Root Research

ISSN 0919-2182
Vol.25, No.2
June 2016

Japanese Society for Root Research

目　次

【巻 頭 言】
会員の皆様へ …… 27
【原著論文】
根域制限された日本およびオランダ品種トマトの生育，蒸散および根の養水分吸収特性
稲田秀俊・中原正一・植田稔宏 …… 29
【情　　報】
第 45 回根研究集会のお知らせ …… 37
カレンダー …… 41
【新刊紹介】根っこのえほん …… 42
【会　　告】
国際誌 *Plant Root* に掲載の 2015 年の論文 …… 43

根の研究
根研究学会（JSRR）

会員の皆様へ

告　示

○第 44 回根研究集会中止について

根研究学会会員の皆様へ

このたびの平成 28 年熊本地震で被災された皆様に心よりお見舞い申し上げるとともに，一日も早く安定した生活が取り戻せることをお祈りいたします．

先日お知らせしましたように，5 月 28 日・29 日に阿蘇の東海大にて開催予定でした根研究集会は中止とさせて頂きました．その後，執行部および評議員にて代替地で開催するか否かを議論しました．

これまでに，複数の会員の方々から東海大の代替地として根研究集会の開催を引き受けられますというご提案を頂きました．皆様の温かいご配慮に感謝申し上げます．これに加え，今回は各地域別で開催したり，半日程度のミニシンポとして開催するなどの案も考えました．しかしながら，いずれにしましても会場および日程の変更に伴い，受け入れ側の早急な対応だけでなく参加会員にも負担や混乱を招きかねないという心配がありました．また，次回の開催も 9 月末に迫っています．

これらを総合的に捉え，執行部では最終的に「今年の春の根研究集会は開催しない」と判断致しました．

その一方で，評議員との話合いの中で，根研究集会は「根」というキーワードを中心に多様な研究分野の人たちが集い議論できる貴重な場であり，特にゆっくりと語り合える雰囲気は学生や若い研究者の良い経験の場になっているので，代替地で何とか開催できないかという意見がありました．このご意見は根研の存在意義の根幹をつくものであり，今後も会員の皆さまとこの雰囲気を大切にしていきたいと改めて認識した次第です．今回は中止と判断させて頂きますが，今後の運営にしっかり反映していく所存です．

今回の地震への根研究学会の対応に関しまして，皆様から非常に多くのご意見をお寄せ頂きました．被災された方々や根研への思いが伝わるものばかりでした．加えて，今回の震災で非常に大変な思いをされている阿部前会長から，このような大事なときに私が会長でなく，根研の皆様にご迷惑をおかけしなくて良かったですと伺ったことは非常に印象的であり，根研の良さを再認識した次第です．こういった皆様の声を大切にし，より良い運営を目指していきます．今後ともどうぞよろしくお願いいたします．

根研究学会会長・犬飼義明

○2016 年度根研究学会賞の候補募集（2016 年 7 月 31 日まで）

根研究学会会則第 3 条ならびに根研究学会学術賞規定に基づき，2016 年度の研究学会賞の推薦を受け付けます．優れた業績が多数推薦されますよう，皆様のご協力をお願いします．自薦・他薦を問いませんし，推薦者は会員でなくても結構です．送り先は根研究学会事務局，締切は 2016 年 7 月 31 日です．詳細は，本学会 HP に掲載の根研究学会賞に関する規定をご確認下さい．

○根研究学会 2016 年度総会の延期について

第 44 回根研究集会が中止になったことから，第 45 回で 2016 年度の定例総会を開催します．皆様ご参加下さい．

開催日：2016 年 9 月 30 日（金），開催地：岡山県倉敷市，倉敷市芸文館．

予定されている主な議題：2015 年度活動報告・決算，2016 年度活動方針・予算，規定等の変更について（審議事項については，その場でもご提案頂けますが，時間をかけて議論すべき議題や，資料の配付を必要とする議題については，なるべく事前に事務局までご提案下さい）．

事務局からのお知らせ

１．2016 年の根研究集会

・第45回根研究集会［本号に開催案内を掲載・詳細はホームページにて］

発表申込は9月9日（金），参加申込は9月23日（金）が締切です．宿泊は，各自，早めに予約の手配をお願いします．また，講演要旨の作成方法が第38回根研究集会から変更されておりますので

ご確認ください．要旨提出は9月20日（火）が締切です．

岡山県倉敷市，倉敷市芸文館（1日目），岡山大学資源植物科学研究所（2日目）

1日目と2日目で会場が異なりますが，道路を挟んで向かい合った建物です．

開催日時　2016年9月30日（金）13：10～10月1日（土）16：00

資源植物科学研究所の見学会（希望者のみ）は10月1日（土）14：00～16：00に開催されます．

・特別シンポジウム

第45回根研究集会では岡山大学資源植物科学研究所との共催で特別シンポジウムが開催されます．テーマは「根の構造と機能研究の最前線」です．事前申し込みが必要ですが，特別シンポジウムのみの参加は無料です．

・2017年度の集会　春および秋の開催地については募集中です．

２．電子版会誌のダウンロードについて

根研究学会ホームページより電子版会誌のダウンロードができるようになりました．また，J-Stage からも最新の論文やレビューを読むことが出来ます．詳しいダウンロード方法につきましては 1 号に掲載しています．

根研究学会電子版会誌の URL　http://www.jsrr.jp/rspnsv/download.html

J-Stage の URL　https://www.jstage.jst.go.jp/browse/rootres/-char/ja

３．根研究学会ホームページのリニューアル

根研究学会ホームページがリニューアルされ，スマートフォンからも閲覧しやすいように対応しています．また，入会・登録変更フォーム・退会フォームのサイトから簡単に手続きできるようにしています．一部では旧ホームページを利用していますが，今後はすべてリニューアルする予定です．

４．投稿のお願い

会誌「根の研究」では，原著論文のほかに，ご自身の一連の研究を他分野の会員にも分かりやすく解説したミニレビューを重視しています．学術功労賞・学術奨励賞の要件である，本会における研究成果の報告は，ミニレビューによる解説も認められていますので，積極的にご寄稿下さい．また，研究手法や学生向けの実験・実習法の解説なども歓迎します．

５．名簿データ更新のお願い（異動のないかたもご協力下さい）

住所・所属・研究テーマ等に変更のある方は根研究学会ホームページ（http://www.jsrr.jp/）の「諸手続き－名簿データ更新」のコーナーをご参照頂き，データをお送り下さい．また，各種調査に備えて今後会員の性別と学生・社会人の別を集計することにしました．特に変更のない方も名簿データの更新にご協力ください．これら追加データは，主に会員構成（男女比など）を把握するために使わせて頂きます．

６．会費納入のお願い

2016 年度の会費をまだお支払い頂いていない方は，下記の郵便振替口座に納入をお願いします．請求書等の伝票をご希望の方は，事務局までお知らせ下さい．

年会費（2016 年）：　電子版個人 3,000 円，冊子版（＋電子版）個人 4,000 円，冊子版団体 9,000 円（年度は 1 月－12 月です）

郵便振替口座　口座名義（加入者名）：根研究学会，　口座番号：00100－4－655313

［他の銀行から振込の場合：ゆうちょ銀行　〇一九店（ゼロイチキユウテン）　「当座」0655313 ］

根研究学会所在地・連絡先：　〒104-0033　東京都中央区新川 2-22-4　新共立ビル 2F

（株）共立内　根研究学会事務局　TEL：03-3551-9891／FAX：03-3553-2047

・メールアドレス　事務局：***neken2016@ jsrr.jp***　『根の研究』編集委員長：*editor2016@ jsrr.jp*

Plant Root 編集委員長：*editor2016@ plantroot.org*

・**Web サイト**　根研究学会：　*http://www.jsrr.jp/*

Plant Root：　*http://www.plantroot.org/*

根の研究（Root Research）25（2）：29－36（2016）

原著論文

根域制限された日本およびオランダ品種トマトの生育，蒸散および根の養水分吸収特性

稲田秀俊＊・中原正一・植田稔宏
茨城県農業総合センター園芸研究所

要　　旨：日本のトマト品種‘麗容’とオランダ品種の‘Levanzo’を土量 0.3 L の根域制限条件下で栽培したところ，土量 3 L で栽培した対照区に比べ両品種とも生育が抑制された．根域制限区の‘Levanzo’では葉の蒸散量が著しく低下したが，‘麗容’ではこのような傾向は認められなかった．地上部への水分移動量を推定したところ，根域制限区の‘麗容’では対照区の約 1/3 に低下していたが，‘Levanzo’では対照区の約 1/8 まで低下していた．根の TTC 還元活性は，両品種とも根域制限区で低かった．茎の地際部で切断し採取される木部溢泌液の出液速度および出液成分を分析したところ，根域制限区では両品種とも出液速度が低かったが，根域制限区の‘Levanzo’では木部溢泌液に含まれる養分が濃縮されていた．以上のことから，根域制限下で生育が抑制される原因は品種間で異なり，‘麗容’では地上部への養分輸送量の低下により茎葉の成長量が低下し，‘Levanzo’では地上部への水分輸送量の低下により葉の蒸散量が低下したと考えられた．
キーワード：根域制限，根圧，蒸散速度，トマト，木部溢泌液．

