

マサキ (*Euonymus japonicus* Thunb.)の防潮林としての適応性(II)垣原登志子¹・小林範之¹・中島勇喜³・配川美幸²・江崎次夫¹Adaptability of *Euonymus Japonicus* Thunb.
as Seabreeze Protection Forest (II)Toshiko Kakihara¹・Noriyuki Kobayashi・Yuhki Nakashima・
Miyuki Haikawa and Tsugio Ezaki²

Abstract: *Euonymus Japonicus* thunb was found to have salinity tolerance. This study considered planting the tree in coastal area. There are two variables consideration : the watering interval and soil salt. Research showed that water salt ranges from 1.75% to 3.5%, depending on the rainfall, wind, and occurrence of typhoon. On the other hand, soil salt was found to be 0.04%. Then, watering interval is calculated using the data from the meteorological station in Matsuyama City. The result of the study showed that *Euonymus Japonicus* thunb. can survive and be planted in Ehime where it has few rain. Further, it was also found that it is possible to grow even in salt-soaked soil.

1 はじめに

日本の海岸線は南北に長く気候条件が著しく異なっているため、海岸林においても多様な樹木が存在している。海岸林として、本州の中部から九州の海岸線で最も多く生息しているのはクロマツである。暖温帯地域はクロマツの郷土地帯であり、天然や人工を問わずクロマツの分布が確認されている。また冷温帯域の東北地方では、クロマツの海岸人工林も認められるが、カシワやミズナラ(広葉樹)等が主体である。九州南部、沖縄等の亜熱帯域ではリュウキュウマツやモクマオウ林が造成されている(藤森隆朗, 1992)。このように地域により海岸林造成に用いる樹種は異なっているが、強風をはじめ飛砂、塩害、津波等の災害から守るために海岸林の存在は必要不可欠である。

愛媛県は瀬戸内海に面し気候は穏やかで、暖温帯地域に属している。寡雨地帯であるため、降水量が少なく、降雨は梅雨時と台風時に集中しているが、積雪や飛砂、季節風などの影響は比較的受け難い地域である。温暖な気候を利用して、柑橘栽培が盛んに行われているが、島が多いため、海岸線も長くなっている。さらに地形が急峻で山間部と海岸線が接近しているため、樹園地は海岸付近にまで広がっている。また台風が通過する確率が高いため、被害が度々発生している。近年では平成16年の台風により、柑橘類が塩害・風水害の影響により多大な被害を被った。台風をはじめ飛砂や風害等から柑橘類を保護するという観点より防潮林は必要であると考えられる。しかし、現在海岸線や樹園地において防潮林が存在している箇所は少ない。愛媛県の南予地方では強風日数が多いことから、樹園地の防風垣としてスギが用いられている(松本敏, 2006)場合があるが、現存はほとんど見受けられない。スギは風害、塩風害等に誘発され、病虫害の

発生することが認められており、また台風時等の塩害による枯れも確認されていることから、樹園地の防潮林としては不適切であると思われる。

そこで松山市周辺の海岸地域で植生調査を実施した結果(垣原登志子ら, 2006)、各地域でマサキを中心に41種の樹木が確認され、またマサキの耐塩性(垣原登志子ら, 2007)も確認できた。そこで、本報ではマサキを海岸林として植栽する場合の植栽条件(灌水間隔による影響、土壌塩分による樹木への影響)に関する実験を行い、防潮林としての適応性の検証を行った。

2 実験概要

実験は愛媛県松山市の愛媛大学農学部構内で実施した。実験は実施項目により、室外と降雨の影響を排除したガラス室の両方で実施した。なお、室内外の気象及び照度による差が生じるため、実験期間中は定期的(毎日10時)に室内と室外の気温と照度(KONICA MINOLTA, T-10)の測定を行った。

実験期間は2006年10月4日から2007年6月14日である。供試木は、平均苗長38.5cm、根元直径5.7mm及び葉数50-180枚のマサキ(*Euonymus japonicus* Thunb.)を使用し、7号のポット(内径20cm、高さ15cm)に植栽した。各区とも3反復で実験を行った。

