

形態および成長特性の主成分分析による ネギの品種分類の検証

若生 忠幸・塚崎 光・小原 隆由・吉田 昌美*・島崎 聡**・安藤 利夫***
山下 謙一郎****・小島 昭夫*****

(平成20年11月11日受理)

Verification of Variety Classification of Bunching Onion Based on Principal Component Analysis of Morphological Traits and Growth Habits

Tadayuki Wako, Hikaru Tsukazaki, Takayoshi Ohara,
Masami Yoshida*, Satoshi Shimazaki**, Toshio Ando***,
Ken-ichiro Yamashita**** and Akio Kojima*****

I 緒言

ネギは、中央アジアに自生する近縁野生種 *Allium altaicum* を祖先種として、中国西北部で誕生したと考えられ (Friesenら, 1999), 東アジアを中心に古くから栽培され、多様な品種が分化している (熊沢ら, 1965, Ford-Lloydら, 1993). わが国にも各地に多数の品種が存在し、用途および生態的特徴からいくつかの品種群に類別されている。ネギは、土寄せすることで伸長、軟白させた葉鞘部を利用する根深ネギと、土寄せはほとんど行わず主に葉身部を利用する葉ネギの二つの用途に区分される。中国では根深ネギとして用いられる大葱群、葉身部を利用する葉葱群および兼用種群に大別され、これら三群が各地方からわが国に導入され定着した後、今日の加賀群、千住群、九条群として分布するに至ったと考えられている (熊沢ら, 1956). 加賀群は、寒冷地に適応し、冬期に休眠する夏ネギ型の生態的特徴を示し、千住群および九条群の多くは冬期に休眠せず低温伸長性がある冬ネギ型の特徴を持つ。また、形態的特徴から加賀群はさらに根深ネギ用の下仁田系および加賀系、葉ネギ用の岩槻系に分類される。千住群は主に根深ネギに使われ、葉色の濃さ、低温伸長性の程度などから千住黒柄、

千住合黒、千住合柄、千住赤柄系等に系統分化している。また九条群は、愛知県を中心に栽培され、葉身部と軟白させた葉鞘部の両方を利用する越津系と、主に西日本で栽培される九条太、九条細系等に類別される。この他に、晩抽性について選抜された晩ネギ群や葉鞘外皮が紫紅色に発色する赤ネギなども知られている。このように日本のネギ品種は、主要な形態的・生態的特徴に注目して分類されてきたが、その後、生産性や適応性を向上させるための選抜・交雑育種が積極的に行われ、各品種群の中間的な特性を持つ品種が多数存在するようになった。また、これまでの品種分類は、品種名や育成者の達観に基づき類別されることが多かったため、各品種群への分類基準は明確になっていない。

本研究では、多数のネギ育成品種および遺伝資源を複数年次にわたって栽培・調査し、主要な外観形質および成長特性の客観的分析に基づいてこれまでの分類体系を再評価するとともに、各形質間の相関を明らかにすることで、育種の基礎的知見を得ることを目的とした。また、解析結果からこれまでの品種群・系の分類体系によく適合する標準品種を数品種ずつ選定し、品種特性の評価の客観的指標となるような形態および成長特性を明らかにしようとした。

〒514-2392 三重県津市安濃町草生360

野菜育種研究チーム

* トキタ種苗 (株)

** みかど協和 (株)

*** 千葉県印旛農林振興センター

**** 野菜ゲノム研究チーム

***** 現 企画管理部長

II 材料および方法

1 材料

農業生物資源研究所ジーンバンクに登録され、野菜茶業研究所で保存されているネギ遺伝資源142品種・系統と近縁野生種 (*A. altaicum* Pall.) 2系統および市販のネギF₁品種13品種の計157品種・系統を供試した(表-1)。各々の由来や品種名、育成者の記述等に基づき、19種類の品種群・系に類別した。

2 特性調査

以下の調査はすべて、野菜茶業研究所(三重県津市安濃町)内で実施した。

a 形態特性および開花期

1997年3月11日および1999年3月3日に雨よけハウス内地床に播種し、条間12cm、株間1cm(833株/m²)となるように間引き、育苗した。播種床の施肥量は、N:P₂O₅:K₂O=13.5:19.5:13.5kg/10aとした。1997年6月18日および1999年5月26日に、露地圃場(黒ボク土)に株間5cm、畦間100cmの栽植密度で、表-1の品種・系統順に3反復となるように移植し、慣行により数回土寄せを行った。施肥量は、基肥としてN:P₂O₅:K₂O=8.0:18.0:6.0kg/10a、土寄せ時に追肥として合計でN:P₂O₅:K₂O=14.8:4.0:12.8kg/10aを施用した。10月に各区5個体について葉身長、葉鞘長、葉身折径、葉鞘中央部径、分げつ数を調査し、1998年および2000年春には開花期(調査株数の50%が開花した日)を調査した。これらの形質については、2回の調査の平均値を形質値とした。また、2000年春には、花茎長、小花柄長、花茎折径を調査するとともに、放任受粉により採種し、精選・乾燥した種子200粒(3反復)の重さを測定し、種子千粒重を算出した。なお、葉身折径および花茎折径は、最大葉および花茎の中央部を押しつぶした状態の幅とした。

b 高温伸長性

1999年3月3日に雨よけハウス内地床に播種し、5月26日に露地圃場に定植した。定植日、7月7日、9月2日および10月18日に、各区5-10個体(3反復)を掘り上げて茎葉新鮮重を測定した。平均茎葉新鮮重に基づいて、5-7月、7-9月および9-10月における相対成長率[RGR (/day)]を次式により算出した。

$$RGR = [\ln(W_2 / W_1)] / (t_2 - t_1)$$

(ln は自然対数、W₁、W₂はそれぞれの播種後t₁日後およびt₂日後における茎葉重)

c 低温伸長性

2000年9月7日に200穴セルトレイに播種し、10月17日に無加温の雨よけハウス内に定植した。11月13日、12月14日、2001年2月14日および3月27日に、各区10個体(2反復)の茎葉乾物重を調査し、上式により11-12月、12-2月および2-3月における相対成長率を算出した。

3 統計解析

形態特性9形質(葉身長、葉鞘長、葉身折径、葉鞘中央部径、分げつ数、花茎長、花茎折径、小花柄長および種子千粒重)と成長特性7形質(5-7月、7-9月、9-10月、11-12月、12-2月、2-3月の各期間別相対成長率および開花期)について、各々または全16形質を一括して相関係数を算出した。また、JMP ver. 4.0 (SAS Institute Inc.)を用いて主成分分析を行った。各品種について第1、第2主成分得点を算出し、2次元の散布図を作成した。