Differential responses of growth, transpiration and nutrient absorption properties between Japanese and Dutch cultivars of tomato to root restriction : Hidetoshi Inada*, Masaichi Nakahara and Toshihiro Ueta (Horticultural Research Institute, Ibaraki Agricultural Center)

Abstract : The experiment was designed to evaluate growth rates and concentrations of xylem exudate, root metabolic activity, leaf stomatal conductance and transpiration of tomato under the condition of root restriction. The Japanese cultivar ‘Reiyo’ and a Dutch cultivar ‘Levanzo’ were grown in 3 L pots. Root restriction treatment was carried out by limiting soil volume to 0.3 L. The growth of both cultivars were significantly reduced by root restriction treatment. Although the transpiration rate of leaf in cv. ‘Reiyo’ was not significantly reduced by root restriction treatment, that in cv. ‘Levanzo’ was significantly reduced by such treatment as compared with the control. The amount of water transport from root to leaf in cvs. ‘Reiyo’ and ‘Levanzo’ under the condition of root restriction were estimated to 1/3 and 1/8 of that in control plant, respectively. The root metabolic activity and rates of xylem exudate of both cultivars were low level in plants under the condition of root restriction. Minerals of xylem exudate in cv. ‘Levanzo’ were concentrated by root restriction treatment. These results suggest the differences of cause of growth reduction by root restriction treatment between Japanese and Dutch cultivars. The low levels in amount of nutrient transport to leaf by root restriction treatment promote the inhibition of plant growth in cv. ‘Reiyo’. Root restriction treatment induces unbalance of water absorption and transpiration in cv. ‘Levanzo’.
Keywords : Root pressure, Root restriction, Tomato, Transpiration rate, Xylem exudate.

緒言

施設栽培トマトでは，ロックウールやココヤシ繊維などを利用した培地の普及により，土耕栽培に比べ根域が制限された栽培条件のもとで容易な養水分管理が可能となった．近年，オランダでは根域への厳密な養水分管理と環境制御のもとでトマト果実の高品質化や安定生産を実現し，さらに多収性や養液栽培に適した品種の開発，補光技術，連続栽培技術などの進展により試験栽培で 100 t/10a の収量を達成している（エペ・フゥーヴェリンク , 2012）．日本でも遮根シートの敷設（川上・松丸 , 2004）や舟型栽培ベッドを利用した隔離床栽培（圖師ら，2005），ポリエチレン製の袋を栽培床とする袋培地（金子ら , 2006），土壌もしくはロックウール，ココヤシ繊維を使用する少量培地（浜中ら , 1997；石上ら , 1994；中村 , 2001；吉田ら , 2007）など根域を制限する栽培方法が普及したことにより，高糖度トマト栽培などでは土耕栽培に比べ根圏へのストレス付与が容易になった．また，根圏環境を制御し最適な養水分管理が可能となったことにより高収量を実現でき，

2015 年 12 月 14 日受付　2016 年 4 月 6 日受理
＊連絡先 〒 319-0206 茨城県笠間市安居 3165-1
Tel: 0299-45-8340 Fax: 0299-48-2545 E-mail: ig.hi1430@gmail.com

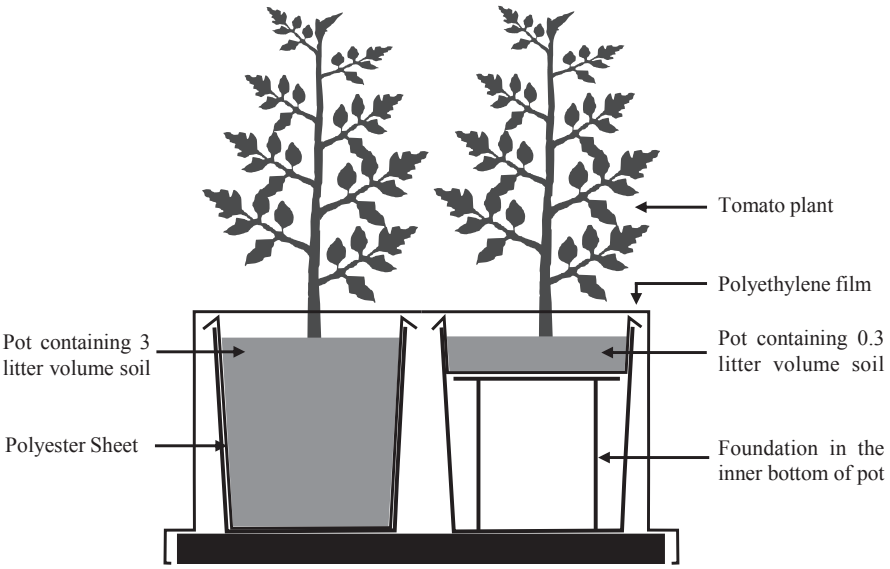


Fig. 1. Method of root restriction treatment in this experiment. Tomato plants in the control were grown in soil volume to 3 L. Tomato plants in root restriction treatment were grown in limiting soil volume to 0.3 L. By setting the foundation in the inner bottom of pot, the height of soil surface on pot in root restriction treatment were same as that in the control.

近年では複合環境制御のもと日本品種のトマトで 50 t/10a の収量を達成するまでに至っている（IGH プロジェクト , 2015）．今後，オランダの施設栽培トマトのようなさらなる高収量を達成するためには，根圏環境を厳密に制御する技術開発に加え，受光態勢が良く光利用効率の高い品種（東出 , 2010）など従来の土耕栽培向け品種ではなく養液栽培に適した日本品種の開発も進めていく必要がある．そのためには，土耕栽培と異なり根域が制限された条件下における日本品種とオランダ品種の生育特性の違いを明確にした上で，日本の気候条件下でも高い養水分吸収能力や光合成能力，収量性，食味性などを示すような，日本品種とオランダ品種の優れた特徴を併せ持った新規品種の開発が必要である．これまでに，根域制限下のトマトの生育特性については数多く報告されているが（石上ら , 1994；桜井・小山田 , 1995；吉田ら , 2007），根域制限下において日本品種とオランダ品種との生育特性を比較した研究は例を見ない．そこで本報では，多収性品種として広く栽培されている日本のトマト品種‘麗容’とオランダ品種‘Levanzo’を根域制限下で栽培し，生育および地上部の水分状態，葉の蒸散量について調べるとともに，根の生理活性および出液速度，出液成分を分析し，根から地上部への養水分輸送能力を調べた．

材料と方法

日本の栽培品種‘麗容’およびオランダの栽培品種‘Levanzo’を供試材料とした．2010 年 4 月 11 日に播種し，茨城県農業総合センター園芸研究所の育苗温室にて育苗，4 月 28 日に 6 号ポリポットに定植し同所ガラス温室内にて栽培した．ポットの底に防根透水シートを敷き, ピートモス（ピートポット P, 北海道ピートモス）：パーライトを 1：1 に混和した土壌を充填した．土量を変えることで根域制限処理を行い，土壌容量は根域制限区では 0.3 L，対照区では 3 L とした．異なる容量のポットを用いる場合，容積だけでなく底面積と高さの違いを考慮する必要があるため（安藤ら , 2003），本研究ではいずれも同型のポリポットを使用し，根域制限区ではポット内底に土台を設置し，全ての試験区で土壌表面の高さ，底面積および地上部の受光態勢を揃えるように配慮した（Fig. 1）．各試験区とも 6 ～ 8 株を供試材料とした．いずれの試験区も，肥料濃度の薄い層（根面境界層）の形成を抑制するため吸水ひもを利用した連続点滴給液とし，潅水回数および量は制限せず毎日 5：00-15：00 に給液を行った．養液には大塚養液土耕 1 号（EC1.0 dS/m）を用いた．側枝は全て除去し，第 3 果房より上位の葉 3 枚を残し摘芯した．摘芯は両品種とも対照区では 6 月 15 日（定植後 48 日目），根域制限区では 6 月 28 日（定植後 61 日目）に実施した．第 1 果房，第 2 果房および第 3 果房開花日は，両品種とも対照区では 5 月 30 日，6 月 9 日および 6 月 15 日であり，根域制限区では 6 月 6 日，6 月 21 日および 6 月 28 日であった．

葉および茎の水分状態の指標として相対含水率および葉の蒸散速度，水蒸気気孔拡散伝導度を測定した．相対含水率は 7 月 21 日（定植後 84 日目）の 8：00 における生鮮重および暗黒下にて 2 時間吸水させ水飽和状態とした湿潤重，乾物重から算出した．葉の蒸散速度および水蒸気気孔拡散伝導度の測定はポロメーター

