

イチゴの養液栽培における許容 Na 濃度に関する研究

A study on the allowable range of sodium concentration in hydroponics of strawberry

安田雅晴・越川兼行

Masaharu YASUDA and Kaneyuki KOSHIKAWA

要約: 養液栽培において、培養液のNa濃度がイチゴに及ぼす影響を検討した。NaClを添加して2me/l、4me/lのNa濃度とした培養液で栽培した結果、生育、収量に及ぼす影響はなかった。しかし、Na濃度が高いほどイチゴはNaを吸収し、低いNa濃度ではNa含量が増加しない葉身、果実においても含量が増加することから、4me/lを超える濃度では生育、収量が抑制される可能性が示唆された。また、使用する培養液処方により、イチゴのNa吸収が増減することから、培養液に高濃度のNaが含まれる場合は、使用する培養液処方を選択することにより、Naによる影響を少なくすることが可能と考えられた。

キーワード: イチゴ、養液栽培、ナトリウム、培養液

緒言

イチゴの養液栽培は、的確な培養液管理を行うことにより安定生産、多収生産が可能となることから、広く普及しつつある。しかし、原水に不純成分が多く含まれる地域では、的確な培養液管理が困難となることから、普及が進んでいない。特に、イチゴは耐塩性の弱い作物として知られており、原水に含まれるNa濃度に留意する必要がある。一般的に養液栽培では、30~40ppmがNaの上限濃度とされているが¹⁾、イチゴのNaの限界濃度については栽培法等により原水の使用量が異なるため、明確に決まっていない。岐阜県におけるイチゴ産地の一地域である西南濃地域は、海拔0m地帯で、原水にNaが50ppm(2.2me/l)程度含まれており、養液栽培導入の障害となっている。

そこで、高設栽培システム「岐阜県方式」²⁾においてイチゴのNa許容濃度を検討したので報告する。

試験1. 培養液中のNa濃度がイチゴに与える影響

[目的]

養液栽培において、培養液にNaClを添加することにより、生育及び収量に影響を及ぼすNa濃度を明らかにする。

[材料及び方法]

試験区は、培養液にNaClを添加しない標準区、培養液にNa濃度が2me/lとなるようにNaClを添加したNa2me区、培養液にNa濃度が4me/lとなるようにNaClを添加したNa4me区の3水準とした。供試した培養液処方は、イチゴの養分吸収特性に合わせて栽培時期により3処方を

使用する岐阜3段処方で、使用した原水のNa濃度は約0.3me/lであった(表1)。

品種は「濃姫」を供試し、高設栽培システム「岐阜県方式」で栽培した。2002年8月14日に定植し、2003年5月30日まで栽培した。給液開始は9月24日、保温開始は10月20日、加温開始は11月10日、電照期間は11月15日から2月28日とした。9月24日から10月20日までは全ての試験区でNaClを添加していない培養液を給液し、10月21日以後、各試験区で設定した培養液を給液した。給液回数は、給液量が晴天時に2割程度の排水率となるよう、4~8回/日の範囲で排水感知型給液ポンプ制御とした。標準区の給液ECは、9月24日から10月21日まで0.4dS/mから0.8dS/mまで経時的に高くし、10月21日から12月までは0.8dS/mで、1月から2月までは0.7dS/mで、3月から5月は0.6dS/mで管理した。Na2me区は、標準区に比べ、添加したNaClに相当する約0.2dS/m高く管理した。Na4me区は約0.4dS/m高く管理した。

調査項目は、給排水及び培地内溶液のNa濃度、イチゴ各部位のNa、K、Ca及びMg含量、生育、収量及び果実品質とした。Na、K、Ca及びMg含量は、採取した各部位を通風乾燥し、希酸抽出法により抽出後、原子吸光光度計により測定した。

表1 岐阜3段処方と原水の組成

	N	P	K	Ca	Mg
9～12月	12.0	5.5	4.5	6.5	3.5
1～2月	12.0	5.0	4.8	3.7	2.5
3～5月	12.0	4.0	4.5	2.0	1.5
原水	0.2	0.0	0.0	0.9	0.3

【結果及び考察】

標準区の給液Na濃度は、約0.3me/lで、原水の濃度とほぼ同じであった。Na2me区の給液Na濃度は1.8～2.2me/lで、ほぼ設定濃度で推移したが、Na4me区は3.2～4.3me/lで変動が大きく、特に1月から3月に設定濃度より低く推移した（図1）。

排液Na濃度は、10月21日以降の平均で標準区が1.3me/l、Na2me区が5.9me/l、Na4me区が10.6me/lで、3試験区とも給液濃度より高かった。標準区の排液Na濃度は1.3me/lとほぼ一定であったが、Na2me区は4～8me/l、Na4me区は7～16me/lと、排液率の影響で大きく変動した（図2）。

