



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	Melilotus 属の種間雑種に関する育種学的基础研究 : 第VIII報 種間雑種、Melilotus alba×M. suaveolens, M. polonica×M. suaveolens および M. hirsuta×M. suaveolens の細胞学的研究
Author(s)	佐野, 芳雄; SAN0, Yoshio; 喜多, 富美治 他
Citation	北海道大学農学部邦文紀要, 8(4), 411-419
Issue Date	1973-03-30
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/11848
Type	departmental bulletin paper
File Information	8(4)_p411-419.pdf



Melilotus 属の種間雑種に関する育種学的基礎研究

第 VIII 報 種間雑種, *Melilotus alba* × *M. suaveolens*,
M. polonica × *M. suaveolens* および *M. hirsuta*
× *M. suaveolens* の細胞学的研究

佐野芳雄¹⁾・喜多富美治²⁾

(北海道大学農学部作物育種学教室¹⁾
北海道大学農学部附属農場²⁾)

Studies of Interspecific Hybrids in the Genus *Melilotus* from the Plant Breeding Standpoint

VIII. Cytological Studies of the Interspecific Hybrids,
Melilotus alba × *M. suaveolens*, *M. polonica* × *M.*
suaveolens, and *M. hirsuta* × *M. suaveolens*

Yoshio SANO³⁾ and Fumiji KITA⁴⁾

(Plant Breeding Institute³⁾ and Agricultural Experiment
Farm⁴⁾, Faculty of Agriculture, Hokkaido
University, Sapporo, Japan)

Received, August 31, 1972

I. 緒 言

Melilotus 属すなわち Sweetclover の種間交雑による育種の基礎研究として、筆者らは種間相互の細胞学的関係を明らかにする目的で、一連の交雑実験を遂行中である。

Melilotus 属は *Eumelilotus* と *Micromelilotus* の 2 亜属に大別され、*Eumelilotus* 亜属に含まれる 9 つの種において特定の種間では相互転座に由来する染色体の構造差の存在することが報告されてきた (BRINGHURST 1951, JARANOWSKI 1961, 1963, 喜多 1962, 喜多・新関 1967, 喜多・佐野 1972)。しかしながら、種間交雑において出現する胚の早期退化や種間雑種 F₁ における幼苗時の葉緑素欠乏等のため組み合わせにより種間交雑の成功にはかなりの困難を伴うものとされている (GREENSHIELDS 1954, SMITH 1954)。

筆者らも *Eumelilotus* 亜属の 9 つの種に含まれる多くの系統を用い種間交雑を行い上記要因による種間交雑の困難性を確認しているが、いくつかの組み合わせにおいて種間雑種 F₁ を得ることが出来た。本報において

はそのうち 4 種 (*M. alba*, *M. suaveolens*, *M. polonica* および *M. hirsuta*) 9 系統間の交配より得られた種間雑種 F₁ について詳細な観察を行い、これら種間の細胞学的関係に関し若干の興味ある結果が得られたのでここに取り纏め報告する。

なお本実験に供試した種子は DR. H. J. GORZ および DR. G. A. STEVENSON より御恵送いただいたもので深甚な謝意を申し上げますとともに、本実験の遂行にあたり懇篤な御指導を賜った高橋萬右衛門博士並びに文部教官新関稔氏に対し厚く感謝の意を表す。また、実際の試験遂行に当って御協力を戴いた文部技官飛渡正夫、渡会萬治、赤川昭爾の 3 氏に対し心より謝意を表す次第である。

II. 実験材料および方法

Melilotus 属は *Eumelilotus* と *Micromelilotus* の 2 亜属に分類されるが、本実験に供試した材料は *Eumelilotus* 亜属に含まれる 4 種 9 系統で総て 2 年生である。これらの材料を 1970 年 5 月に温室内で播種箱に播種し、第 1 本葉展開後直径約 15 cm の素焼鉢に個体植

Table 1. Number of hybrid seedlings obtained from the crosses between pairs of four species in the subgenus *Eumelilotus*

crosses	no. of flowers	no. of seeds	no. of self seedlings	no. of hybrid seedlings
<i>M. alba</i> Arctic × <i>M. suaveolens</i> Biennial	131	22	—	*
<i>M. alba</i> Cumino × <i>M. suaveolens</i> Biennial	23	3	1	2
<i>M. alba</i> Bdn 928 × <i>M. suaveolens</i> R. Y.	69	24	—	*
<i>M. alba</i> Denta × <i>M. suaveolens</i> Bdn 60-59	42	20	4	16
<i>M. polonica</i> C 30 × <i>M. suaveolens</i> R. Y.	40	9	0	9
<i>M. hirsuta</i> 58-4 × <i>M. suaveolens</i> Bdn 60-59	72	6	3	3

* Some of seedlings obtained were hybrids.