4 形態および成長特性に基づく品種群標準品種の選定および形態特性に基づく主成分への適合性評価

国内のネギ品種の中から、形態特性や成長特性の主成分分析による分類体系によく適合する品種を各品種群・系から数品種ずつ選定し、計29品種を標準品種とした(表-1)。これらの品種を2002年5月1日に200穴セルトレイに播種し、6月13日に株間5cm、条間100cmの平畝に定植し、慣行により数回土寄せした。本圃の施肥設計は特性調査試験のaと同様である。12月11-13日に葉身長、葉鞘長、葉身折径、葉鞘中央部径および分げつ数(各区5株、3反復)を、翌春に花茎長、小花柄長、花茎折径および放任受粉により得られた種子の千粒重を測定した(各区3花茎、3反復)。これらの形質データを、1997年度および1999年度に得られた形態特性に基づく第1、第2主成分の計算式に当てはめ、散布図を作成した。

III 結果

1 形態特性

供試した157品種・系統の葉身長、葉鞘長、葉身折径、

葉鞘中央部径および分けつ数の形質値には2年次間で高い相関が認められた(表-2)。各品種群別の調査の平均値を表-3に示す。近縁野生種の*A. altaicum*は、ネギ品種と比べ著しく生育が劣り、植物体および種子は

小型であった。加賀群下仁田系は葉身長、葉鞘長および花茎長が短く、葉身折径、葉鞘中央部径および花茎折径は顕著に大きい値を示した。これとは反対に中国大葱群や九条群越津系では葉身長および花茎長が長い値を示し

表-1 供試したネギ品種・系統および近縁野生種系統

保存番号	JP番号	品種・系統	品種群 ^a	標準品種番号 ^b	保存番号	JP番号	品種・系統	品種群 ^a	標準品種番号 ^b
1	40004391	142862	ALTAI	1	80	27021221	133917	石倉一本太	11
2	27027143	138870	97 KAZ 86	1	81	27021172	133868	石倉根深冬太	11
3	27022086	134708	Mo28	2	82	27021196	133892	長悦	11
4	27022087	134709	アルタイ1	2	83	27021193	133889	長寿	11
5	27022088	134710	アルタイ2	2	84	27027040	138767	冬若	11
6	27022089	134711	Mo65	2	85	27021222	133918	冬帝一本	11
7	27022090	134712	Mo66	2	86	27021210	133906	東京冬黒一本太	11
8	27027059	138786	北京	3	87	27009919	25489	改良伯州2号	11
9	27027054	138781	金陵	3	88	27021162	133858	新金長	11
10	27021135	133831	赤水大葱	3	89	27021215	133911	深谷エース	11
11	27021134	133830	黒葱	4	90	27021159	133855	石倉一本太	11
12	27027055	138782	章邱	4	91	27021146	133842	石倉根深	11
13	27018219	132211	四季葱	5	92	27021149	133845	早大り一本太	11
14	27027056	138783	杭州	5	93	27021209	133905	大宮黒	11
15	27027057	138784	杭州	5	94	27021224	133920	白千本	11
16	30015486	219393	夏ネギ	5	95	27009900	127031	望月	11
17	27009897	127028	下仁田	6	96	27021171	133867	陽月	11
18	27021163	133859	味一本太	6	97	00027942	25489	改良伯州2号	11
19	27021225	133921	雷帝下仁田	6	98	03029136	108083	銀着	11 ^c (興農種苗)
20	00027897	25446	下仁田	6	99	-	-	冬扇一本	11 ^c (サカタのタネ)
21	27021169	133865	十和田根深冬太	7	100	-	-	雄山	11 ^c (トキタ種苗)
22	27021231	133927	松本一本太	7	101	03029135	108082	Hybrid Footlong	11 ^c (興農種苗)
23	27021148	133844	余目一本太	7	102	-	-	全州21	11 ^c (みかど協和)
24	27009903	127034	札幌根深A	7	103	27021226	133922	きよみず冬	12
25	27009913	127044	松本一本太	7	104	27021223	133919	夏帝一本	12
26	27021157	133853	松本一本太	7	105	03029137	108084	興農石蒼	12
27	27021176	133872	松本根深太	7	106	27021191	133887	金長	12
28	27009916	127047	飛騨一本太	7	107	27021200	133896	金長3号	12
29	27009920	127051	余目	7	108	27009907	127038	湘南	12
30	00027882	25431	源吾	7	109	27009902	127033	新里	12
31	00027879	25428	在来ネギ(福島)	7	110	27009896	127027	西田	12
32	00027888	25437	最上川	7	111	27021211	133907	金光一本太	12
33	00027890	25439	加賀太葱	7	112	27027051	138778	戸井田早抽系	12
34	27009904	127035	札幌根深B	8	113	27021217	133913	埼玉根深一本太	12
35	27009905	127036	地ねぎ	8	114	27021158	133854	清滝	12
36	27021218	133914	岩槻	8	115	27009894	127025	石倉エース	12
37	27009909	127040	慈恩寺	8	116	27021173	133869	東国	12
38	27021153	133849	岩槻	8	117	27021145	133841	伯州根深	12
39	27021174	133870	岩槻	8	118	27009906	127037	尾島	12
40	00027910	25458	慈恩寺ねぎ	8	119	27021150	133846	鳴瀬一本太	12
41	27021214	133910	吉川晩生太	9	120	00027863	25412	砂村	12
42	27021181	133877	元晴晩生	9	121	00027883	25432	庄内根深ねぎ	12
43	27021198	133894	三春	9	122	00027896	25445	尾島	12
44	27021213	133909	汐止晩生	9	123	00027911	25459	合柄種	12
45	27009899	127030	晩生塩原	9	124	00027923	25470	豊川太	12
46	00027901	25449	汐止晩生	9	125	00027909	25457	新里	12
47	27027050	138777	吉晴	9	126	00027919	25466	野際合柄	12
48	00027902	25450	吉川晩生太	9	127	00042089	37698	真瀬在来	12
49	27027049	138776	いざお	10	128	-	-	ホワイトソリー	12 ^c (タキイ種苗)
50	27021227	133923	永吉冬一本太	10	129	27021228	133924	さとの香	13
51	27021230	133926	越谷黒一本太	10	130	27009912	127043	越津	13
52	27009895	127026	夏黒1号	10	131	27009910	127041	越津合黒系	13
53	27021179	133875	吉蔵	10	132	27009911	127042	越津合柄系	13
54	27027038	138765	錦蔵	10	133	27021165	133861	こしず	13
55	27021180	133876	元蔵	10	134	00027924	25471	越津根深	13
56	27027039	138766	勝名のり	10	135	00027927	25474	越津	13
57	27021229	133925	聖冬一本	10	136	00027930	25477	晩生葉葱	13
58	27021192	133888	長宝	10	137	00027928	25475	越津	13
59	27021203	133899	東京夏黒2号	10	138	27021194	133890	あじよし	14
60	27027041	138768	日本海	10	139	27021232	133928	九条太	14
61	27021197	133893	明彦	10	140	27021151	133847	九条太	14
62	27021152	133848	一文宇黒昇り	10	141	27021175	133871	九条	14
63	27021160	133856	夏昌一本太	10	142	00027898	25447	九条太葱	14
64	27021164	133860	黒昇一本太	10	143	00027938	25485	九条太	14
65	27021177	133873	黒昇根深	10	144	27021190	133886	若緑	15
66	27021216	133912	十国	10	145	27021156	133852	浅黄系九条	15
67	27021161	133857	冬昌	10	146	27021144	133840	浅黄系九条	15
68	27021204	133900	東京夏黒	10	147	27021220	133916	浅黄系九条	15
69	00027899	25448	黒昇根深	10	148	27009917	127048	大阪細	15
70	27009901	127032	せなみ	10	149	27009918	127049	大阪中細	15
71	-	-	ホワイトタワー	10 ^c (タキイ種苗)	150	00027941	25488	観音葱	15
72	-	-	夏場所	10 ^c (カネコ種苗)	151	00027943	25490	鹿児島葉ネギ	15
73	-	-	夏扇一本	10 ^c (サカタのタネ)	152	-	-	氷川	16 ^c (トキタ種苗)
74	-	-	岩井2号	10 ^c (トキタ種苗)	153	27009898	127029	べにぞめ	17
75	-	-	寿能	10 ^c (トキタ種苗)	154	27021212	133908	赤ひげ	17
76	-	-	全州27	10 ^c (みかど協和)	155	27009923	127053	明里	18
77	27021199	133895	霜耐	11	156	27009924	127054	矢田部	18
78	27021195	133891	金彦	11	157	27027058	138785	北葱	19
79	27021170	133866	西光	11	-	-	-	-	-

