

ムラサキの花器はケシと異なり柱頭が外に露出しておらず、また花の開口部が小さいため大型の昆虫は花内に進入出来ない。自殖種子が得られることから、花内で自動的に受粉出来る機能を有していると思われる。

シロバナムシヨケギクは自花不稔性が強く、虫媒による他花受精と見られている。今回他花の花粉を用い受粉したが、種子が得られなかった。本保存系統は毎年オープン受粉でも種子が得られず、増殖は株分けで行っている。そのため遺伝的に極めて近縁となり、他花の花粉であっても遺伝的に自花花粉と同質の可能性が考えられる。

クコ、ジオウ、クララ、ツノゲンでは袋掛け・放任処理では結実が見られず、受精・結実には物理的な受粉が必要であった。

袋掛け・放任状態で結実しない植物であっても、人工的あるいは物理的に授粉することにより結実する場合もある。また自花花粉では受精が不可であっても、同一株の自家花粉で受精が可能である場合もある。風媒か虫媒か、さらには自家（花）和合性も含め、それぞれの植物について個々に確認、検討を行う必要がある。

E. 結論

高等植物の受粉・受精様式を把握することは、植物種の遺伝的特性を維持するためのみならず、組換え植物の花粉の飛散等による在来種との交雑を回避する上でも極めて重要である。特に他殖性が強く、受精が風媒や虫媒による植物種は対応が困難であ

る。薬用植物は種類が多く、それらの受粉・受精様式に関する知見は極めて少ない。個々の植物についての詳細な検討に先立ち、自殖性の高い植物の探索を行ったが、今後さらに対象植物種を拡大し、花粉の粘質性、訪花昆虫の有無、物理的受粉による結実の有無等から確認する必要がある。

F. 研究発表

なし

G. 知的所有権の取得状況

なし

表1 ケシの袋掛け処理による採取種子重量

系統名	オープン授粉			袋掛け・人工授粉			袋掛け・放任		
	供試数	採果数	1果当たり採種重量 mg	供試数	採果数	1果当たり採種重量 mg	供試数	採果数	1果当たり採種重量 mg
インド 1	17	9	1502.6 ± 430.8	15	8	397.2 ± 237.9	15	1	33.3
インド 6	10	4	2027.1 ± 484.9	8	2	328.2	21	0	0
インド 8	15	10	1529.2 ± 578.1	20	10	1114.0 ± 431.6	15	8	304.8 ± 297.7
インド 9	8	3	745.7 ± 443.3	11	4	689.5 ± 291.4	10	1	50.0

平均値±標準偏差

表2 ムラサキの袋掛け処理による1分枝10花当たり採種粒数

処理	供試分枝数	供試花数	採種粒数*
袋掛け・放任	8	80	2.3 ± 2.0
オープン授粉	12	120	14.8 ± 4.9

*:1分枝10花当たり 平均値±標準偏差

表3 結実が得られなかった植物

植物名	処理の方法	処理数	結実状況
クコ	1花単位で袋掛け	20 花	なし
アカヤジオウ	花序単位で袋掛け	10 花序	なし
カイケイジオウ	花序単位で袋掛け	10 花序	なし
クララ	分枝の花序単位で袋掛け	15 花序	なし
ツノゲシ	1花単位で袋掛け	10 花	なし
シロバナムシヨケギク	1)オープン授粉	12 頭状花	なし
	2)筆による人工授粉	10 頭状花	なし
	3)花間のすり合わせによる授粉	8 頭状花	なし

厚生労働科学研究補助金（ヒトゲノム・再生医療等研究事業）
分担研究報告書

栽培環境が植物の受粉に及ぼす影響について

分担研究者 酒井英二 岐阜薬科大学 薬草園研究室

西洋野菜を輸入している港周辺で除草剤耐性の菜種が繁殖しているなど遺伝子組換え植物の侵入に関する報道の一方で、『カルタヘナ法』に基づく遺伝子組換え植物の栽培承認が報じられている。今後益々、遺伝子組換え植物の識別が重要になると考えられる。外来植物の拡散を考える時、種子の拡散と受粉を介しての遺伝子拡散が考えられる。そこで、薬草園で栽培中の植物について、蕾の段階で花に袋がけを行い受粉の有無を調査し受粉様式を理解することとした。

A. 研究目的

帰化植物は、「人力によって、意識的にせよ、無意識にせよ、一つの植物が本来の生育地から、そのものが自生していない新しい地域にもたらされて、野生化して繁殖し、その植物の歴史を知らなければその土地本来の自生種と一見区別がつかない様になっている状態をいう」と定義されている。日本の場合には古くから植物の記録が残っており植物の渡来についても記載されているが、一般には明治維新前後の植物から帰化植物に当てている。遺伝子組換え植物の場合は、本来の自生地があるわけではないので、帰化植物に当たるかどうかはわからないが、移入種として考えることが出来る。現在のところ、遺伝子組換え植物の一部で輸入が認められたことで、国内での拡散が懸念されている。外来植物の拡散については、種子による拡散が一般的であるが、多量に花粉を放出するものについては、花粉による遺伝子拡散が予測される。

今回、遺伝子組換え薬用植物が作出された際に、その拡散の可能性を検討する目的で、薬用植物の受粉様式の検討を行った。

B. 研究方法

薬草園で栽培される薬用植物の代表として、ゲ

ンノショウコとオオバコを材料に以下の検討を行った。ゲンノショウコは蝶を初めとする多くの昆虫が訪れる植物であり、虫媒花と考えられる。そこで、近縁種との交配を人工的に行い、遺伝子交雑の可能性を検討した。材料にはゲンノショウコ (*Geranium thunbergii* SIEB. et ZUCC., 白花) とかつては同種として扱われたこともある近縁種の *G. nepalense* SWEET (赤花) を用いた。蕾の段階で萼片を開き、雄しべを除去し、パラフィン薬包紙で作成した袋をかけた。雌しべが成熟した頃に受粉を行い、再び袋かけをし、結実率を計算した。

オオバコ (*Plantago asiatica* L.) は目立った花がないため訪れる昆虫も殆どないことから、風媒花と考えられる。本来、日当たりの良い裸地に生育しているが、遮光環境で生育している場合の方が大型であることがあるため、遮光条件を変えて栽培した場合の結実度合について検討を行った。

C. 研究結果

ゲンノショウコは、受粉に虫が介在する虫媒花であると考えられ、蕾に袋をかけた状態では受粉しないと考えていたが、雄しべを除去していないものはもちろん、除去する時期が遅れたものについては結実する場合が確認された。