えした。6月中旬から9月下旬までの夏季・高温期間は温室外の寒冷紗で覆ったハウスで育成管理をし、10月より再び温室内で栽培した。1971年2~3月にかけて開花に達し交配を行った。交配方法は開花当日の花を用い花弁を除いた後サクシヨンポンプで葯および花粉を吸引して除雄を行い、直ちに花粉親の花粉をとり柱頭になすりつけた。したがって得られた種子の中には除雄が完全でなく自家受精をした種子も含まれる。用いた種および系統、交配花数、得られた種子数、自家受精をしていた個体数および得られた種間雑種 F₁ の個体数を示すと Table 1 のごとくである。

ただし、*M. alba* Arctic × *M. suaveolens* Biennial と *M. alba* Bdn 928 × *M. suaveolens* R. Y. の F₁ は幼苗時に雑種の判定が困難であったのでそれぞれ数個体のみを維持したために、自家受精したものと種間雑種であったものの数を明らかにすることが出来なかった。しかしながら、花色が多く個体において両親の中間色を示し、種間雑種 F₁ であることが確認された。

他の組み合わせにおいては、得られた F₁ 植物における種間雑種 F₁ の判定は幼苗時に出現する葉緑素欠乏および親系統との種々の形態的相異により容易であった。いずれの種間雑種 F₁ も前述の親系統と同じ方法で栽培管理したが、6月中旬寒冷紗ハウスに移した後世代短縮の目的で約16時間の長日処理を行い、この条件下で良好な生育を示し開花登熟に達した。減数分裂における染色体の観察は KITA (1965) の方法にしたがった。

III. 実験結果

1. 親の種の細胞学的観察

交配親に用いた各系統の花粉稔率を示すと Table 2 のごとくであった。すなわち *M. polonica* C 30 を除く他の系統は高い花粉稔性を示した。*M. polonica* C 30 は

Table 2. Pollen fertility of parental species and strains

parental species and strains	pollen fertility (%)	
<i>M. alba</i>	Arctic	99.2
	Cumino	99.3
	Bdn 928	93.1
	Denta	97.7
<i>M. suaveolens</i>	Biennial	97.0
	R. Y.	99.0
	Bdn 60-59	95.9
<i>M. polonica</i>	C 30	0.0
<i>M. hirsuta</i>	58-4	93.3

北欧原産の野生種で高温条件下で高度の花粉不稔を示すことが報告されており (JARANOWSKI 1961), 本実験においても温室内の高温条件のもとで生育したため完全な花粉不稔を示した。この *M. polonica* C 30 の花粉不稔の機構については、更に詳細な検討が必要であると考える。

一方、各系統の減数分裂の観察を行い M-1 の接合型を Fig. 1 に示した。すなわち、各系統とも減数分裂の各時期における染色体行動は正常であり M-1 において規則的に 8 II を形成した。とくに *M. polonica* C 30 は完全な花粉不稔を示したが、減数分裂の各時期において異常は認められなかった。このことは JARANOWSKI (1961) および喜多・新関 (1967) の結果と一致する。