2.1 灌水濃度

松山市の海岸地域での通常の降雨及び飛砂による塩分濃度は0.2%程度であった。台風時のデータは調査していないため、台風時及び強風等の塩分濃度は他のデータを参考(建設省, 1988, 幸喜善福, 1978, 幸喜善福, 2002)にした。その結果、地域や海岸の状況(砂浜、異形ブロック、石積み等)及び風速によって異なるが、通常の降雨塩分濃度は0-1.1%、台風時の降雨塩分濃度は0-2%、台風時の飛来塩分濃度は10%以上という値であった。また海水の塩分濃度は3.5%(岩田静夫, 2003)であることが明らかになった。これらの塩分濃度を参考に灌水する塩分濃

¹愛媛大学農学部, Faculty of Agriculture, Ehime University, 3-5-7 Tarumi, Matsuyama, Ehime, 790-8566, Japan

²愛媛大学大学院農学研究科, Graduate School of Agriculture, Ehime University, 3-5-7 Tarumi, Matsuyama, Ehime, 790-8566, Japan

³山形大学農学部, Faculty of Agriculture, Yamagata University, 1-23 Wakabamachi, Tsuruoka-shi, Yamagata, 997-8555, Japan

度を 1.75% (通常の降雨・飛塩を想定), 3.5% (台風時の降雨および飛塩を想定) に設定した。灌水は 1 回/日とし、灌水量は各ポット 200ml とした。

灌水間隔を設定するには、降水量が少なく台風の前線にも当たることから、気象庁のデータから降雨の日数と台風の接近数を参考に灌水間隔を算出した。また海岸の土壌塩分設定には、愛媛県松山市周辺の海岸域の土壌塩分濃度から算出した。

2.2 実験項目と実験方法

実験項目: 樹木では、目視による観察、苗長、EC、pH、含有塩分濃度について測定を行った。なお、樹木の含有塩分濃度は、塩化物イオンの測定結果と EC 測定結果との間に正の比例関係が認められたため、測定値は全て EC 値に換算して表記した。また葉部の塩分の付着状況を把握するために、表皮細胞の観察を行った。土壌では、EC、pH について測定を行った。

実験方法: ①目視観察は、1 週間ごとに各苗の葉部・葉数の観察 (写真) を実施した。②苗長は、ポットの縁を基準に測定を行った。③土壌中の pH・EC はガラス電極法 (ES-51 HORIBA) により測定した。

試料調整: 樹木は、試験終了後に供試木を掘り取り、葉部・幹部・根部に区分した。灰化法により (中川昌一 1981) 分析用の試料を作成した。

土壌の試料採取のために、実験終了後に各試験区の供試木を除去し、ポット内の土壌を攪拌し均一にした。その後、ポットの土壌を一定量採取し、純水を添加して振とうした液を試料として用いた (藤原俊六郎, 1996)

3 結果

3.1 灌水濃度による影響

対照区と 1.75% 区では実験期間中、葉部に大きな変化は認められなかった。3.5% 区では実験開始から 11 日目に、葉部に初期変化が確認できた。当初は下方部の葉部が変色した程度であったが、24 日目に落葉が確認され、42 日目には上方の葉部まで黄緑色～黄橙色に変色した。目視により、葉部の変化は灌水溶液の塩分濃度が高いほど早く出現する傾向がみられた。実験期間を通じて、1.75% 区は対照区と同様に葉部の変化はみられなかったため、塩分濃度 1.75% 以下では、樹木の生育に影響を及ぼさないのではないかとと思われる。

3.5% 区は実験開始日より 11 日目に、7% 区は実験開始日より 8 日目に変化が認められた。表 1 に各部位の塩分含有量を示す。図 1 に灌水濃度別の土壌の塩分含有量を、図 2 に灌水濃度別の根元直径の成長率を示す。

灌水塩分濃度と各部位の塩分含有量との関係は、灌水塩分濃度が高い値を示すと、各部位の塩分含有量も高い値を示した。各部位の塩分含有量を高い順に並べると、葉部 > 幹部 > 根部であった。

