様　式　Ｃ－１９、Ｆ－１９、Ｚ－１９　（共通）

科研費 KAKENHI

科学研究費助成事業　　研究成果報告書

平成 ２８ 年　 ６ 月 ２０ 日現在

機関番号：８２１１１
研究種目：基盤研究(C)（一般）
研究期間：2013～2015
課題番号：２５４５００３３

研究課題名（和文）普通ソバ半矮性系統の諸特性の解明

研究課題名（英文）Characteristics of semidwarf common buckwheat line

研究代表者

森下　敏和（Morishita, Toshikazu）

国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構・北海道農業研究センター畑作物開発利用研究領域・グループ長

研究者番号：３０４１４９４９

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費）　　3,100,000円

研究成果の概要（和文）：「半矮性系統」と野生型を交配して得られたF2の分離は3:1に適合していたため、劣性の1遺伝子支配であると考えられた。対立検定の結果、過去に報告された遺伝子座とは異なる遺伝子を有する新規半矮性であると考えられた。
既存の半矮性について「キタワセソバ」をバックグランドとする近同質系統を作成して栽培比較した結果、概ね収量性に優れていた。この半矮性遺伝子は既存の半矮性よりも育種素材として有望であることが示された。
「半矮性系統」および「キタワセソバ」とも標準施肥量では窒素が十分でないことが明らかになった。多肥条件では「半矮性系統」は倒伏が少なく収穫指数が高いことが多収を得るのに有利であると考えられた。

研究成果の概要（英文）：The segregation patterns of the wild type and semidwarf type of F2 between semidwarf lines and a self-compatible line were 3:1. Furthermore, the segregation patterns of F2 obtained by sib-cross between semidwarf lines and Kitawasesoba were also 3:1. These results appeared that the semidwarf trait is controlled by one recessive gene. The allelism test indicated that the discovered semidwarf type has a novel semidwarf gene.
Near isogenic lines of existing and new semidwarf lines those background was Kitawasesoba were developed and compared the characteristics of cultivation. This new semidwarf gene was superior to other semidwarf ones. We concluded that this new semidwarf is available for breeding material.
It is revealed that standard amount of fertilizer was insufficient for both semidwarf line and Kitawasesoba. Lower lodging frequency and higher harvest index of semidwarf line were advantageous in heavy manuring culture for obtaining high yield compared to Kitawasesoba.

研究分野：農学

キーワード：普通ソバ　半矮性　遺伝様式　近同質遺伝子系統　施肥　栽植様式　収量性

１．研究開始当初の背景

ソバは子実に含まれるタンパクや灰分含量が高く、血圧降下作用を有するルチンを含み、抗酸化能も高く、栄養性・機能性に優れた食材である。しかしながらソバの収量水準は全国平均 70～80kg/a 前後で推移しており、他の主要な作物と比較して低い。この理由として収量性が大幅に改良された品種が育成されていないことがあげられる。ソバの収量性に関しては、品種間差異や栽培条件（施肥法、播種密度、播種時期など）などに関する報告は多数あるが、草型と収量との関係についての研究は多くなく、半矮性を対象にした研究はほとんど無い。半矮性はイネやムギなどで収量性の向上に貢献した形質であり、ソバの収量性の向上にとっても重要な形質であると考えられる。過去に遺伝学からのアプローチとして普通ソバの矮性遺伝子座（***dwA***～***dwF***の６座）について報告されてはいるが、収量性との関係については検討されていない。

一方、育種学からのアプローチとしては、安定多収を目的として草丈低く子実重の大きい品種の育成が進められてきた。しかしながらこれまでの品種は、既存の集団からの選抜によるものがほとんどで、草型が従来型とほぼ同型である。このため収量性が飛躍的に改善された品種は無く、半矮性と収量性の関係を解析するのに適した素材も存在しなかった。

近年、同じソバ属のダッタンソバに関しては突然変異育種により半矮性系統が育成され、遺伝子座として***sdA***と***sdB***が存在することが示された。現在は収量性との関係について解析が進められている。