以上のことから交雑親に用いた種の各系統は細胞学的に安定していると考えられる。

2. 種間雑種の細胞学的観察

各交雑組み合わせの種間雑種 F₁ の花粉稔率を一括して Table 3 に示した。*M. alba* × *M. suaveolens* の4組み

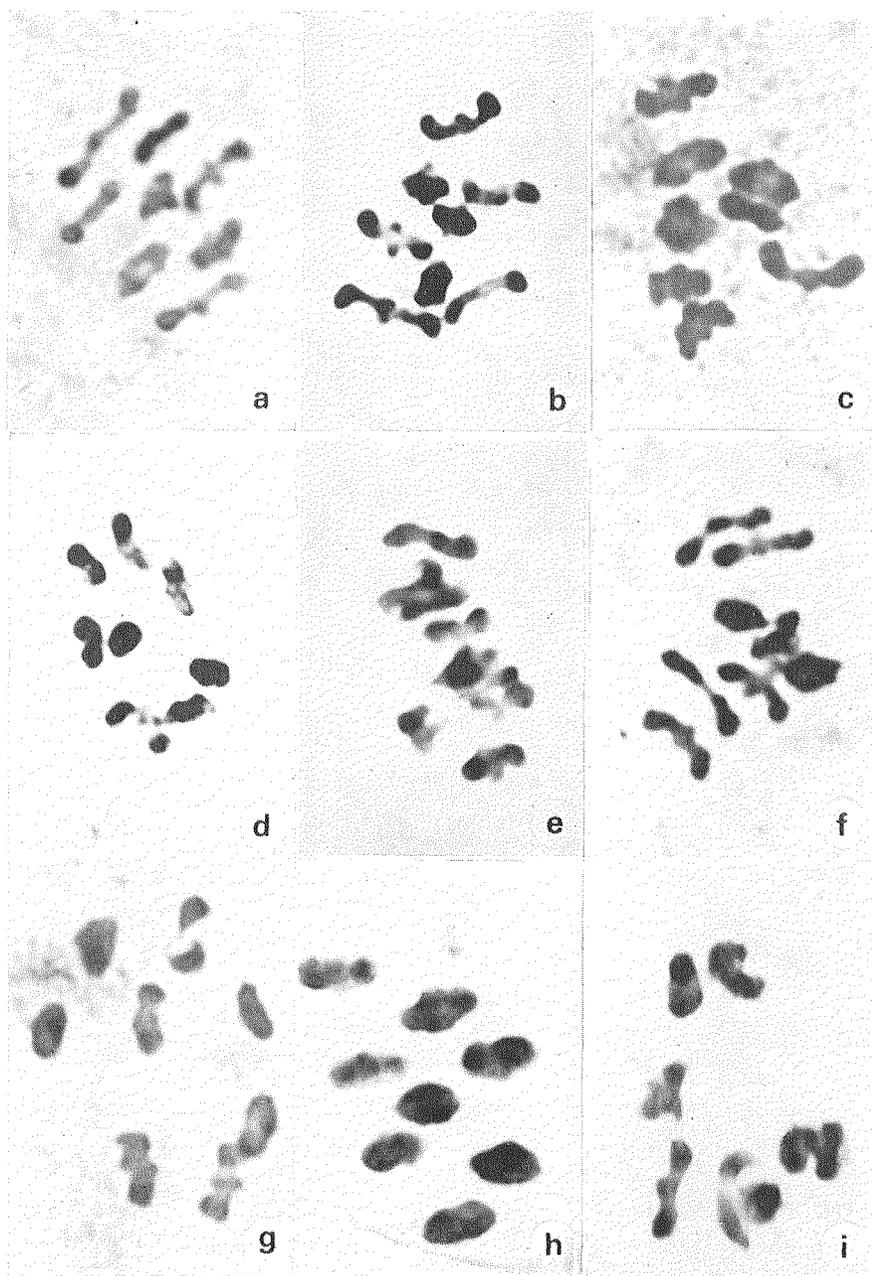


Fig. 1. Metaphase-I in meiosis of parental species. $\times 2425$.

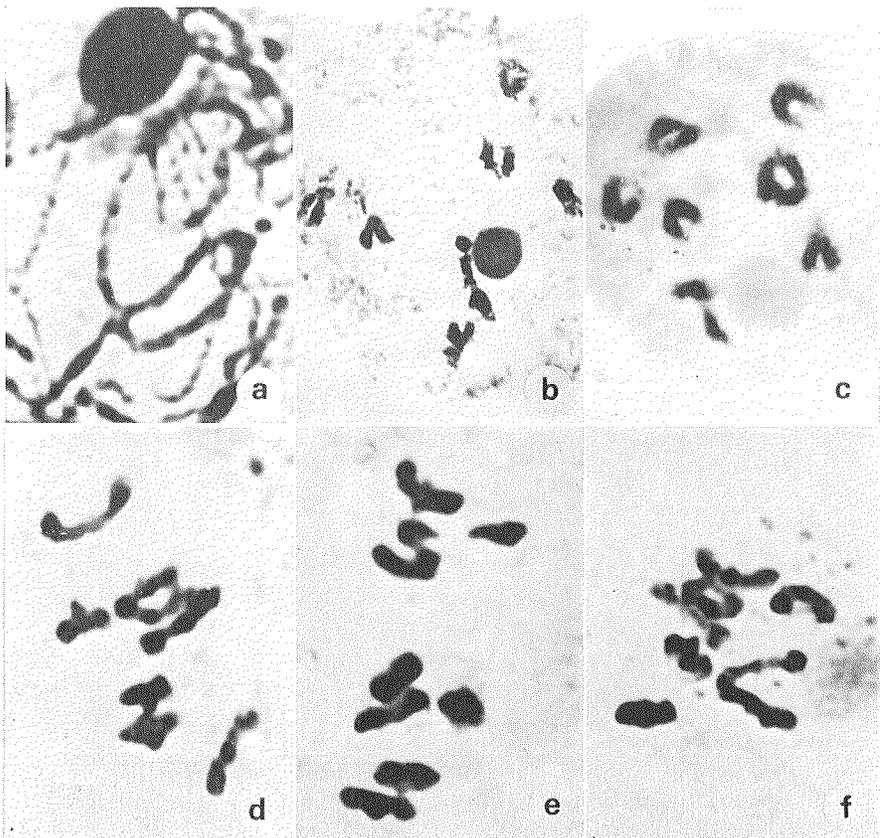
- | | | |
|-----------------------------------|----------------------------------|-------------------------------|
| a. <i>M. alba</i> Arctic | b. <i>M. alba</i> Cumino | c. <i>M. alba</i> Bdn 928 |
| d. <i>M. alba</i> Denta | e. <i>M. suaveolens</i> Biennial | f. <i>M. suaveolens</i> R. Y. |
| g. <i>M. suaveolens</i> Bdn 60-59 | h. <i>M. polonica</i> C 30 | i. <i>M. hirsuta</i> 58-4 |