ゲンノショウコの近縁種間での結実率と、同種間での結実率に差は認められなかった。

結実はするが成熟する前に枯れる果実が見られた。

オオバコは、日当たりの良い場所で生育しているが、弱い遮光条件下では葉が大きくなり、花茎の発生も増え、多くの種子がとれた。

D. 考察

受粉様式には大きく2つのタイプが知られている。花を訪れる昆虫等を利用し花粉を拡散する虫媒花、多量の花粉を放出し風に運ばれる風媒花である。このうちゲンノショウコは虫媒花ではあるが、袋がけの状態では昆虫などが介在しない場合にも受粉することが確認された。ゲンノショウコは、まず雄しべが成熟し花粉を放出したのち、雌しべが成熟し湿った状態となる雄性先熟の両性花である。雌しべは成熟に従ってその先端が大きく反り返り、雄しべに接する現象を確認した。これは、昆虫により受粉出来なかった際に自家受粉する仕組みと考えられる。

今回の交配実験では、同種間での結実率が50%以下であり、実験操作に問題があったと考えられる。すなわち、ゲンノショウコの花柄が細いために、袋がけによる重さがストレスとなったり、雄しべを除去する際にストレスとなったりした可能性が考えられたが、今回の実験からゲンノショウコと近縁種の交配の可能性は示唆された。しかし、ゲンノショウコの仲間で帰化植物として同地域に拡大しているアメリカフウロ (*G. carolinianum* L) との交配種は観察されていない。また、ゲンノショウコには赤花と白花があるが、赤花は西日本に多く分布し、白花は全国的に分布するがどちらかと言えば東日本に多い。両方の分布域に当たる当地(岐阜県)では、ピンク色を呈する中間的なものが一部には見受けられるが、白花と赤花が同一ヶ所に生育していても、明らかに自然交雑したと考えられる個体は見つかっていない。ゲンノショウコは虫媒花でありながら、雌しべを動かすことで自動受粉する機能を持って

おり、他の遺伝子と交わる機会が少ないものと考えられる。

オオバコは、多量の花粉を放出するタイプであるが、花穂の下部から上に向かって順に開花し、まず雌しべが現れて、その後雄しべが成熟する雌性先熟であり、自花の花粉による交配を避ける構造となっている。ただし、生育が旺盛な場合では、同一株から花茎を多数生じるために、近接する花同志が容易に花粉の授受を行い結実している。風媒花のサンショウは雌株しか栽培していなくても、数キロ離れた場所から飛んでくる花粉によって受粉することが知られている。実際、当菓草園には雌株系統の朝倉ザンショウしか栽培していないが、毎年結実している。この場合には、運ばれた花粉により、遺伝子交雑が確実に生じているが、オオバコのように風媒花でありながら近接する花同志で花粉の授受が行われる可能性が高い場合には、他の個体の遺伝子が交雑する可能性は低いものと考えられる。オオバコに近縁のセイヨウオオバコ (*Plantago major* L.) が北海道札幌市を中心に生育地を広げているが、在来のおオオバコと自然交配したと思われる個体は未だ発見されていないようである。このことから、オオバコの場合は、花粉による遺伝子汚染は考えにくいと思われる。

E. 結論

ゲンノショウコ、オオバコについては、花粉を介在した組換え遺伝子の拡散は起こりにくいと考えられる。

F. 研究発表

1. 論文発表
なし
2. 学会発表
なし

G. 知的所有権の取得状況

なし

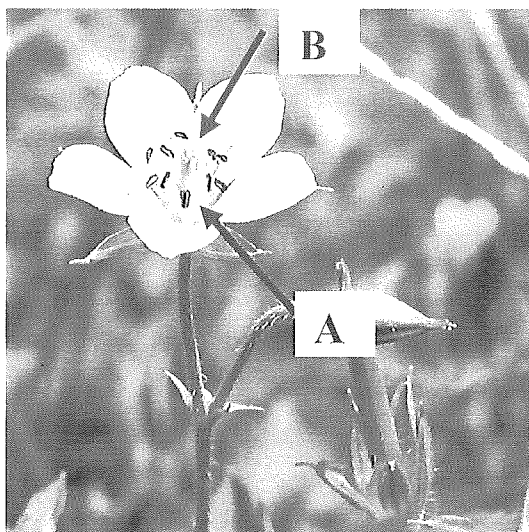
ゲンノショウコの交配実験結果

<i>Geranium thunbergii</i> (白♀) × <i>G. thunbergii</i> (白♂)	15 個体中 7 個結実	(4 個体枯れ)	47%
<i>Geranium thunbergii</i> (白♀) × <i>G. nepalense</i> (赤♂)	16 個体中 5 個結実	(2 個体枯れ)	31%
<i>Geranium nepalense</i> (赤♀) × <i>G. thunbergii</i> (白♂)	28 個体中 9 個結実	(1 個体枯れ)	32%
<i>Geranium nepalense</i> (赤♀) × <i>G. nepalens</i> (赤♂)	21 個体中 5 個結実	(1 個体枯れ)	24%

Geranium thunbergii 母株とした場合に、結実後枯れる場合が多かった。

同種と同属間での、交雑については、違いは認められない。

ゲンノショウコ (*Geranium thunbergii*) の花



Geranium nepalense



A: 雄しべ

白い花糸の先に紫色の葯をつける

葯は雌しべに先駆けて成熟し、開裂すると黄色い花粉を放出する

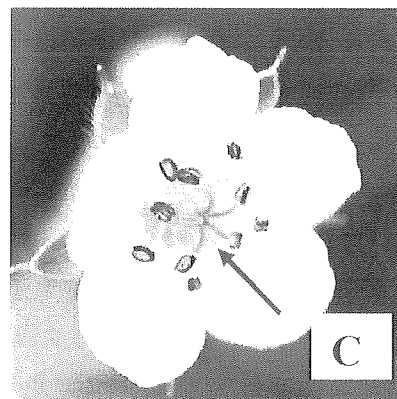
B: 雌しべ

成熟にともなって先端の赤い部分が濡れたようになる

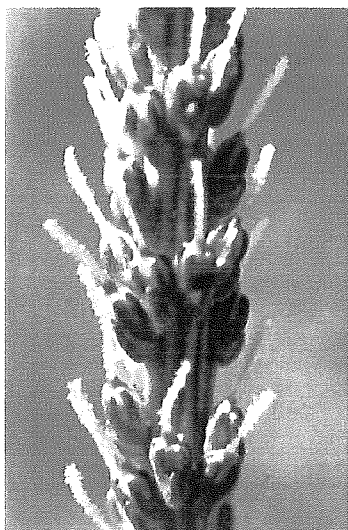
先端部分は5つに開いて、それぞれが反り返る (C)