培地内溶液のNa濃度は、排液濃度に比べ12月5日以降の平均値で大差なかったが、Na2me区は3月中旬までやや上昇、以後下降する傾向があり、Na4me区では1月上旬まで上昇、以後下降する傾向があった（図3）。

果実におけるNa含量は、標準区が2mg/100gDW程度で収穫期間を通して一定であった。Na2me区は、3月上旬まで緩やかに9mg/100gDWまで増え、3月6日から4月2日の間に67mg/100gDWまで急激に増加した。Na4me区では、2月3日まで15mg/100gDW程度であったが、2月3日以後は経時的に増え、5月14日には134mg/100gDWであった（図4）。Na2me区及びNa4me区でNa含量が増加し始めた時期は、培地内溶液のNa濃度が低くなり始めた時期と近いことから、この時期に、イチゴのNa吸収が大きくなったと考えられた。

栽培終了後の5月31日に採取した各部位（根、クラウン、葉柄、葉身、果梗）全てにおいてNa含量は、Na4me区>Na2me区>標準区の順に多かった。標準区のNa含量は、根が130mg/100gDWで最も多く、次いでクラウン、葉柄の順で、葉身、果梗は4mg/100gDWで最も少なかった。果実のNa含量は図4より2mg/100gDWであり、最もNa含量が少ない部位であった。Na2me区及びNa4me区は、クラウンが最もNa含量が多く、次いで、葉柄、根、果梗の順で、葉身は果実よりも少なかった。Na4me区は、Na2me区に比べ、葉柄のNa含量がクラウンと同程度に多い特徴があった（図5）。

果実におけるK含量、Ca含量及びMg含量は、NaCl添加による一定の傾向はなかった（図6）。収穫終了時の植

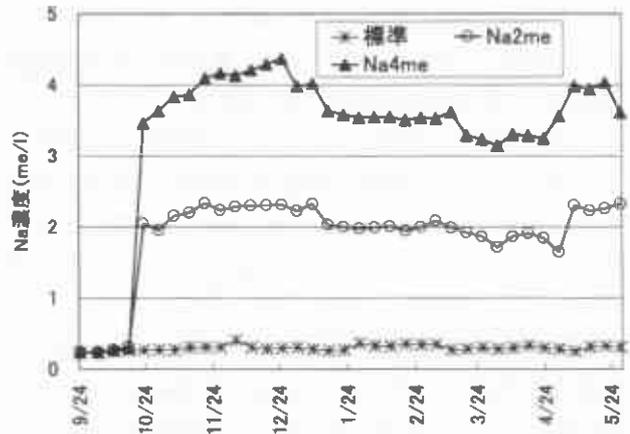


図1 給液のNa濃度の推移

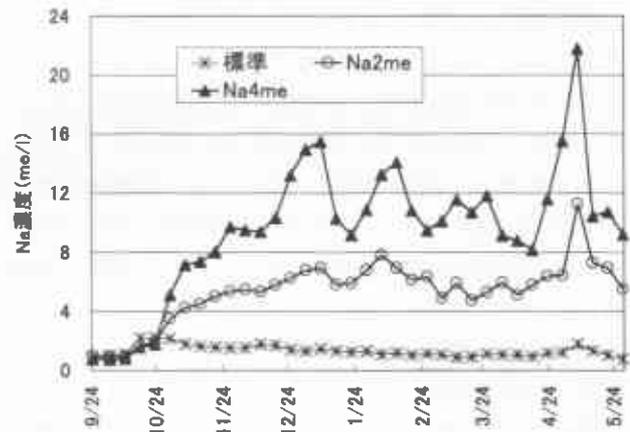


図2 排液のNa濃度の推移

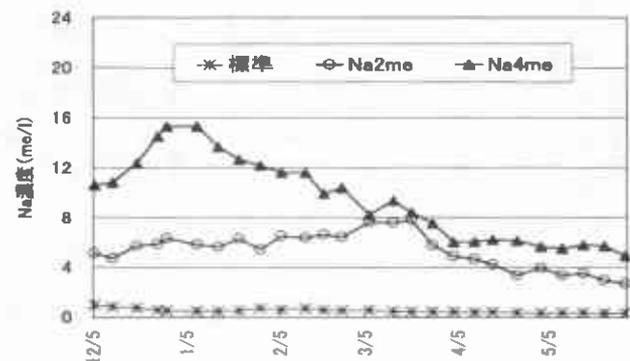


図3 培地内溶液のNa濃度の推移

物体各部位のK含量は、根及びクラウンで標準区>Na2me区>Na4me区の順に多く、NaCl添加によるK含量の減少傾向が認められた。葉柄では、標準区が最もK含量多かったが、Na2me区とNa4me区では大差なかった。葉身及び果梗では試験区間に一定の傾向はなかった。Ca含量は、NaCl添加による一定の傾向はなかった。Mg含量は、根、クラウン及び葉柄でNaClを添加した区が標準区より多