（Li-1600, Li-Cor）を用いて，7 月 17 日から 7 月 29 日（定植後 80 日目から 92 日目）の期間における 6：00，10：00 および 12：00 に光強度一定条件下（PPFD1000 μmol m^{-2} s^{-1}）で行った．なお，葉の老化に伴い気孔開閉機能が低下することから，測定対象の葉は上位 3 葉の先端の小葉とした．

葉色評価の指標として葉の SPAD 値を測定した．7 月 21 日（定植後 84 日目）に SPAD 計（SPAD-502, コニカミノルタ）を用いて，第 1 果房直下葉の先端の小葉の SPAD 値を測定した．

栽培終了日である 8 月 16 日（定植後 110 日目）に生長に関する指標として茎長，葉面積，地上部乾物重，根乾物重，根長を測定した．葉面積の測定には葉面積計（LI-3000, Li-Cor）を用いた．根長は水道水で洗浄した根を約 3 cm 長に切断後，ルートスキャナー（Comair Rootlength Aircraft）にて測定した．

根から地上部へ移動する養水分量や根の生理活性の指標として木部溢泌液の出液速度および出液成分濃度，TTC 還元活性を調べた．栽培終了日の 9：00 に土壌表面から 10 cm の高さで茎葉部を切断後直ちに切口にゴムホースを接続し，2 時間おきに木部溢泌液の出液速度を測定した．採取した木部溢泌液は後日出液成分濃度の測定に用いた．カリウム，カルシウム，マグネシウムは原子吸光分光光度計（AA-6330, 島津製作所）を用いた原子吸光法，リンは分光光度計（UV-1800, 島津製作所）を用いたトルオーグ法，硝酸態窒素はイオンクロマトグラフシステム（L7470, 日立製作所）を用いたイオンクロマトグラフ法で測定した．TTC 還元活性は，出液測定の翌日に根を蒸留水にて洗浄し，白細根に 1.2％（w/v）Triphenyl-tetrazorium chloride（TTC）溶液を添加し，呈色反応後に 95％エタノール抽出し 485 nm における吸光値を測定した．

結果

本研究における定植日から栽培終了日までの温室内気温，相対湿度，飽差および二酸化炭素濃度の平均値を Table 1 に示した．本研究を実施した 2010 年の夏季は記録的な猛暑となり，例年に無く高温となる日が続いたため，生長解析および各種分析を実施した 7 月から 8 月の温室内気温は非常に高くなった．7 月および 8 月は温室の換気量が多いため，日中の温室内平均二酸化炭素濃度は外気に近い濃度となった（Table 1）．

栽培終了日である定植後 110 日目において，‘麗容’および ‘Levanzo’ の生長に対する根域制限の影響を調べた（Table 2）．茎長に対する根域制限の影響は両品種とも認められなかった．定植後 84 日目に第 1 果房直下葉

Table 1. Daily mean, photoperiod mean and darkperiod mean of air temperature, relative humidity, vapor pressure deficit and concentration of CO_2 inside the greenhouse during the experimental period.

Period (2010)	Air temperature (°C)			Relative humidity (%)			Vapor pressure deficit (hPa)			Concentration of CO_2 (ppm)		
	24-h mean	Photoperiod mean[1)]	Darkperiod mean[2)]	24-h mean	Photoperiod mean[1)]	Darkperiod mean[2)]	24-h mean	Photoperiod mean[1)]	Darkperiod mean[2)]	24-h mean	Photoperiod mean[1)]	Darkperiod mean[2)]
28 April-30 April	19.2	23.4	14.7	83.5	71.3	97.3	6.1	10.9	0.5	537.7	483.0	595.9
1 May-31 May	22.7	27.2	18.0	79.8	65.0	95.5	8.7	15.5	1.1	527.9	464.5	594.8
1 June-30 June	25.5	29.9	21.1	82.5	71.6	93.6	7.9	13.6	1.9	454.6	411.0	498.7
1 July-31 July	29.5	33.6	25.3	82.3	70.7	94.1	10.5	18.2	2.2	423.5	389.4	457.1
1 August-16 August	30.6	34.3	26.7	79.8	68.2	91.8	11.6	19.5	3.1	462.6	405.2	518.8

1) Photoperiod: 6 : 00-18 : 00
2) Darkperiod: 18 : 00-6 : 00

Table 2. Effects of treatment with root restriction (RR) on stem length, leaf area, SPAD values, dry weight and root length of both cultivars of tomato on 16 August (110 days after treatment : DAT) 2010.

Cultivar	RR treatment	Stem length (cm)	Leaf area (m^2)	SPAD values	Dry weight Shoot (g)	Dry weight Fruit (g)	Dry weight Root (g)	Dry weight Total (g)	Root length (m)
Reiyo	3L	128.8 (5.0)	0.61 (0.12)	47 (3.4) a	96.9 (9.8) b	112.4 (19.9)	3.9 (0.9) b	213.2 (30.5) a	248 (24)
	0.3L (RR)	130.3 (16.2)	0.19 (0.07)	27 (5.6) c	34.9 (5.7) c	59.3 (9.6)	2.1 (0.6) c	96.3 (15.8) b	218 (42)
Levanzo	3L	132.2 (10.5)	0.59 (0.08)	39 (4.4) ab	123.4 (20.4) a	104.7 (28.9)	8.4 (1.2) a	236.5 (50.5) a	501 (132)
	0.3L (RR)	132.8 (13.0)	0.19 (0.08)	33 (7.2) bc	43.9 (12.5) c	42.1 (23.7)	3.4 (1.9) c	89.4 (38.1) b	331 (149)
ANOVA	Cultivar	n.s.	n.s.	n.s.	***	*	***	n.s.	***
	RR	n.s.	***	***	***	***	***	***	***
	Cultivar × RR	n.s.	n.s.	**	*	n.s.	***	*	n.s.

The plants were treated with root restriction (RR) from 28 April to 16 August 2010.
Each value is the mean of 8 plants, and the standard deviation is shown in parenthesis.
The values of stem length, leaf area, dry weight and root length were measured on 16 August (110 DAT) 2010.
The values of SPAD were measured on 21 July (84 DAT) 2010. Two-way ANOVA : *$p<0.05$, **$p<0.01$, ***$p<0.001$, n.s. = not significant.
When significant combined effect of cultivar and RR treatment was detected, Tukey's HSD test was performed to identify significant differences among the 4 treatments. Values with different letters are significantly different at $p<0.05$.

Table 3. Effects of treatment with root restriction (RR) on relative water content (RWC) of leaf and stem, stomatal conductance to H_2O (G_S) and transpiration rate (E) of leaf of both cultivars of tomato on 17-29 July (80-92 days after treatment : DAT) 2010.

Cultivar	RR treatment	RWC		G_s			E		
		Leaf (%)	Stem (%)	6:00 (mol m^{-2} s^{-1})	10:00 (mol m^{-2} s^{-1})	12:00 (mol m^{-2} s^{-1})	6:00 (mmol m^{-2} s^{-1})	10:00 (mmol m^{-2} s^{-1})	12:00 (mmol m^{-2} s^{-1})
Reiyo	3L	96.1 (4.2)	97.7 (0.6)	0.25 (0.04)	0.48 (0.14) a	0.45 (0.05) b	1.38 (0.32)	7.69 (1.41) a	7.93 (0.80) b
	0.3L (RR)	93.2 (3.5)	95.5 (3.1)	0.23 (0.05)	0.44 (0.04) a	0.35 (0.02) c	1.11 (0.50)	7.85 (0.95) a	8.35 (0.72) ab
Levanzo	3L	95.3 (1.9)	96.6 (1.4)	0.25 (0.05)	0.48 (0.02) a	0.59 (0.02) a	1.53 (0.03)	8.76 (0.92) a	9.65 (0.63) a
	0.3L (RR)	90.1 (5.5)	94.2 (2.7)	0.27 (0.05)	0.14 (0.02) b	0.15 (0.01) d	1.66 (0.16)	3.51 (0.06) b	3.95 (0.19) c
ANOVA	Cultivar	n.s.	n.s.	n.s.	*	n.s.	n.s.	*	*
	RR	*	***	n.s.	*	***	n.s.	*	*
	Cultivar × RR	n.s.	n.s.	n.s.	*	**	n.s.	**	**

The plants were treated with root restriction (RR) from 28 April to 16 August 2010. Each value is the mean of 6-8 plants, and the standard deviation is shown in parenthesis. The values of G_s and E are the mean of 8 plants, and were measured at 6 : 00, 10 : 00 and 12 : 00 on 17-29 July (80-92 DAT) 2010.
The value of RWC is the mean of 6 plants, and was measured on 21 July (84 DAT) 2010.
RWC: relative water content; G_s: stomatal diffusive conductance to H_2O; E: transpiration rate.
Two-way ANOVA : *p<0.05, **p<0.01, ***p<0.001, n.s. = not significant. When significant combined effect of cultivar and RR treatment was detected, Tukey's HSD test was performed to identify significant differences among the 4 treatments. Values with different letters are significantly different at p<0.05.