合せの F_1 および *M. polonica* \times *M. suaveolens* F_1 が低い総性を示し、*M. hirsuta* \times *M. suaveolens* F_1 は高い総性を示した。

次に減数分裂の染色体行動の観察において、*M. alba* \times *M. suaveolens* の4組み合せの F_1 はいずれも各々類似の異常が認められた。すなわち、diakinesis において

Table 3. Pollen fertility of the interspecific F_1 hybrids

crosses	pollen fertility (%)
<i>M. alba</i> Arctic \times <i>M. suaveolens</i> Biennial	28.2
<i>M. alba</i> Cumino \times <i>M. suaveolens</i> Biennial	40.3
<i>M. alba</i> Bdn 928 \times <i>M. suaveolens</i> R. Y.	53.0
<i>M. alba</i> Denta \times <i>M. suaveolens</i> Bdn 60-59	19.1
<i>M. polonica</i> C 30 \times <i>M. suaveolens</i> R. Y.	20.4
<i>M. hirsuta</i> 58-4 \times <i>M. suaveolens</i> Bdn 60-59	87.6

**Fig. 2.** Different stages in meiosis of the F_1 hybrids, *M. alba* \times *M. suaveolens*.

- M. alba* Denta \times *M. suaveolens* Bdn 60-59 F_1 . Pachytene showing a cross-shaped configuration. $\times 2675$.
- M. alba* Cumino \times *M. suaveolens* Biennial F_1 . Diakinesis with 6 II plus a chain of 4 chromosomes. $\times 1300$.
- M. alba* Arctic \times *M. suaveolens* Biennial F_1 . Diakinesis with 6 II plus a ring of 4 chromosomes. $\times 1800$.
- M. alba* Cumino \times *M. suaveolens* Biennial F_1 . Metaphase-1 with 6 II plus a ring of 4 chromosomes which show adjacent separation. $\times 2425$.
- M. alba* Bdn 928 \times *M. suaveolens* R. Y. F_1 . Metaphase-1 with 1 III + 6 II + 1 I which show alternate separation. $\times 2425$.
- M. alba* Cumino \times *M. suaveolens* Biennial F_1 . Metaphase-1 with 1 IV + 6 II. $\times 2425$.