植物は土壌中の水分を吸収するため、細胞液の浸透ポテンシャルが土壌溶液の浸透ポテンシャルよりも低くなるまで塩分を吸収する。また根から過剰に吸収されたイオンは木部の中では、根からシュートへの蒸散流によって移動し、細胞液中に蓄積すると言われている。そのために、特に葉部と幹部の塩分含有量が高い値を示したと思われる。次に 3.5% 区と対照区、1.75% 区を比較すると幹部の塩分含有量が高い傾向が認められた。これは葉部の変

化と何らかの関係があると考えられる。

土壌の pH は灌水塩分濃度に拘らず、全ての試験区で 6.6 程度の値を示し、5% 水準で有意差は認められなかった。土壌 pH 値は 6.0～6.5 が微酸性、6.6～7.2 が中性であるが、海水の塩類の約 68% を占める NaCl が中性塩であるため全ての試験区で中性に近い値を示したと考えられる (井出雄二ら, 2001)。土壌の塩含有量は灌水溶液の塩分濃度によって 5% 水準で有意差が認められ、各部位の塩分含有量と同様の傾向が認められた。灌水の塩分濃度が高いと土壌の塩分含有量が高くなり、浸透ポテンシャルが低くなる。そのため、植物は土壌から水分を吸収することが困難になり、葉の変色や枯死に至るものと思われる。

対照区と 1.75% 区はほぼ同じ成長率であったが、3.5% 区は対照区と 1.75% 区の約 1/3 の成長率であった。塩分濃度の影響は、葉の変色だけではなく成長率にも影響を及ぼしていることが明らかになった。

表 1: 灌水別による各部位の塩分含有量

灌水塩分濃度 (%)	葉 (mS/cm)	幹 (mS/cm)	根 (mS/cm)
0	95.3	73.6	63.2
1.75	162.0	118.5	77.8
3.5	256.7	249.5	119.6

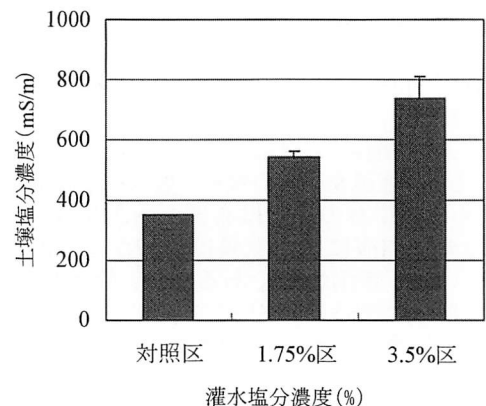


図 1 灌水濃度別の土壌塩分含有率

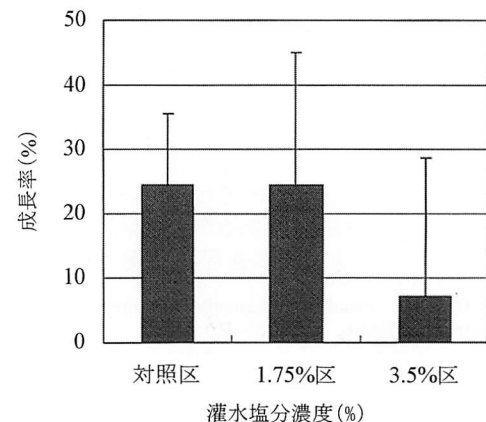


図 2 灌水濃度別の根元直径成長率

マサキによる耐塩性を検討した結果、苗木の各部位の塩分含有量は灌水塩分濃度と正の関係が認められた。また、葉部の変化と樹木の含塩量は土壌の塩分含有量と正の関係が認められ、土壌の塩分含有量が要因で葉部が変化すると判断できる。よって、葉部の変化は、苗木の各部位と土壌に塩分が蓄積することで出現するものと考えられる。さらに葉部の変化は灌水塩分濃度に比例したが、1.75%区では葉部に変化は出現せず、3.5%区でも10日程度なら葉部の変化は認められなかった。

3.2 灌水間隔による影響

気象庁のデータでは、過去56年間(1951年-2006年)の年平均降雨日数(10.0mm以上)は58日で、降雨間隔は1週間に約1回であった(図3)。一方、過去30年間(1971年-2000年)の日本への台風接近数は(図4)、1年で最も多い8月で台風接近数は1週間に約1回であったことがわかった。