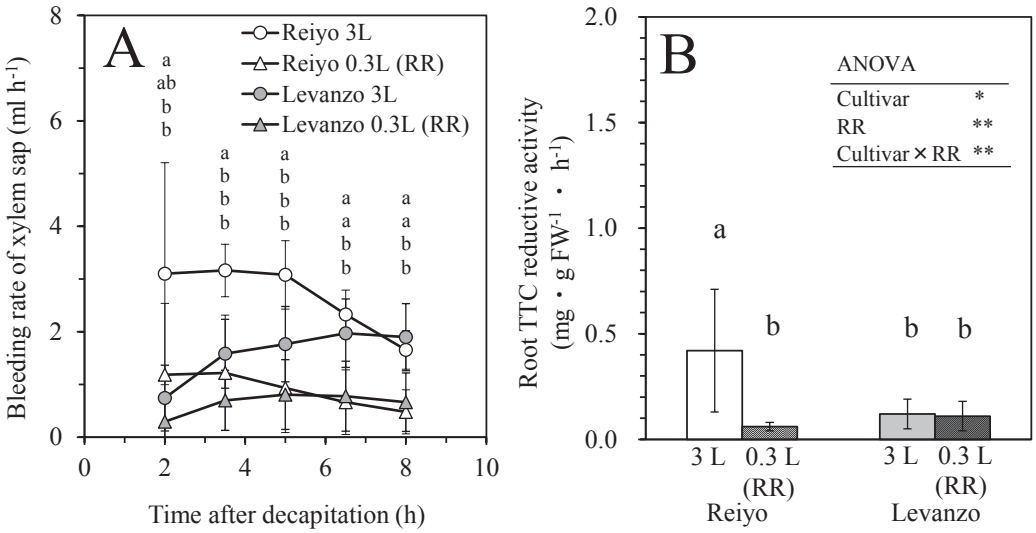


Fig. 2. Effects of treatment with root restriction（RR）on bleeding rate of xylem exudate (A) and root metabolic activity (B) of both cultivars of tomato on 16 August (110 days after treatment : DAT) 2010. Each value is the mean of 8 plants, and vertical bars indicate the standard deviation of the mean. Two-way ANOVA : *p<0.05, **p<0.01. Tukey's HSD test was performed to identify significant differences among the 4 treatments. Values with different letters are significantly different at p<0.05.

の先端の小葉の葉色評価を行ったところ，‘麗容’では対照区に比べ根域制限区において著しくSPAD値が低く，‘Levanzo’では対照区および根域制限区間に有意な差は認められなかった．栽培終了日における茎葉および根の乾物重と根長は，対照区では‘麗容’より‘Levanzo’の方が大きく，果実乾物重は‘麗容’の方が大きかった．また，栽培終了日における葉面積，地上部乾物重，果実乾物重，根乾物重および根長は，両品種とも対照区に比べ根域制限区で有意に低かった．

定植後84日目における葉および茎の相対含水率は，両品種とも対照区に比べ根域制限区で有意に低かった（Table 3）．定植後80日目から92日目までの期間における午前6：00の水蒸気気孔拡散伝導度および蒸散速度は試験区間で有意な差が認められなかった．12：00の対照区における葉の水蒸気気孔拡散伝導度および蒸散速度は‘麗容’に比べ‘Levanzo’で高かった．根域制限区の‘麗容’における葉の水蒸気気孔拡散伝導度および蒸散速度は，午前10：00においては対照区と同等の値であり，12：00においては水蒸気気孔拡散伝導度が低下したものの蒸散速度は低下しなかった．一方，根域制限区の‘Levanzo’は午前10：00，12：00ともに対照区に比べ著しく低下した．

定植後110日目における木部溢泌液の出液速度は，茎切断直後に対照区の‘麗容’で高く，その後継時的に低下した（Fig. 2A）．対照区の‘Levanzo’における出液速度は，茎切断直後は低いが，その後夕方にかけて緩やかに上昇した．一方，根域制限区については両品種とも茎切断後の出液速度は低い水準で推移した．根の

TTC 還元活性は対照区の‘麗容’で高く，根域制限区の‘麗容’，対照区および根域制限区の‘Levanzo’では低かった（Fig. 2B）.

定植後 110 日目における木部溢泌液に含まれる各成分および培養液成分の分析結果を Table 4 に示した．木部溢泌液中のリン濃度については‘麗容’に比べ‘Levanzo’で高い傾向がみられ，カリウム濃度は両品種とも根域制限区で高くなる傾向がみられた. 本研究では, 桝田（1989）に従い，培養液の成分濃度に対する木部溢泌液の成分濃度を木部溢泌液濃縮係数とした．‘麗容’ではマグネシウムや硝酸態窒素の濃縮係数が根域制限区に比べ対照区で高かった（Table 4）．‘Levanzo’ではリンでは差がなかったが，それ以外のカリウム，カルシウム，マグネシウムおよび硝酸態窒素の濃縮係数は対照区に比べ根域制限区で高かった．カリウムについては両品種とも根域制限区で濃縮係数が高く，カルシウムおよびリンについては‘麗容’に比べ‘Levanzo’で濃縮係数が高く，特にカルシウムについては根域制限区の‘Levanzo’で高かった.

考察

本研究では，日本もしくはオランダで広く栽培されているトマト品種‘麗容’と‘Levanzo’を用いて，根域制限処理が生育に及ぼす影響について調べた．さらに根域が制限された条件下において，地上部の水分状態や根の生理活性を調べることにより，根から地上部への養水分輸送能力を品種別に調べた.

まず，栽培終了日における葉面積や茎葉，果実および根の乾物重，根長は，両品種とも対照区に比べ根域制限区で有意に低かった（Table 2）．また，栽培終了日における茎葉および根の乾物重と根長は，対照区では‘麗容’より‘Levanzo’の方が大きく，果実乾物重は‘麗容’の方が大きかったが（Table 2），これは‘麗容’に比べ‘Levanzo’の方がやや栄養生長に傾いていた可能性が考えられた．なお，栽培終了日の‘麗容’および‘Levanzo’の茎長に対する根域制限の影響は認められなかったが（Table 2），茎長が 100 cm に到達するまでに要した日数は両品種とも対照区では定植後 37 日目であったのに対し，根域制限区では定植後 48 日目であったこと（データ省略），またいずれの試験区も栽培終了日である定植後 110 日目までに 3 段摘芯を実施していることから，ここでは茎長への影響が現れなかったと思われる．根域制限により生育が抑制されることは，これまでに多数報告されているが，その原因については根に対する養水分ストレス（後藤ら , 2001；Hameed et al., 1987；吉田ら , 2007）や物理的要因（Thomas, 1993），生長調節因子（Carmi and Heuer, 1981）などと考えられている．本研究では，対照区と根域制限区で同型のポリポットを使用し土量のみを変えていることや根へ十分な養水分が絶えず供給される条件で実施しており，物理的なストレスや供給される養水分が適切

Table 4. The mineral concentration in xylem exudate and nutrient solution and the ratio of mineral concentration of xylem exudate to mineral concentration of nutrient solution in both cultivars of root restricted tomato.

Cultivar	RR treatment	Mineral conc. in xylem exudate (me L^{-1})				
		K	Ca	Mg	P	NO_3-N
Reiyo	3L	33.5 (2.7)	31.8 (14.2)	29.5 (2.0)	29.9 (13.0)	34.6 (3.2)
	0.3L (RR)	39.2 (0.5)	13.4 (0.4)	14.5 (0.3)	16.0 (0.2)	28.0 (0.5)
Levanzo	3L	24.7 (0.4)	26.3 (1.6)	18.5 (0.5)	38.9 (0.3)	16.4 (0.0)
	0.3L (RR)	36.2 (1.5)	40.4 (1.4)	22.9 (0.7)	46.4 (3.4)	26.2 (0.7)
Cultivar	RR treatment	Mineral conc. in nutrient solution (me L^{-1})				
		K	Ca	Mg	P	NO_3-N
Reiyo	3L	31.2 (0.1)	34.4 (0.4)	22.8 (0.5)	10.2 (0.6)	36.5 (0.6)
	0.3L (RR)	27.1 (0.1)	50.3 (0.2)	29.1 (0.6)	7.6 (0.3)	44.8 (0.6)
Levanzo	3L	17.7 (0.5)	10.9 (0.7)	10.4 (0.4)	4.3 (0.2)	19.0 (0.6)
	0.3L (RR)	18.1 (0.4)	11.1 (0.0)	10.1 (0.8)	4.1 (0.6)	18.8 (0.1)
Cultivar	RR treatment	Mineral conc. in xylem exudate / mineral conc. in nutrient solution				
		K	Ca	Mg	P	NO_3-N
Reiyo	3L	1.24 (0.10) c	0.88 (0.40) c	1.31 (0.09) c	3.52 (1.53) b	0.93 (0.09) b
	0.3L (RR)	1.44 (0.02) b	0.37 (0.01) c	0.64 (0.01) d	1.89 (0.02) b	0.76 (0.01) c
Levanzo	3L	1.40 (0.03) bc	2.63 (0.19) b	1.85 (0.06) b	9.67 (0.09) a	0.85 (0.00) bc
	0.3L (RR)	2.05 (0.10) a	4.24 (0.17) a	2.39 (0.08) a	12.53 (1.04) a	1.36 (0.04) a
ANOVA	Cultivar	***	***	***	***	***
	RR	**	n.s.	*	n.s.	*
	Cultivar × RR	**	***	***	*	***

