

野菜用アマランサス (*Amaranthus* spp.) の沖縄県における生育特性および品質の系統間差異

大城正信¹⁾・赤嶺光²⁾・モハメド アムザド ホサイン²⁾・仲村一郎²⁾・玉城政信²⁾・野瀬昭博³⁾

(¹⁾ 鹿児島大学大学院連合農学研究科, ²⁾ 琉球大学農学部, ³⁾ 佐賀大学農学部)

要旨: 沖縄県での栽培に適した野菜用アマランサス系統を選定するために、南・東南アジアから導入した乾物生産の高い系統、バングラデシュ由来の3系統 (バングラデシュ; BB, BC およびバングラデシュレッド; BR)、インド由来の1系統 (インディアベンガル; IB)、ベトナム由来の1系統 (V)、台湾由来の1系統 (TW) と国内で種子販売されているバイアムトリカラー (BT) の7系統について調査した。BB, BC, BR および IB 系統は生長が早く、V, TW および BT 系統よりも草丈が高かった。株当たりの葉数と葉面積は、BC 系統が最も高く、次いで BB と BR 系統であった。BB, BC と BR 系統は葉生重よりも茎生重が大きく、V, TW と BT 系統は茎生重よりも葉生重が大きかった。全茎葉重は、3 回の実験において BC 系統が最も大きく、次いで BB であった。葉における無機成分含量では、TW と BT 系統のカリウム (K) 含量が高く、BB, BC と BR 系統ではカルシウム (Ca) 含量が高かった。また、マグネシウム (Mg) 含量は BB, BC, BR および TW 系統が高かった。1 株あたりの可食部ナトリウム (Na) および K 含量は、BC 系統が高い値を示し、次いで BB 系統であった。また、Ca 含量および粗タンパク質含量は、BB 系統が最も高かった。可食部の鉄 (Fe) 含量は、BB 系統が高い値を示した。以上より、生育特性、収量および品質の面から、沖縄での野菜用アマランサス栽培には、BB および BC 系統が適すると考えられた。

キーワード: アマランサス、収量要素、生育特性、成分含量。

アマランサスは、ヒユ科ヒユ属の一年草で、世界に 50 種程度が知られ (Bailey and Bailey 1978)、温帯から熱帯にかけて広く分布している (飯塚 1987)。これらのうち、栽培・利用されているのは 10 余種とされ、用途としては、子実用、野菜用、子実野菜兼用、飼料用、花卉用などに大別されている (飯塚・西山 2001, 星川ら 1989)。野菜用アマランサスには、葉や茎を利用する品種や茎葉を共に利用する品種があり、茎を利用する品種であっても開花前の草丈が約 20 ~ 35 cm のサイズであれば、茎葉を共に利用することが可能である。アマランサスの子実は、アミノ酸の一種リジンを含むなど高タンパク質穀類として栄養面から注目されている (飯塚 1987, 晴山ら 1990, Joshi and Rana 1991, 根本 1999, 勝田ら 2001)。また、茎葉部においては、粗タンパク質、鉄分、カルシウム、ビタミン C などの含有量が高く、熱帯アジアの重要な機能性野菜として利用されている (飯塚・西山 2001, Shukla ら 2006)。これらの野菜用アマランサスは、大まかな形態で固有の群 (グループ) に分けられており、形態的にも生理的にも幅広い変異が認められている (飯塚・西山 2001)。

亜熱帯地域に位置する沖縄県では、夏季は日射強度が他府県に比べて極めて高く高温が伴い、台風、病虫害の多発により、葉菜類の生産が低迷するため、県外産が市場の八割を占めている現状である (沖縄県農林水産部 2008, 川満ら 2010)。アマランサスは耐暑性や耐乾性に優れ (Rastogi and Shukla 2013)、沖縄県の夏季における野菜生産量の不足を解消することにつながると考えられることから、沖縄県

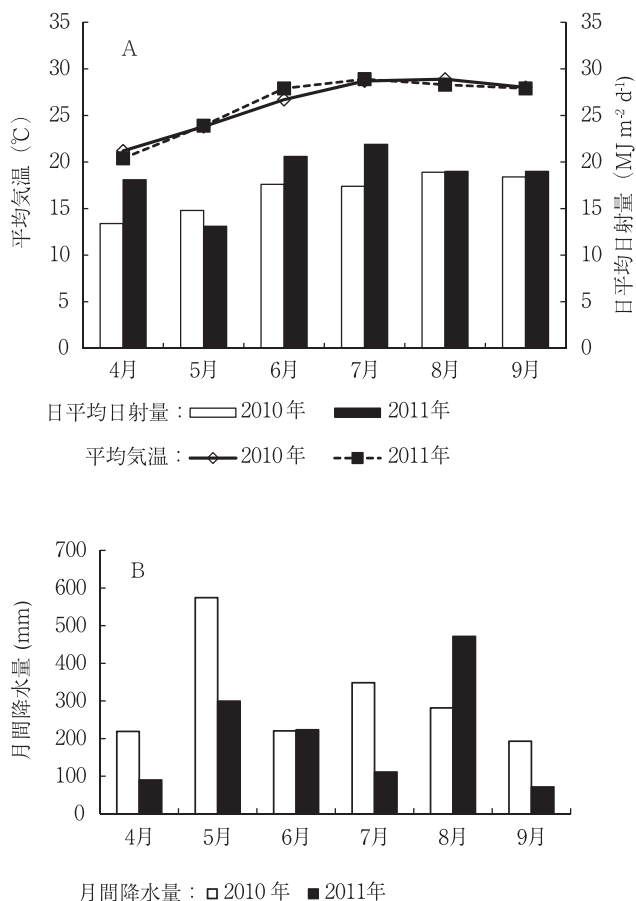
の亜熱帯環境下におけるアマランサスの系統間差異を明らかにしておくことは品種育成および最適栽培技術を確立する上で重要である。

そこで本研究では、沖縄県の夏季における葉菜類の供給拡大に資する目的で、インド、バングラデシュ、ベトナム、台湾から収集した野菜用アマランサス数系統を用い、生育、収量および数種成分含量の系統間差異を比較した。