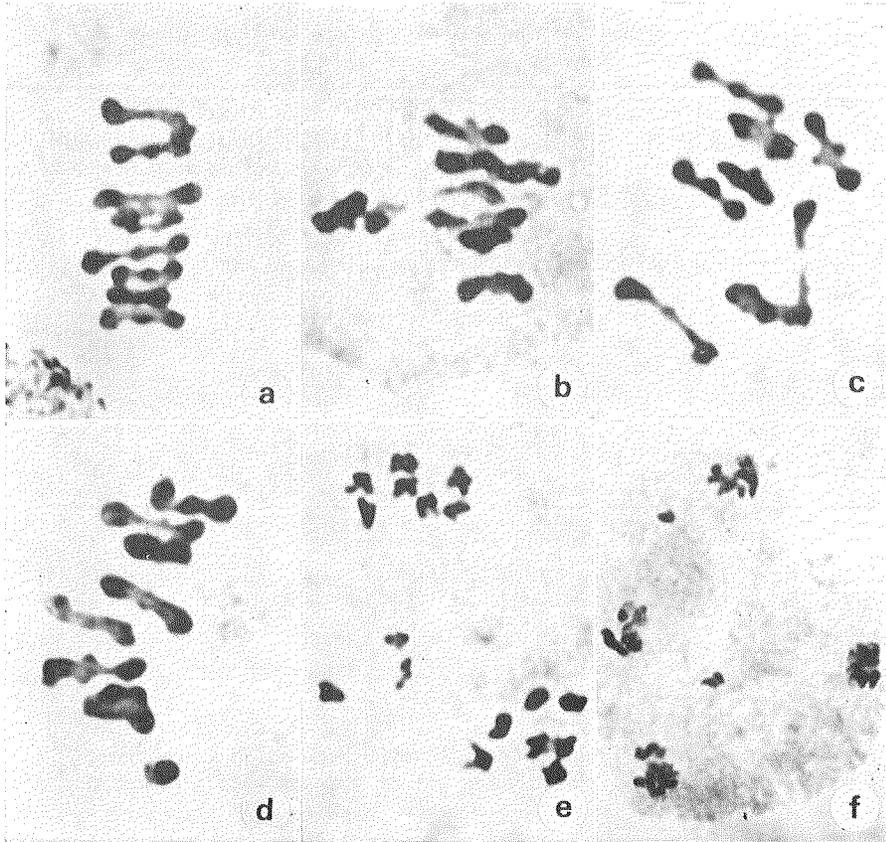


Fig. 3. Different stages in meiosis of the F_1 hybrids, *M. alba* × *M. suaveolens*.

- M. alba* Cumino × *M. suaveolens* Biennial F_1 . Metaphase-1 with 6 II plus a chain (U shape) of 4 chromosomes. ×2425.
- M. alba* Bdn 928 × *M. suaveolens* R. Y. F_1 . Metaphase-1 with 1 IV + 6 II. ×2425.
- M. alba* Cumino × *M. suaveolens* Biennial F_1 . Metaphase-1 with 1 III + 6 II + 1 I. ×2425.
- M. alba* Arctic × *M. suaveolens* Biennial F_1 . Metaphase-1 with 1 III + 6 II + 1 I. ×2425.
- M. alba* Bdn 928 × *M. suaveolens* R. Y. F_1 . Anaphase-1 with a lagging chromosome and chromatid separation. ×1725.
- M. alba* Bdn 928 × *M. suaveolens* R. Y. F_1 . Anaphase-2 with lagging chromosomes. ×1425.

1 IV + 6 II (Fig. 2 b, c) および 1 III + 6 II + 1 I の接合型が高頻度に出現し、他に 8 II および 7 II + 2 I の接合型が低頻度ながら観察された。それらの出現頻度は Table 4 に示したごとくである。各組み合わせとも M-1 においても diakinesis で観察された 4 接合型が出現したが (Fig. 2 d-f, 3 a-d), diakinesis に比べ 1 III + 6 II + 1 I の接合型の出現頻度が顕著に増加する傾向を示した (Table 4)。diakinesis および M-1 の染色体行動から原

則的に 1 つの IV 価染色体が形成され、この IV 価を形成する染色体の 1 本が多くの場合早期離反するために M-1 では 1 III + 6 II + 1 I の接合型の出現頻度が高くなるものと考えられる。この IV 価染色体の出現は、両親の種が 2 倍体であり規則的に 8 II を形成することから、これら種間雑種 F_1 が相互転座に関しヘテロ接合体となるために生ずるものと考えられる。また、*M. alba* Denta × *M. suaveolens* Bdn 60-59 F_1 の pachytene に

Table 4. Chromosome configurations at diakinesis and metaphase-1 and their distribution in later stages in the F₁ hybrids, *M. alba* × *M. suaveolens*

stages	frequency of PMCs with					total
	1 IV+6 II	1 III+6 II+1 I	8 II	7 II+2 I	normal	
(<i>M. alba</i> Arctic × <i>M. suaveolens</i> Biennial)						
Diakinesis	74	20	12	9		115
Metaphase-1	50	42	5	7		104
Anaphase-1					30	43
Anaphase-2					51	70
(<i>M. alba</i> Cumino × <i>M. suaveolens</i> Biennial)						
Diakinesis	78	10	14	3		105
Metaphase-1	96	33	10	1		140
Anaphase-1					30	45
Anaphase-2					43	44
(<i>M. alba</i> Bdn 928 × <i>M. suaveolens</i> R. Y.)						
Diakinesis	74	12	15	4		104
Metaphase-1	91	46	3	6		146
Anaphase-1					35	53
Anaphase-2					47	59

Table 5. Chromosome configurations at diakinesis and metaphase-1 and their distribution in later stages in the F₁ hybrids, *M. polonica* × *M. suaveolens* and *M. hirsuta* × *M. suaveolens*

stages	frequency of PMCs with				total
	8 II	7 II+2 I	normal	abnormal	
(<i>M. polonica</i> C 30 × <i>M. suaveolens</i> R. Y.)					
Diakinesis	70	1			71
Metaphase-1	84	19			103
Anaphase-1			53	2	55
Anaphase-2			19	1	20
(<i>M. hirsuta</i> 58-4 × <i>M. suaveolens</i> Bdn 60-59)					
Diakinesis	93	10			103
Metaphase-1	97	11			108
Anaphase-1			64		64
Anaphase-2			92	9	101