Each value is the mean of 8 plants, and the standard deviation is shown in parenthesis.
Two-way ANOVA : *$p<0.05$, **$p<0.01$, ***$p<0.001$, n.s. = not significant.
When significant combined effect of cultivar and RR treatment was detected, Tukey's HSD test was performed to identify significant differences among the 4 treatments. Values with different letters are significantly different at $p<0.05$.

でないことによる養水分ストレスを極力回避するように設計した．このことから，根域制限処理による生育抑制は，根における養水分の吸収能力や吸収された養水分の地上部への輸送能力に起因する可能性が考えられた．

そこで，根域制限により生育が抑制される原因を明らかにするために，葉および茎の水分状態について調べたところ，定植後 84 日目における葉および茎の相対含水率は，両品種とも対照区に比べ根域制限区で有意に低かった（Table 3）．定植後 80 日目から 92 日目までの期間における葉の水蒸気気孔拡散伝導度と蒸散速度は，各試験区ともに類似した変動を示し，水蒸気気孔拡散伝導度と蒸散速度の間には高い正の相関があるとする過去の報告（稲田ら , 2010）と一致していた．午前 6：00 における水蒸気気孔拡散伝導度および蒸散速度は試験区間で有意な差が認められなかったが，この結果は一般的に早朝に葉および茎の水分状態が高い水準で保持されていることと関係していると考えられた．トマトの葉のガス交換能力には品種間差異があり，その能力は日本品種に比べオランダ品種で高いことが知られているが（東出 , 2010；Matsuda et al., 2013），本研究のような温室内気温が 30 度を超えるような昼間でも，対照区の ‘Levanzo’ の葉の水蒸気気孔拡散伝導度および蒸散速度は高かった（Table 3）．しかしながら，根域制限区の葉の水蒸気気孔拡散伝導度および蒸散速度については品種間で反応が大きく異なっており，根域制限区の ‘麗容’ における葉の蒸散速度は高い値を示したのに対し，根域制限区の ‘Levanzo’ は著しく低かった（Table 3）．これらは蒸発散量が体内保水量を超えることを防ぐための反応（Bakker, 1991；Ferreira and Katerji, 1992）と考えられるが，本研究では気孔開度の低下によるものか，気孔の小型化（後藤ら , 2002）によるものかについては明らかにできなかった．いずれにせよ，‘Levanzo’ は ‘麗容’ に比べ潜在的に高いガス交換能力を持つにもかかわらず，根域が制限された条件下では蒸散が抑制されることが明らかになった．そこで，蒸散速度と葉面積から地上部への大まかな水分移動量を算出し，それらが根域制限によりどの程度変化するのかを調べた．なお，算出にあたっては定植後 80 日目から 92 日目の午前 10：00 における個葉あたりの蒸散速度値と定植後 110 日目の株あたり葉面積値を用い，全ての葉が同様に光合成を行うと仮定した場合とした．その結果，‘麗容’ における推定水分移動量は対照区で 304 g/h/ 株であったのに対し，根域制限区では 97 g/h/ 株と約 1/3 に低下していた．一方，‘Levanzo’ は対照区では 335 g/h/ 株であったのに対し，根域制限区では 43 g/h/ 株と約 1/8 にまで低下しており，根域が制限された ‘Levanzo’ では蒸散による地上部への水分移動が著しく抑制されている可能性が示唆された．

次に，各試験区について根から地上部へ移動する養水分量や根の生理活性について調べた．一般に根から地上部への養水分移動は蒸散作用と根圧に依存する（平沢 , 1994）ことから，まず，上記で推定した移動量のうち根圧による養水分移動量を明らかにするために，茎の地際部で切断し根圧により出液する木部溢泌液を採取し，その出液速度を調べた．本法は非破壊法ではないため実際の茎葉中を流れる養水分量を正確に測定するものではないが，出液は根の生理活性の指標（中野ら , 2002）であり，根から吸収され茎葉に移行する養分の日変動分析（森田・豊田 , 2000）や，茎葉に移行する養水分量の把握（桝田 , 1989；桝田・島田 , 1993）に用いられている．従って，出液分析は本研究においても地上部への大まかな養水分移動量を評価する場合には有効な手段になりうると考えた．茎切断直後の出液速度は，対照区の ‘麗容’ で高く，その後継時的に低下した（Fig. 2A）．出液現象は根圧による能動的な吸水に基づいている（平沢 , 1994；Fisher, 2002）と考えられるため，対照区の ‘麗容’ にみられたような継時的な出液速度の低下は，茎切断により地上部から根へ転流する同化産物が無くなったことによるものと考えられた．既往の研究では，ナス科野菜の出液速度は日中に高くなることが多く（桝田・島田 , 1993；森田・豊田 , 2000），本研究における対照区の ‘麗容’ の結果はこれらの報告と一致していた．しかし，対照区の ‘Levanzo’ における出液速度は，夕方にかけて緩やかに上昇していた（Fig. 2A）．本研究では各試験区において根における同化産物含有量の比較はできなかったが，日本品種に比べオランダ品種の方が同化産物の根への転流効率が優れている（中野ら , 2015）ため，本研究における対照区の ‘Levanzo’ においても茎切断前の根に同化産物が蓄積され，切断後も一時的に根の生理活性が高く維持されていた可能性が考えられた．一方，根域制限区については両品種とも茎切断後の出液速度は低い水準で推移し，‘Levanzo’ では根域を制限されることによって出液速度が対照区の約 1/2 に低下したのに対し，根域制限された ‘麗容’ では対照区の約 1/4 にまで低下しており（Fig. 2A），根域が制限された ‘麗容’ では根圧による地上部への水分移動が著しく抑制されている可能性が示唆された．根の生理活性の指標である TTC 還元活性は，茎切断後数時間における出液速度の結果と良く似ており，対照区の ‘麗容’ のみ高かった（Fig. 2B）．以上のことから，‘麗容’ は潜在的に根の生理活性や根圧を高く保持することで，蒸散による地上部への養水分輸送を補っていた可能性が示唆されたが，根域が制限された条件下ではこれらの根の機能が低下するため，積極的に蒸散を高く維持する必要があったと考えられた．一方，‘Levanzo’ では潜在的に高いガス交換能力を持ち，養水

分移動は主に蒸散に依存して行われ，根圧は夕方以降の養水分輸送に関与していると考えられた．根域が制限された条件下の‘Levanzo’では，体内の水分損失を防ぐため蒸散量が低下しており，さらに根の生理活性が低く地上部への養水分の輸送量も少ないと考えられた．

次に，根から地上部へ輸送される養水分に含まれる養分量が根域を制限することにより変化するのかを把握するために，茎切断後の木部溢泌液の無機成分を分析した．‘麗容’ではマグネシウムや硝酸態窒素の木部溢泌液濃縮係数が根域制限区に比べ対照区で高かった（Table 4）．また，SPAD 計による葉色評価においても，対照区の‘麗容’が最も高い値を示していた（Table 2）．これらのことから，‘麗容’は潜在的に根圧が高く，マグネシウムや硝酸態窒素が地上部へ輸送され葉に十分に蓄積されていたが，根域が制限された条件下では，これらの養分の地上部への輸送量が低下し葉色が薄くなるのに伴い同化産物量が低下し，茎葉の成長抑制が起きていた可能性が考えられた．一方，‘Levanzo’では，リン以外のカリウム，カルシウム，マグネシウムおよび硝酸態窒素の濃縮係数が対照区に比べ根域制限区で高く（Table 4），SPAD 計による葉色評価においても根域制限区と対照区は同等の値を示しており（Table 2），根域制限下でも葉にこれらの養分が蓄積されていたと考えられた．カリウムについては両品種とも根域制限区で濃縮係数が高かった（Table 4）ことから，カリウムを積極的に輸送し果実などの器官におけるシンク能力の低下を防いでいる可能性が考えられた．特に‘Levanzo’ではカルシウムの濃縮係数が高かったが（Table 4），カルシウムは根圧を駆動力として果実に移動すると考えられており，日本品種に比べオランダ品種でこの傾向が顕著であることが報告されている（中野ら，2015）．本研究では，果実中のカルシウム濃度については測定していないが，根域制限された‘Levanzo’において示されたカルシウムの高い濃縮係数は（Table 4），根における吸収力と地上部への移行能力が高いことを反映していると考えられた．イチゴでは根域が制限された条件下であっても，活発に細根を形成し高い養水分吸収能力を維持することが報告されている（山下・沖村，2008）．本研究における‘Levanzo’ではこのような根の形態的変化は認められなかったが，根域制限下では，輸送量は少ないが濃縮された養分を地上部へ輸送しており，このことが少量の根で地上部の生育を支えるための生理的な適応機構と考えられた．