材料と方法

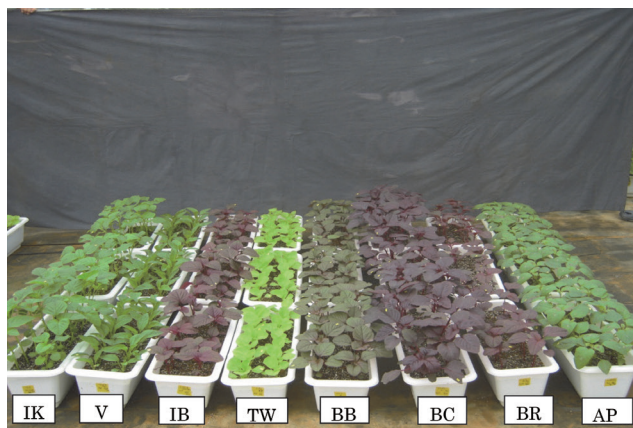
1. ハウス栽培実験 1 (春まき栽培)

供試材料は、主に南・東南アジアから導入した野菜用アマランサス (*Amaranthus tricolor* L.) で、琉球大学農学部亜熱帯フィールド科学教育研究センターにて保存・維持していた 12 系統の中から、乾物生産をもとにスクリーニングをおこない選定した “Bangladesh B (BB)”, “Bangladesh C (BC)”, “Bangladesh Red (BR)”, “India Bengal (IB)”, “Vietnam (V)”, “Taiwan (TW)” および市販種子 “Biam tricolor (BT)” (タキイ種苗株式会社) の 7 系統を用いた。栽培試験は、2010 年 4 月 30 日から 7 月 8 日の間、琉球大学農学部附属亜熱帯フィールド科学教育研究センター (沖縄県西原町) のビニールハウス内で行なった。また、実験期間中は、ハウスの側面周囲を開放し、できるだけ外部環境に近い状態になるよう配慮した。プラスチック製プランタ (プランタ -650E : 58 × 18 × 18 cm) に島尻マーヅ (暗赤色土) 7 kg と培養土 6 kg (花咲き物語、(株) 秋元天産物) を混合したものを詰め、基肥としてプランタあたり化成肥料 (N:



第1図 沖縄県（那覇市）における生育期間中の月平均気温（A）、日平均日射量（A）および月間降水量（B）の推移。

$P_2O_5:K_2O = 15:15:15$ を 25 g 施用し、各系統の種子をそれぞれ 75 粒播種した。播種後は種子が隠れるように軽く覆土し、灌水は適宜行なった。播種後 14 日目（14 DAS）の 2～3 葉期に、1 プランタあたり 8 株に間引いて、6 反復設けた（プランタ 6 個）。草丈および葉数は、24 DAS から 54 DAS まで 10 日毎に計測した。茎径、節間長、茎、葉の形態、葉面積、葉生重、茎生重および根生重は、34 DAS に 3 プランタについて調査した（24 株）。茎径はノギスを用いて地際から 5 cm の高さを、節間長は第 3 節と第 4 節間について測定した。葉面積は面積計（AAM-8 林電工）を用いて測定した。同時期に葉の還元型アスコルビン酸含量と全シュウ酸含量を RQ フレックス/アグロチェックキット小型反射式光度計システム（関東化学株式会社）を用いて測定した。株あたりの還元型アスコルビン酸含量については、1 株生重を 100 で除した値に 100 g 生重あたりの還元型アスコルビン酸含量を乗じることによって算出した。また、全シュウ酸含量についても同様に算出した。茎、葉および根はそれぞれ生重を測定した後、60℃に設定した通風乾燥機（Drif23wa Advantec）で 24 時間乾燥し、乾物重を測定した。乾物試料は、さらにミルつきミキサー（BM-HSO8 象印）で粉碎し、全窒素および全炭素を NC アナライザー（SUMIGRAPH NC-220F 住化分析センター）で測定



第2図 播種後 30 日目におけるアマランサス供試系統の生育状況。

IK: India Kishaka line, V: Vietnam line, IB: India Bengal line, TW: Taiwan line, BB: Bangladesh B line, BC: Bangladesh C line, BR: Bangladesh red line, AP: *Amaranthus patulus* Bert.

した。粗タンパク質含量は、窒素量にタンパク質換算係数 6.25 を乗じて算出した。無機成分（Na, K, Ca, Mg, Al, P, Fe および Mn）含量の測定は ICPE 発光分析装置（ICPE-9000 島津製作所）を用い、測定方法は Hossain ら（2008）に従った。測定は、各系統とも 1 プランタ内の全株を混合し、3 プランタについて行った。形態的特性については、向軸面から見た葉身の形態、目視による葉色、根の形状、縦断面から見た茎内部状態を調査した。播種後から止め葉が出て花穂が見えた出蕾までの日数および花穂の節から頂端部までの長さを花穂長として、40～54 DAS に測定した。茎葉部含水率は、34 DAS の地上部生重から地上部乾燥重を差し引いた値を地上部生重で除した割合とした。種子千粒重は、室内で 5 日間自然乾燥した種子 100 粒の重さを測定し 10 倍することにより算出した。