かった。Na2me区とNa4me区の比較では、根でNa2me区が多く、葉柄でNa4me区が多かった。葉身及び果梗では試験区間に一定の傾向はなかった（図7）。

生育は、12月11日調査でNa2me区の生育が他の試験区より優れ、3月19日調査でNa4me区が優れ、5月27日の調査ではNa2me区が劣る傾向であったが、各調査日ともに、NaCl添加による一定の傾向は認められなかった（表2）。

総可販収量は試験区間で大差なかったが、3L収量、2L収量及びA収量は、標準区>Na2me区>Na4me区であり、NaCl添加により大玉果実が少なくなる傾向があった。特に3L収量でその傾向は顕著であった。一方、L収量及びM収量は標準区が最も少なかった（表3）。

総平均果重は、標準区で19.2g/個、Na2me区で18.0g/個、Na4me区で18.1g/個であり、標準区が1g/個程度重かった。標準区は、Na2me区とNa4me区に比べ2~3月に平均果重が増大する傾向があった。Na2me区とNa4me区の比較では時期別でも大差なかった（図8）。

果実糖度は、収穫始めから1月下旬まで標準区が高く、2月以降4月まではNaCl添加区がやや高い傾向であった。特にNa2me区が高く推移した（図9）。酸度は試験区による一定の傾向は認められなかった（図10）。

以上より、培養液中のNa濃度を高めることにより、イチゴはNaを吸収し、K及びMgの吸収量が減少するが、4me/lまでのNa濃度であれば、生育及び収量への影響は少なく、養液栽培は可能であると考えられた。