数年前、我々は普通ソバの育成集団の中から草丈が「キタワセソバ」の約半分の半矮性の素材を見出した。この半矮性の起源は不明であるが、自然突然変異か他植性の集団の中で劣性形質として潜在化していたものによると推測される。その後、個体選抜と異形淘汰により半矮性を固定するのに成功した。予備調査の結果、標準栽培の半矮性系統の収量比は「キタワセソバ」の約 8 割であった。普通ソバにはこのような素材はこれまで無く、品種改良およびソバの収量性を研究する上で興味深い素材である。

２．研究の目的

(1)自殖ソバおよび普通ソバ（他植性）を利用して半矮性の遺伝様式について明らかにする。また既存の矮性系統と半矮性系統の遺伝子座が同一かあるいは新規遺伝子かどうか明らかにする。

(2)半矮性遺伝子座と既存の矮性遺伝子座の表現型に対する効果を明らかにする。そのために従来型の品種と交配および戻し交配を行い、矮性各遺伝子座の近同質遺伝子系統を作成し、栽培評価を行う。

(3)半矮性の生育様式や物質分配および収量の形成過程等について従来型との差異を解明する。また様々な栽培条件（窒素施肥、播種密度、播種時期等）を検討し、半矮性系統の潜在能力を最大限に発揮できる栽培法を明らかにする。さらにそのような栽培条件における生育様式を明らかにする。

３．研究の方法

(1) 半矮性の遺伝様式の解明

半矮性系統の長柱花個体（$\boldsymbol{s\,s}$）に従来型の自殖系統（$\boldsymbol{S}^{h}\boldsymbol{S}^{h}$）を交配して自殖性$\mathrm{F}_1$($\boldsymbol{S}^{h}\boldsymbol{s}$)を作成する。その$\mathrm{F}_1$の自殖により得られた$\mathrm{F}_2$の草丈の分離を調査し、半矮性の遺伝様式を明らかにする。それと並行して従来型の他殖品種との交配も行い、F_1の兄弟交配により得られたF_2の草丈の分離を調査し、半矮性の遺伝様式を明らかにする。また過去に報告されている***dwA***～***dwF***と育成した半矮性系統***dw?***（以下遺伝子座を***dw?***と表記する）を交配し、得られた後代の草型から***dw?***が既存の遺伝子座か、あるいは新規遺伝子かどうか明らかにする（対立性検定）。

自殖性半矮性個体の自殖および他殖性半矮性系統の兄弟交配によって得られたそれぞれのF_2種子（分離世代）を播種し、草型の分離を調査し、遺伝様式を明らかにする。

(2) 矮性および半矮性遺伝子座の表現型に対する効果の比較

dw?および***dwA***～***dwF***それぞれの近同質遺伝子系統の作成のため、従来型品種と交配および戻し交配を行い、従来型品種に半矮性を導入した近同質遺伝子系統を作成する。これらを栽培評価に供試し、農業関連形質等を調査し、遺伝子座の効果を比較検討する。

(3) 半矮性系統の生育特性および栽培環境に対する生育反応の解明

半矮性系統と従来型品種について、窒素施肥量、播種密度および播種時期等、様々な栽培条件を設定し、それぞれの栽培条件が子実収量などの農業関連形質に及ぼす影響を検討する。施肥条件は窒素 1.8g gm^{-2}、リン酸 7.2 gm^{-2}、カリ 4.2 gm^{-2}を標準施肥量として 2013 年は窒素 2 倍区(N2)、5 倍区(N5)、10 倍区（N10） を設けた。2014 年は窒素 5 倍区と 10 倍区に加えて、窒素リン酸カリ 5 倍(NPK5)および 10 倍区(NPK10)を設けた。畦間は 60㎝を標準として 2013 年は 30㎝畦間区を設けた。

４．研究成果

(1) 半矮性の遺伝様式の解明

半矮性の遺伝様式を明らかにするために近縁種から自家和合性を導入した自殖性ソバおよび従来型の他殖性ソバ品種を用いて交配実験を行った。その結果、半矮性系統に自家和合性系統を交配して得られた自家和合性F_1を自殖させて得られたF_2の分離は 3:1

に適合していた（表1）。さらに半矮性系統に他殖性のキタワセソバを交配して得られたF_1をF_1同士による兄弟交配で得られたF_2分離は3:1に適合していた（表1）。これらの結果から半矮性は単一の劣性遺伝子に支配されていると考えられた。