反り返った先は葯よりも低くなり、再び元に戻る

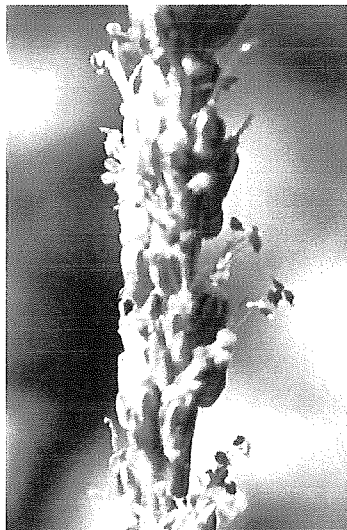
この時、雌しべの先端に花粉が付着する



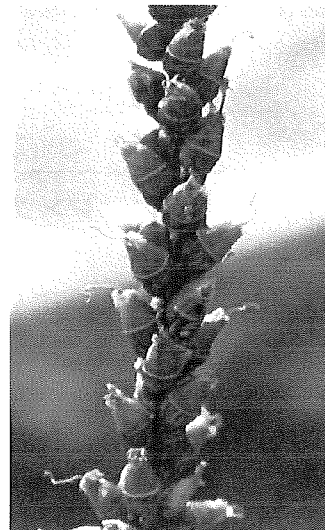
オオバコの花



雌性期



雄性期



果実期

オオバコの花は、花穂の下部から順に上に咲いていく

先ず、雌しべが成熟する、雌性先熟花である

雌しべが乾燥し枯れ始めた頃に、花糸を出し葯が成熟してくる（雄性期）

この時、指で花穂を弾くと、黄色い粉（花粉）が舞うのを観察出来る

下側の雌しべは既に枯れているので、受粉する可能性は低い

株間隔と遮光条件を変えて栽培し、9月の時点での花穂の数と結実果実数を比較したところ、ばらつきは見られるが、白色寒冷紗設置の場合に

	花穂の総数		結実花穂数	
無15	37.7 ±	5.0	16.3 ±	2.1
無30	34.7 ±	4.5	17.0 ±	4.6
白15	34.3 ±	17.0	15.0 ±	7.8
白30	44.7 ±	13.7	19.3 ±	9.3
黒15	18.0 ±	8.7	5.7 ±	3.8
黒30	25.7 ±	3.1	9.7 ±	1.2

結実花穂数:下部から結実していくので、中央部が結実している花穂を結実花穂とした
15, 30:栽培間隔(株間15cm,30cm)

無, 白, 黒:遮光条件(寒冷紗無し, 白色寒冷紗設置, 黒色寒冷紗設置)

厚生労働化学研究費補助金(ヒトゲノム・再生医療等研究事業)
分担研究報告書

Panax 属植物の遺伝資源的確保と葉挿し、人工授粉による増殖に関する研究

分担研究者 神田博史 広島大学医学部附属薬用植物園 助教授

サンシチニンジン *Panax notoginseng* の植物栽培特性について検討し、人工授粉による播種栽培の可能性を明らかにしたが、今回は、葉挿しによる増殖の可能性と、3年生までの生存率を検討した。葉挿し1年後には、播種生育した植物体と同様な地下部の発育を認め、葉挿しによる増殖の可能性が明らかとなった。播種栽培による生存率は、毎年約10%程度低下した。10年保存した個体の地下部は、根茎部が発達し、トチバニンジン類似の形状であった。

A. 研究目的

サンシチニンジン *Panax notoginseng* の根「三七人參」或いは「田七」は、中国では金にも換えがたいということから、「金不換」と呼ばれ、非常に貴重な生薬である。近年、わが国においても有用性が認識され、中国からの輸入量が急激に伸びている。国内における生産を考慮し、植物特性ならびに栽培予備試験を検討した。

B. 研究方法

根の形状はオタネニンジンに比べ短い、併せて、冬季の移動を考慮して、プランター(L60 x W32 x H25)を用いた。設置場所は、オタネニンジン栽培の場合に準じ、北側以外を覆い、屋根はわずかに雨が落ちる程度にした。プランターの底部には赤玉土の中粒を入れ、その上に、小粒を6~5割、腐葉土を3割、薫炭とパーライトを少量混ぜたものを重ねた。なお、栽培地中国雲南省文山の土壤は、交換性カルシウムが著しく多いややアルカリ性である。

C. 研究結果

1) 3年間の根重変化と生存率:

1年根重は、最小0.3g、最大1.5g、平均では0.99gでトチバニンジン *P. japonicus* の約5倍、オタネニンジン *P. ginseng* やアメリカニンジン *P. quinquefolium* とほぼ同じ大きさであった。2年生では、最小0.6g、最大3.8g、平均では2.06gであった。3年生では、最小0.1g、最大11.3g、平均では3.35gであった。3年目の最小根重が低くなっているものの、最大根重および、平均根重は、順調に増加した。

生存率は、1年生では93.75%、2年生では84.38%、3年生では、71.88%となり、毎年10%程度の欠損を示した。

2) 葉挿しによる増殖の予備試験

昨年1月中旬、温室内にて、Bに記載した条件の下、小葉を挿した。1年間枯れることなく葉色は保たれ、本年、1月中旬に掘上げたところ、播種栽培と同様な根の生育が認められた。この結果、サンシチニンジの葉による栄養繁殖の可能性が明らかとなった。

3) 栽培年数における地下部の形状変化

10年に及ぶ個体も生存しているが、10年物の地下部の形状は、根茎部が有節状に伸張

し、トチバニンジンに酷似した根茎部となる個体もあった。しかしながら、根茎部が発達した個体は、根部が発達した個体に比べ、生重量が半減していた。

D. 考察

種子や古い株の地下部の形状などから、サンシチニンジンは直根部発達型のオタネニンジンやアメリカニンジングループというよりは、根茎部発達型のトチバニンジングループに近いが、中間型の特性を有していると思われる。田中治らによる化学成分的な報告も、同様な結果を裏付けている。

今回は、地下部の形状ならびに、開花結実時期の問題解消から、移動可能なプランターでの栽培を行ったが、発芽率、生存率地下部生育率は、満足のいく数値であった。さらに、人工授粉による播種栽培ならびに葉挿しによる栄養増殖が明らかとなった。

栽培地の中国雲南省文山県では、10月に開花結実しているが、我々の取り組みでは10月から11月に開花し、戸外では結実を見ない。今のところ、結実させるためには屋内に持ち込み、人工授粉をする必要がある。自然状態で結実を見るためには、より暖冬地域での栽培実験が必要であろう。

