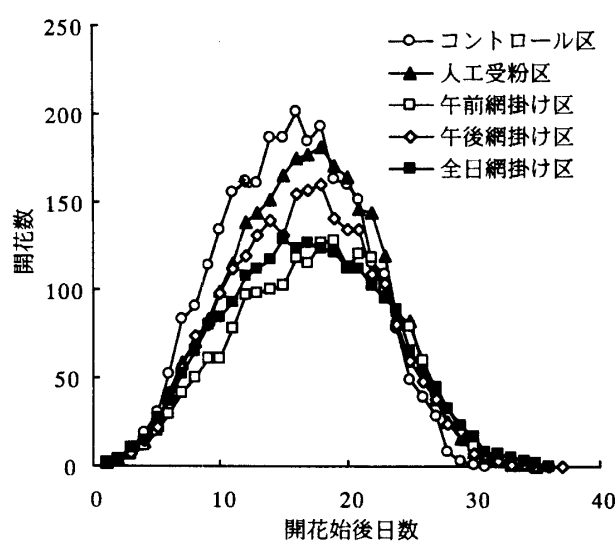
- 道山弘康・林久喜 1998a. 普通ソバ (*Fagopyrum esculentum* Moench) の生長および発育における夏型品種と秋型品種の違い. 日作紀 67 : 323-330.
- 道山弘康・福井篤・林久喜 1998b. 普通ソバ (*Fagopyrum esculentum* Moench) の個体内の開花の進行における夏型品種と秋型品種の違い. 日作紀 67 : 498-504.
- 道山弘康・館本篤志・林久喜 1999. 普通ソバ (*Fagopyrum esculentum* Moench) の開花の進行および結実におよぼす摘花ならびに開花数制限の影響. 日作紀 68 : 91-94.
- 長瀬嘉迪 1981. ソバの形態と生理, 生態. 畑作全書, 雑穀編. 農山漁村文化協会, 東京. 657-677.
- 長友大 1961. ソバの生殖生理ならびに二三形質の遺伝に関する研究. 宮崎大学農学部育種学研究室報告1 : 139-140.
- 中山包・氏原暉男・俣野敏子 1972. ソバの育種に関する基礎的研究. 農林水産業特別試験報告書 : 113-114.
- 西牧清・長瀬嘉迪・竹村昭平・松沢宏 1978. ソバの生理生態ならびに栽培に関する研究. 長野県農業総合試験場中信地方試験場報告 1 : 132-134.

Effect of Artificial Pollination and Exclusion of Pollinating Insects on Flowering and Seed-setting in Common Buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench). : Hiroyasu MICHİYAMA, Naotaka MIYABARA, Masamichi ARIKUNI and Tatsuya HIRANO (*Fac. of Agr., Meijo Univ., Nagoya 468-8502, Japan*)

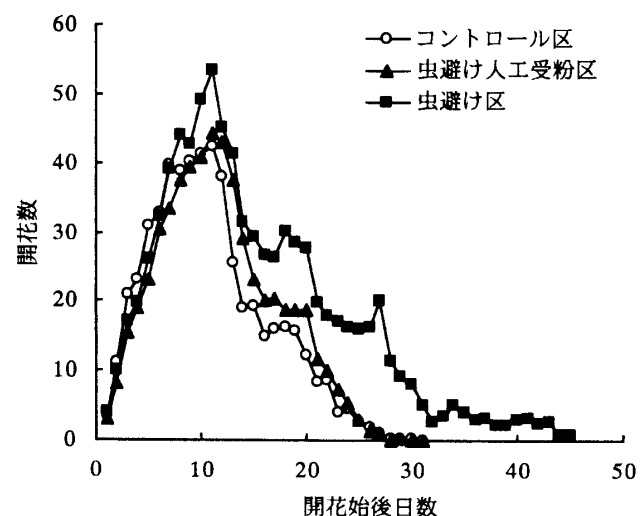
Abstract : We studied the effect of artificial pollination and exclusion of pollinating insects on the flowering and seed-setting of common buckwheat in the area of few honey bees' visiting. The maximal effect of artificial pollination on the number of seed-setting seemed to be only about 10% of control. So it seemed that the insects except honey bees pollinated almost all

flowers in the natural conditions with few honey bees in these experiments. And the ants seemed to be the most efficient at the pollination. There was no self fertilization and almost all were the cross fertilization by insects in common buckwheat of these experiments.

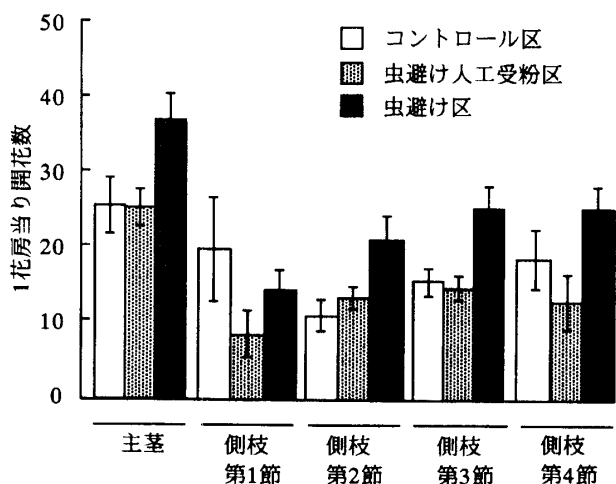
Keywords : ant, artificial pollination, buckwheat, insect.