表1. 半矮性系統と自殖系統および半矮性系統とキタワセソバの交配F_2世代における草型の分離

組合せ	反復	F_2の個体数		χ^2	p	
		野生型	半矮性	3：1		
1-7×IH2	1	14	4	0.0741	0.7855	
1-7×IH2	2	18	1	3.9474	0.0469	*
1-12×IH2	1	55	22	0.5238	0.4692	
1-12×IH2	2	36	13	0.0612	0.8046	
1-12×IH2	3	135	44	0.0168	0.8970	
1-3×キタワセソバ	1	78	47	10.5840	0.0011	**
1-3×キタワセソバ	2	107	33	0.1524	0.6963	
キタワセソバ×1-3	1	111	36	0.0204	0.8864	
キタワセソバ×1-3	2	80	24	0.2051	0.6506	
キタワセソバ×1-3	3	84	24	0.4444	0.5050	
キタワセソバ×1-3	4	101	25	1.7884	0.1811	
キタワセソバ×1-3	5	76	30	0.6164	0.4324	
1-7×キタワセソバ	1	108	30	0.7826	0.3763	
1-7×キタワセソバ	2	108	24	3.2727	0.0704	
1-7×キタワセソバ	3	111	19	7.4769	0.0062	**
1-7×キタワセソバ	4	96	22	2.5424	0.1108	
キタワセソバ×1-7	1	96	16	6.8571	0.0088	**
1-12×キタワセソバ	1	112	28	1.8667	0.1719	

*, **:5%および1%水準でそれぞれ有意。
1-3, 1-7, 1-12は同一集団由来の半矮性系統。

半矮性が既存の遺伝子か新規遺伝子かどうか明らかにするために、半矮性系統に遺伝子座が既知の半矮性系統（***dwA*～*dwF***）を交配して得られたF_1の草型を調査した（対立性検定）。その結果、ほとんどのF_1は野生型を示したため、本研究に供試した半矮性は新規遺伝子であると推測された（表2）。

表2. 対立性検定の結果

種子親		花粉親		F_1の個体数	
遺伝子型	花型	遺伝子型	花型	野生型	半矮性
dwA	T	?	P	96	8
dwB	T	?	P	4	0
dwC	T	?	P	62	3
dwD	T	?	P	21	15
dwE	T	?	P	59	2
dwF	T	?	P	19	2
?	P	*dwA*	T	236	4
?	P	*dwB*	T	116	8
?	P	*dwC*	T	66	1
?	P	*dwD*	T	66	2
?	P	*dwE*	T	64	4
?	P	*dwF*	T	67	0
dwA	P	?	T	16	4
dwC	P	?	T	17	2
dwE	P	?	T	7	4
?	T	*dwA*	P	380	6
?	T	*dwB*	P	19	2
?	T	*dwC*	P	14	5
?	T	*dwE*	P	42	3
?	T	*dwF*	P	2	0

花型Tは短花柱花、Pは長花柱花。
？：半矮性の遺伝子型。

(2) 矮性および半矮性遺伝子座の表現型に対する効果の比較

それぞれの矮性、半矮性の遺伝子の効果を比較するために「キタワセソバ」をバックグランドとする半矮性および***dwA***、***dwB***、***dwC***、***dwD***、***dwE***の近同質系統を作成して栽培比較した。供試したのはBC_1F_3 BC1F3 世代であるが、既知の半矮性よりも概ね収量性に優れていることが確認できた（表3）。***dwC***と***dWD***は生育不良により十分な採種ができず、結果としてこの「半矮性系統」は既存の半矮性よりも育種素材として有望であることが示された。

表3. 各半矮性のキタワセソバ戻し交配による素材の特性.