a: 1 近縁野生種(*A. altaicum*), 2 モンゴル群, 3 中国兼用種群, 4 中国大葱群, 5 中国葉葱群, 6 加賀群下仁田系, 7 加賀群加賀系, 8 加賀群岩槻系, 9 晩ネギ群, 10 千住群黒柄系, 11 千住群合柄系, 12 千住群合柄系, 13 九条群越津系, 14 九条群九条系, 15 九条群九条細系, 16 千住群合柄系, 17 赤ネギ系, 18 九条群/加賀群交雑系, 19 その他

b: 形態および成長特性の調査結果より, 各品種群群の特性を示す標準的な品種として選定した品種

c: F₁品種(育成メーカー名)

た. 分けつ数の多かった中国葉葱群や九条群九条細系は葉身折径および葉鞘中央部径が小さかった. 種子千粒重は晩ネギ群が最も小さく, 中国大葱群が最も大きかった. 形態特性9形質における相関係数を算出したところ, 多くの組合せにおいて有意な相関が認められた(表-4). これらの形質を植物体の長さに関する葉身長, 葉鞘長, 花茎長, 小花柄長と植物体の太さに関する葉身折径, 葉鞘中央部径, 花茎折径とに分けた場合, それぞれの形質の組合せでは, 多くが0.1%レベルで有意の相関があった. 特に, 太さに関する3形質間には正の相関が高く, これらの形質と分けつ数, 花茎長との間には高い負の相関が認められた.

157品種・系統の形態特性9形質について主成分分析を行った結果, 主に植物体の太さと分けつの少なさに特徴づけられる第1主成分と植物体の長さに特徴づけられる第2主成分で約67%の寄与率を与えられた(表-5). 図-1に第1主成分と第2主成分の散布図を示す. *A. altaicum*, モンゴル群, 中国葉葱群および台湾在来の'北葱'は散布図の第3象限にプロットされ, 日本国内の

品種とは明らかに異なる位置づけとなった. 国内の品種群では, 加賀群の下仁田系, 加賀系, 岩槻系の分布は大きく異なった. すなわち, 葉身・葉鞘が太く, 短い下仁田系は第4象限に, 葉身・葉鞘は長い, 分けつ数が少なく, ある程度太くなる加賀系は第1象限に, 分けつ数が多く, 葉身・葉鞘が細く葉ネギとして用いられる岩槻系は第2・第3象限に分布し, それぞれの形態的特徴が示された. 千住群は第1・第4象限, 九条群は第2象限のそれぞれ異なる位置にグループを形成したが, これらの品種群内を細分することはできなかった. また, 加賀

表-2 形態特性に関する5形質の2カ年調査データの相関

項目	相関係数
葉身長(cm)	0.59***
葉鞘長(cm)	0.62***
葉身折径(mm)	0.85***
葉鞘中央部径(mm)	0.87***
分けつ数(本)	0.91***