E. 結論

今回の研究結果から、わが国における、サンシチニンジン栽培の可能性が明らかとなった。

F. 研究発表

1. 論文発表

なし

2. 学会発表

なし

G. 知的財産権の出願・登録状況

なし

厚生科学研究費補助金（ヒトゲノム・再生医療等研究事業）
分担研究報告書

薬用植物の繁殖に関する研究 —接ぎ木・種子繁殖法—

分担研究者 香月茂樹

(独) 医薬基盤研究所 薬用植物資源研究センター 種子島研究部

接ぎ木繁殖法は栄養繁殖の一方法として、経済栽培において古くから利用されている。また、交配種の結果を早く知る方法として、試験研究機関において活用されている。遺伝子組換え体の結果を早期に確認する方法として、この接ぎ木は活用できる。台木と穂木の親和性の良否は、接ぎ木の活着率の高低ということもでき、今後の遺伝子組換え体の創出のためのヒントとして利用できるものと思われる。

種子繁殖法は栄養繁殖以外の繁殖法として通常行われている。しかし、薬用植物に関しては種子の保存法、発芽型が種々であり、個々に、また地域により適する方法を探索する必要がある。

A. 研究目的

1. 接ぎ木

接ぎ木は、増殖の一方法、また経済栽培として環境耐性・早期結実性・増収効果・矮性等に応用されてきた。接ぎ木の可否の確認により、遺伝子組換えの可能性の可否が想定でき、また遺伝子組換え体の成育の結果判定の期間短縮に貢献できるものと思われる。一方、遺伝子組換え植物が周辺の近縁種と交雑の危険性を推定する一つの指標としての可能性もある。

2. 種子繁殖法

栄養繁殖以外の繁殖法として通常行われている。従来 of 育種においては結実した種子や果実を播種することにより、新品種の育成を行ってきた。作物化されている植物については、種子（果実を含む）の保存法が確立され、発芽特性などが解明されているものの、薬用植物の多くは野生品の採集に依存していたことから、それらの諸研究は立ち遅れている。種子繁殖技術の確立は、

遺伝子組換え技術への材料の供試、遺伝子組換え個体の増殖にも不可欠のことである。このことから、種子保存法や発芽機構の解明・開発を行うことを目的とするものである。

B. 研究方法

1. 接ぎ木

以下の種類を接ぎ木した。居接ぎ（苗圃などに植えた状態のところに接ぎ木する方法）で切り接ぎ（切断した部分を切り下げ、その隙間に穂木を切り下げた底辺まで差し込み、接ぎ木する方法）とし、施術部は市販の接ぎ木用ビニールテープで縛り、施術部の上部から穂木全体をパラフィルムで被う方法を取った。

1) センダン (*Melia azedarach* L.) を台木とした場合：

インドセンダン (*Azadirachta indica* A. Juss.) を 2002 年 3 月 8 日、葉を除去し、地際部に接ぎ木した。

2) ウメ (*Prunus mume* Sieb. et Zucc.) を台木とした場合:

スモモ (*P. salicina* Lindl.) を 2002 年 2 月 11 日に穂木として入手し、高接ぎした。

3) イヌザンショウ (*Zanthoxylum schinifolium* Sieb. et Zucc.) を台木とした場合:

ブドウザンショウ (*Z. piperitum* DC. f. *inerme* Makino) を 2004 年 7 月 22 日に穂木として入手し、葉を除去し、高接ぎした。

4) クスノハガシワ (*Mallotus philippinensis* Mull. Arg.) を台木とした場合:

温室内で栽培しているウラジロアカメガシワ (*M. paniculatus* Mull. Arg.) を 2004 年 8 月 4 日に寄せ接ぎした。

5) サザンカ (*Camellia sasangua* Thunb.) を台木とした場合:

ヤブツバキ (*C. japonica* L.)、ユキツバキ (*var. decumbens* Sugimoto) 2004 年 5 月 13 日に穂木として入手し、またユキツバキとユキバタツバキ (*var. intermedia* Tuyama) を 2004 年 10 月 4 日に穂木として入手し、瓶接ぎした。

2. 種子繁殖

1) ミシマサイコ (*Bupleurum falcatum* L.)

11 月に採種し、採り播きと乾燥保存したものを 3 月に播種した。

2) ニッケイ (*Cinnamomum sieboldii* Meisn.)

11 月に採種し、採り播きと乾燥・湿潤で常温・寒冷保存したものを常温下で 1 ヶ月毎播種した。

3) ニガキ (*Picrasma quassioides* Benn.)

7 月に採種し、常温・低温 (約 5℃) でそれぞれ乾燥・湿潤状態で保存し、常温下で 1 ヶ月毎播種した。

4) ヒキオコシ (*Plectranthus japonicus* Koidzumi)

秋に採取し、1 月に恒温培養庫で 15~35℃の 5℃刻みで、10,000lx の 12 時間照明で発芽試験を行った。

5) ヤマザクラ (*Prunus jamasakura* Siebold ex Koidzumi)

初夏に採種し、湿潤低温保存した。

C. 研究結果

1. 接ぎ木

1) センダンを台木とした場合:

インドセンダン: 活着率は 100% で、温室内での栽培においては生育は良好である。

2) ウメを台木とした場合:

スモモ: 活着率は約 70% で、生育は良好である。

3) イヌザンショウを台木とした場合:

ブドウザンショウ: 活着率は 10% 程度で、生育は当初緩慢であったが、その後は良好である。

4) クスノハガシワを台木とした場合:

ウラジロアカメガシワは活着しなかった。

5) サザンカを台木とした場合:

5 月 13 日に入手したヤブツバキは 20%、ユキツバキは 0% の活着率で、活着した個体の生育は順調である。また 10 月 4 日に入手したユキツバキとユキバタツバキの活着は 50% 程度で、生育は順調である。

2. 種子繁殖

1) ミシマサイコ

採り播きしたものは 90% 以上の発芽率であったが、乾燥冷蔵したものは 10% 以下であった。

2) ニッケイ

乾燥保存では、2ヶ月後にはほぼ発芽能力が失われた。湿潤で常温・低温保存したものでは長期に亘り発芽能力を有し、湿潤低温保存したものでは1年後においても5%の発芽が見られた。12月・1月・2月に播種したものは3月から発芽した。