戻し交配素材	草丈 cm	全重 gm^{-2}	子実重 gm^{-2}	千粒重 g	収穫指数
*sdA*戻し交配素材	101.1	1350	270	34.2	0.191
*sdB*戻し交配素材	112.8	1383	323	28.2	0.225
*sdE*戻し交配素材	97.7	967	154	31.3	0.153
*sdF*戻し交配素材	86.8	1250	336	29.2	0.259
半矮性戻し交配素材1	60.9	450	168	31.7	0.358
半矮性戻し交配素材2	64.8	1050	388	33.5	0.355
半矮性戻し交配素材3	71.7	700	249	31.5	0.341
半矮性戻し交配素材4	80.9	983	291	30.6	0.285
キタワセソバ	94.1	1450	421	31.1	0.279

戻し交配世代はBC_1F_3。
*sdC*と*sdD*は十分な採種ができなかった。

(3) 半矮性系統の生育特性および栽培環境に対する生育反応の解明

半矮性系統の草丈は「キタワセソバ」の約6割，子実重は約9割，収穫指数は「キタワセソバ」よりも高く倒伏は少なかった．一次分枝数と総花房数は半矮性系統の方が，主茎節数は「キタワセソバ」の方が多かった（データ略）。

表4. 2013～2015年の栽培試験の結果

年次	品種系統	畦間 cm	施肥	草丈 cm	全重 gm^{-2}	子実重 gm^{-2}	倒伏程度	窒素含量gkg^{-1} 茎葉	子実
2013	半矮性系統	30	標肥	52	367	87	0.0	9.0	19.6
			N2	56	394	87	0.0	15.2	21.9
			N5	56	519	103	0.0	15.8	22.2
			N10	64	547	137	0.0	26.6	23.5
			分N10	63	556	116	0.0	23.6	25.9
		60	標肥	60	350	67	0.0	11.8	21.3
			N2	61	381	77	0.0	12.8	21.7
			N5	67	492	141	0.5	20.0	23.1
			N10	68	522	135	1.0	30.2	25.1
			分N10	66	475	123	0.0	29.2	24.7
	キタワセソバ	30	標肥	110	511	86	0.0	11.7	20.3
			N2	108	519	93	0.0	13.0	20.3
			N5	114	636	141	0.5	14.8	22.5
			N10	125	814	210	2.5	19.3	24.0
			分N10	124	756	211	1.0	19.5	24.6
		60	標肥	111	490	80	0.0	11.2	20.5
			N2	114	508	106	0.5	13.2	21.1
			N5	118	644	155	2.0	12.3	22.9
			N10	121	761	191	3.0	16.2	23.5
			分N10	116	750	208	1.0	19.0	23.8
2014	半矮性系統	60	標肥	69	475	148	0.0	8.6	21.1
			N5	74	614	157	1.0	13.8	22.0
			N10	82	611	145	2.0	18.0	24.7
			NPK5	86	549	131	1.0	17.7	23.3
			NPK10	88	500	95	1.5	20.0	24.7
	キタワセソバ	60	標肥	111	574	134	1.0	14.6	20.7
			N5	128	671	143	1.5	17.0	22.8
			N10	122	683	128	3.5	22.1	23.8
			NPK5	133	693	136	2.5	13.8	22.6
			NPK10	131	622	95	3.5	18.0	24.4
2015	半矮性系統	60	標	54	422	110	0.0	19.6	27.1
			N5	60	431	103	0.5	24.6	28.5
			分N5	54	450	112	0.0	24.0	29.0
	キタワセソバ	60	標	87	550	147	1.0	16.5	25.4
			N5	91	639	147	1.5	20.6	27.1
			分N5	91	592	153	1.0	22.7	26.9

標準施肥量：N 1.8、P_2O_5 7.2、K_2O 4.2 (gm^{-2}) 。
N2、N5、N10：それぞれ窒素2倍、5倍、10倍。
NPK5、NPK10：それぞれ窒素リン酸カリ5倍、10倍。
分:分施。倒伏程度：0無～5甚。

半矮性系統の畦間30 cmと60 cmの影響を検討した結果，有意差のあった形質は無く，畦間の影響は認められなかった。窒素施肥量を増やすことにより半矮性系統および「キタワセソバ」とも子実重は増加したが、5倍窒素（同9 gm^{-2}）と10倍窒素の差は明確でなかった（表4）。また3要素多肥よりも窒素のみ多肥の方が多収であった。半矮性系統および「キタワセソバ」ともに標肥区と2倍窒素区（同3.6 gm^{-2}）では施肥窒素＜吸収窒素、5倍