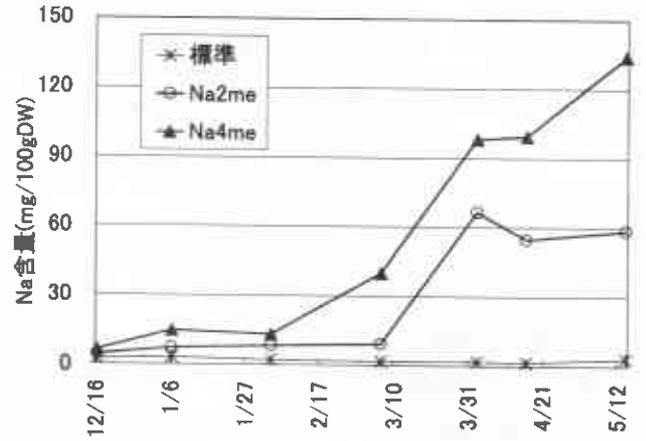


図4 果実のNa含量の推移

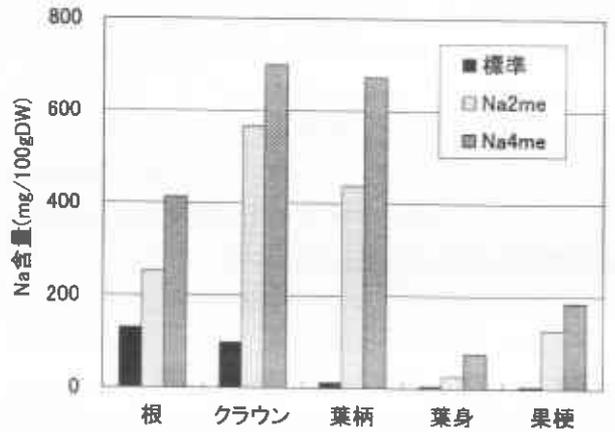


図5 栽培終了時の各部位のNa含量

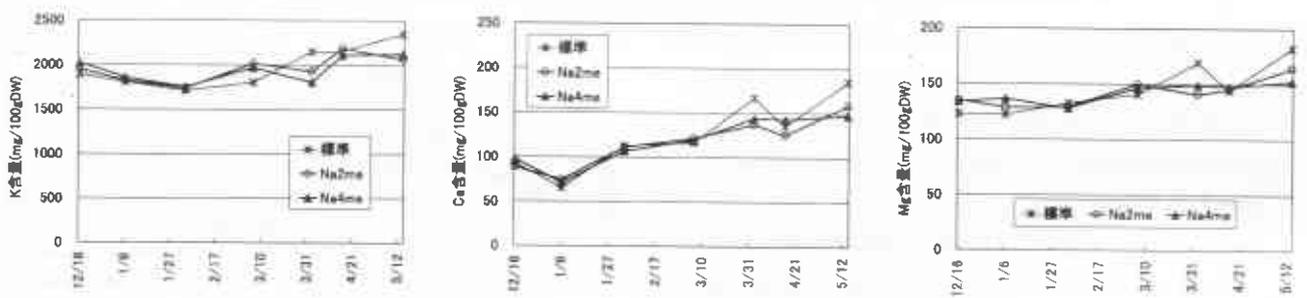


図6 果実におけるK、Ca、Mg含量の推移

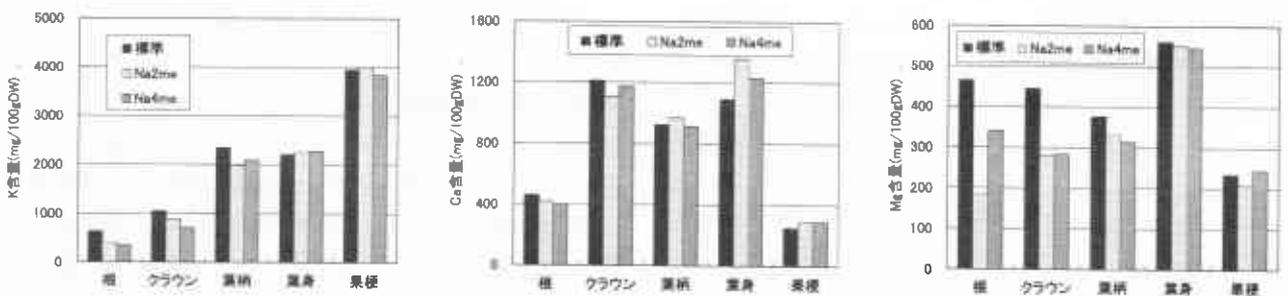


図7 栽培終了時の各部位におけるK、Ca、Mg含量

表2 生育調査

調査日	試験区	株張 cm	草高 cm	葉数	展開第3葉				果梗長 cm
					草丈 cm	小葉長 cm	小葉幅 cm	葉色 SPAD	
12/11	標準	33.7	23.2	13.1	25.7	8.9	7.0	50.2	—
	Na2me	34.0	24.7	12.3	27.4	9.5	7.3	49.1	—
	Na4me	32.7	22.2	12.7	25.3	8.8	7.2	50.6	—
3/19	標準	34.3	27.6	20.0	30.7	8.8	6.7	43.1	27.4
	Na2me	36.1	26.8	16.8	30.1	8.8	6.5	43.1	25.9
	Na4me	36.3	30.0	16.8	33.5	9.5	7.3	42.3	26.5
5/27	標準	48.1	33.4	20.3	42.1	10.9	7.3	40.9	35.8
	Na2me	40.7	31.5	18.4	39.3	10.8	7.4	40.5	37.1
	Na4me	46.2	31.3	19.5	40.3	11.3	7.5	39.6	38.6

表3 規格別収量 (kg/10a, %)

調査日	可販収量										格別	病果	総収量	秀品率
	3L	2L	L	M	S	2S	A	B	計					
標準	874	791	926	609	269	42	2063	456	6030	370	42	6442	58	
Na2me	763	767	971	747	318	38	2008	675	6287	413	26	6726	57	
Na4me	650	744	1068	748	273	65	1932	558	6038	445	68	6551	59	

規格：3L：28g以上、2L：21～28g、L：15～21g、M：10～15g、S：6～10g、2S：4～6g
A：15g以上の優品、B：10g以上の優品

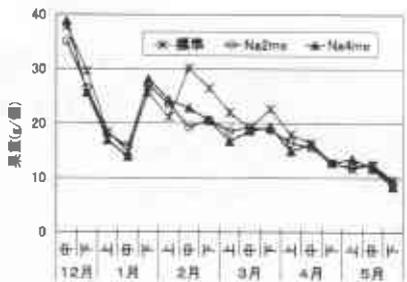


図8 旬別平均果重の推移

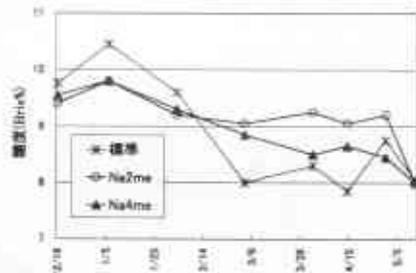


図9 果実糖度の推移

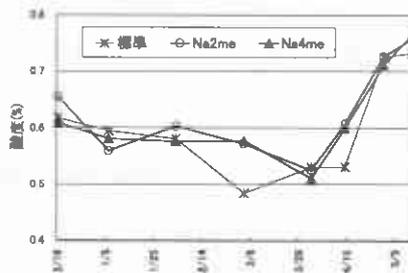


図10 果実酸度の推移

試験2. NaClを添加した培養液処方の違いがイチゴに与える影響

[目的]