***: 0.1%レベルで有意

表-3 ネギおよび*A. altaicum*の形態特性9形質および成長特性7形質の品種群別平均値^a

種・品種群	供試品種数	形態特性									成長特性							開花期 ^e
		葉身長 ^c cm	葉鞘長 ^c cm	葉身折径 ^c mm	葉鞘中央部径 ^c mm	分けつ数 ^c 本	花茎長 ^d cm	花茎折径 ^d mm	小花柄長 ^d mm	種子千粒重 ^d g	相対成長率 x 100							
											1999年		2000-2001年		月日			
										初夏	盛夏	初秋	初冬	厳冬		早春		
										(5-7月)	(7-9月)	(9-10月)	(11-12月)	(12-2月)	(2-3月)			
1 <i>A. altaicum</i>	2	27.9	12.7	7.1	5.7	2.2	72.2	27.3	20.6	1.94	2.76	2.09	-1.02	1.71	-0.84	2.48	5/8	
2 モンゴル群	5	49.1	16.4	15.4	8.7	2.0	71.0	30.9	33.9	2.40	3.68	2.10	-0.57	1.75	-0.77	2.47	5/8	
3 中国兼用種群	3	53.6	22.6	20.9	13.0	1.1	66.6	37.7	30.2	2.21	4.16	2.11	-1.01	2.77	-0.06	3.93	4/14	
4 中国大葱群	2	57.0	22.6	27.4	17.5	0.2	70.3	46.5	51.8	2.70	4.27	2.40	-0.43	2.41	0.15	3.52	4/25	
5 中国葉葱群	4	44.6	17.0	12.9	8.4	8.9	64.5	24.8	28.7	2.03	3.60	2.08	-0.62	3.17	1.30	3.09	4/24	
6 加賀群下仁田系	4	42.7	17.0	42.3	20.6	0.0	59.7	57.2	47.7	2.27	3.69	2.46	0.25	3.57	1.03	2.94	4/16	
7 加賀群加賀系	13	56.6	24.8	30.1	18.4	0.1	73.2	48.1	46.0	2.33	4.02	2.69	-0.29	3.72	1.21	2.29	4/25	
8 加賀群岩槻系	7	55.3	20.4	20.5	12.7	2.1	71.8	29.9	29.9	2.17	4.00	2.54	-0.10	3.19	0.97	2.47	4/26	
9 晩ネギ群	8	54.1	21.8	21.0	14.3	1.8	75.8	31.0	34.8	1.76	3.57	2.77	0.35	3.25	1.55	2.49	5/11	
10 千住群黒柄系	28	47.4	23.0	29.1	19.1	0.0	68.3	39.1	33.4	2.22	4.15	2.73	-0.21	3.26	1.78	2.25	4/24	
11 千住群合黒系	26	52.1	23.4	29.3	19.0	0.1	69.9	38.6	34.6	2.22	3.75	2.62	-0.06	3.44	1.92	2.42	4/21	
12 千住群合柄系	26	53.0	23.5	28.6	18.0	0.3	70.1	39.5	34.0	2.15	3.83	2.62	-0.15	3.26	1.87	2.31	4/20	
13 九条群越津系	9	56.9	22.6	17.8	11.9	2.4	83.0	28.1	30.2	2.02	3.84	2.63	0.22	3.11	1.57	2.76	4/27	
14 九条群九条太系	6	53.5	21.7	19.0	12.0	2.0	79.4	29.0	31.3	2.05	4.03	2.47	0.05	3.43	1.34	2.69	4/29	
15 九条群九条細系	8	54.2	20.7	17.2	10.8	3.8	79.0	27.0	29.8	1.82	4.10	2.52	-0.26	3.48	1.46	2.82	4/29	
その他 ^b	6	48.7	19.8	18.6	11.9	1.2	64.4	33.9	31.8	2.19	3.88	2.24	-0.61	2.70	0.83	3.30	4/22	
合計(平均)	157	51.7	22.2	25.2	16.0	4.9	70.7	37.1	34.0	2.15	3.88	2.58	-0.14	3.21	1.48	2.50	4/23	

a: 各項目について最高値をゴシック太字で, 最低値を下線付きで示す

b: 表-1中No.152~157の品種の平均値, 開花期に関しては, No.157を除く

c: 1997年度と1999年度の2回の調査の平均値

d: 2000年春の調査結果

表-4 ネギおよび*A. altaicum*の形態特性9形質間の相関係数行列

	葉身長	葉鞘長	花茎長	小花柄長	葉身折径	葉鞘中央部径	花茎折径	分けつ数
葉身長(cm)								
葉鞘長(cm)	0.50 ***							
花茎長(cm)	0.42 ***	0.20						
小花柄長(mm)	0.27 ***	0.29 ***	-0.05					
葉身折径(mm)	0.04	0.47 ***	-0.32 ***	0.52 ***				
葉鞘中央部径(mm)	0.08	0.64 ***	-0.28 ***	0.45 ***	0.93 ***			
花茎折径(mm)	0.00	0.31 ***	-0.29 ***	0.67 ***	0.82 ***	0.72 ***		
分けつ数(本)	-0.06	-0.46 ***	0.13	-0.39 ***	-0.67 ***	-0.72 ***	-0.60 ***	
種子千粒重(g)	-0.04	0.17	-0.20	0.32 ***	0.38 ***	0.35 ***	0.46 ***	-0.42 ***

***: 0.1%レベルで有意

表-5 ネギおよび*A. altaicum*157品種・系統の形態特性9形質の主成分分析による固有ベクトル

	第1 主成分	第2 主成分	第3 主成分
固有値	4.27	1.80	0.84
寄与率(%)	47.4	20.0	9.4
各形質の固有ベクトル			
葉身長(cm)	0.073	0.633	0.172
葉鞘長(cm)	0.287	0.455	-0.366
花茎長(cm)	-0.120	0.582	0.112
小花柄長(mm)	0.324	0.097	0.626
葉身折径(mm)	0.446	-0.087	-0.164
葉鞘中央部径(mm)	0.445	-0.019	-0.344
花茎折径(mm)	0.421	-0.134	0.217
分けつ数(本)	-0.386	-0.003	0.206
種子千粒重(g)	0.265	-0.135	0.444
主成分の特徴	植物体が大きく、分けつ少ない	植物体の長さ	

群岩槻系、晩ネギ群および九条群は同様の位置に重なって分布したため、形態特性からこれら各群の明確な判別基準は見出されなかった。

2 成長特性

高温時の相対成長率は、*A. altaicum* ではいずれの期間においても低かった(表-3)。中国兼用種群および中国大葱群は初夏(5-7月)の相対成長率が高かったが、盛夏以降は成長が抑制された。加賀群加賀系および岩槻系は夏ネギ型品種群としての特徴がよく表われ、初夏および盛夏における相対成長率が比較的高かった。初秋では多くの品種群において相対成長率が低下したのに対し、晩ネギ群は盛夏から初秋にかけて旺盛な生育を示した。千住群黒柄系は、初夏および盛夏の生育も旺盛で、9月の茎葉生重では全品種群中最大値を示したものの(データ略)、初秋(9-10月)には茎葉重が減少した。

一方、低温伸長性については、*A. altaicum*、モンゴル群、中国兼用種群では、厳冬期(12-2月)に休眠によって地上部が枯れたために、相対成長率が負の値を示した。国内の品種群では、千住群、九条群に比べて加賀群品種は厳冬期に相対成長率が低かったものの、休眠には至らず、厳冬期の相対成長率が負になる品種は見られなかった。

'北葱'は、花芽分化に低温・短日を要求しないとみられ、開花期が最も早く、播種後4ヶ月程度(6-7月)で抽苔・開花した。他の品種はすべて越年開花し、中国兼用種群、次いで加賀群下仁田系が早く開花した。反対に開花が遅かったのは晩ネギ群、次いで*A. altaicum* およびモンゴル群であった。