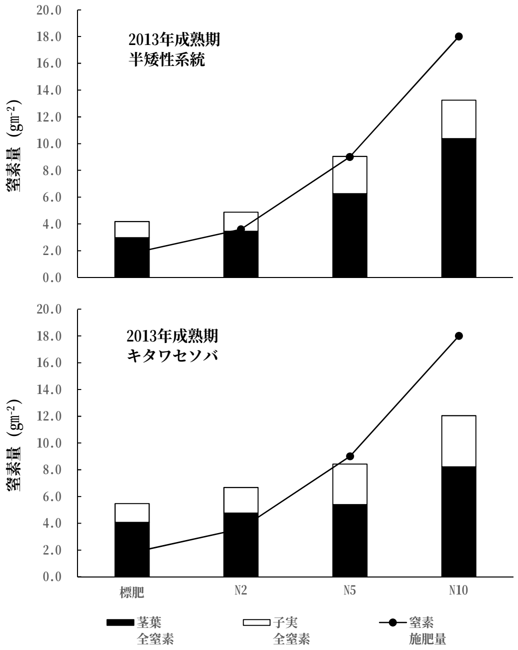

図1　2013年の栽培試験における窒素施肥量と茎葉および子実の窒素蓄積量との関係
N2、N5、N10：それぞれ窒素2倍、5倍、10倍。

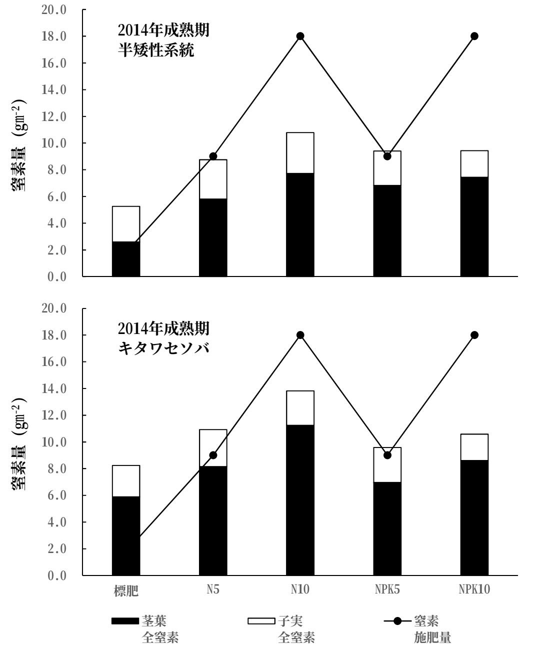

図2　2014年の栽培試験における窒素施肥量と茎葉および子実の窒素蓄積量との関係
N5、N10：それぞれ窒素5倍、10倍。
NPK5、NPK10：それぞれ窒素リン酸カリ5倍、10倍。

窒素区では施肥窒素　吸収窒素、10倍窒素区は施肥窒素＞吸収窒素であった（図1、2）。全試験区において半矮性素材の倒伏はキタワセソバよりも少なく、収穫指数はキタワセソバよりも高かった。これらのことから半矮性素材の子実重がキタワセソバを上回る要因として、多肥でも倒伏が少なく収穫指数の高いことにあると考えられた。以上の結果、半矮性系統は収量性や耐倒伏性の点で育種母本として有望であると思われた。また施肥量と登熟特性との関係については未解明であり今後の検討課題である。

５．主な発表論文等

（研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線）

〔雑誌論文〕（計　１件）

① 森下敏和、鈴木達郎、六笠裕治、Characteristics of a novel ‘semidwarf material’ in common buckwheat. Fagopyrum，査読有，32、2015、9-14.

〔学会発表〕（計　２件）

① 森下敏和、鈴木達郎、普通ソバ新規半矮性系統の栽培特性、日本作物学会第240回講演会要旨集.
平成27年9月6日発表
信州大学（長野県長野市）

② 森下敏和、鈴木達郎、六笠裕治、普通ソバの新規半矮性素材の遺伝様式、育種学研究、16（別1）.
平成26年3月22日発表
東北大学（宮城県仙台市）

〔図書〕（計　０件）

〔産業財産権〕

○出願状況（計　０件）

○取得状況（計　０件）

〔その他〕

なし

６．研究組織

(1)研究代表者

森下　敏和（MORISHITA, Toshikazu）
国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構・北海道農業研究センター・畑作物開発利用研究領域・資源作物グループ長
研究者番号：３０４１４９４９