培養液栽培において、Naを多く含む原水を使用した場合の、使用する培養液の処方の違いがイチゴに与える影響を明らかにする。

[材料及び方法]

培養液処方は、カネコイチゴ処方と一部改良した岐阜3段処方(改)の2処方を供試した(表4)。試験区は、各処方の培養液にNaClを添加しないカネコ区及び3段区、培養液のNa濃度が約4me/lとなるようにNaClを添加したカネコNa区、3段Na区の4水準とした。

品種は「濃姫」を供試し、高設栽培システム「岐阜県方式」で栽培した。2003年8月20日に定植し、2003年5月30日まで栽培した。給液開始は9月25日、保温開始は10月20日、加温開始は11月10日、電照期間は11月15日から2月28日とした。給液回数、給液量が晴天時に2割程度の排水率となるよう、4～11回/日の範囲で排水感知型給液ポンプ制御とした。カネコ区及び3段区の給液ECは、9月25日から11月5日までは0.4dS/mから0.8dS/mまで経時的に高くし、11月5日から1月21日までは0.8dS/mで、1月21日から3月までは0.7dS/mで、4月から5月は0.6dS/mで管理した。カネコNa区及び3段Na区は、添加したNaClに相当する約0.4dS/mを、添加しない試験区より高く管理した。

調査項目は、給排水のNa濃度、イチゴ各部位のNa含量、生育、収量及び果実品質とした。Na含量は、採取した各部位を通風乾燥し、希酸抽出法により抽出後、原子吸光度計により行った。

表4 カネコイチゴ処方と3段処方(改)の組成

	N	P	K	Ca	Mg
カネコイチゴ処方	12.0	3.4	5.0	6.0	3.0
岐阜9~12月	12.0	5.5	3.6	6.5	3.5
3段1~2月	12.0	4.9	4.4	3.3	2.1
処方3~5月	12.0	3.9	4.9	1.7	1.3

*カネコイチゴ処方は、市販配合肥料を使用したため、原水の影響で、規定されている処方と少し異なる

[結果及び考察]

カネコ区及び3段区の給液Na濃度は、約0.3me/lではほぼ一定であった。カネコNa区及び3段Na区の給液Na濃度は、11月下旬から2月までと5月は設定濃度の4.0me/l程度で推移したが、3月と4月は設定値より少し低い、3.4me/l程度で推移した。試験開始時より11月下旬までは4.0me/lまで給液Na濃度が経時的に高くなったが、これは給液ECが0.8dS/m時にNa濃度が4me/lとなるように設計したためであり、給液ECが低い生育初期は給液Na濃度も低く推移した(図11)。

カネコNa区及び3段Na区の排水Na濃度は、1.0~2.0me/lで推移した。カネコNa区及び3段Na区の排水Na濃度は1月上旬まで経時的に約10me/lまで高まり、以後は8~12me/lで変動した。3段Na区はカネコNa区より、やや高く推移する日が多かった(図12)。

果実におけるNa含量は、カネコ区及び3段区で、約2mg/100gDWで収穫期間を通してほぼ一定であった。カネコNa区は、1月上旬の30mg/100gDWまで経時的に増え、以後は20~30mg/100gDWで推移した。3段Na区は、4月上旬の140mg/100gDWまで増え、以後は減少し90~100mg/100gDW程度で、カネコNa区に比べ3倍以上のNa含量であった(図13)。

果梗におけるNa含量は、カネコ区及び3段区で7~12mg/100gDWで推移し、試験区間の差はなかった。カネコNa区及び3段Na区は、3月上旬まで増える傾向は同じであったが、3月8日採取の果梗では、カネコNa区が99mg/100gDW、3段Na区が194mg/100gDWで、3段Na区はカネコNa区の約2倍のNa含量であった(図14)。

栽培終了後の6月2日に採取したイチゴ各部位のNa含量は、根、クラウン、葉柄、葉身及び果梗の全ての部位

において、NaClを添加した試験区が添加しない試験区より多く、NaClを添加した試験区では3段Na区>カネコNa区であった。3段Na区は、カネコNa区に比べ、根及びクラウンでは1.7倍の含量であったが、葉柄では2.9倍、葉身では3.9倍、果梗では3.7倍と地上部位ほどその差が大きかった。