高温期と低温期の6つの期間別の相対成長率に開花期

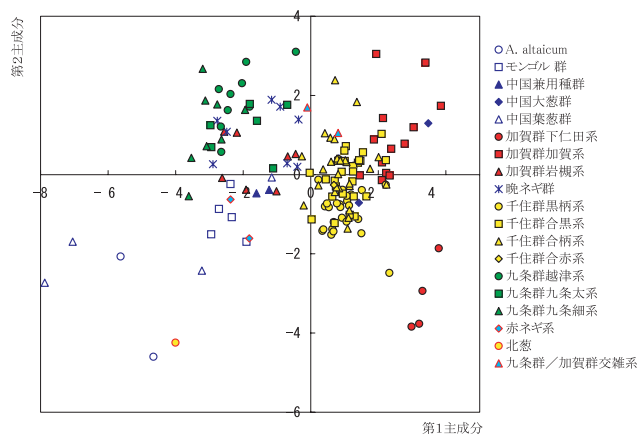


図-1 ネギおよび*A. altaicum*157品種・系統の形態特性9形質の第1、第2主成分スコアによる散布図。

を加えた7形質について相関係数を算出したところ、厳冬期の相対成長率には、盛夏、初秋および初冬期の相対成長率との間に0.1%レベルで正の相関が、早春期の相対成長率との間に負の相関が認められた(表-6)。また、開花期については、初冬および厳冬期の相対成長率と負の相関が認められた。成長特性7形質を基に主成分分析を行った結果、第1主成分は初冬および厳冬期の生育旺盛さを示し、寄与率は約31%、第2主成分は開花の遅さ、初秋の生育旺盛さに特徴づけられ、寄与率は約19%であった(表-7)。第1主成分と第2主成分の散布図において日本の品種群の多くが原点付近に集中して分布したのに対し、*A. altaicum* およびモンゴル群は、初冬、厳冬および初秋期の成長が抑制され、開花期が遅い特性に基づき、第2象限に偏在した(図-2)。また中国兼用種群、中国大葱群および中国葉葱群は初冬、厳冬および初秋はやや弱勢であることから、散布図の第3象限にプロットされ、特に中国兼用種群では開花が早い特性から、日本品種と分布が大きく離れた。国内の品種群では、晩ネギ群は開花期の遅さと初秋の生育旺盛さに特徴づけられる第2主成分得点が高く、他の品種群と異なる分布を示した。以上のように、成長特性7形質の主

表-6 ネギおよび*A. altaicum*の期間別相対成長率および開花期の相関係数行列

	期間別相対成長率					
	初冬 (11-12月)	厳冬 (12-2月)	早春 (2-3月)	初夏 (5-7月)	盛夏 (7-9月)	初秋 (9-10月)
期間別相対成長率						
初冬(11-12月)						
厳冬(12-2月)	0.43 ***					
早春(2-3月)	-0.20	-0.34 ***				
初夏(5-7月)	0.18	0.13	0.00			
盛夏(7-9月)	0.28 ***	0.45 ***	-0.23 **	-0.07		
初秋(9-10月)	0.18	0.31 ***	-0.11	-0.04	0.10	
開花期	-0.26 ***	-0.30 ***	-0.12	-0.11	-0.09	0.14

***:0.1%レベルで有意

** :1%レベルで有意

表-7 ネギおよび*A. altaicum*の156品種・系統^aの成長特性7形質の主成分分析による固有ベクトル

	第1主成分	第2主成分	第3主成分
固有値	2.18	1.31	0.99
寄与率(%)	31.1	18.7	14.2
各形質の固有ベクトル			
期間別相対成長率			
初冬(11-12月)	0.482	-0.188	0.125
厳冬(12-2月)	0.578	-0.008	-0.027
早春(2-3月)	-0.329	-0.381	-0.097
初夏(5-7月)	0.129	-0.446	0.725
盛夏(7-9月)	0.431	0.153	-0.440
初秋(9-10月)	0.259	0.432	0.378
開花期	-0.235	0.640	0.333
主成分の特徴	初冬、厳冬の生育旺盛さ	開花の遅さ、初秋の生育旺盛さ	

a: 早期開花した‘北葱’を除いて分析した。

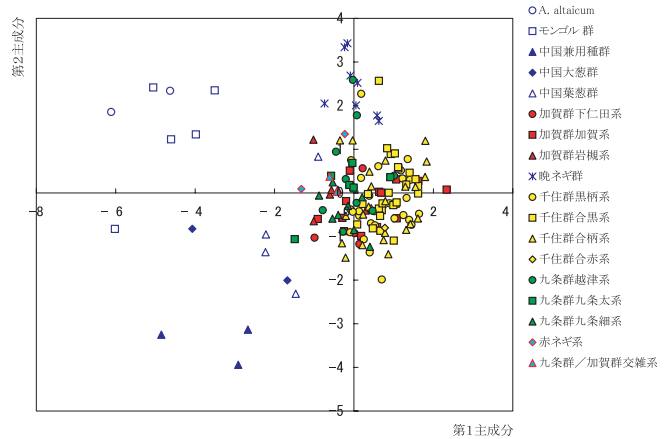


図-2 ネギおよび*A. altaicum* 156品種・系統^aの成長特性7形質の第1, 第2主成分スコアによる散布図。
a: 早期開花した‘北葱’を除いて分析した。

成分分析を基に、形態特性のみでは他の品種群とは判別できなかった中国兼用種群, 中国大葱群および晩ネギ群の特徴を抽出することができた。

形態特性と成長特性の各形質間の相関係数を算出したところ、葉鞘長、葉身折径、葉鞘中央部径と成長特性との間に高い相関が認められる組合せが多く、初冬および厳冬の相対成長率は葉鞘長、葉身折径、葉鞘中央部径と高い正の相関が認められた(表-8)。開花期は葉身折径、葉鞘中央部径、花茎折径との間に高い負の相関が認められた。相対成長率と分けつ数との間には、1年を通じて負の相関が認められる傾向にあったが、早春の相対成長率とは正の相関が認められた。これらの16形質について主成分分析を行ったところ、第2主成分までの累積寄与率は約47%とやや低く、その散布図の様相は、形態特性9形質のそれとほぼ同様であった(データ略)。

3 ネギ品種群系の標準品種選定と主成分との適合性

日本国内のネギ品種のうち、調査データに基づいて従

来の分類体系によく適合する品種を、各品種群・系から数品種ずつを選定し、合計29品種を標準品種とした(表-1)。157品種・系統の形態特性9形質における第1, 第2主成分(表-5)から29標準品種を抜粋して散布図を作成し直すと、加賀群の下仁田系は第4象限、加賀系は第1および第4象限、岩槻系は第2および第3象限とそれぞれ異なる領域でグループを形成した(図-3)。千住群は第1および第4象限の原点近くに位置し、千住群内の黒柄系、合黒系、合柄系が異なる位置にグループを形成した。九条群は第2象限の領域にまとまり、越津系、九条太系、九条細系によって位置が異なった。赤ネギ系は第3象限にプロットされ、晩ネギ群は加賀群加賀系近くに位置した。さらに、供試系統のうち国内140品種・系統(表-1, 品種番号No.17-156)を抽出して期間別相対成長率の主成分分析を行い(表-9)、第1, 第2主成分の散布図に標準品種をプロットした結果、初夏の成長が抑制された晩ネギ群は第2象限に、早春、初秋の生育が旺盛であった加賀群下仁田系は第2および第3象限に、初夏、初冬の生育が旺盛であった加賀群加