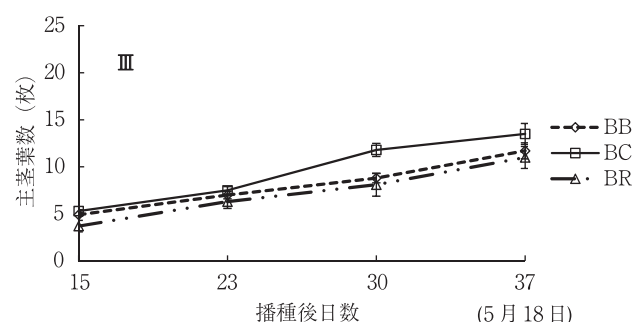
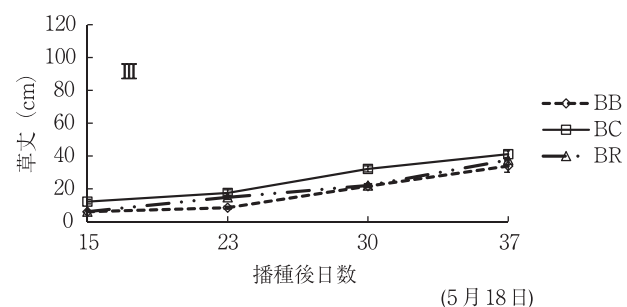
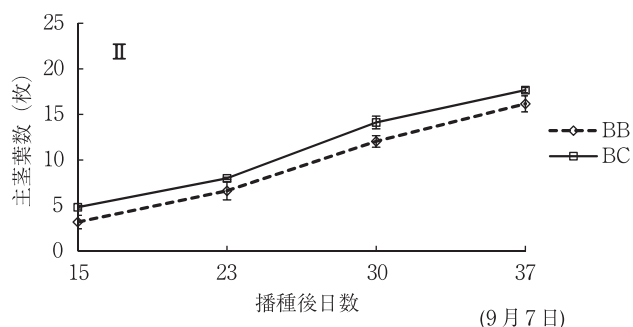
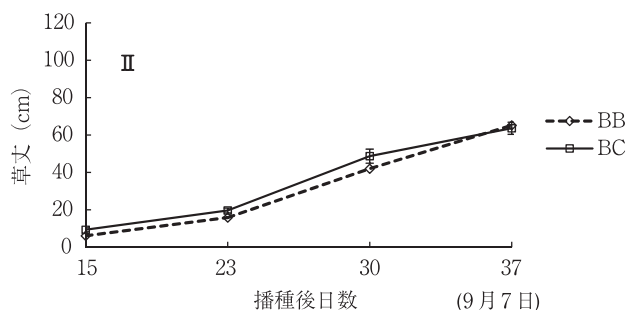
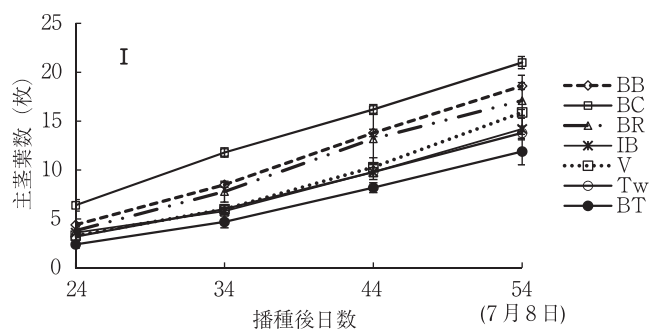
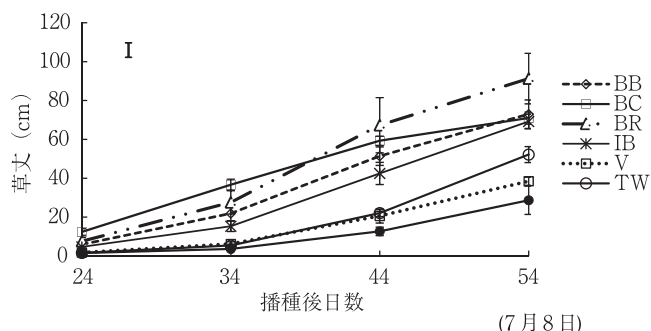
2. ハウス栽培実験 2（夏まき栽培）

実験 1 の結果から生長が速く、乾物重の高かった Bangladesh B（BB）および Bangladesh C（BC）の 2 系統を夏季に栽培試験を行なった。栽培方法は、実験 1 と同様にを行い、2010 年 8 月 2 日にプランタあたり 75 粒を散播した。14 DAS の 2～3 葉期に間引きを行ない、1 プランタあたり 8 株とし、3 反復設けた。草丈および葉数は 15～37 DAS まで 7 日毎に計測した。34 DAS に 1 プランタあたり 5 株について、実験 1 と同様に生育調査を行った。

茎葉部における乾物あたり無機成分の測定は、実験 1 と同様にを行った。

3. ハウス栽培実験 3（春まき栽培における無機成分の測定）

実験 3 では、Bangladesh B（BB）、Bangladesh C（BC）お



第3図 アマランサス系統の草丈。

I：実験1，2010年4月30日播種

II：実験2，2010年8月2日播種

III：実験3，2011年4月9日播種

図中のバーは，標準誤差をあらわす。

第4図 アマランサス系統の主茎葉数。

I：実験1，2010年4月30日播種

II：実験2，2010年8月2日播種

III：実験3，2011年4月9日播種

図中のバーは，標準誤差をあらわす。

および Bangladesh Red (BR) の3系統を用いた。栽培方法は実験1と同様に行い、2011年4月9日に播種して14 DASの2～3葉期に間引きを行ない、1プランタあたり8株とし、3反復設けた。草丈および葉数は15～37 DASまで7日毎に計測した。34 DASに1プランタあたり5株について単葉最大葉面積、葉面積、葉乾物重、茎乾物重、可食部乾物重の調査を行った。無機成分の測定は、実験1と同様に行った。

統計解析は、エクセル統計2008((株)社会情報サービス社)を用い、一元配置分散分析を行い、有意差の認められた結果については、LSD法による多重比較検定を行った。実験2については、t検定を行った。

気象データは、沖縄气象台 (<http://www.jma-net.go.jp/okinawa/>) の観測による那覇市のデータを用いた。

結 果

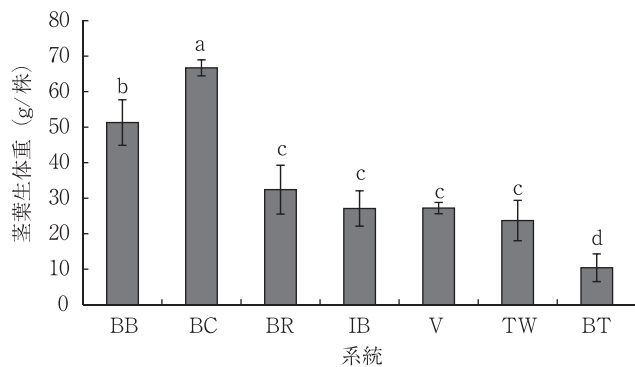
1. 栽培期間の気象条件

試験期間中の那覇市における月平均気温、日平均日射量と月間降水量の推移を第1図に示した。気温は、2010年および2011年とも7月が最も高く、両年とも同様に推移した。日平均日射量は、2010年に比べて2011年の方が平均2.5 MJ m⁻¹ d⁻¹ 高い値を示した。栽培期間中の降水量は、2010年の方が2011年よりも多かった。

2. 各系統の生育特性

供試系統の播種後30日の生育状況を第2図に示した。

第3図に実験1、実験2および実験3における草丈の推移を示した。アマランサスの収穫が可能となる34 DASでは、各試験ともBC系統の草丈が最も高かった。実験1のBT系統は、24 DASから54 DASにかけて全ての系統の中