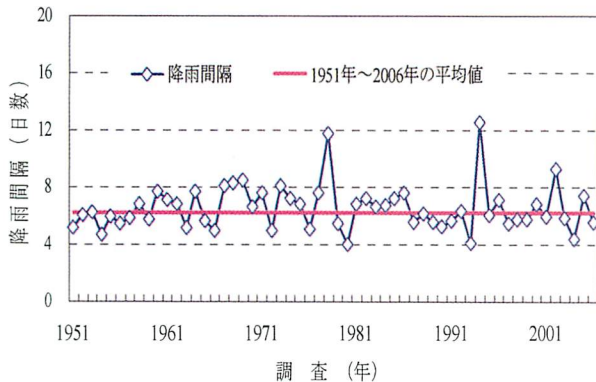


図3 年平均降雨量間隔の経時変化(1951-2006年)

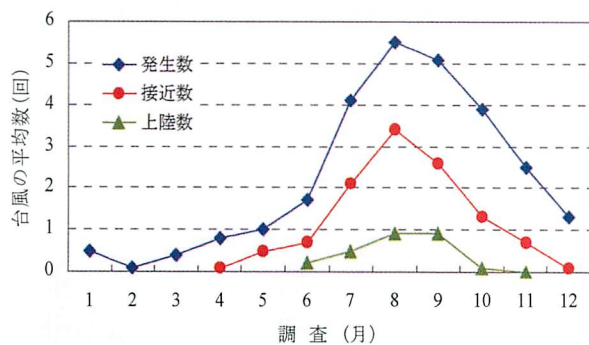


図4 台風発生等の月別年平均値(1971-2000年)

そこで、灌水間隔は、対照区は水道水を1週間に1回灌水した。灌水塩分濃度1.75%をA区、灌水濃度3.5%をB区とした。灌水間隔はA区・B区とも1週間に2回行った。なお1回の灌水量は全ての区において200m³とした。目視の観察結果を写真1-6に示す。

対照区とA区では植栽日(0日目)から42日が経過しても葉部に変化が認められず生育が良好であった(写真1-3)。B区では植栽日28日目から葉部の下方部に変色が認められた(写真4-6)。対照区及びA区とB区を比較すると、B区の葉部の1部に葉色の変化に違

いが認められたが、実験期間を通して両区とも生育が良好であった。

表2に灌水間隔別の各部位塩分含有量を示す。表1に比べ、1.75%区及び3.5%区とも各部位の塩分含有量は20-30%程度が低い値であることがわかった。苗木の生育に最善の灌水条件は毎日灌水をすることであるが、実際に海岸地域に防潮林として樹木の植栽を行った場合、毎日灌水を行うことは困難である。A区では愛媛県の降雨状況を考慮し、灌水間隔の設定を行った結果、愛媛県の降雨状況でもマサキが健全に生育することが確認できた。このことから、マサキは寡雨地帯でも生育が可能であると考えられる。



写真1 対照区42日目
(灌水濃度0%)



写真2 A区0日目
(灌水濃度1.75%)



写真3 A区42日目
(灌水濃度1.75%)



写真4 B区0日目
(灌水濃度3.5%)



写真5 B区28日目
(灌水濃度3.5%)



写真6 B区42日目
(灌水濃度3.5%)

表 2: 灌水間隔別による各部位の塩分含有量

灌水塩分濃度 (%)	葉 (mS/cm)	幹 (mS/cm)	根 (mS/cm)
0	95.3	73.6	63.2
1.75	113.4	82.3	64.5
3.5	154.0	149.7	77.8

3.2 土壌塩分の影響

海岸地域の砂は、海風や波浪等海からの様々な要因により、内陸部の土壌に比べ、塩分含有量が高い。一般的には海岸地域の塩分量は汀線からの距離に反比例する形で減少すると言われており、内陸と比較して海岸地域での樹木の生育は困難であると言われている。

図5に松山市の海岸地域の土壌塩分濃度を調査した結果を示す。松山市周辺の海岸線では、満潮時の汀線から30m前後の地点で植栽が認められたため、海岸線の土壌塩分濃度を基に、実験土壌の塩分濃度は0.04%とした。

土壌塩分とマサキの生育度合いを検証するため、実験は降雨の影響を除外したガラス室内で実施した。図6に実験期間中のガラス室内外の気温の経時変化を、図7に照度の経時変化を示す。