以上のことをまとめると，日本のトマト品種‘麗容’は本試験条件において，施設栽培で多収を達成しているオランダの品種‘Levanzo’よりも高い果実収量を示す一方で，両品種とも根域制限区では対照区よりも果実収量は低かった．根域制限下での生育抑制の原因は品種間で異なり，‘麗容’では地上部への養分輸送量の低下に伴い葉色が薄くなり，茎葉の成長量が低下したのに対し，‘Levanzo’では地上部への水分輸送量の低下により体内の水分バランスが崩れ，水分損失を防ぐため葉の蒸散量が低下した可能性が示唆された．多くの日本品種に比べると，‘Levanzo’は受光態勢に優れ多収性を示す品種であるが，日本の夏季に根域が制限された条件下で栽培する場合には，発根能力の高い台木を用いて根の吸水量を高め，葉の蒸散量を確保するといった工夫も必要だと思われる．今後は，日本品種とオランダ品種について，根域が制限された条件下における地上部の器官毎の成分分析を行い根から吸収された成分の動態を解明することや，根域制限下に適応する根や葉の気孔などの形態的な特徴についても明らかにする必要がある．

謝辞

本研究の一部は，農林水産省「新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業」により実施したものである．

引用文献

安藤 愛, 和田光生, 平井宏昭, 阿部一博 2003. 育苗ポットのサイズと育苗日数がロックウール栽培トマトの苗の生育, 根活性ならびに定植後の生育と収量に及ぼす影響. 園学研 2：297-301.

Bakker, J. C. 1991. Leaf conductance of four glasshouse vegetable crops as affected by air humidity. Agric. For. Meteorol. 55 : 23-36.

Carmi, A., Heuer, B. 1981. The role of roots in control of bean shoot growth. Ann. Bot. 48：519-527.

エペ・フゥーヴェリンク 2012. トマト オランダの多収技術と理論-100トンどりの秘密. 中野明正, 池田英男監訳. 農分協, 東京.

Ferreira, M. I., Katerji, N. 1992. Is stomatal conductance in a tomato crop controlled by soil or atmosphere? Oecologia 92 : 104-107.

Fisher, D. B. 2002. Long-distance transport. In Buchanan, B. B., Gruissem, W., Jones, R. L. eds., Biochemistry and molecular biology of plants. pp. 730-784.

後藤丹十郎, 高谷憲之, 吉岡直子, 吉田裕一, 景山詳弘, 小西国義 2001. 根域制限下でのキクの生育抑制に及ぼす養水分ストレスの影響. 園学雑 70：760-766.

後藤丹十郎, 松野太樹, 吉田裕一, 景山詳弘 2002. 根域制限下で栽培したキクの光合成, 蒸散特性と葉の形態に及ぼす養水分供給頻度の影響. 園学雑 71：277-287.

浜中正人, 吉沢克彦, 岡本将宏 1997. 果菜類の少量土壌培地耕に関する研究（第2報）キュウリ・トマト栽培における培養液管理法. 滋賀県農業試験場研究報告 38：33-41.

Hameed, M. A., Reid, J. B., Rowe, R. N. 1987. Root confinement and its effects on the water relations, growth and assimilate partitioning of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mil.) . Ann. Bot. 59 : 685-692.

東出忠桐 2010. トマトの収量－オランダの多収化 日本の夏秋季の収量変動－を探る. 植調 44：161-171.

平沢 正 1994. 出液と根圧. 根研究会編 根ハンドブック. pp. 159-160.

IGH プロジェクト 2015. 電化技術を駆使し産官学連携で国産大玉トマトの10a あたり50t 採りを達成. 農業電化 68：4-5.

稲田秀俊, 水野（山邉）あずさ, 中原正一 2010. トマトの葉の気孔拡散伝導度および蒸散速度に対する環境要因の影響. 茨城農総セ園研報17：17-22.

石上 清, 堀内正美, 中嶌輝子, 松浦英之 1994. 根域を制限した循環式養液栽培装置による高糖度トマト生産. 静岡農試研報 38：61-72.

金子良成, 樋江井清隆, 榊原正典, 今川正弘 2006 . 低コストで設置が簡単なトマト袋培地栽培システムの開発. 愛知農総試研報 38：45-50.

川上敬志, 松丸恒夫 2004. 根域制限による施設野菜の環境保全型栽培 第一報 遮根シート栽培トマトの土量と生産力及び全面敷設栽培の施肥法. 千葉農総研研報3：37-43.

桝田正治 1989. トマトおよびキュウリの真昼と真夜中における木部いっ泌液の無機成分濃度. 園学雑 58：619-625.

桝田正治, 島田吉裕 1993. トマト木部いっ泌液における無機成分濃度の日変化およびその濃度に及ぼす光照度と苗齢の影響. 園学雑 61：839-845.

Matsuda, R., Ahn, D. H., Nakano, A., Suzuki, K., Takaichi, M. 2013. Leaf gas-exchange characteristics of four Japanese and four Dutch tomato cultivars grown in a greenhouse. Sci. Hortic. 156 : 19-23.

森田茂紀, 豊田正範 2000. メキシコ合衆国バハ・カリフォルニア州の沙漠地域で点滴灌漑栽培したトウガラシとメロンの収穫期における出液の速度と成分. 日作紀 69：217-223.

中村嘉孝 2001. トマトの少量土壌培地耕における培養液の循環利用と培地の長期連用（野菜特集 果菜類の隔離床栽培）. 農耕と園芸 56：80-82.

中野明正, 安東赫, 東出忠桐 2015. トマトのオランダ品種は日本品種に比べカルシウム吸収・移行活性が高い. 野茶研報 14：57-63.

中野有加, 渡邉慎一, 岡野邦夫, 巽二郎 2002. 養液栽培トマトの湿気中根および水中根の生理活性と形態に及ぼす生育温度の影響. 園学雑 71：683-690.

桜井鎮雄, 小山田 勉 1995. 遮根シート埋設による根域制限がトマトの生育及び果実品質, 食味に及ぼす影響. 茨城農総セ園研報 3：23-29.

Thomas, T. H. 1993. Effects of root restriction and growth regulator treatments on the growth of carrot (*Daucus carota* L.) seedlings. Plant Growth Regul. 13 : 95-101.

山下正隆, 沖村 誠 2008. 根域制限がイチゴ（*Fragaria* × *ananassa* Duch.）の生育および根系形成に及ぼす影響. 根の研究 17：99-104.

吉田裕一, 松野太樹, 新開 礼, 後藤丹十郎 2007. 根域容量と日射比例給液制御による給液量がトマトの生育・収量と果実品質に及ぼす影響. 岡山大農学術報 96：37-42.

圖師一文, 松添直隆, 吉田 敏, 筑紫二郎 2005. 水ストレス下および塩ストレス下で栽培したトマトにおける果実内成分の比較. 植物環境工学17：128-136.

第 45 回根研究集会のお知らせ
45th Biannual Meeting of JSRR

第 45 回根研究集会を 2016 年 9 月 30 日（金）・10 月 1 日（土）の 2 日間，倉敷市芸文館・岡山大学資源植物科学研究所を会場にして開催します．「根研究学会」の会員はもちろん，会員でない方も発表・聴講可能です．伝統のまち倉敷での開催です．活発に議論できる場にしたいと考えていますので，お誘い合わせの上，多数のご参加をお願いします．

＜日　時＞　2016 年 9 月 30 日（金）～ 10 月 1 日（土）
September 30th, 2016 (Fri.) - October 1st, 2016 (Sat.)