3) ニガキ

常温乾燥状態では2ヶ月でほぼ発芽能力が失われた。常温湿潤や低温保存したものでは6ヶ月以上に亘り発芽した。12月・1月・2月に播種したものは3月から発芽した。

4) ヒキオコシ

全温度処理区で9日目には95%以上の発芽率で、25℃以上では翌々日から、15℃でも6日目には発芽が始まった。

5) ヤマザクラ

10月には冷蔵庫内で発芽が始まった。

D. 考察

1. 接ぎ木

1) センダンを台木とした場合：

インドセンダン：自根の個体と生育上の違いは判らない状況である。今後、成分についての検討が必要である。接ぎ木個体の種子島での露地栽培では、枯死した。

2) ウメを台木とした場合：

スモモ：系統・品種によっては台負け（台木が穂木の生育に劣る状態）の傾向があり、台接ぎ（台木を補助するため台木を接ぐこと）の必要性があるように思われる。

3) イヌザンショウを台木とした場合：

ブドウザンショウ：生育状況から察すると、台木として利用可能と思われるが、生薬として利用可能かどうかは結実して以降の検討課題である。

4) クスノハガシワを台木とした場合：

ウラジロアカメガシワの繁殖には不適當

であり、他の台木を利用する必要がある。

5) サザンカを台木とした場合：

ヤブツバキ、ユキツバキ、ユキバタツバキを瓶接ぎする場合は、季節を考慮する必要がある。

薬用植物の場合、利用部位の成分が、共台の場合と相違ないのか、検討の余地がある。

2. 種子繁殖

1) ミシマサイコ

種子の寿命が短く、採り播きが適している。また、無霜地帯では地上部が枯死することがないため、春からの早期生育が期待でき、生育期間が長期間となるため、降霜地帯より有利に栽培ができる。

2) ニッケイ

乾燥保存は適しておらず、採り播きまたは湿潤低温保存が好ましい。しかし、ある程度腐敗することは避けられない。

3) ニガキ

ニッケイ同様、乾燥保存は適しておらず、採り播きまたは湿潤低温保存が好ましい。しかし、ある程度腐敗することは避けられない。

4) ヒキオコシ

高温条件下で早い発芽を示した。普通は春播きであるが、栽培地の状況によっては夏の播種でも対応可能である。

5) ヤマザクラ

種子島はヤマザクラのほぼ南限付近に位置しており、本土の系統と比較し、低温感受性が高く、休眠期間が短いものと思われる。採り播きか、常温湿潤保存が適しているものと思われる。

E. 結論

接ぎ木による繁殖法は、従来は種々の制約（季節、管理方法など）があったものの、

パラフィルムの使用により大幅に緩和され、技術の差も少なくなり活着率の向上にもなった。また、落葉樹の接ぎ木の多くは早春に行うことが通例となっていたが、夏期においても実施可能であることが確認できた。

台木と穂木の親和性については未知・不明なことが多く、実施して確認する必要がある。

活着率が高いということは、相互の組織の親和性が高いということも言えるわけで、今後の遺伝子組換え体の創造に関するひとつのヒントを提示しているようにも思われる。

接ぎ木については、薬用としての利用部位が市場品と同等性を有しているのか検証する必要がある。

種子の保存は、種や系統で様々であるため、その地域による方法を確立する必要があるように思われる。

F. 研究発表

1. 論文発表

なし

2. 学会発表

なし

G. 知的所有権の取得状況

なし

H. 参考文献

1) 香月茂樹「熱帯動植物友の会会報」第93号(1997年4月):pp.11-13

2) 中平幸助・染郷正孝：造園木の手引き つぎ木・とり木の実際、地球社、1973

3) 大野正夫：図解 果樹の接木・挿木と高接更新、博友社、1973

4) 農耕と園芸・ガーデンライフ編：図解 植木のふやし方、誠文堂新光社、1972

5) 飯島亮・安蒜俊比古：庭木と緑化樹 1 針葉樹・常緑高木、誠文堂新光社、1974

6) 飯島亮・安蒜俊比古：庭木と緑化樹 2 落葉高木・低木類、誠文堂新光社、1974

7) 安田勲：植木園芸ハンドブック、養賢堂、1973

8) 香月茂樹他「日本植物園協会誌」第37号(2003年):pp.103-111

9) 河瀬憲次：果樹台木の特性と利用、農山漁村文化協会、1995

10) 香月茂樹「熱帯動植物友の会会報」第94号(1997年7月):pp.13-15

11) 山中寅文：植木の実生と育て方、誠文堂新光社、1975

分担研究報告

平成 17 年度厚生科学研究費補助金（ヒトゲノム・再生医療等研究事業）

遺伝子組換え薬用植物の環境に与える影響に関する研究

分担研究者 （独）医薬基盤研究所 薬用植物資源研究センター北海道研究リーダー 柴田敏郎

新しい機能を有した遺伝子組換え体創出による環境生物への影響、即ち、花粉の拡散による環境生物への影響等、想定されるリスクの回避法の研究にあたり、シソ科の多年草カキドウシを材料として生育特性に関する基礎的研究を行った。その結果、①栽培植物の生育は野生植物の生育に比べて極めて旺盛で、栽植密度、肥料、光強度への適応性が高く栽培は容易であり、定植 2 年生植物の 10a 当たり換算乾物収量を 200~280kg と推定した。② 2 年生株の無機成分吸収率は、N:1.2~1.4%, P₂O₅:0.7~0.8%, K₂O:2.5~3.1%, CaO:1.2~1.4%, MgO:0.5% であり、カリウムの吸収が比較的高く、この傾向は 1 年生株と同様であった。③ 萌芽後の気温の上昇に対する生育反応を比較した結果、名寄産は本州産に比べて温度上昇に敏感に反応して生殖成長に移行することが確認され、寒冷地型に分化している可能性が推察された。④ 日本の野生種の中には染色体数が 2n=36, 45, 54 の個体の存在が報告されているが、今回調査した 4 検体はいずれも 2n=36 であることが確認できたが、生態的性質や形態の違いとの関係は明らかにできなかった。

A. 研究目的

薬剤耐性や環境の変化に対応した薬用植物や、薬用成分の増量を目指した遺伝子組換え体の研究・開発が求められているが、新しい機能を有した遺伝子組換え体創出による環境生物への影響、昆虫等を媒介した花粉の拡散による環境生物への影響等、想定されるリスクの回避法を研究することは極めて重要である。そのため、材料植物の生育特性に関する基礎的な研究や遺伝子組換え植物の生態系モデルへの影響の調査は不可欠である。

以上のような薬用植物資源をとりまく状況から、昨年度に引続き、シソ科の多年草カキドウシの 2 年目の生育特性を調査した。また、日本の野生種の中には染色体数が 2n=36, 45, 54 の個体の存在が報告されており、それらとの関

係についても検討した。

B. 研究方法

1) 生育特性について：名寄市内に野生していたカキドウシ (*Glechoma hederacea* L. subsp. *grandis* Hara) 苗をビニールポットに植え、活着を確認した苗を 2004 年 6 月 25 日に圃場に定植した。栽植密度について、畦幅 60 cm に設定し、株間を 20, 30, 40 cm の 3 区を設定した。光強度について、株間を 20 cm として、寒冷紗 1 重被覆下（遮光率 48~49%）にて栽培する区を設定した。上記 4 区それぞれに、化成肥料（N:P:K=14:14:14, 40 g/10 a）及びナタネ油カス（200 kg/10 a）施用区を設定し、以上の 8 試験区各々に 7~10 株ずつ定植し、合計 24 m²にて試験を実施した。萌芽期、開花期を調査した