測定の結果、気温と照度はガラスの室内と室外で差が認められた。しかし、W. Larcherによれば、純光合成の最適温度は25-35°C、常緑広葉樹の光補償点は0.5-1.5klxであることから、ガラス室内は室外と同様に成長に最適な温度条件及び光環境であったと判断される。

目視による観察結果を写真7-9に示す。実験期間中、土壌塩分0.04%・灌水塩分濃度0%区と、土壌塩分0%・灌水塩分濃度0%区では葉部に変化は認められなかった(写真7, 9)。土壌塩分0.04%・灌水塩分濃度1.75%区では、実験開始から14日目に葉部数枚に変化が認められ21日目には葉部全体に変化が認められた(写真8)。土壌塩分0%・灌水塩分濃度1.75%区では、実験開始から21日目には葉部変化が認められた。

目視観察の結果、1.75%区では土壌塩分0%区より土壌塩分0.04%区で葉部の変化が早く出現する傾向があり、有意差(5%水準)が認められた。

葉部の変化は全ての試験区において、苗木の下方から上方へと進行し、葉色の変化は葉の基部から出現する傾向がみられた。これは、根部から吸収された塩分が葉部に影響を及ぼしたため、根部に近い部分から葉部が変化したと判断する。

次に、灌水試験から21日目の葉部表面の表皮細胞の顕微鏡での結果を写真10(①-③)に示す。土壌塩分0.04%・灌水塩分濃度0%区と、土壌塩分0%・灌水塩分濃度0%区では、表皮細胞に被害は認められなかった(写真10①)。

土壌塩分0.04%・灌水塩分濃度1.75%区と土壌塩分0%・灌水塩分濃度1.75%区では、表皮細胞がわずかに劣化していることが確認できたが、土壌塩分の違いによる差は確認できなかった。