また、NaClを添加していない試験区でも、葉身を除いて、3段区のNa含量はカネコ区の約2倍と多かった(図15)。3段処方は、カネコ処方に比べNaを吸収しやすい

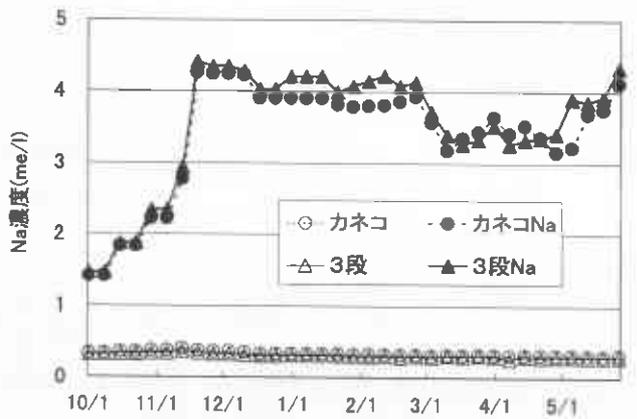


図11 給液のNa濃度の推移

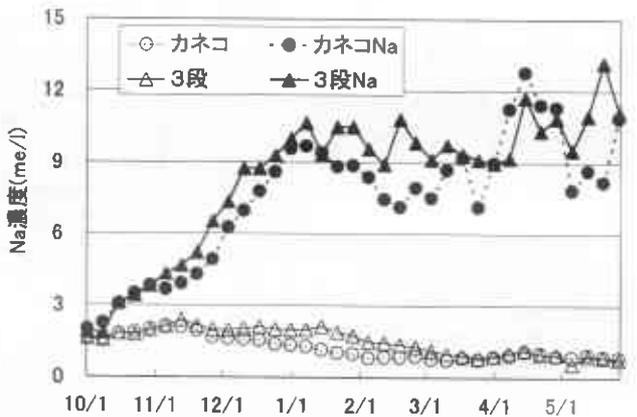


図12 排水のNa濃度の推移

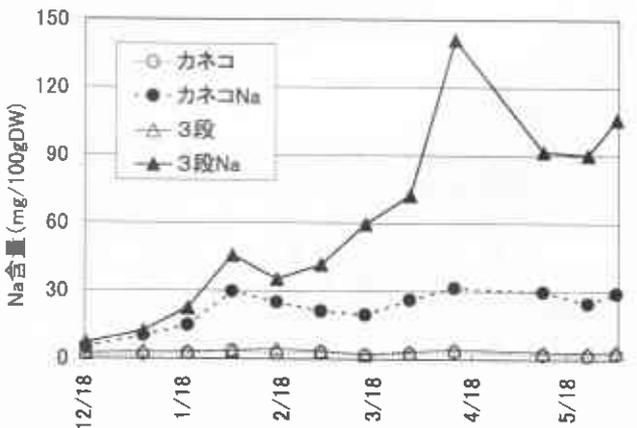


図13 果実のNa含量の推移

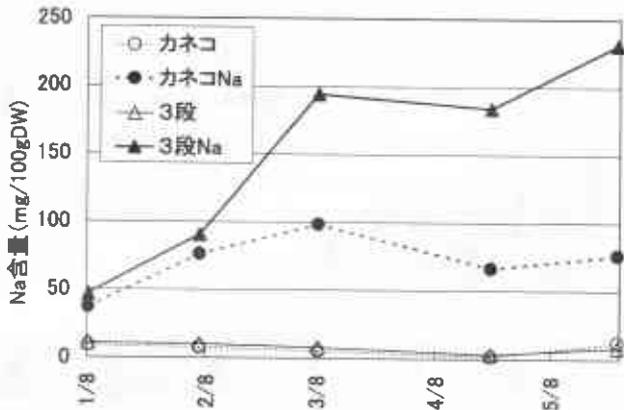


図 14 果梗のNa含量の推移

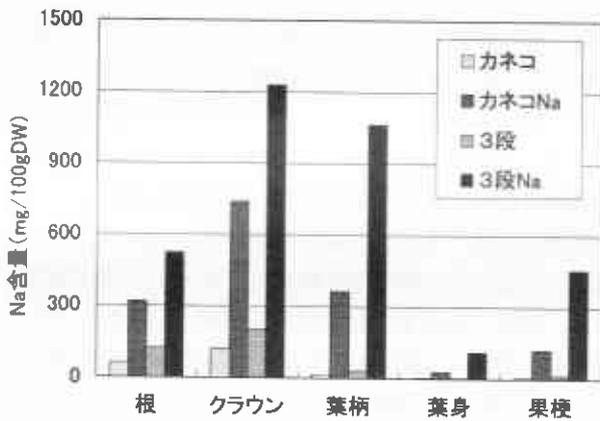


図 15 栽培終了時の各部位のNa含量

処方であると考えられた。

栽培期間中、11月15日、1月14日、5月27日の3回生育調査の行ったが、2処方ともNaCl添加による一定の傾向は認められなかった(表5)。

カネコNa区の可販収量は、カネコ区に比べ、12月、3月及び5月収量が少なく、1月及び4月収量が多く、総可販収量は約3%少なかった。3段Na区の可販収量は、3段区に比べ、3月が多く、4月及び5月が少なく、総可販収量は約4%少なかった。2処方ともにNaClを添加した試験区がやや少ない傾向であったが、その時期別可販収量の傾向は一致しなかった(表6)。