後、開花後期の2005年6月22日に各試験区0.7 m²分の地上部を地ぎわから刈り取り、新鮮重を測定した後、50℃で168時間温風乾燥し乾物重を測定した。乾物重測定後の試料中のN含量をケルダール法にて、P₂O₅、K₂O、CaO及びMgO含量をSPAD法にて定量した。

2)染色体数の確認と生態的特性の比較：富山県、長野県、山梨県、岐阜県の各地に野生する株を植木鉢にて育成し、若いシュートを室内にて水栽培して得られた根端を材料にして、フォイルゲン法により染色体数を観察した。また、各個体を雪下から20℃下、引き続いて25℃下へ移動し、気温の上昇に対する生育反応を比較した。

C.研究結果

1) 生育特性について；①萌芽は雪解け直後の4月下旬より始まり、5月下旬より直立した茎に開花が認められ約1ヶ月後に終了した。直立した茎は開花終了後ほ伏し、横に伸びた茎は対生する葉の腋から2次茎さらに3次、4次茎を伸ばさせて四方に広がってゆき、また、各茎の節から発根を始める事が観察され、生育は極めて旺盛であった。②収量に及ぼす栽植密度の影響は殆ど認められず、かなり疎植でも密植と同程度の収量が期待できると考えられる。③肥料の影響について、化成肥料と油粕の施用区間に顕著な差は認められず、化成肥料区の窒素含有率が高まる傾向がみられたが、いずれの肥料でも良く生育することが判明した。④光強度の影響は、遮光区では乾物率がやや低下する傾向が認められたが、顕著ではなかった。⑤各区の0.7m²当たり乾物重は144.2～223.3g、乾物率は18.3～30.0%で、乾物重は疎植・遮光なしの化成肥料区で、乾物率は油粕施用区で高まる傾向がみられた。⑥無機成分吸収率は、N：1.2～1.4%、P₂O₅：0.7～0.8%、K₂O：2.5～3.1%、CaO：1.2

～1.4%、MgO：0.5%であり、カリウムの吸収が比較的高く、この傾向は1年生と同様であった。

2)染色体数の確認と生態的特性の比較：本州産の4系統は25℃下へ移行後、いずれも茎は横へ伸長するのみで直立茎は観察されず50日経ても開花には至らなかったが、名寄産は移行後新しく伸びる茎は直立し、約10日目で開花が認められた。染色体数について、4検体はいずれも2n=36であることを確認した。

D.考察

①野生植物の生育に比べて栽培植物の生育は極めて旺盛で、栽植密度、肥料、光強度への適応性も高く、栽培は容易であることが判明し、各試験区の収量結果より、10a当たり換算乾物収量を200～280kgと推定した。無機成分吸収率について、前年度報告したとおり1年目の植物体ではN：1.6～3.0%、P₂O₅：0.5～0.9%、K₂O：3.1～5.6%、CaO：1.8～2.2%、MgO：0.3～0.7%であり、今回の2年生では、全般にやや低い傾向であったが、カリウム吸収が比較的高い傾向は一致した。②本種は春の萌芽後茎は横に伸長し、その後開花(生殖成長期)に移行するが、同時に茎は直立的に伸長し、開花終了後直立した茎はほ伏すると同時に茎は再び横へ伸長する(栄養成長期)性質をもっている。本州産の個体は雪下から直ちに20℃以上の温度下に移行してもすべて栄養成長の状態が続いたが、名寄産は温度上昇に敏感に反応して生殖成長に移行する(開花に至る)ことが観察され、寒冷地型に分化している可能性が推察された。③富山県産157個体の野生株の染色体数の調査の結果、約60%が2n=36、30%が2n=54であり、両者の雑種と推定される2n=45の個体が10%存在することが報告されている。今回4検体はいずれも2n=36であることが確認できたが、

現在検体を増やして調査を継続中であり、上述の生態的性質や形態の違いとの関係は検討中である。

E. 結論

カキドウシの生育特性（栽植密度、肥料の種類及び光強度）に関する基礎的調査を行った結果、① 野生植物の生育に比べて栽培植物の生育は極めて旺盛で、栽植密度、肥料、光強度への適応性も高く、栽培は容易であることが判明し、定植 2 年生植物の 10 a 当たり換算乾物収量を 200～280 kg と推定した。② 2 年生株の無機成分吸収率は、N:1.2～1.4%、 P_2O_5 :0.7～0.8%、 K_2O :2.5～3.1%、CaO:1.2～1.4%、MgO:0.5% であり、カリウムの吸収が比較的高く、この傾向は 1 年生株と同様であった。③ 萌芽後の気温の上昇に対する生育反応を比較した結果、名寄産は本州産に比べて温度上昇に敏感に反応して生殖成長に移行することが確認され、寒冷地型に分化している可能性が推察された。④ 日本の野生種の中には染色体数が $2n=36$, 45, 54 の個体の存在が報告されているが、今回調査した 4 検体はいずれも $2n=36$ であることが確認できたが、生態的性質や形態の違いとの関係は明らかにできなかった。

F. 研究発表

1. 論文発表

なし

2. 学会発表

なし

厚生労働科学研究費補助金（ヒトゲノム・再生医療等研究事業）
分担研究報告書

薬用植物の栽培に関する研究

分担研究者

飯田 修（独）医薬基盤研究所薬用植物資源研究センター筑波研究部 室長

協力研究者

菱田敦之（独）医薬基盤研究所薬用植物資源研究センター筑波研究部 主任研究員

遺伝子組換え薬用植物の作出とその後の利用に当たり、遺伝子素材としての種苗の維持並びに最大限の形質発現効果を得るために、各薬用植物についての標準的な栽培方法の確立が必要不可欠である。今年度、クソニンジン *Artemisia annua* L.およびヤマノイモ *Dioscorea* sp.について栽培研究を行った。クソニンジンでは、アルテミシニンの含有量が多い葉の乾燥重量に着目すると、窒素およびリン肥料の施用量の増加に伴い、生育期では、葉の乾燥重量も増加する傾向が見られた。特にリン肥料の施用効果は有意であることが明らかになった。一方、収穫時期では、リン肥料 20 kg/10 a や窒素肥料 30 kg/10 a の施用では、地上部に占める茎の割合が増加するが、葉の増収は見込めないことが示された。肥料施用の効果と経済性を考慮すると、関東地方におけるクソニンジンの栽培では、窒素、リンおよびカリ肥料の施用量は、成分量として各 10 kg/10 a を目安とすることが適当であると結論した。また、山薬の生産に適したヤマノイモ類の栽培および調製法を検討した。山薬の基原種となるナガイモおよびヤマノイモの収量（1 m²当たりの生重量）を調査した結果、ナガイモは 5.6–6.2 kg/m²、ヤマノイモは、2.3–2.6 kg/m²であった。調製後の形状を比較するとナガイモは、表面に乾燥時の収縮によって多数のシワが生じたのに対し、ヤマノイモは表面の収縮が比較的少なく、表皮を取り去った後、寒風にさらして十分に乾燥させ、表面を研磨することで、原体に近い形状が得られることが示された。従って、生薬としての利用が原体である場合は、基原種にヤマノイモのように肉質が密で細長い形状が適し、製剤原料の刻みであれば、収量性が高いナガイモを利用することが優位であると思われた。