＜会　場＞　1 日目（9 月 30 日）倉敷市芸文館 203 会議室
〒710-0046 倉敷市中央 1 丁目 18-1
交通アクセスと案内図　http://www.kcpf.or.jp/hall/geibu/geibu-koutsu-frame.html
Kurashiki Geibunkan, Kurashiki 710-0046
2 日目（10 月 1 日）岡山大学資源植物科学研究所
〒710-0046 倉敷市中央 2 丁目 20-1
交通アクセス　http://www.rib.okayama-u.ac.jp/access/access2.html
Institute of Plant Science and Resources, Okayama University, Kurashiki 710-0046

＜プログラム概要（予定）＞

9 月 30 日（金）
13：30～14：30　総会 General Meeting
14：40～15：40　授賞式・受賞講演　Award lectures
15：50～18：10　特別シンポジウム「根の構造と機能研究の最前線」Symposium
Leon Kochian　“High Throughput Imaging and Quantification of Root Architecture: From the Laboratory to the Field.”
神谷岳洋　「カスパリー線とスベリン：内皮細胞における拡散障壁」
田野井慶太朗　「放射性トレーサーを用いた植物体内の物質分布可視化技術」
馬建鋒　「イネの養分吸収の分子機構」
18：30～20：30　懇親会 Banquet

10 月 1 日（土）
9：30～11：00　一般講演（口頭発表）Oral session
11：00～12：30　一般講演（ポスター発表）　Poster session
14：00～16：00　見学会 Workshop
プレシャーチェンバー，アフリカツメガエル卵母細胞実験系（希望者のみ）

【詳細は，順次，根研究学会 HP（ http://www.jsrr.jp ）に掲載します】
Updated information will appear in http://www.jsrr.jp

＜参加費＞　Registration fee
1,000 円（予定・当日お支払い下さい）　1,000 yen (Tentative, to be paid on site)
（ただし特別シンポジウムのみの参加は無料です．The participation only for symposiums is particularly free.）

＜懇親会費＞ Banquet fee

4,000 円（予定），2,000 円（学生，予定） 4,000 yen (tentative), 2,000 yen (Students, tentative)

飲み放題の地ビール（地酒，その他，ソフトドリンクも）付，お楽しみに！

＜参加・研究発表の申し込み＞ Registration

参加・研究発表のお申し込みは下記の「第 45 回根研究集会 参加申込書」に必要事項を記入し，電子メール（jsrr45@okayama-u.ac.jp）または Fax（086-434-1249）にてお送り下さい.

お申し込み後，３日以内に確認の返信が届かない場合はお問い合わせください.

Please write in the registration form and send it to either jsrr45@okayama-u.ac.jp or Fax 086-434-1249.

＊ **発表申込の締め切り（仮タイトルの申請）：2016 年 9 月 9 日（金）**

Pre-registration for presentation: by September 9th (Fri.), 2016.

研究発表は口頭発表およびポスター発表形式です．いずれかをお選びください.

プログラム編成の都合により発表形式がご希望にそえない場合もあることをご了承ください.

本タイトルは講演要旨に書かれたものとします（9 月 20 日（火）要旨提出締め切り）.

Choose oral or poster presentation. The organizing committee may request the presenter for changing the type of presentation.

＊ 参加申込の締め切り（発表なしの人） Registration (without presentation)

飛び入り参加も可能ですが，懇親会，見学会等の手配の都合があるので，極力，9 月 23 日（金）までに，上述の「参加申込書」をお送り下さい.

It is recommended to submit the registration form by September 26th (Mon.), 2016.

＜発表形式＞ Type of presentation

口頭発表（発表 12 分＋質疑 3 分，予定）または ポスター発表 から選択

発表形式がご希望にそえない場合があることご了承ください.

発表申込みの数によっては，口頭発表の質疑時間を調整します.

Oral presentation (12 min. + 3 min. discussion) or Poster presentation

Time for discussion may be changed according to the presentation numbers.

＜講演要旨の提出＞ Abstract submission

＊ 講演要旨提出の締め切り：2016 年 9 月 20 日（火） Submit by September 20th, 2016

MS-WORD で作成した講演要旨原稿を電子メールの添付ファイルで送ってください．メールの表題は「要旨原稿」としてください． 電子メール送り先：jsrr45@okayama-u.ac.jp

Send the abstract as MS-Word file to jsrr45@okayama-u.ac.jp.

＜講演要旨の書き方＞ （Ａ４半ページ） Style of abstract

学会誌 根の研究（Root Research）24 巻 4 号（2015 December）を参照してください.

１．Ａ４版１ページに，上 3.5 cm 下 16.0 cm 左右 2.5 cm ずつの余白を取る．（A4 半ページになる）

One page of A4 size paper with margins (top: 3.5 cm, bottom: 16.0 cm, right and left 2.5 cm for each). The printing area is around half of A4 size paper.

２．冒頭に表題・講演者名・所属・連絡先（電子メールアドレス）を記載した後，１行あけて本文を書く．講演番号（A1 など）は実行委員会の方で挿入するので原稿には不要.

Type the title, author(s), affiliation, email address and then abstract sentenses.

３．表題：ゴシック系あるいは明朝系の太字・10 ポイント・センタリング（中央寄せ）.

Use 10-point Gothic (Helvetica, Arial) or Bold Times font with centering for the title.

４．講演者名・所属・連絡先：明朝系・10 ポイント・センタリング．連絡先（電子メールアドレス）は括弧に入れる．

Use 10-point Times font (e.g., MS Times New Roman) 10point, centering for the name(s) of author(s), affiliation and corresponding email.

５．本文：明朝系・9 ポイントを目安にする．

Insert a break line under the affiliation, and then type the abstract sentences with 9-point Times font.

＜見学会：希望者のみ＞　Workshop: Optional

（1）水耕栽培したイネやムギの幼植物の根水透過性を 30 分程度で測定できるプレッシャーチェンバーのシステム，および（2）水輸送系やイオン輸送系の遺伝子の輸送機能を異種発現系で解析するアフリカツメガエル卵母細胞実験系を紹介します．見学希望者は参加申し込み書で申し込んでください．入れ替え制で最大 20 名まで．希望者多数の場合は先着順といたします．

A pressure chamber for rice seedlings, and Xenopus oocytes heterologous expression system.　(Max 20 persons).

＜交通＞ Transportation

倉敷市芸文館と資源植物科学研究所は道路を隔てて向かいの位置にあります．

JR：山陽新幹線岡山駅から JR 山陽線に乗り換えて JR 倉敷駅へ．　倉敷駅南口から徒歩約 15 分．

空路：岡山空港から空港連絡バスで JR 倉敷駅（北口）まで約 35 分．JR 倉敷駅南口から徒歩約 15 分．倉敷行のバスがないときは JR 岡山駅行バスに乗り，岡山駅から JR で倉敷駅まで．

自家用車：できるだけ公共交通機関をご利用ください．やむをえず自家用車で来所の場合は駐車許可が必要な場合があります．第 45 回根研究集会実行委員会までお問い合わせ下さい．

JR or airplane recommended. 15 min form JR Kurashiki station on foot.

＜宿泊＞ Hotels

斡旋はしませんので，各自でお申し込み下さい．倉敷駅および倉敷美観地区（研究所から徒歩 7 分）周辺に多数あります．研究所構内には大学ゲストハウスもあります（素泊まり 3000～35000 円/泊，http://www.rib.okayama-u.ac.jp/collaboration/guesthouse.html）．ゲストハウスは部屋数に限りがありますので，ご希望の方は第 45 回根研究集会実行委員会まで早めにお問合せ・お申込みください．

Please reserve hotel rooms by yourself.

＜食事＞ Foods

JR 倉敷駅から美観地区周辺にかけて飲食店が多数あります．コンビニもあります．

Many restaurants along JR station to Kurashiki Bikan aria.

＜その他＞ Ohara Art Museum Free Admission Ticket (Optional).

倉敷美観地区にある大原美術館を**見学希望の方**は無料入館券（招待券）を進呈します（通常入場料　一般 1300 円　大学生 800 円）．希望者は参加申込書でお申込みください．

＜参加・発表申込，講演要旨提出，問い合せ先＞

第 45 回根研究集会実行委員会

且原真木・馬建鋒・柴坂三根夫（岡山大学資源植物科学研究所）

E-mail：jsrr45@okayama-u.ac.jp　TEL：086-434-1221　（且原）　Fax：086-434-1249

第 45 回根研究集会 参加申込書

Registration form for 45th JSRR Bi-annual Meeting

締切　発表者：9 月 9 日，聴講のみ：9 月 23 日

（発表の要旨は別途 9 月 20 日まで）

1. 氏名 Name

2. 連絡先 Address

　　住所・機関名：Affiliation

　　Tel：

　　Fax：

　　E-mail：

　　（E-mail アドレスは正確かつ読みやすくご記入下さい）

3. 発表の有無：

　　Presentation　Yes or No：

4. 発表「有」の場合 in the case you will have presentation

　　表　題 title：

　　著者名 name(s)：

　　発表形式 style：口頭発表・ポスター発表（いずれかを選んで下さい）

　　Oral　/　Poster　(select one)

　　口頭発表を希望される場合

　　口頭発表の講演数には制限があるため，申込多数の場合はポスター発表への変更をお願いすることがありますが，変更は可能でしょうか：　可・不可　（いずれかを選んで下さい）

5. 懇親会参加の有無：

　　Banquet　Yes or No：

6. 見学会の希望有無：

　　Workshop　Yes or No：:

7. 大原美術館無料入館券の希望有無：

　　Ohara Art Museum Free Admission Ticket　Yes or No：

【申し込み先】Send to

　　第 45 回根研究集会実行委員会　且原　真木　（岡山大学資源植物科学研究所）

　　Maki Katsuhara,　IPSR, Okayama University

　　e-mail: jsrr45@okayama-u.ac.jp　Fax：086-434-1249

申し込み後，3 日以内に確認の連絡が届かない場合は，実行委員会・且原までお問い合わせ下さい.