平均果重は、カネコ区が16.1g/個、カネコNa区が15.9g/個、3段区と3段Na区が15.6g/個で、試験1で認められたNaCl添加による小果傾向は認められなかった。

果実糖度は、2処方ともNaClの添加による影響は認められなかった(図16)。果実酸度は、2処方とも3月までNaClを添加した区が低い傾向が認められたが、4月以降は大差なかった(図17)。

以上より、3段処方はカネコ処方に比べ、Naが吸収されやすい培養液処方と考えられるが、生育収量へ及ぼす影響は、カネコ処方と大差なく、Na濃度が4me/l以下では実用上問題ないと考えられた。

表 5 生育調査

調査日	試験区	株張 cm	草高 cm	葉数	展開第3葉				果梗長 cm
					草丈 cm	小葉長 cm	小葉幅 cm	葉色 SPAD	
11/5	カネコ	29.5	14.4	8.0	16.8	8.0	6.7	49.7	—
	カネコNa	29.5	14.7	7.5	17.1	7.9	6.4	50.2	—
	岐阜	28.3	13.9	7.6	17.6	8.1	6.5	49.8	—
	岐阜Na	28.9	15.1	7.5	17.4	8.3	6.8	51.1	—
1/14	カネコ	38.6	25.7	12.9	30.3	8.2	5.9	49.7	29.5
	カネコNa	37.8	25.1	12.0	28.6	8.3	6.4	51.3	30.4
	岐阜	35.0	22.2	12.8	28.4	8.4	6.0	51.4	28.4
	岐阜Na	37.8	25.9	11.8	29.7	8.8	6.4	50.6	29.8
5/27	カネコ	44.2	40.6	24.1	43.7	11.1	7.2	38.4	37.6
	カネコNa	45.1	40.5	22.2	43.3	11.5	7.5	38.6	39.7
	岐阜	43.6	40.1	21.3	45.5	11.6	7.6	38.7	35.4
	岐阜Na	46.6	40.4	25.1	42.3	11.0	7.0	39.7	35.2

表 2 時期別可販収量 (単位 収量 : kg/10a)

試験区	12月	1月	2月	3月	4月	5月	年内収量	1-5月収量	可販収量計
カネコ	940	962	779	1798	1656	1169	940(100%)	6364(100%)	7304(100%)
カネコNa	835	1056	809	1547	1796	1057	835(89%)	6265(98%)	7100(97%)
岐阜	918	1041	787	1523	1536	1139	918(100%)	6026(100%)	6944(100%)
岐阜Na	981	1015	857	1695	1324	809	981(107%)	5700(95%)	6681(96%)

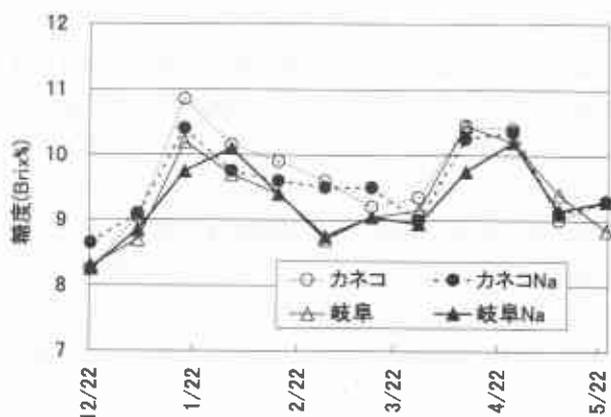


図 16 果実糖度の推移

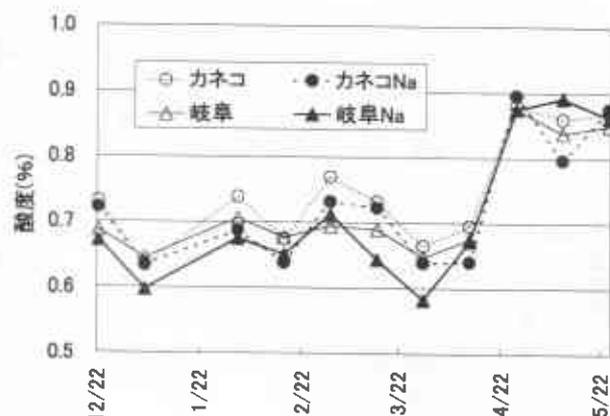


図 17 果実酸度の推移

総合考察

イチゴは、耐塩性の弱い作物として知られているが、Na濃度が2 me/lまでは生育及び収量への影響はなく、問題のない濃度であることが明らかとなった。また、4 me/lのNa濃度では、試験1では大差なく、試験2ではやや収量が減少するがその程度は数%程度であり、実栽培上では問題ないと考えられた。また、果実の大きさ、果実品質については試験1と試験2で傾向が異なったが、年次変動等を考慮すると、影響は殆どないと考えられた。