において相互転座を示す cross-shape が観察された (Fig. 2 a)。これらの F₁ が相互転座に関しヘテロ接合体であることは花粉稔率の観察とも一致する。An-1 および An-2 においては、遅滞染色体等による異常が観察された (Fig. 3 e, f)。

一方, *M. polonica* C 30 × *M. suaveolens* R. Y. F₁ および *M. hirsuta* 58-4 × *M. suaveolens* Bdn 60-59 F₁

における減数分裂の観察では, diakinesis および M-1 において高頻度に 8 II が形成され (Fig. 4 a, b, d, e, f), 他に低頻度ながら 7 II+2 I の接合型が観察された。また An-1 および An-2 においても顕著な異常は観察されなかった (Table 5)。すなわち, これら種間雑種 F₁ の染色体行動は正常であると考えられる。

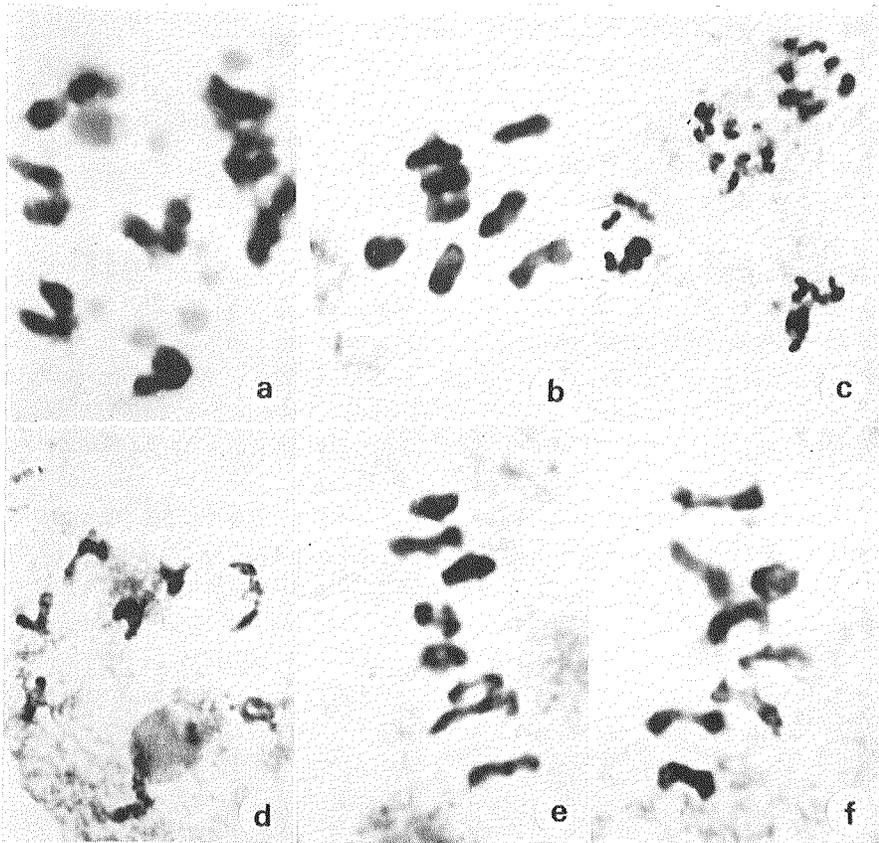


Fig. 4. Different stages in meiosis of the F₁ hybrids, *M. polonica* × *M. suaveolens* and *M. hirsuta* × *M. suaveolens*.

- a. *M. polonica* C 30 × *M. suaveolens* R. Y. F₁. Diakinesis with 8 II. ×2425.
 b. The same F₁ hybrid as a. Metaphase-I with 8 II. ×2425.
 c. The same F₁ hybrid as a. Anaphase-2 showing normal disjunction. ×1425.
 d. *M. hirsuta* 58-4 × *M. suaveolens* Bdn 60-59 F₁. Diakinesis with 8 II. ×1425.
 e. The same F₁ hybrid as d. Metaphase-I with 8 II. ×2425.
 f. The same F₁ hybrid as d. Metaphase-I with 8 II. ×2425.