第5図 播種後34日目におけるアマランサス系統の茎葉生体重。
(実験1: 2010年4月30日播種)。
図中のバーは、標準誤差をあらわす。
同一文字を付した数値間には5%水準 (LSD) で有意差がない。

で最も低く推移した。夏まき栽培 (実験2) では、春まき栽培 (実験1および実験3) に比べ、草丈が高くなる傾向を示した。

第4図に各実験における葉数の推移を示した。夏まき栽培で葉数が多くなり、BC系統はいずれの試験でも最も葉数が多く、次いでBB系統であった。

実験1における播種後34日目の茎葉生重はBC系統が最も大きく、次いでBB系統であった (第5図)。

第1表に、実験1での54 DASにおける各系統の特性を示した。出蕾までの日数は、BC、BR、TWおよびBT系統が45 DAS、BB、IBおよびV系統が49 DASであった。また、実験2および実験3と同時に栽培した種子採取用の個体においてほぼ同様の出蕾日数 (42~50 DAS) であった。

第1表 播種54後日目におけるアマランサス系統の諸形質および形態特性 (実験1)。

系統	出蕾日数 (d)	花穂長 (cm)	茎径 (mm)	節間長 (cm)	種子千粒重 (g)	葉形	葉色	茎内部状態	根形
BB	49 a	15.1 a	11.5 b	8.1 ab	0.77 c	卵形	赤葉系統	柔組織	直根
BC	45 b	11.4 b	13.9 a	7.2 bc	0.97 a	卵形	赤葉系統	中空	直根
BR	45 b	12.0 b	8.5 c	9.8 a	0.97 a	卵形	赤葉系統	柔組織	直根
IB	49 a	11.6 b	8.1 c	5.9 c	0.94 b	卵形	赤葉系統	柔組織	直根
V	49 a	9.3 c	9.2 c	3.1 d	0.66 b	広披針	緑葉系統	柔組織	直根
TW	45 b	8.0 c	7.6 c	2.5 de	0.63 e	円形	緑葉系統	柔組織	直根
BT (比較)	45 b	8.5 c	5.0 d	1.1 e	0.66 d	卵形	緑葉系統	柔組織	直根

2010年4月30日播種。7月8日調査。
葉穂長: 花首から花頂部の先端までの長さ。
同一文字を付した数値間には5%水準 (LSD) で有意差がない。

第2表 播種後34日目におけるアマランサス系統の諸生育特性。

系統	単葉最大葉面積 (cm ²)	葉面積 (cm ² /株)	葉乾物重 (g/株)	茎乾物重 (g/株)	可食部乾物重 (g/株)
実験1					
BB	110.7 a	617.4 ab	2.37 a	1.23 b	3.60 a
BC	84.7 bc	673.5 a	1.97ab	1.77 a	3.74 a
BR	88.4 abc	475.1 b	1.27 cd	0.73 c	2.00 b
IB	100.2 ab	445.4 b	1.67 bc	0.63 cd	2.30 b
V	73.7 cd	418.5 b	1.97 ab	0.43 cde	2.40 b
TW	97.8 ab	454.9 b	2.00 ab	0.30 de	2.30 b
BT (比較)	60.7 d	253.4 c	0.83 d	0.13 e	0.96 c
実験2					
BB	98.59 a	558.16 b	2.90 a	1.80 a	4.70 a
BC	70.73 b	639.07 a	2.23 a	2.52 a	4.75 a
実験3					
BB	101.30 a	572.50 b	2.70 a	1.02 b	3.72 b
BC	77.94 b	625.89 a	2.26 a	2.22 a	4.48 a
BR	87.83 b	432.09 c	1.40 b	0.45 b	1.85 c

実験1: 2010年4月30日播種
実験2: 2010年8月2日播種
実験3: 2011年4月9日播種
異文字間には5%水準で有意差あり。実験1と3は多重検定 (LSD)、実験2はt検定。

第3表 播種後34日目におけるアマランサス系統の葉部・茎部における乾物重あたりの無機成分、窒素および炭素含有量
(実験1:2010年4月30日播種, 6月2日収穫)。

系統	部位	Na (mg/DWg)	K (mg/DWg)	Ca (mg/DWg)	Mg (mg/DWg)	Al (mg/DWg)	Fe (mg/DWg)	P (mg/DWg)	Mn (mg/WDg)	N (%)	C (%)
BB	葉	2.45 cd	56.60 b	21.40 a	17.20 abc	0.18 c	0.14 b	4.03 b	0.81 a	5.37 b	36.82 b
BC		3.72 a	52.06 c	19.40 ab	16.76 bcd	0.16 c	0.14 b	3.05 b	0.72 b	5.14 b	37.85 a
BR		2.28 d	55.53 bc	21.22 ab	18.12 ab	0.17 c	0.14 b	5.17 a	0.82 a	6.43 a	37.17 b
IB		2.91 bc	57.80 b	18.10 bc	15.80 cd	0.25 bc	0.15 b	3.82 b	0.61 b	5.27 b	37.16 b
V		3.08 b	59.86 b	17.76 cd	15.52 d	0.31 ab	0.19 a	3.78 b	0.53 c	5.34 b	37.08 b
TW		2.90 c	64.60 a	18.64 bc	18.76 a	0.25 bc	0.16 ab	3.48 b	0.52 c	5.26 b	34.17 c
BT (比較)		3.51 ab	66.73 a	15.12 d	16.11 cd	0.41 a	0.18 a	3.58 b	0.51 c	5.39 b	36.54 b
BB	茎	2.34 bc	115.32 b	4.48 cd	2.94 d	0.13 cd	0.09 cd	2.30 b	0.22 a	6.18 a	21.91 d
BC		4.34 a	109.12 c	4.76 c	6.38 a	0.10 d	0.06 d	1.43 e	0.11 b	4.28 c	26.13 c
BR		1.24 d	127.33 a	4.40 cd	3.14 d	0.17 c	0.11 c	2.28 b	0.21 a	5.26 b	25.62 c
IB		1.7 cd	109.40 c	4.26 d	3.04 d	0.10 d	0.06 d	2.12 c	0.12 b	5.35 b	25.14 bc
V		2.72 b	98.60 de	6.24 a	4.96 b	0.17 c	0.12 c	2.69 a	0.13 b	4.91 b	28.22 ab
TW		1.94 c	103.40 d	5.98 a	4.50 b	0.23 b	0.16 b	1.97 d	0.11 b	4.95 b	26.22 bc
BT (比較)		1.62 cd	95.40 e	5.56 b	3.90 c	0.32 a	0.28 a	2.71 a	0.21 a	5.02 b	29.33 a