葉部裏面は、灌水塩分濃度.75%区では、わずかに付着物が認められたが、気孔は塞がれていないことが確認できた(写真10②, ③)。

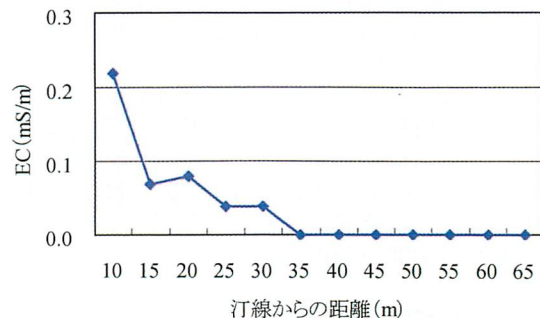


図 5 松山市周辺海岸地域での土壌塩分濃度

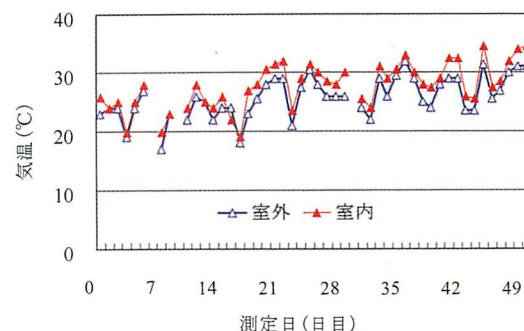


図 6 気温の経時変化

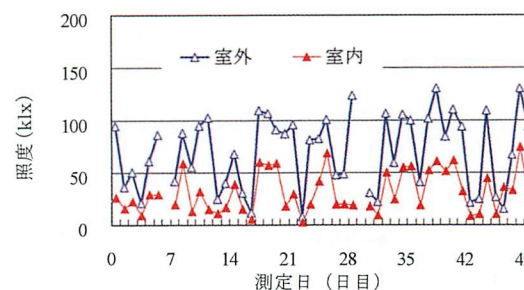


図 7 照度の経時変化

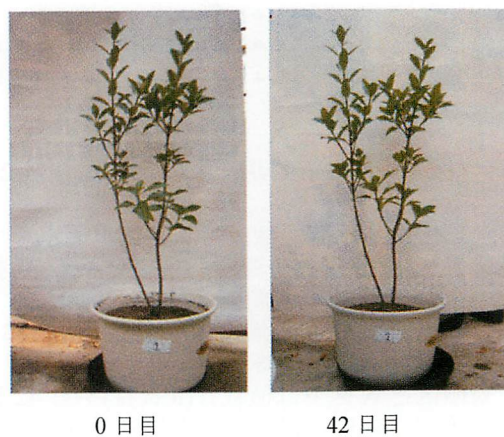
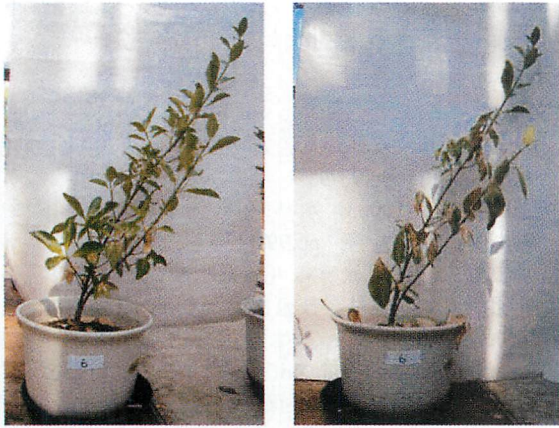


写真 7 土壌塩分 0.04%・灌水塩分 0%区



0 日目

21 日目

写真 8 土壌塩分 0.04%・灌水塩分 1.75%区



0 日目

21 日目

写真 9 土壌塩分 0%・灌水塩分 1.75%区

表 3 に土壌塩分による各部位の塩分含有量を示す。各部位の塩分含有量は EC で表した。塩分含有量は全ての部位において、土壌塩分濃度との間に有意差(5%水準)は認められなかった。各部位の塩分含有量を高い順に並べると葉部>幹部>根部であった。

土壌 0%・灌水塩分濃度 0%区と土壌 0.04%・灌水塩分濃度 0%区における各部位の塩分含有量を比較するとほぼ同じ値であることがわかった。土壌塩分と灌水濃度の影響を比較すると、土壌塩分の影響は低いと思われる。

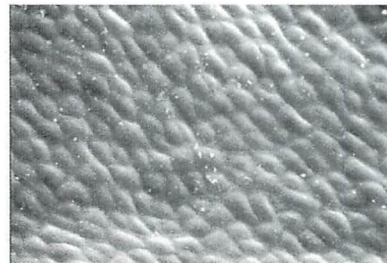
図 8 に土壌の塩分含有量の結果を示す。土壌塩分含塩量は灌水塩分濃度により変化が認められ、灌水塩分濃度と正の関係があると思われる。土壌塩分濃度の有無に関係ないことが解った。このことから初期の塩分の有無によって、塩分の蓄積量は変化しないと考えられる。

以上の結果より、観察では灌水塩分濃度 1.75%区では土壌塩分 0%より土壌塩分 0.04%で葉部変化が進行していたが、樹木および土壌の塩分含有量と土壌塩分濃度(0%と 0.04%)との間に差は認められなかった。

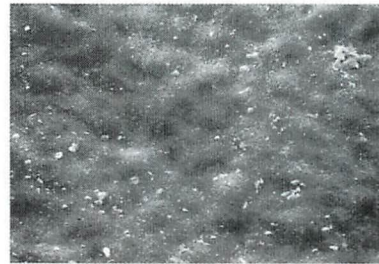
そのため、汀線からの距離や土壌塩分を考慮する必要はあるが、マサキの海岸地域への植栽は可能であると考えられる。

表 3 : 土壌塩分による各部位の塩分含有量

土 壌 塩 分 (%)	灌 水 塩 分 濃 度 (%)	葉 (mS/cm)	幹 (mS/cm)	根 (mS/cm)
0	0	216.0	156.0	69.0
0	1.75	337.0	183.0	102.0
0.04	0	220.0	153.0	71.0
0.04	1.75	273.0	269.0	114.0