表-8 ネギおよび*A. altaicum*の形態特性9形質および成長特性7形質間の相関係数行列

	葉身長	葉鞘長	花茎長	小花柄長	葉身折径	葉鞘中央部径	花茎折径	分けつ数	種子千粒重
期間別相対成長率									
初冬	0.20	0.44 ***	0.06	0.22 **	0.38 ***	0.40 ***	0.18	-0.13	-0.05
厳冬	0.12	0.50 ***	-0.02	-0.05	0.43 ***	0.55 ***	0.12	-0.21 **	-0.13
早春	0.10	-0.19	0.10	-0.04	-0.29 ***	-0.34 ***	-0.15	0.29 ***	-0.02
初夏	0.15	0.29 ***	-0.01	0.21	0.20	0.23	0.16	-0.17	0.17
盛夏	0.10	0.38 ***	0.00	0.06	0.29 ***	0.37 ***	0.15	-0.17	-0.08
初秋	0.26 ***	0.22 **	0.21	0.07	0.17	0.22 **	-0.01	-0.10	-0.14
開花期	0.03	-0.29 ***	0.23 **	-0.09	-0.53 ***	-0.48 ***	-0.43 ***	0.31 ***	-0.38 ***

** : 1%レベルで有意

*** : 0.1%水準で有意

賀系は、第3および第4象限に、早春、初秋の成長が弱く、初夏、盛夏に生育旺盛になった千住群黒柄系は第4象限に分布するなど、特性の違いに応じて異なる位置にグループが形成された(図-4)。

選定した標準品種のうち、晩ネギ群と赤ネギ系を除く27品種(表-1, 標準品種番号No.1-9, No.11-28)について、2002-2003年に形態特性9形質を再調査し、157品種の調査・分析により得られた主成分(表-5)にあてはめたところ、図3に示した散布図の分布は2000年に行った結果とほぼ同様となった(図-5)。

IV 考察

ネギ品種の形態特性や生態特性について、位田ら(1987)は日本、中国、韓国の品種を用いて、高温伸長

性、低温伸長性および形態特性のデータから多変量解析を行うことにより、加賀群、千住群、九条群品種の特徴づけを行うとともに中国、韓国品種との類縁性を推定した。しかし、最近の育成品種を含め、国内に存在する多数の品種を網羅的に分析した例はない。そこで本研究では、形態および成長特性の計量データの統計的な分析によって各形質間の相関を明らかにし、これまでの分類体系を再評価することを目的とした。

多数の遺伝資源を同時にかつ複数年次にわたって栽培・調査した結果、形態特性に関する形質は、年次による変動が少なく、これらの形質は遺伝率が高いことが示唆された。形態特性については、調査した9形質間の相関から、主に植物体の伸長(長さ)および肥大(太さ)に関する形質に類別され、主成分分析における固有ベクトルにも太さと長さに関する方向が示された(表-5)。ネ

表-9 国内のネギ140品種・系統の成長特性6形質の主成分分析による固有ベクトル

	第1主成分	第2主成分	第3主成分
固有値	1.38	1.35	1.15
寄与率(%)	23.0	22.5	19.3
各形質の固有ベクトル			
期間別相対成長率			
初冬(11-12月)	0.106	-0.503	-0.406
厳冬(12-2月)	0.481	0.413	0.422
早春(2-3月)	-0.541	0.140	-0.346
初夏(5-7月)	0.112	-0.587	0.382
盛夏(7-9月)	0.433	0.349	-0.554
初秋(9-10月)	-0.515	0.301	0.290
主成分の特徴	早春, 初秋の生育弱勢	初夏, 初冬の生育弱勢	盛夏の生育弱勢

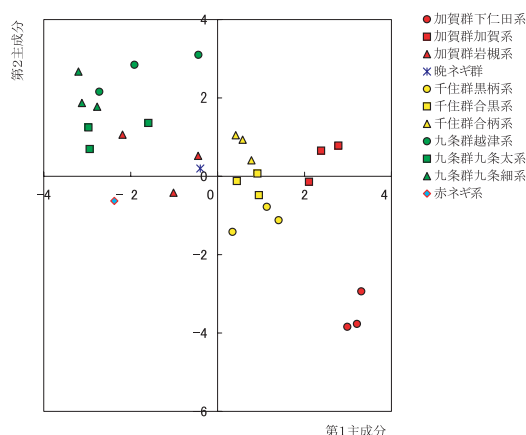


図-3 主成分分析結果に基づき選定した29の国内ネギ標準品種における形態特性9形質の第1, 第2主成分スコアによる散布図(ネギおよび*A. altaicum*157品種・系統の主成分分析からの抜粋である)。

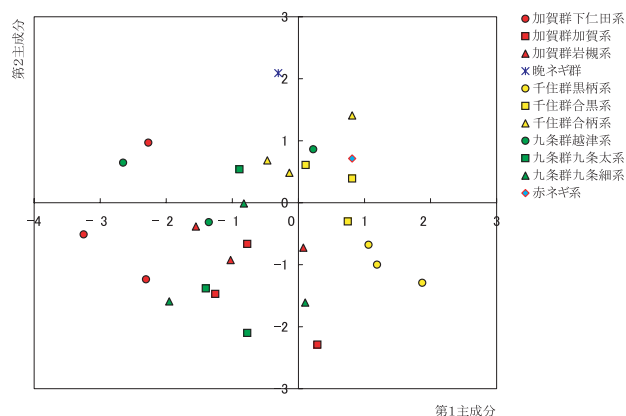


図-4 主成分分析結果に基づき選定した29の国内ネギ標準品種における期間別相対成長率の第1, 第2主成分スコアによる散布図(国内140品種の主成分分析からの抜粋である)。