DW: 乾物重量

同一文字を付した数値間には5%水準(LSD)で有意差がない。

第4表 播種後34日目における1株あたり茎葉可食部の無機成分、粗タンパク質(C.P.)
(実験1:2010年4月30日播種, 6月2日収穫)。

系統	Na (mg/株)	K (mg/株)	Ca (mg/株)	Mg (mg/株)	Al (mg/株)	Fe (mg/株)	P (mg/株)	Mn (mg/株)	C.P (mg/株)
BB	8.68 b	275.79 b	56.20 a	44.36 a	0.58 b	0.44 a	12.37 a	2.22 a	1.27 a
BC	15.00 a	295.79 b	46.64 b	44.30 a	0.49 c	0.38 b	8.47 b	1.55 b	1.10 b
BR	3.72 e	163.28 c	30.14 d	25.28 e	0.34 d	0.26 d	8.21 bc	1.22 b	0.75 d
IB	5.72 d	165.17 c	32.88 d	28.28 d	0.47 c	0.29 c	7.71 c	1.22 b	0.76 d
V	7.23 c	160.16 c	37.65 c	32.69 c	0.68 a	0.43 a	8.60 b	1.11 b	0.79 c
TW	6.38 d	160.05 c	39.05 c	38.85 b	0.56 b	0.37 b	7.53 c	1.11 b	0.75 d
BT (比較)	3.12 f	67.78 d	13.27 e	13.88 f	0.37 d	0.19 e	3.02 d	0.44 c	0.32 e

同一文字を付した数値間には5%水準(LSD)で有意差がない。

花穂長は、最も長いBB系統で15.1 cm、最も短いTWでは8 cmであった。茎径は、BC系統が他系統より有意に高い値を示した。節間長はBR系統で9.8 cmと有意に高い値を示し、BT系統が1.1 cmと最も低い値を示した。種子千粒重は、0.9 gが3系統、0.7 gが1系統、0.6 gが3系統で、BCおよびBR系統は、TW系統の約1.5倍の粒大であった。葉の形態は、BB、BC、BR、IBおよびBT系統が卵形、V系統が広披針形、TW系統が円形であった。葉色は、IB、BB、BCおよびBR系統が赤葉系統、BT、VおよびT系統が緑葉系統であった。茎の内部形態はBC系統のみが中空で他は柔組織であった。根系は、どの系統も直根型であった。

第2表に実験1、実験2および実験3の34 DASにおける葉面積と各器官の乾物重について示した。1株の中で最も大きな葉の葉面積(最大葉面積)は、各実験ともBB系統が最も高い値を示した。1株当たりの葉面積では、BC

系統が最も高い値を示し、次いでBB系統であった。可食部(葉および茎)乾物重は、実験1、実験2および実験3において、BC系統が最も高い値を示し、次いでBB系統となった。また、実験2の夏まき栽培では、実験1および実験3の春まき栽培よりも乾物重量が高くなる傾向を示した。

3. 各系統の成分特性

第3表に葉および茎における乾物重あたりの無機成分含量を示した。葉におけるNa含量は、BC系統が最も高く、BT系統を除き有意に高かった。K含量は、TWおよびBT系統が他系統より有意に高い値を示した。Ca含量は、BBおよびBR系統が20 mgを超えたが、BT系統は15 mgと低い値であった。Mg含量は、BRおよびTW系統が、アルミニウム(Al)含量はVおよびBT系統が比較的高かった。Fe含量はVおよびBT系統がTWを除く他の系統より有

第5表 播種後34日目におけるアマランサス系統の茎葉部における乾物あたりの無機成分、窒素および炭素含有量 (実験2および3)。

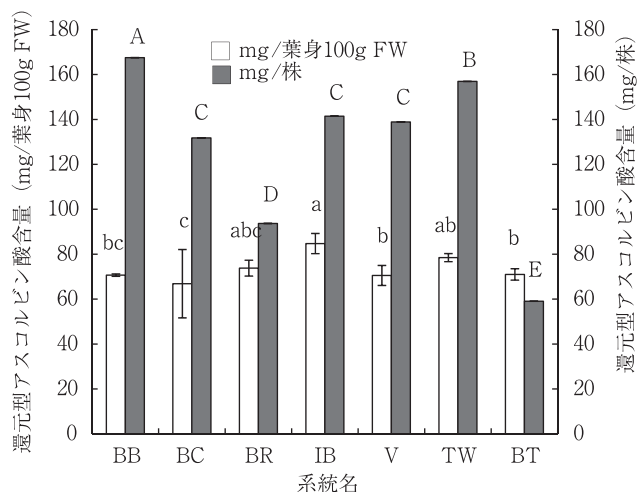
系統	Na (mg/DWg)	K (mg/DWg)	Ca (mg/DWg)	Mg (mg/DWg)	Al (mg/DWg)	Fe (mg/DWg)	P (mg/DWg)	Mn (mg/DWg)	Zn (mg/DWg)	N (%)	C (%)
実験2											
BB	4.74 b	31.33 b	19.93 a	15.73 a	0.99 a	0.79 a	12.97 a	0.82 a	0.67 a	3.10 a	37.32 a
BC	7.07 a	33.80 a	15.83 b	11.20 b	0.88 a	0.60 a	12.53 a	0.45 a	0.52 a	2.40 b	37.45 a
実験3											
BB	2.19 c	44.90 a	22.61 a	18.15 b	0.55 c	0.57 b	18.20 a	0.61 b	0.45 b	3.62 a	37.22 a
BC	8.70 a	41.65 b	19.21 b	17.60 b	1.05 a	0.83 a	10.63 b	0.24 c	0.51 b	2.40 c	37.45 a
BR	5.55 b	44.50 a	21.31 a	19.87 a	0.87 b	0.57 b	14.75 ab	0.78 a	0.69 a	3.29 b	37.18 a

DW: 乾物重量

(実験2: 2010年8月2日, 9月4日収穫)