① 土壌塩分 0%・灌水塩分濃度 0%区



② 土壌塩分 0%・灌水塩分濃度 1.75%区



③ 土壌塩分 0.04%・灌水塩分濃度 1.75%区

写真 10 表皮細胞の顕微鏡写真

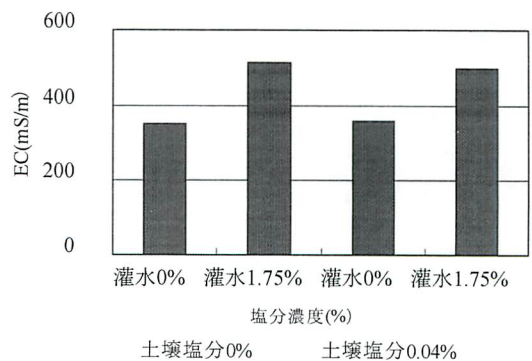


図 8 土壌塩分含有量

4 おわりに

本研究では地域特性を考慮し、松山市周辺の植生調査で全域に分布が認められたマサキを用いて、果樹園の飛塩防止及び海岸防災林として機能の低下が懸念されているクロマツ林の補完という視点から、マサキの防潮林としての適応性の検証を行った。

灌水溶液の濃度による耐塩性の検討を行った結果、灌水塩分濃度 1.75%区でもマサキの生育は良好であった。松山市での降雨中及び飛塩の塩分濃度が 0.2%程度であることから、マサキの生育が可能であることが明らかとなった。また、3.5%区と 7%区でも 1 週間はマサキの生育が良好であったことから、台風や高潮等による塩害にも耐える樹木であることが判明した。

海岸地域の土壌は内陸の土壌とは異なり、塩分含有量が高い。一般的に海岸地域の土壌塩分量は、汀線からの距離に反比例する形で減少し、内陸と比較して樹木の生育は困難であると言われている。そこで、松山市の海岸地域の土壌塩分濃度を参考に、土壌塩分濃度 0%と土壌塩分濃度 0.04%を用いて、マサキの塩害の影響を検討した。

目視観察の結果 (1.75%区) では、土壌塩分濃度 0%より土壌塩分濃度 0.04%で葉部の変化が早く認められたが、各部位の塩分含有量の結果では差は認められなかった。また樹木と土壌塩分含有量との間にも差は認められなかった。

さらにマサキは通常の飛塩および降雨では生育が可能であり、高潮や台風による塩害にも耐えられることから、愛媛県の海岸周辺での植栽は可能であり、クロ

マツ林の補完という視点から考えると、マサキは防潮林として活用できると判断した。

引用文献

- [1] 藤原俊六郎, 安西徹郎, 加藤哲郎 (1996) 土壌診断の方法と活用, pp.93-93.
- [2] 岩田静夫ら (2003) 水ハンドブック, 水ハンドブック編集委員会, 丸善, pp.99-113
- [3] 井出雄二, 太田誠一ら (2001) 森林・林業百科事典, 社団法人 日本林業技術協会, 丸善, pp.82, 619
- [4] 垣原登志子, 小林範之, 配川美幸, 江崎次夫, 河野修一, Razafindrabe Bam Haja Nirina, 中島勇喜 (2006) 松山市周辺における樹種調査と葉面の塩分付着量について, 日本海岸林学会誌, 5(2), pp.1-6.
- [5] 垣原登志子, 金子桃子, 小林範之, 江崎次夫, 中島勇喜 (2007) マサキ (*Euonymus japonicus* Thunb.) の防潮林としての適応性, 日本海岸林学会誌, 6(2), pp.23-28.
- [6] 建設省 土木研究所 構造橋梁部橋梁研究室 (1988) 飛来塩分量全国調査 (Ⅲ) - 調査結果およびデータ集一, 土木研究所資料
- [7] 幸喜善福 (1978) 海岸保全的見地からの沖縄の飛塩に関する研究, 琉球大学農学部学術報告, 25, pp.429-551.
- [8] 幸喜善福 (2002) 飛来塩分がサトウキビに及ぼす影響 (害), 沖縄甘蔗糖年報33号, pp.41-11.
- [9] 松本敏 (2006) 愛媛県の海岸林の現状と課題, 日本が海岸林学会シンポジウム, pp.47-56
- [10] 中川昌一 (1981) 園芸学実験・実習, 養賢堂, pp.151-152
[受付 平成20年1月10日, 受理 平成20年6月20日]