IV. 論 議

本実験に供試した4種間の細胞学的関係に関し既に多くの報告がある。*M. alba* と *M. polonica* の間 (JARANOWSKI 1961) および *M. alba* と *M. hirsuta* の間 (喜多 1962) には相互転座に由来する染色体構造差の存在することが報告され、さらに喜多・新関 (1967) は *M. polonica* と *M. hirsuta* の交雑実験よりこの種間雑種 F₁ の染色体行動が正常であることを認め、*M. alba* と *M. polonica* の間および *M. alba* と *M. hirsuta* の間に存在する染色体の構造差が同一起源によるものであることを明らかにした。

また、WEBSTER (1950) は若干詳細な観察に欠けるが *M. alba* と *M. suaveolens* および *M. polonica* と *M. suaveolens* の間での種間雑種 F₁ の減数分裂における観察で共に染色体行動が正常であることを報告した。

しかしながら本実験結果より、*M. alba* と *M. suaveolens* の種間には相互転座に由来する染色体の構造差の存在することが明らかとなったが、このことは WEBSTER (1950) の報告とは異なる。

M. alba と *M. suaveolens* の種間に存在するこの染色体の構造差が、JARANOWSKI (1961) が報告した *M. alba* と *M. polonica* の種間に存在する染色体の構造差と同じ性質かどうかを知ることは興味がある。筆者らは

予め *M. alba*, *M. hirsuta* および *M. polonica* の3つの種の間の種間雑種 F_1 を本実験に供試した同一系統を交配親として作出し、これら種間の細胞学的関係を再検討したが、その結果は前述の喜多・新関(1967)と明らかに一致した。したがって、*M. polonica* と *M. suaveolens* の種間雑種 F_1 の染色体行動を観察することにより判明出来ることになる。すなわち、本実験より明らかになごとく、*M. polonica* × *M. suaveolens* F_1 の花粉稔率は高く減数分裂の染色体行動は正常であることより *M. alba* と *M. suaveolens* の間および *M. alba* と *M. polonica* の間に存在する染色体の構造差が同一起源のものであると考えられる。

また、これらのことより *M. hirsuta* × *M. suaveolens* F_1 の減数分裂における染色体行動は正常に行われることが当然推定されるが、本実験の *M. hirsuta* 58-4 × *M. suaveolens* Bdn 60-59 F_1 の減数分裂における染色体行動は正常であり、観察結果と完全に一致する。

以上のことより、供試4種の間の細胞学的関係について、*M. suaveolens*, *M. polonica* および *M. hirsuta* は同一染色体構造を有するが、*M. alba* は1個の相互転座により染色体の構造を前3種と異にすると考えられる。これら4種の細胞学的関係を図示すると Fig. 5 のごとくである。

しかしながら、本実験に供試した材料はいずれも2年生の系統である。1年生の系統との間に染色体の構造に関し差異が存在しないかどうか今後明らかにする必要があると思われる。

さらに、SHASTRY *et al.* (1960) は、WEBSTER (1955) が胚培養により作出した *M. officinalis* と *M. alba* の種間雑種 F_1 の染色体行動が正常であることを報告した。しかしながら、喜多・佐野(1972)は *M. alba* と特異的に交雑可能な *M. officinalis* P. I. 178985 と *M. alba* の

間には相互転座に由来する染色体の構造差が存在することを明らかにし、SHASTRY *et al.* (1960) とは異なる結果を得た。

これらのことより、*M. officinalis* の各系統と *M. alba*, *M. suaveolens*, *M. polonica* および *M. hirsuta* との関係については部分的に明らかになってきているがさらに研究を積み重ねる必要があると考える。

V. 摘 要

Melilotus 属 (Sweetclover) の系統発生に関し、種間の細胞学的関係を明らかにする目的で、一連の交雑実験を遂行中であるが、*Eumelilotus* 亜属に含まれる *M. alba*, *M. suaveolens*, *M. polonica* および *M. hirsuta* の間の細胞学的な研究結果を取り纏め報告した。その結果を要約すると次のごとくである。

1. 本実験に供試した系統に関する限り、*M. alba* と *M. suaveolens* の2種には種内における染色体の構造差に関する系統間差異は認められなかった。

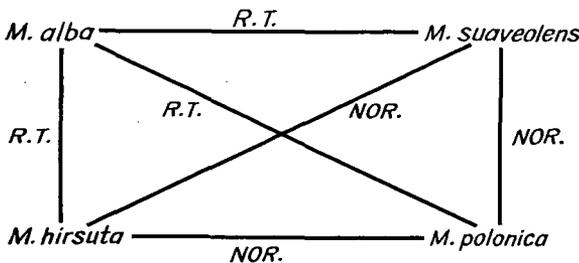
2. *M. alba* × *M. suaveolens* F_1 における減数分裂の diakinesis および M-1 において1つの IV 価染色体が出現し、また pachytene では相互転座を示す cross-shape が観察された。これらのことより、*M. alba* と *M. suaveolens* の種間には相互転座に由来する染色体の構造差の存在することが明らかとなった。