(実験3: 2011年4月9日, 5月14日収穫)

実験2は, t検定. 実験3は, 同一文字を付した数値間には5%水準で有意差がない。

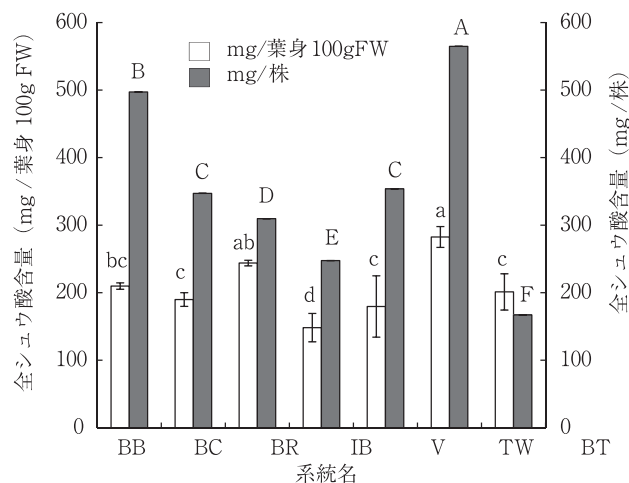


第6図 播種後33日目におけるアマランサス系統の葉・株の還元型アスコルビン酸含量。

(実験1: 2010年4月30日播種)。

図中のバーは、標準誤差をあらわす。

同一文字を付した数値間には5%水準(LSD)で有意差がない。



第7図 播種後33日目におけるアマランサス系統の葉・株の全シクウ酸含量。

(実験1: 2010年4月30日播種)。

図中のバーは、標準誤差をあらわす。

同一文字を付した数値間には5%水準(LSD)で有意差がない。

意に高い値を示した。リン (P) 含量は, BR 系統が他の系統より有意に高い値を示した。マンガン (Mn) 含量は, BB および BR 系統が他の系統より有意に高い値を示した。窒素 (N) 含量は, BR 系統が他系統に対し有意に高い値を示した。炭素 (C) 含量は, BC 系統が他系統より有意に高く, TW 系統は有意に低い値を示した。また, 茎における無機成分含量では, Na 含量は, BC 系統が他系統より有意に高い値を示した。K 含量では BR 系統が, 他の系統より有意に高い値を示した。Ca 含量は, V および TW 系統が他系統より有意に高い値を示した。Mg 含量は, BC 系統が他系統より有意に高い値を示した。Al および Fe 系統の含量は BT 系統が, 他系統よりそれぞれ有意に高い値を示した。P 含量は, V および BT 系統が他系統より有意に高い値を示した。Mn 含量は, BB, BR および BT 系統が他系統より有意に高い値を示した。N 含量では BB 系統が他

系統より有意に高い値を示した。C 含量では, BT 系統が V 系統を除く他系統に比べ有意に高い値を示した。

第4表に, 播種後34日目における1株あたり茎葉可食部の無機成分ならびに粗タンパク質含量 (C.P.) について示した。1株あたりの含量は, BB 系統が他の系統に比べて Ca, Fe, P, Mn および C.P. が多く, BC 系統は, 他の系統に比べて Na および K 含量が多かった。

第5表には, 実験2および実験3における, 茎葉部の乾物重あたり無機成分含量, N および C 含量を示した。実験2では, BB 系統の Ca, Mg, Fe, Mn および Zn 含有量は BC 系統より高い値を示したが, Fe, Mn, Zn 含有量に有意差は認められなかった。また, Na および K 含量は, BC 系統が高かった。実験3では, BB 系統の K, Ca, P は BC 系統に比べ有意に高い値を示し, N 含量は他の系統に比べ有意に高い値を示した。実験2および実験3では, 茎葉部

における C 含量は系統間に有意な差は認められなかった。BC 系統は Na, Al および Fe 含量が他の系統に比べ有意に高く、BR 系統は Mg, Mn および Zn 含量が他の系統に比べ有意に高かった。

第 6 図に葉の還元型アスコルビン酸含量を示した。葉生重 100 g あたりでは IB 系統が最も高い値を示したが、1 株あたりでは BB 系統が有意に高い値を示した。

第 7 図には、全シュウ酸含量を示した。葉生重 100 g、1 株あたりとも TW 系統が有意に最も高い値を示した。

考 察

1. 各系統の生育特性

本試験で供試した系統は、赤葉系統および緑葉系統があり、インド、バングラデシュ等の南アジアでは開花前の 20～35 cm の茎葉が野菜として利用されている品種である(第 2 図)。BB 系統は、一般に草丈が 20～35 cm であれば茎葉を利用し、35 cm 以上であっても開花前であれば、茎はスープや炒めものおよびカレーの具材などとして利用されている。本実験では、茎葉の利用を考慮して実験を行った。

草丈の推移をみると(第 3 図)、実験 1(春まき栽培)の 34 DAS 以降は、BB、BC、BR および IB 系統の赤葉系統が他の緑葉系統よりも高く推移した。また、BC 系統の草丈は、第 3 図の実験 2(夏まき栽培)および実験 3(春まき栽培)においても 23 DAS および 30 DAS において他の系統よりも高く推移した。また、実験 1 の 44 DAS 以降は他の系統より成長が緩慢となったことから、BC 系統は初期生育が優れる系統であると考えられた。

収量要素となる茎葉乾物重では、全 3 回の実験において赤葉系統の BC が最も高いことが認められた。BC 系統は茎径が供試材料の中で最も太く、BR 系統は節間長が 10 cm 程度まで長く伸長するタイプであり、BB、IB、V、TW および BT 系統の茎の形態とは異なっていた(第 1 表)。アマランサスの生葉重は、肥沃土で保水力がある土壤で大きくなる(Shittu ら 2006)。また、アマランサスの生育は、土壤の水分含量によって影響を受け、高い水分条件に適応性の高い種と低い種があると報告されている(チャカタカーンら 1993)。本実験では、各系統とも肥料の施肥および灌水は適宜行った。各系統同じ栽培条件において BC 系統は、乾物重量が最も高く、窒素含量は他の系統に比べて低い値となった。このことは、BC 系統の窒素利用率の高さによるものと考えられた。一方、緑葉系統の V、TW、BT 系統の可食部乾物重量が赤葉系統に対して低かったのは、節間長が短く、茎乾物重が低いことに起因すると考えられた(第 2 表)。このように器官によって乾物生産の割合が異なることから、本試験で用いた系統は、茎を主な可食部とする系統、葉を主な可食部とする系統および葉と茎の両方を可食部とするといった 3 タイプの利用方法があると考えられた。