栽培終了時の各部位のNa含量から、イチゴはNaを吸収し、根から蓄積を始め、吸収量の増加に伴い、クラウン、葉柄、葉身（または、クラウン、果梗、果実）とNaが順次蓄積されることがわかった。上位の部位ほどNa含量が低く、特に葉身におけるNa含量が少ないこと、また、培養液中のNa濃度を高めることにより、地下部より地上部においてNa含量の増加が著しいことから、イチゴは地下部器官にNaを蓄積することで障害の発生を抑制し、一定量の蓄積を超えると、地上部でNaが蓄積し、障害が生じると考えられた。

試験1において、NaCl添加によりNa含量が多くなった根、クラウン、葉柄の各部位は、K含量及びMg含量が少なくなった。NaイオンがKの吸収を阻害することはよく知られており、この結果からK含量及びMg含量の減少がイチゴのNa障害の一要因と推察されるが、李ら³⁾がトマトの水耕栽培においてNaClを添加した培養液で無機元素の吸収を調査した報告では、NaClの添加により、トマト葉身及び葉柄のK含量が少なくなりNa含量が高くなったが、K含量の減少は、植物体中の塩化物イオン濃度の上昇によるKの栄養器官から果実への移動促進によるもので、Na含量の増加はK含量の低下を補うものであったとしている。また、Mg含量への影響はなかったとしている。作物によりNaに対する反応が違う⁴⁾ため、一例ではあるが、このことから、今回の試験において、NaがK及

びMgの吸収を阻害しているかは判然とせず、更に高濃度のNaでの試験、塩化物イオンの動向把握等が必要であると考えられる。

一方、試験2において、カネコイチゴ処方では岐阜3段処方に比べ、植物体におけるNaの蓄積を抑制した。岐阜3段処方は、イチゴの養分吸収特性に合わせて栽培時期により3処方を使用する処方で、カネコイチゴ処方に比べ、果実のNa含量の増加で差が顕著となった1月下旬以降の処方は、Nを基準にすると、Ca及びMgの比率が低く、Pの比率が高い特徴がある。このことから、カネコイチゴ処方は、イチゴに過剰のCa、Mgを供給する処方であり、Na濃度が高い培養液の場合、過剰に供給されるCaとMg、もしくは、そのどちらかが、同じ陽イオンであるNaと拮抗的に作用し、Naの吸収を阻害していると考えられた。

原水のNa濃度が高い地域、特に4 me/lを越える濃度の地域でイチゴの養液栽培を行う場合は、イチゴが必要とするより多くの陽イオンを供給する培養液処方を使用することがイチゴの生育、収量に及ぼす影響を少なくすることが可能であると考えられる。

引用文献

- 1) 池田秀男(1996) 最新 養液栽培の手引き 日本施設園芸協会
- 2) 越川兼行、長谷部健一、安田雅晴、後藤光憲(2000) イチゴの高設ベンチ栽培システム「岐阜県方式」の開発(第1報) 岐阜農技研研報. 1. 1-8
- 3) 李光植、喻景権、松井佳久(1992) 培養液への塩化ナトリウムまたは硫酸ナトリウムの添加がトマトの無機元素吸収と分配に及ぼす影響. 土肥誌. 63. 436-44
- 4) 田中啓文、岩城弥生(1991) トマトの幼植物によるカリウムとナトリウム取り込みの相互作用. 名城大農学報. 27. 7-11

ABSTRACT

We investigated the effects of on sodium concentration of nutrient solution on strawberry by hydroponics.growth and yield of strawberry hardly were not influenced by nutrient solutions containing 2,4me/l sodium chloride .

but strawberry absorbed sodium so as to high sodium concentration,and nutrient solutions with sodium chloride increased solution content in blades or fruits,containing sodium by nutrient solutions without sodium chloride.these results suggested that sodium concentration more than

4me/l may restrain growth and yield of strawberry.while ,nutrient solution prescriptions had effect on sodium absorption of strawberry.so,if the water used for nutrient solution is high sodium concentration more than 4me/l,it is possible to decrease influences of sodium by choosing nutrient solution prescription

KEYWORDS

Strawberry,Hydroponics,Sodium,Nutrient Solution