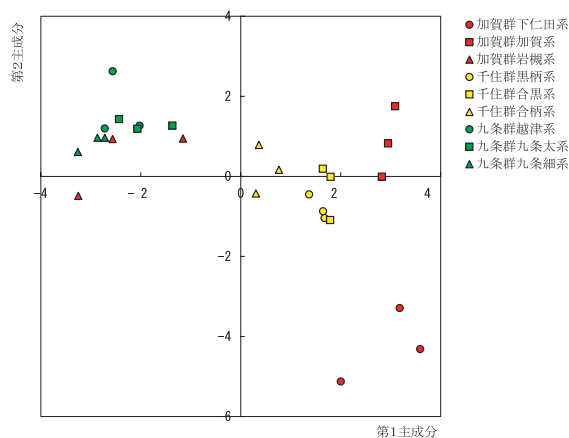


図-5 ネギおよび*A. altaicum*157品種・系統の形態特性9形質の主成分分析によるスコア計算式を27のネギ標準品種の2003年度の形質データにあてはめた場合の第1, 第2主成分スコアの散布図。

ギの形態特性を表す形質としては、他に草姿や葉色、葉身基部の形状等も重要と思われるが、計量形質としてとらえにくいことが問題であり、今後の課題である。

一方、成長特性の評価については、高温伸長性を評価した1999年の気温は全般に高く、特に9月中旬以降は平年値に比べて2°C以上高かった。また降水量は、7-8月は少雨であったものの、9月の降水量は341mm(平年値の144%)に達した。このため、盛夏(7-9月)では耐暑性、初秋(9-10月)では耐湿性に関する形質が成長に影響を与えたと考えられる。また、低温伸長性を評価した2000-2001年の気温は、11月までは平年よりも高い傾向にあったものの、1月以降は平年並みであったことから、本実験では一般的な低温伸長性を評価できたと考えられる。これら各期間別相対成長率の間の相関はそれほど高くなかったものの、厳冬期の相対成長率には、盛夏、初秋および初冬期の相対成長率との間に正の相関が、早春期の相対成長率および開花期との間に負の相関が認められた。また、形態特性と成長特性の各形質間の相関については、葉鞘部の伸長および肥大に関する形質と初冬、厳冬期の相対成長率との間に高い正の相関が、開花期との間に負の相関が認められた。これらの形質間の相関の意味するところは不明であるが、育種上の選抜指標として有効かどうか検討する必要がある。

形態および成長特性に関する形質値の主成分分析の結果、各品種が属すると推定される品種群・系にしたがって、特徴的な分布が認められた。形態特性により、国内品種では加賀群の下仁田系、加賀系、岩槻系が大きく異なる分布を示し、千住群、九条群もこれらとは異なる特徴により区分された。しかしながら、いずれの品種群内でも変異が大きく、各群の中間的な特性を示す品種が少なからず認められた(図-1)。ネギの品種分化については、中国で生態反応によって夏ネギ型の大葱群と冬ネギ型の葉葱群に分化した後、日本に渡来し、大葱群から加賀群が、葉葱群から九条群が成立したとされている(熊沢ら, 1956)。Indenら(1990)は、高温時および低温時の成長反応は、中国大葱群と日本の加賀群、また中国葉葱群と日本の九条群が類似するとしたが、今回の成長解析の結果、中国の品種は日本の品種と比べ、初冬、厳冬および初秋期の成長が劣ることから、成長特性に大きな差異があることが示唆された。一方、国内品種の成長特性の比較では、晩ネギ群が開花期の遅さによる特徴から明確な区別ができたものの、他の品種群では特異的な分布が見られなかった。一般に加賀群、千住群、九条群では生態特性が異なり、特に低温伸長性の違いに大き

く表れるとされているが(熊沢ら, 1956)、試験地の栽培条件では、厳寒期の相対成長率が加賀群では低い傾向があったものの、これによる品種群の明確な区別には至らなかった。これらの結果から、供試品種・系統の中には、人為的な交配により様々な栽培環境への適応が進み、従来の分類体系には適合しないものも少なくないと推察される。このため、主成分分析に基づいて従来の分類体系における標準的な特徴を抽出し、これらによく適合する標準品種を各品種群・系から選定した(図-3, 図-4)。また、これらの標準品種を用いて形態特性の再評価を行い、主成分分析により得られた計算式の再現性が確認された。したがって、これらの標準品種はネギにおける代表的な遺伝変異を含むコアコレクションとして位置づけられ、異なる栽培条件においてネギ品種の特性を客観的に評価するために利用できると考えられる。また近年、DNAマーカーを利用して対立遺伝子頻度を解明し、遺伝的距離に基づく類縁性の推定が可能となっている。ネギでもAFLPマーカーを用いて品種間の遺伝的距離を推定し、クラスター分析により千住群、加賀群、九条群、晩ネギ群が類別できることが示された(小原ら, 2005)。また、本研究で選定した標準品種について、ネギの連鎖地図上に位置づけられた8個のSSRマーカー(Songら, 2004, Tsukazakiら, 2007)を用いて、遺伝的距離に基づくクラスター分析を行った結果、千住群と加賀群の一部の品種は同じクラスターに混在したものの、加賀群下仁田系と九条群品種は独立したクラスターにまとまった(塚崎ら, 2004)。加賀群下仁田系、千住群および九条群品種は、形態特性の主成分分析により明確に区別され(図-3)、DNAマーカー解析はこれらの品種群間の遺伝的差異を裏付ける結果となった。さらに多くのSSR座について解析を重ねることで、品種群類別を可能とする分子マーカーの開発が期待される。

本研究では、各品種群における特性の幅広い変異を確認すると同時に、その中から有用な育種素材を見出すこともできた。例えば、高温伸長性について晩ネギ群の相対成長率は、初夏には*A. altaicum*を除く供試品種・系統中最低値を示したにもかかわらず、盛夏および初秋には最高値を示した。この結果から、晩ネギ群には耐暑性や耐湿性に優れる品種が多く存在することが推察される。さらに、他の品種群に属するNo.89'深谷エース'(千住群合黒系)、No.125'新里'(千住群合柄系)、No.130'越津'(九条群越津系)等の数品種にも同様の成長特性を示すものが認められた。現在、根深ネギの主力となっている千住群黒柄系品種は、早春および初秋の相対成長

率が低い傾向にある。これに対し千住群合柄・合黒系の方が、さらに加賀群および九条群の方が同時期の生育が旺盛であり、これらの遺伝資源が根深ネギの成長特性の改良に有用と考えられる。

近年のネギ育種においては、収量性の向上や周年栽培への要請から、品種群・系にとらわれない育種が積極的に行われており、晩抽性を取り入れるために、千住群と晩ネギ群を交雑して育成された品種や良食味性と省力適性を兼ね備えるため加賀群下仁田系と千住群を交雑させた品種、葉折れしにくく日持ち性や耐暑性の向上を目的として九条群と千住群を交雑させた葉ネギ品種など、これまでにない特性を持つ品種が現れてきている（日本園芸生産研究所，2003，2006）。また筆者らは、千住群のもつ栽培適性（草姿や耐病性）、九条群のもつ葉の柔らかさや辛味の少なさ、加賀群下仁田系の短葉性といった形質を組み合わせ、新しいタイプの品種育成を進めている（若生ら，2005）。本研究で得られた多数の遺伝資源の特性調査に基づく主成分分析結果および各品種群の特性を基に選定した標準品種は、新たな品種の特性や栽培適性を評価するための指標として、またネギの遺伝変異を解析・利用するためのコアコレクションとして活用されることを期待する。