花穂長についても、赤葉系統は緑葉系統よりも長い傾向

が認められた(第 1 表)。また、種子千粒重は、赤葉系統の BC、BR、IB 系統が緑葉系統の約 1.5 倍であり、赤葉系統の種子は大粒の特徴があると認められた(第 1 表)。種子重量と乾物生産力の関係については今後検討する必要がある。

アマランサスの生育および葉の収量は、28～30℃で最も高くなると報告されている(Whitehead ら 2002)。また、左柄と阿部(1991)の福島県における実験では、1 株当たりの茎葉重は 7 月播種で最も高くなることを示した。本実験で用いた BB および BC 系統は、夏まき栽培で最も高い乾物重を示した。このことから、沖縄において夏季栽培が可能であると考えられた。

アマランサスは短日植物であり、12 時間、14 時間および 16 時間日長で栽培するとそれぞれ 12.7 日、15.0 日および 41.0 日で花芽形成がはじまり、その後それぞれ 9 日、10 日および 12.1 日で開花すると報告されている(Huang ら 2000)。短日下において着蕾が早まると、収穫部位(茎葉)の生育量が不十分になることが懸念される。今回供試した系統では、夏まき栽培(実験 2)における出蕾までの日数は 40～45 日であり、野菜用として利用可能な茎葉の生育量であった。

以上の結果より、赤葉系統と緑葉系統のアマランサスでは、生長、各器官における乾物生産および種子千粒重に系統間差が認められたこと、また、夏季の生育が良好で利用価値があると認められたことから、本実験で用いた BB と BC 系統は沖縄県における野菜用アマランサスの品種育成のための素材として期待できる。

2. 各系統の成分特性

乾物生産が高い BB、BC 系統では、必須ミネラル成分である Na、K、Ca および Mg が他の系統に比べて多く含有していることが認められた(第 4 表)。

無機成分の K 含量について見てみると、葉部では TW、BT 系統が高い値、茎部では BR 系統が高い値となった(第 3 表)。Ca 含量について見てみると、葉部では BB、BR、BC 系統の順に高い値を示し、茎部では V、TW、BT 系統の順に高い値を示し、K 含量と Ca 含量については、葉部と茎部とでは拮抗的な動きを示した(第 3 表)。また、Al および Fe 含量をみると、葉部および茎部とも V、TW、BT 系統がそれぞれ高い値を示し、BB、BC、BR および IB 系統が低い値を示す傾向を示した。このように V、TW、BT 系統と BB、BC、BR、IB 系統とでは、無機成分含量の蓄積に系統間差が認められた。また、夏まき栽培では、春まき栽培に比べて全体的に無機含量が低下する傾向が認められたが(第 5 表)、これは夏まき栽培では乾物生産が高くなることによるためと考えられた。Shukla ら(2006)は、野菜用アマランサスはカルシウム、鉄、亜鉛が豊富であると報告しており、本研究の結果を支持しているものと考えられた。

アマランサスの赤葉系統の葉色は赤色色素によるもの

で、その色素はポリフェノール含量が高く、抗酸化活性も高いことが報告されている (Khandaker ら 2008)。また、この色素はベタシアニンであることが知られている (Lehmann 1990)。供試材料の赤葉系統の中でも BC 系統は赤色が濃くてポリフェノール含量が高いと推察される (第2図)。

供試系統の葉生重 100 g 当たりの有機酸含量から、還元型アスコルビン酸含量は赤葉系 IB 系統が、1 株全体の葉あたりでは BB 系統が供試系統に対して有意に高い値を示した (第6図)。English (1991) は、各種作物における生重あたりのアスコルビン酸含量を測定し、キャベツ 30.1 mg, ハクサイ 38.2 mg, アマランス 45.2 mg, カボチャ 28.1 mg およびサツマイモ 24.9 mg と報告している。本実験において最もアスコルビン酸含量が高い IB 系統で 84.7 mg, 最も低い BC 系統で 66.8 mg であり、本実験で用いた供試系統は比較的高いアスコルビン酸含量を示したが、アマランサスのアスコルビン酸含量がどのような栽培環境要因で高まるかについては、今後検討する必要がある。

シュウ酸は摂取量が多いと腎臓結石を引き起こすなど人体に悪影響を及ぼすことが知られている (加福 2010)。シュウ酸含量を低く抑えるには、作物の生育後期に収穫する必要があるとの報告がある (Livert and Franceschi 1987)。本実験では、開花前の個体について調査した。USDA (1984) の調査結果によると、生重 100 g あたりの各種野菜のシュウ酸含量は、パセリ 1700 mg, アマランサス 1090 mg, ホウレンソウ 970 mg, レタス 330 mg およびキャベツ 100 mg である。本実験では、TW 系統が 282.5 mg で最も高かった。この値は、他の野菜に比べても食用として許容範囲であると考えられた。

沖縄県の夏季の栽培環境では、葉菜類の栽培は困難であること、また台風が頻繁に襲来することから、沖縄県では夏季でも安定生産および安定供給が可能で、かつ栄養価の高い特徴をもった葉菜類が求められている。本試験で用いた野菜用アマランサス、特に BB および BC 系統は、短期間 (25~35 日) で利用可能であり、夏季における栽培でも春季と同様に栽培が可能であると考えられた。生育特性および株あたりの成分含量特性における系統間差を考慮すると、本試験で用いた供試材料の中で BB および BC 系統が、沖縄県の夏季において生産可能であり野菜生産量の不足を解消することができる系統であると考えられた。