A. 研究目的

遺伝子組換え薬用植物を作出して栽培するためには、各薬用植物についての標準的な栽培方法が確立している必要がある。今年度は、クソニンジン *Artemisia annua* L.およびヤマノイモ *Dioscorea* sp.について栽培研究を行った。種苗の繁殖法は、前者は専ら種子により、後

者は種子、むかごおよび根茎により、実用的には根茎が用いられている。また、クソニンジンは未だ品種あるいは系統レベルの種苗はなく、風媒花であることも影響して、個体変異が大きい。一方、ヤマノイモ類は品種が存在し、市場に普及している。これらの種苗について遺伝的特性を損なうことなく維持し、それらの栽培技

術体系を確立しておくことは、遺伝子組換え薬用植物作出の素材となるとともに、作出体の形質発現を最大限に発揮させるための必要不可欠の技術となる。

クソニンジン *Artemisia annua* L. は、その含有成分であるアルテミシニンが、抗マラリア剤の原料として利用されている。本研究は、アルテミシニンの生産と生育環境因子の関係を明らかにし、経済的で効率が高いアルテミシニンの生産技術を確立することが目的である。これまでの研究では、ポット試験により肥料3要素の効果を検討した結果、アルテミシニン含量が高い葉の収量は、窒素およびリン肥料の施用によって増加することが明らかとなっている。そこで、圃場試験によって、これらの効果を検証し、窒素およびリン肥料の経済的な施肥量を検討した。

生薬「山薬」は、主に保健強壮薬に用いる処方に配合される漢方処方用薬である。その基原植物は、第14改訂日本薬局方では、ヤマノイモ *Dioscorea japonica* Thunb. およびナガイモ *D. batata* Decne の周皮を取り除いた根茎と規定されている。現在、市場に流通する山薬は、中国からの輸入品が主流である。特に原体（生：しょう）の山薬は中国産に依存している。近年、中国産の山薬は、中国で刻み加工されたものが増加し、原体の輸入量は少ない。日本国内では、わずかに青森県でナガイモが基原種と思われる山薬を生産しているが、円形にスライスして乾燥したもので、原体の山薬とは明らかに異なった形状である。山薬の調製法については記載があるものの、中国産山薬の基原植物（品種）や原体の調製法などの実証的な検証は行われていない。そこで、本研究では、山薬の生産に適した栽培方法や調製法の確立を目指

す。

本年度は、生産に適した種苗を選抜するため、ナガイモ（3系統）およびヤマノイモ（2系統）の収量を調査し、一部について山薬の調製を試みた。

B. 研究方法

1. クソニンジン

供試材料：筑波研究部で保存されているクソニンジン *Artemisia annua* L.

播種日：平成17年5月17日

栽植密度：畦幅80cm，株間50cm

試験区の設定：N-P₂O₅-K₂O 施用量 (kg/10a) で示し、試験区名に続く（ ）は、（施肥量の合計）、（基肥）、（追肥）の順に表した。

処理区 A (2.5-2.5-10) (1.25-2.5-5) (1.25-0-5)

処理区 B (10-2.5-10) (5-2.5-5) (5-0-5)

処理区 C (30-2.5-10) (15-2.5-5) (15-0-5)

処理区 D (2.5-10-10) (1.25-10-5) (1.25-0-5)

処理区 E (10-10-10) (5-10-5) (5-0-5)

処理区 F (30-10-10) (15-10-5) (15-0-5)

処理区 G (2.5-20-10) (1.25-20-5) (1.25-0-5)

処理区 H (10-20-10) (5-20-5) (5-0-5)

処理区 I (30-20-10) (15-20-5) (15-0-5)

収穫日：平成17年7月25日および8月25日に行った。

調査方法：収穫後、草丈を測定し、地上部は主茎、分枝および葉の部位毎に分解し、60℃の通風乾燥器内で乾燥した。乾燥後、部位毎の乾燥重量を測定した。

2. ヤマノイモ

供試材料：ナガイモ *D. batata* 「ガンクミジカ」, 「ガンクミジカ太正」および「盛岡農場改良」(3系統), ヤマノイモ *D. japonica* 「福種種苗系」および「静岡農試60号」(2系統)

定植日：平成17年4月25日, ヤマノイモ「福種種苗系」は5月9日。

耕起と栽植密度：定植前にトレンチャーで深さ80 cmまで深耕し, 畦幅100 cm, 株間20 cmとした。

施肥方法(1aあたり)：基肥として, 堆肥500 kg, 苦土10 kg, ようりん5 kg. 追肥は, 5月中旬に化成(8・8・8)13 kg, 8月下旬に化成(16・0・16)6.2 kgを施用した。

収穫と調査：平成17年12月5日に収穫し, 根茎部の長さとし生重量を測定した。

調製加工：根茎の一部は, 周皮を除去した後, 寒気にさらして自然乾燥し, 乾燥器内(60℃)で仕上げ乾燥した。

C. 研究結果

1. クソニンジン

1) 表1-1に生育期(7月25日)における収穫調査の結果を示した。葉の乾燥重量に着目すると, リン肥料を20 kg/10 a施用した試験区G-Iが5.7~7.4 g/plantの値を示し, リン肥料2.5 kg/10 aを施用した試験区A-Cの2.0~2.8 g/plantに対して有意に高かった。リン肥料10 kg/10 aを施用した試験区D-Fでは, 2.9~4.5 g/plantであり試験区の中位の値を示した。窒素肥料の影響は, リン肥料の施用が同じ条件では, 窒素肥料が多く施用されると葉の乾燥重量が増加する傾向がみられた。