V 摘要

ネギは国内外に多様な品種が分化しており、これまでいくつかの形態的・生態的特徴に注目して分類されてきたが、現存する多数の品種について客観的データに基づいた分類の検証はなされていない。そこで、ネギおよび近縁種157品種・系統を栽培し、形態および成長特性に関する諸形質について調査した。形態特性については、植物体の長さや太さに関する形質間でそれぞれ有意な正の相関が認められ、花茎長、分けつ数と葉身折径、葉鞘中央部径、花茎折径との間には負の相関が認められた。一方、成長特性については、厳冬期の相対成長率と盛夏～初冬期の相対成長率との間に正の相関が、早春期の相対成長率との間に負の相関が認められた。また、葉鞘長、葉鞘折径、葉鞘中央部径と初冬～厳冬期の相対成長率との間には正の相関が、開花期との間には負の相関が認められた。形態特性9形質について主成分分析を行った結果、主に植物体の太さに関する第1主成分と長さに関する第2主成分で約67%の寄与率となった。これらを基に作成した散布図では、従来の品種分類に応じていくつかの品種群・系ごとのグループが形成された。また、成長

特性7形質について主成分分析の結果、国外の品種および晩ネギ群は特異的な分布を示した。主成分分析におけるこれらの位置をもとに、従来の分類体系による各品種群・系の標準的な特徴を抽出し、これらによく適合する29の標準品種を選定した。これらの標準品種について、2002-2003年に形態特性9形質を再調査し、157品種の解析で得られた主成分の計算式に当てはめたところ、同様な結果が得られた。このため、多数の遺伝資源の特性調査により得られた主成分および各品種群の特性を代表する標準品種は、ネギの品種特性を客観的に評価するための指標として有用と考えられる。

引用文献

- 1) Ford-Lloyd, B.V. and S.J. Armstrong (1993): Welsh onion *Allium fistulosum* L. Kalloo, G. and B.O. Bergh (eds.), In "Genetic Improvement of Vegetable Crops", 51-58. Pergamon Press, London.
- 2) 位田晴久・山崎篤・浅平端 (1987): 多変量解析によるネギ品種の類縁関係の解明. 園学要旨, 昭62春, 274-275.
- 3) Inden, H. and T. Asahira (1990): Japanese bunching onion (*Allium fistulosum* L.). Brewster J.L. and H.D. Rabinowitch (eds.), In "Onions and Allied Crops. Volume III. Biochemistry, Food Science, and Minor Crops" 159-178. CRC press, Boca Raton, Florida.
- 4) 熊沢三郎・阿部定夫 (1956): ネギ, 総合蔬菜園芸各論, 325-335. 養賢堂, 東京.
- 5) 熊沢三郎・勝又広太郎 (1965): 葱, 蔬菜園芸各論, 280-289. 養賢堂, 東京.
- 6) 小原隆由・若生忠幸・布目司・小島昭夫 (2005): ネギ品種間F1の初期生育におけるヘテロシスとAFLPに基づく遺伝的距離との関係. 園学雑, 74, 68-77.
- 7) Song, Y.S., K. Suwabe, T. Wako, T. Ohara, T. Nunome and A. Kojima (2004): Development of microsatellite markers in bunching onion (*Allium fistulosum* L.). *Breed. Sci.*, 54, 361-365.
- 8) 塚崎光・山下謙一郎・小島昭夫 (2004): SSRマーカーを用いたネギの品種分類. 育種学研究6 (別1), 323.
- 9) Tsukazaki, H., T. Nunome, H. Fukuoka, H. Kanamori, I. Kono, K. Yamashita, T. Wako, A. Kojima (2007): Isolation of 1,796 SSR clones from SSR-enriched DNA libraries of bunching onion (*Allium fistulosum*). *Euphytica*, 157, 83-94.
- 10) 若生忠幸・小島昭夫・塚崎光・山下謙一郎 (2005): 短葉性ネギ合成第1代の特性. 育種学研究7 (別1・2), 370.
- 11) 日本園芸生産研究所 (2003): 蔬菜の新品種, 第15巻, 164. 誠文堂新光社, 東京.
- 12) 日本園芸生産研究所 (2006): 蔬菜の新品種, 第16巻, 136. 誠文堂新光社, 東京.

Verification of Variety Classification of Bunching Onion Based on Principal Component Analysis of Morphological Traits and Growth Habits

Tadayuki Wako, Hikaru Tsukazaki, Takayoshi Ohara, Masami Yoshida,
Satoshi Shimazaki, Toshio Ando,
Ken-ichiro Yamashita and Akio Kojima

Summary

Bunching onion (*Allium fistulosum* L.) varieties were classified according to some morphological and ecological traits, but the distinction of many varieties currently localized in Japan has not been verified based on objective data. In 1997 and 1999-2000, 157 accessions of bunching onion and wild relatives were cultivated, and several traits related to morphological and growth characteristics were investigated. We observed significantly positive correlation between traits related to plant length and between traits related to plant thickness. Significantly negative correlations between scape length, tillering number and width of flattened leaf blade, diameter of pseudostem at the middle, and width of flattened scape were detected. Relative growth rate (RGR) in midwinter was positively correlated with RGR in midsummer to early winter, and was negatively correlated with RGR in early spring. Pseudostem length, diameter of the pseudostem, and width of flattened leaf blade were positively correlated with RGR in early winter to midwinter, and were negatively correlated with flowering time. As a result of a principal component analysis of nine morphological traits, the cumulative contributing ratio of the primary component and secondary component, the former informing plant thickness and latter informing plant length, was approximately 67%. A scatter diagram of the primary and secondary components indicated some specific clusters according to conventional variety classification. As a result of a principal component analysis of seven growth habits, foreign accessions and varieties belonging to the 'Okunegi' group were plotted specific positions. Based on the survey data, we selected standard varieties representing the domestic variety classification and picked out the standard character of each of the varietal categories. Similar results were obtained when nine morphological traits of 27 standard varieties were investigated in 2003 and their data was applied to the formula for primary and secondary component conducted from the analysis of data of 157 accessions. The principal component obtained from our data and standard varieties representing each varietal category would be useful as a reference for objective evaluation of characteristics of bunching onion varieties.