引用文献

- Bailey, L.H. and Bailey, E.Z. 1978. Hortus Third. Macmillan Publishing Co. Inc. New York. 65.
- チャカタカーンソムチャイ・西山喜一・田辺猛 1993. 土壌水分の相違がアマランサス (*Amaranthus* spp.) の生育・収量に及ぼす影響. 熱帯農業 37: 269-276.
- English, R.M. 1991. National food composition program in Australia. Proceedings of the third oceania foods conference, 21-31.
- 晴山信一・本庄一雄・小田切敏 1990. アマランサス新しく古い作物. 岩手大学農学部編. 岩手大学農学部, 岩手. 1-26.
- 星川清親・矢原徹一・浅山英一 1989. *Amaranthus* L. ヒユ属. 堀田満・緒方健・新田あや・星川清親・柳宗民・山崎耕宇編, 世界有用植物事典. 平凡社, 東京. 76-77.
- Hossain, M.A., Yamawaki, K., Aniya, Y., Wada, K. and Ishimine, Y. 2008. Growth characteristics, yield and mineral content of redflower ragleaf (*Crassocephalum crepidioides* (Benth.) S. Moore) on dark-red soil in Okinawa, Japan. Jpn. J. Crop Sci. 77 (別 1): 116-117.
- Huang, J.Z., Shrestha, A., Tollenaar, M., Deen, W., Rahimian, H. and Swanton, C.J. 2000. Effects of photoperiod on the phenological development of redroot pigweed (*Amaranthus retroflexus* L.). Can. J. Plant Sci. 80: 929-938.
- 飯塚宗夫 1987. 植物遺伝資源をめぐる諸問題. 農業および園芸 62: 45-52.
- 飯塚宗夫・西山喜一 2001. アマランサスの起源と特性. 輪作全書 (第三巻) 雑穀. 農文協, 東京. 841-849.
- Joshi, B.D. and Rana, R.S. 1991. Grain amaranths: The future food crop. NBPGR, Shimla Sci. Monogr. 3: 1-152.
- 加福文子 2010. 食彩辞典 ほうれんそう, 第一三共株式会社, 東京. 1-7. <http://www.daiichisankyo.co.jp/healthy/hlmethod/syokusai2/14/index.html> (2013/08/01 閲覧).
- 勝田真澄・古明地通孝・奥山善直・本田裕・白戸知子・中谷誠 2001. 子実用アマランサス新品種「ニューアステカ」の育成. 作物研究所研究報告 1: 57-70.
- 川満芳信・上野正実・近藤義和・今井勝 2010. 知能的太陽光植物工場の新展開 [4] - 亜熱帯拠点の課題 -. 農業および園芸 85: 469-479.
- Khandaker, L., Ali, M.B. and Oba, S. 2008. Total polyphenol and antioxidant activity of red amaranth (*Amaranthus tricolor* L.) as affected by different sunlight level. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 77: 395-401.
- Lehmann, J.W. 1990. Forth national amaranth symposium issue. Pigments of grain and feral amaranths. Legacy, 3: 1-4.
- Libert, B. and Franceschi, V.R. 1987. Oxalate in crop plants. J. Agric. Food Chem. 35: 926-938.
- 根本和洋 1999. - 雑穀 - 総論加工の歴史・動向と農村加工. 農業技術大系食品加工総覧素材編第9巻アマランサス. 農文協, 東京. 17-28.
- 沖縄県農林水産部 2008. 沖縄県中央卸売市場, 取扱量市場年報 19-21.
- Rastogi, A. and Shukla, S. 2013. Amaranth: a new millennium crop of nutraceutical values. Crit. Rev. Food Sci. Nutr. 53: 109-125.
- 佐柄一男・阿部弘 1991. 葉菜用アマランサスの栽培特性. 東北農業研究 44: 239-240.
- Shittu, O.S., Adebooye, O.C., Fasina, A.S. and Omolayo, F.O. 2006. Responses of leaf yield and chemical composition of *Amaranthus cruentus* L. and *Celeosia argentea* L. to land use types and fertilizer regimes. Intl. J. Agri. Res. 1: 286-292.
- Shukla, S., Bhargava, A., Chatterjee, A., Srivastava, J., Singh, N. and Singh, S.P. 2006. Mineral profile and variability in vegetable amaranth (*Amaranthus tricolor*). Plant foods for human nutrition 61: 23-28.
- USDA. 1984. Oxalic acid content of selected vegetables. Composition of foods: Vegetables and vegetable products, Agriculture Hand book 8-11: 1-18.
- Whitehead, W.F., Carter, J. and Singh, B.P. 2002. Effect of planting date on vegetable amaranth leaf yield, plant height, and gas exchange. HortScience 37: 773-777.

Growth Characteristics, Yield and Quality of Some Vegetable Amaranths (*Amaranthus* spp.) Cultivated in Okinawa, Japan : Masanobu OHSHIRO¹⁾, Hikaru AKAMINE²⁾, Md. Amzad HOSSAIN²⁾, Ichiro NAKAMURA²⁾, Masanobu TAMAKI²⁾ and Akihiro NOSE³⁾ (¹⁾*United Grad. Sch. of Agric Sci., Kagoshima Univ., Kagoshima 890-0065, Japan;* ²⁾*Fac. Agric, Univ. Ryukyus, Nishihara 901-0213, Japan;* ³⁾*Fac. Agric, Saga Univ., Saga 840-8502, Japan*)

Abstract : Growth characteristics, yield and quality of seven leafy-vegetable amaranth lines were evaluated in detail for selecting suitable line(s) in Okinawa. Among the seven lines, three Bangladesh lines Bangladesh B (BB), Bangladesh C (BC) and Bangladesh Red (BR); one India Bengal line (IB); one Vietnam line (V); one Taiwan line (TW); and one domestic line Biam Tricolor (BT) were evaluated. BB, BC, BR and IB grew faster and had higher plant height than the other lines. Leaf number and leaf area per plant were largest in BC followed by BB and BR. BB, BC and BR had heavier stem weight than leaf weight, whereas V, TW and BT had heavier leaf weight than stem weight. Total shoot weight was the heaviest in BC followed by BB in all the experiments. Potassium (K) content of leaf was higher in TW and BT. Calcium (Ca) content was higher in BB, BC and BR, and magnesium (Mg) content was higher in BB, BC, BR and TW. Total sodium (Na) and K contents per plant were the highest in BC followed by BB, total Ca, Mg and crude protein contents were the highest in BB followed by BC, and total iron (Fe) content was the highest in BB followed by V and BC. Total ascorbic acid content was the highest in BB followed by TW, and was similar in IB, V and BC. Considering growth characteristics, yield and total value of quality parameters, the lines BB and BC could be suitable for cultivation in Okinawa prefecture.

Key words : *Amaranthus*, Growth characteristics, Mineral components, Yield elements.