2) 表1-2に収穫時期(8月25日)における収穫調査の結果を示した。葉の乾燥重量は, 53.3~99.5 g/plantの値を示したが試験区間の

有意差は認められなかった。主茎および分枝を含めた茎の乾燥重量は, リン肥料を20 kg/10 a施用した試験区G-I, 174.1~190.9 g/plantであり, リン肥料2.5 kg/10 aを施用した試験区AおよびBが72.9~73.8 g/plantに対して有意に高い値を示した。リン肥料の施用が同じ条件では, 窒素肥料が多く施用されると茎の乾燥重量は増加する傾向がみられた。特に茎の乾燥重量が多い試験区F-Iでは, 地上部に占める茎の割合が65%程度に達した。

3) 表2に7および8月の調査をもとに, 窒素およびリン肥料の施用効果を分散分析法で求めた結果を示した。草丈, 葉, 茎および地上部の乾燥重量について, リン肥料は効果があることが示された。

2. ヤマノイモ

1) ナガイモの収量(生重量, 1 m²あたり)は3系統の間では, 5.6~6.2 kg/m²であり有意差はなかった。ヤマノイモでは, 同種2系統の間では2.3~2.6 kg/m²であり, 有意差はなかった(表3)。ナガイモの収量は, 概ねヤマノイモの2倍であった。根茎の形状は, ナガイモが長紡錘形, 根茎部の断面は白色で肉は粗であった。ヤマノイモでは細長く, 断面は白色で肉は密であった。

2) 調製後の形状を比較するとナガイモでは, 表面に乾燥時の収縮によって生じたシワが多数あり, 横断面が粗で繊維質が観察された。一方, ヤマノイモでは, 表面の収縮は比較的少なく, また横断面の繊維質が観察されず比較的滑らかであった(図1)。また, 細長い形状のヤマノイモは, 乾燥した後の形状が山薬の原体によく一致した。

3) ヤマノイモ「静岡農試60号」を用いた場

合、表皮を取り去った後、寒風にさらして十分に乾燥させ、通風乾燥器内で仕上げ乾燥を行った。さらに、表面を研磨することで、中国産の原体に近い形状に調製できることが示された。

D. 考察

クソニンジンの施肥量試験では、窒素肥料を 2.5-30 kg/10 a, リン肥料を 2.5-20 kg/10 a の間でそれぞれ変化させて試験を行った結果、利用部位である葉の乾燥重量に着目するとそれぞれの施用量が多くなると葉の乾燥重量も多くなる傾向が見られた。特にリン肥料の施用効果に有意差が認められた。しかし、リン肥料 20 kg/10 a や窒素肥料 30 kg/10 a の施用は、地上部に占める茎の割合を増加させるのみで葉の増収が見込めないことが示され、また肥料の施用に見合う効果が期待できないことが明らかになった。従って、関東地方におけるクソニンジンの栽培では、成分量として N・P・K の施用量は、10・10・10 (kg/10 a) を目安とすることが適当であると結論した。

ヤマノイモ類では最終的な利用が原体である場合は、基原種は、ヤマイモのように肉質が密で細長い形状が良いと思われる。一方、製剤原料の刻みであれば、収量性が高いナガイモを利用することが優位であると思われる。

E. 結論

関東地方におけるクソニンジンの栽培では、肥料施用の効果と経済性を考慮すると、窒素、リンおよびカリ肥料の施用量は、成分量として各 10 kg/10 a を目安とすることが適当であると結論した。

ヤマノイモ類について、生薬としての利用が原体である場合は、その基原種にヤマイモのよ

うに肉質が密で細長い形状のものが加工が容易であり、一方、製剤原料の刻み品であれば、収量性が高いナガイモを基原種とすることが優位であると思われた。ヤマノイモでは、表面の収縮は比較的少なく滑らかであった。ヤマノイモ「静岡農試 60 号」を用いた場合、筑波地域では、12 月頃の寒風にさらして十分に乾燥した後、表面を研磨することで、中国産の原体に近い形状が調製できることが明らかになった。

F. 研究発表

なし

G. 知的所有権の取得状況

なし

Table 1-1. Effects of nitrogen and phosphorus fertilizer application on plant length, dry matters by the field experiment (Jul. 25th).

Plot	Treatment (kg/ 10a)		Plant length (cm)	Dry weight (g/plant)		
	N	P		Leaf	Stem	Arial part
A	2.5	2.5	15.1 ^d	2.0 ^e	0.7 ^d	2.7 ^e
B	10.0	2.5	16.2 ^{cd}	2.7 ^{de}	0.7 ^d	3.4 ^{de}
C	30.0	2.5	18.2 ^{cd}	2.8 ^{de}	0.8 ^d	3.6 ^{de}
D	2.5	10.0	20.5 ^{cd}	2.9 ^{de}	1.0 ^{cd}	3.9 ^{cde}
E	10.0	10.0	23.9 ^{bc}	4.5 ^{bcd}	1.9 ^{bc}	6.4 ^{bc}
F	30.0	10.0	28 ^{cd}	3.9 ^{cd}	1.6 ^{cd}	5.6 ^{cd}
G	2.5	20.0	32.7 ^a	5.7 ^{ab}	2.8 ^{ab}	8.6 ^{ab}
H	10.0	20.0	31.9 ^{ab}	5.7 ^{abc}	3.1 ^a	8.9 ^{ab}
I	30.0	20.0	35.1 ^a	7.4 ^a	3.6 ^a	11.0 ^a

Means of ten replicates. Numbers within a column followed by the same letter are not significantly different ($P>0.05$) according to Tukey-Kramer's HSD test.

Table 1-2. Effects of nitrogen and phosphorus fertilizer application on plant length, dry matters by the field experiment (Aug. 25th).

Plot	Treatment (kg/ 10a)		Plant length (cm)	Dry weight (g/plant)		
	N	P		Leaf	Stem	Arial part
A	2.5	2.5	129.8 ^c	53.3 ^a	72.9 ^b	126.1 ^b
B	10.0	2.5	147.2 ^{bc}	54.8 ^a	73.8 ^b	128.6 ^b
C	30.0	2.5	160.9 ^{ab}	96.6 ^a	133.1 ^{ab}	229.7 ^{ab}
D	2.5	10.0	158.3 ^{abc}	88.1 ^a	117.5 ^{ab}	205.6 ^{ab}
E	10.0	10.0	159.5 ^{ab}	93.4 ^a	148.3 ^{ab}	241.7 ^{ab}
F	30.0	10.0	156.9 ^{abc}	86.8 ^a	153.8 ^{ab}	240.6 ^{ab}
G	2.5	20.0	170.1 ^{ab}	95.5 ^a	174.1 ^a	269.7 ^a
H	10.0	20.0	184.2 ^a	99.5 ^a	185.7 ^a	285.2 ^a
I	30.0	20.0	165.9 ^{ab}	97.2 ^a	190.9 ^a	288.1 ^a

Means of six replicates. Numbers within a column followed by the same letter are not significantly different ($P>0.05$) according to Tukey-Kramer's HSD test.