3. *M. polonica* × *M. suaveolens* F_1 および *M. hirsuta* × *M. suaveolens* F_1 の減数分裂における染色体行動は正常であり、このことより *M. suaveolens*, *M. polonica* および *M. hirsuta* の間には細胞学的差異はないことが明らかとなった。

4. 以上のことから、*M. alba* と他の3種すなわち *M. suaveolens*, *M. polonica* および *M. hirsuta* との間には非相同染色体間に起る1個の相互転座による染色体の構造差が存在することが明らかとなった。

参 考 文 献

- 1) BRINGHURST, R. S. (1951): Genetic analysis of chlorophyll deficiency in *Melilotus alba* × *M. dentata* hybrids with some observations on meiotic irregularities. Summaries of Doctoral Dissertations, Univ. of Wis. 11: 96-97.
- 2) GREENSHIELDS, J. E. R. (1954): Embryology of interspecific crosses in *Melilotus*. Canad. J. Bot. 32: 447-465.
- 3) JARANOWSKI, J. K. (1961): Semisterility in the interspecific hybrid *Melilotus polonica* × *M. alba*.



R. T. reciprocal translocation
NOR. normal

Fig. 5. Cytological relationship among four species of *Eumelilotus*.

- Amer. J. Bot. 48: 28-35.
- 4) ————— (1963): Cytological studies in the F₁ sterility of the interspecific hybrid *Melilotus alba* × *M. polonica*. *Genetica polonica* 4: 53-63.
- 5) 喜多富美治 (1962): *Melilotus* 属の種間雑種に関する育種学的基礎研究. 第 I 報 種間雑種, *Melilotus alba* × *M. hirsuta* の細胞遺伝. 北大農学部邦文紀要 4: 64-74.
- 6) KITA, F. (1965): Studies on the genus *Melilotus* (Sweetclover) with special reference to interrelationships among species from a cytological point of view. *J. Fac. Agri. Hokkaido Univ.* 54: 25-122.
- 7) 喜多富美治・新関 稔 (1967): *Melilotus* 属の種間雑種に関する育種学的基礎研究. 第 VI 報 種間雑種, *Melilotus polonica* × *M. alba* および *M. polonica* × *M. hirsuta* の細胞学的研究. 北大農学部附属農場報告 15: 38-43.
- 8) —————・佐野芳雄 (1972): 第 VII 報 種間雑種, *Melilotus officinalis* P. I. 178985 × *M. alba* var. *Cumino* の細胞遺伝. 北大農学部附属農場報告 18: 1-6.
- 9) LANG, R. C., and H. J. GORZ (1960): Factors affecting embryo development in crosses of *Melilotus officinalis* × *M. alba*. *Agrono. J.* 52: 71-74.
- 10) SHASTRY, S. V. S., W. K. SMITH, and D. C. COOPER (1960): Chromosome differentiation in several species of *Melilotus*. *Amer. J. Bot.* 47: 613-621.
- 11) SMITH, W. K. (1954): Viability of interspecific hybrids in *Melilotus*. *Genetics* 39: 266-279.
- 12) WEBSTER, G. T. (1950): Fertility relationships and meiosis of interspecific hybrids in *Melilotus*. *Agrono. J.* 42: 315-322.
- 13) ————— (1955): Interspecific hybridization

of *Melilotus alba* × *M. officinalis* using embryo culture. *Agrono. J.* 47: 138-142.

Summary

Meiotic chromosome behavior was studied on three interspecific F₁ hybrids, *Melilotus alba* × *M. suaveolens*, *M. polonica* × *M. suaveolens*, and *M. hirsuta* × *M. suaveolens* in order to resolve the cytological interrelationships among species classified taxonomically in the subgenus *Eumelilotus*.

The results obtained are summarised as follows:

1. The meiotic chromosome behaviors of parental species and strains were regular, and different strains of *M. alba* and *M. suaveolens* were used in crosses but any intraspecific differences in chromosome structure were not detected in these two species.

2. In the hybrids, *M. alba* × *M. suaveolens*, a cross shaped configuration at pachytene and four types of configurations such as 1 IV+6 II, 1 III+6 II+1 I, 7 II+2 I, and 8 II at diakinesis and metaphase-1 were observed.

These observations indicate that the F₁ hybrid is heterozygous for a reciprocal translocation.

3. In the other two hybrids, *M. polonica* × *M. suaveolens* and *M. hirsuta* × *M. suaveolens*, the courses of meiosis were regular.

These observations indicate that the cytological relationships among *M. suaveolens*, *M. polonica*, and *M. hirsuta* are normal.

4. Consequently, it is considered that *M. alba* has differences in chromosome structure from the other three species, *M. suaveolens*, *M. polonica*, and *M. hirsuta*, which have resulted from one reciprocal translocation.