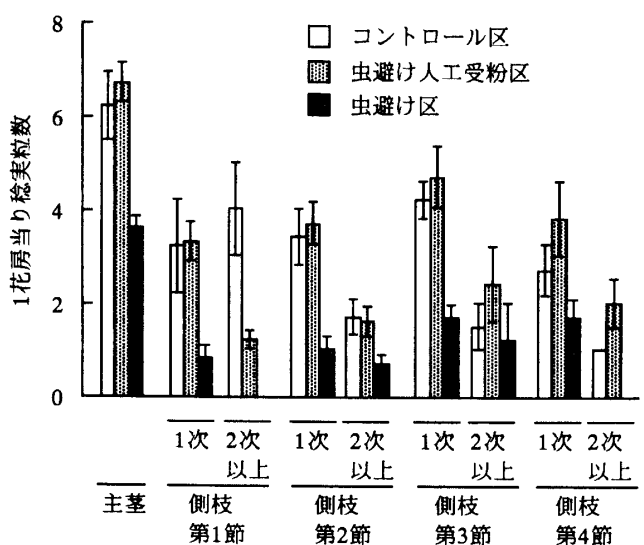
第1図 人工受粉および網掛け処理が個体当り開花数の推移に及ぼす影響 (実験1).



第2図 アリ避け, 網掛けおよび人工受粉が個体当り開花数の推移に及ぼす影響 (実験2).



第3図 アリ避け, 網掛けおよび人工受粉が1花房当り開花数に及ぼす影響 (実験2). 図中の縦線は標準誤差を示す.



第4図 アリ避け, 網掛けおよび人工受粉が1花房当り総実粒数に及ぼす影響 (実験2). 図中の縦線は標準誤差を示す.

第1表 人工受粉および網掛け処理が開花、結実に及ぼす影響(実験1)。

処理	開花数 ／個体	全粒数 ／個体	稃実粒数 ／全粒数 (%)	稃実粒数 ／個体	結実率 (%)	1粒重 (mg)	収量 ／個体 (g)
コントロール区	2873 (100)	492 a (100)	79.6 (100)	388 a (100)	14.3 (100)	30.3 b (100)	11.8 ab (100)
人工受粉区	2675 (93)	467 ab (95)	83.5 (105)	390 a (101)	14.8 (103)	31.9 a (105)	12.5 a (106)
午前網掛け区	2047 (71)	364 bc (74)	79.6 (100)	289 bc (74)	15.3 (107)	26.5 c (87)	7.7 cd (65)
午後網掛け区	2407 (84)	424 abc (86)	86.0 (108)	364 ab (94)	16.7 (117)	26.6 c (88)	9.7 bc (82)
全日網掛け区	2203 (77)	335 c (68)	78.9 (99)	262 c (68)	12.5 (87)	26.2 c (86)	6.9 d (58)
	n.s.		n.s.		n.s.		

同一コラム内で同じ文字のついた数値間には5%レベルでの有意差がない。

n.s.のついたコラムはいずれの数値間にも5%レベルでの有意差がない。

カッコ内の値は各コラムのコントロール区を100とした相対値を示す。

第2表 人工受粉および網掛け処理が花房当りの開花、結実に及ぼす影響(実験1)。

処理	花房数 ／個体	開花数 ／花房	稃実粒数 ／花房
コントロール区	109.0 (100)	26.2 (100)	3.7 (100)
人工受粉区	107.7 (99)	24.8 (95)	3.6 (97)
午前網掛け区	91.9 (84)	22.4 (85)	3.3 (89)
午後網掛け区	103.0 (94)	23.3 (89)	3.7 (100)
網掛け区	97.8 (90)	22.5 (86)	2.7 (73)
	n.s.	n.s.	n.s.

n.s.のついたコラムはいずれの数値間にも5%レベルでの有意差がない。

カッコ内の値は各コラムのコントロール区を100とした相対値を示す。

第3表 アリ避け、網掛けおよび人工受粉が開花、結実に及ぼす影響(実験2)。

処理	開花数 ／個体	全粒数 ／個体	稃実粒数 ／全粒数 (%)	稃実粒数 ／個体	結実率 (%)	1粒重 (mg)	収量 ／個体 (g)
コントロール区	535 (100)	155 a (100)	78.2 b (100)	122 a (100)	23.1 a (100)	33.3 b (100)	4.05 a (100)
虫避け人工受粉区	564 (105)	160 a (103)	84.4 a (108)	135 a (111)	27.1 a (117)	32.5 b (98)	4.39 a (108)
虫避け区	856 (160)	69 b (45)	84.7 a (108)	58 b (48)	7.9 b (34)	42.1 a (126)	2.45 b (60)
	n.s.						

同一コラム内で同じ文字のついた数値間には5%レベルでの有意差がない。

n.s.のついたコラムはいずれの数値間にも5%レベルでの有意差がない。

カッコ内の値は各コラムのコントロール区を100とした相対値を示す。

道山ら—普通ソバの開花結実と人工受粉，昆虫の活動制限

第4表 アリ避け，網掛けおよび人工受粉が花房当りの開花，結実に及ぼす影響（実験2）。

処理	花房数 ／個体	開花数 ／花房	稔実粒数 ／花房
コントロール区	29.4 (100)	18.9 b (100)	4.2 a (100)
虫避け人工受粉区	30.5 (104)	17.4 b (92)	4.5 a (107)
虫避け区	31.3 (106)	26.5 a (140)	2.0 b (48)
	n.s.		

同一コラム内で同じ文字のついた数値間には5%レベルでの有意差がない。
n.s.のついたコラムはいずれの数値間にも5%レベルでの有意差がない。
カッコ内の値は各コラムのコントロール区を100とした相対値を示す。

第5表 冬期温室内で1個体だけ栽培した時の開花，結実（実験3）。

処理	開花数 ／個体	稔実粒数 ／個体	結実率 (%)	1粒重 (mg)	収量 ／個体 (g)
1個体のみ栽培	243	0	0	0	0