If you have no response from the organizing committee in three days after your registration, please contact to jsrr45@okayama-u.ac.jp

【カレンダー】

植物・土壌・環境など，根に関わりのある学術集会の情報をお寄せ下さい(E-mail：*neken2016@jsrr.jp*)
国内・海外，規模の大小を問いません.
2 月，5 月，8 月，11 月の月末までに情報をお寄せ頂くと，その翌月に発行の会誌に掲載できます.
急ぎのものであれば，根研のメールニュースでも告知も可能です.
＊各会議の正確な情報はご自身でご確認下さい．国際会議では，開催日や申込締切日が変更されることはよくあります．申し込み・問い合せは，直接主催者までコンタクトして下さい.
＊海外での会議の日本語名称は，根研究学会事務局で便宜的に意訳したものです.

2016 年

第10回国際放牧地会議　7月17-22日
X International Rangeland Congress
July 17-22, 2016; Saskatoon, SK Canada
http://2016canada.rangelandcongress.org/

第8回国際イチゴシンポジウム 8月14-17日
VIII International Strawberry Symposium
August 14-17, 2016; Québec City, Canada
E-mail: iss2016@conferium.com
http://www.iss2016-quebec.org/

第7回国際作物学会議　8月14-19日
7th International Crop Science Congress
August 14-19, 2016; Beijing, China.
要旨締切：April 15, 2016
http://www.7icsc.com.cn/home.html

第4回生物情報科学と環境工学の進歩国際会議 8月18-19日
Fourth International Conference on Advances in Bio-Informatics and Environmental Engineering (ICABEE 2016).
August 18-19, 2016; Rome, Italy
http://www.icabee.theired.org/

第12回植物の嫌気応答会議 9月5-9日
12th ISPA Conference "Plants in action - coping with low oxygen"
September 5-9, 2016; Elsinore, Denmark
要旨締切：May 1, 2016
http://www.is-pa.org/ISPA2016.html

****
第45回根研究集会　今号に開催案内を掲載
9月30日（金）～10月1日（土）
岡山大学資源植物科学研究所（倉敷市）
仮演題締切：9月9日
****

国際園芸学会シンポジウム　10月5-7日
植物の水状態を測る－方法と園芸学での利用
ISHS Symposium 2016
Sensing Plant Water Status - Methods and Applications in Horticultural Science
October 5-7, 2016; Potsdam/Berlin, Germany
http://www.spws2016.atb-potsdam.de/

熱帯温帯の園芸に関する国際シンポジウム 11月20-25日
International Symposia on Tropical and Temperate Horticulture
November 20-25, 2016; Great Barrier Reef, Australia
http://www.istth2016.org/

2017年

第2回農業と気候変動会議 3月26-28日　***New!***
2nd Agriculture and Climate Change Conference
March 26-28, 2017; Meliá Sitges, Sitges, Spain
要旨登録締切：2016年10月17日
http://www.agricultureandclimatechange.com/

第19回国際植物学会議　7月23-29日
XIX International Botanical Congress
July 23-29, 2017; Shenzhen, China (深圳)
要旨登録開始：July 1, 2016
http://www.ibc2017.cn/

第18回国際植物栄養学会議 8月21-24日
XVIII International Plant Nutrition Colloquium
August 21-24, 2017; Copenhagen, Denmark
http://www.ipnc2017.org/

第13回果実生産における成長調整物質国際会議 8月27-31日
XIII International Symposium on Plant Bioregulators in Fruit Production
Chiba, Japan(柏市); August 27-31, 2017
http://www.pgr-fruit2017.org/

世界ダイズ研究会議10　9月10-15日　***New!***
World Soybean Research Conference Ten
September 10-15, 2017; Savannah, Georgia, USA
http://wsrc10.net/

2018年

第30回国際園芸学会議 8月12-16日
XXX International Horticultural Congress: IHC2018
Istanbul, Turkey; August 12-16, 2018
http://www.ihc2018.org/

【新刊紹介】　根っこのえほん

農研機構　中野明正

根研究学会の協力をえて，このたび「根っこの絵本」が出版されます．根は，作物生産や地球環境を形成する上で重要な機能を担っています．私たち学会員はこのような重要性を充分認識をしているのですが，これから世界を担う子供たちにはあまりそのような認識がないと思っています．そこで，子供たちを中心に，多くの人に日ごろ目に見えない根に親しみを持っていただき，根から植物全体のおもしろさを知ってもらうために，絵本の発刊を企画しました．

本書は，①植物を支える根っこの生態を伝えます．②植物が根っこに支えられて生長し，実を結ぶまでを紹介します．③くらしに役立つ植物のとして紹介します．④専門的知識に裏付けられた驚きと不思議さを伝える絵本です．全５巻で，第１弾として６月 20 日に「おいしい根っこ」を刊行します．以後，果樹，樹木等について順次刊行していきます．

絵本の構造がユニークであり，上下が分かれて開きます．絵本をめくれば，隠れていた根っこがパッと見えます．小さいお子さんもきっと楽しめると思います．

予定価格：各２４００円

総合監修：中野明正

出版社・編集担当：大月書店編集部　松原忍

〒113-0033　東京都文京区本郷 2-11-9

電話 03-3814-2931/FAX03-3814-2926

国際誌 *Plant Root* に掲載の 2015 年の論文

Plant Root 編集委員長　阿部　淳

2015 年も、唐原一郎編集委員長のもと、査読制国際誌として運営し、下記の論文・巻頭言を掲載しました。2014 年に名古屋大学で開催した国際会議「The 6th International Symposium on Physiological Processes in Roots of Woody Plants」との共同企画として、特集号も刊行しました。

2016 年は、委員長を阿部に交替しました。創刊の準備委員会から足掛け 10 年に渡って委員長を務め、***Plant Root*** を育て上げて下さった唐原前委員長に、心からの敬意を表します。同じく創刊以来、常任編集委員として、審査業務のほか、***Plant Root*** のデザインや審査制度の確立などにも活躍してくださった荒木英樹さんにも、厚くお礼申し上げます。

今年度も、多くの方からの投稿・寄稿で ***Plant Root*** を読み応えのある雑誌に高めて頂くよう、皆さんのご協力をお願いします。投稿・論文掲載は無料です。

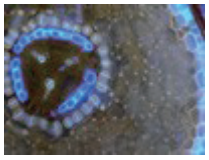
投稿やお問い合わせは Editor2016@plantroot.org までご連絡ください。

Plant Root の論文閲覧・投稿規定の確認などは、**http://www.plantroot.org/** をご覧ください。

樹木根国際会議の特集号（巻頭言以外は、いずれも査読制）

特集号巻頭言　Recent advances in woody plant: Preface to a special issue in Plant Root
Hishi T, Dannoura M, Karahara I
全文 PDF http://www.plantroot.org/PDFarchive/2015/9_68.pdf
書誌情報　https://www.jstage.jst.go.jp/article/plantroot/9/1/9_68/_article

Original research article **Catechin production in roots of *Thujopsis dolabrata* var. hondai in soils on Mt. Hayachine with high Ni concentrations**
Okimura S, Yamaji K, Hitsuma G, Mori S
全文 PDF http://www.plantroot.org/PDFarchive/2015/9_70.pdf
書誌情報　https://www.jstage.jst.go.jp/article/plantroot/9/1/9_70/_article

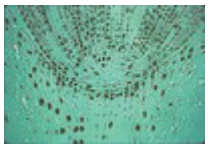


Short report **Which is the best indicator for distinguishing between fine roots with primary and secondary development in *Cryptomeria japonica* D. Don: Diameter, branching order, or protoxylem groups?**
Tawa Y, Takeda H
全文 PDF http://www.plantroot.org/PDFarchive/2015/9_79.pdf
書誌情報　https://www.jstage.jst.go.jp/article/plantroot/9/1/9_79/_article

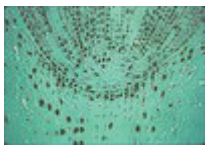
Original research article **Spatial patterns of fine root biomass and performances of understory dwarf bamboo and trees along with the gradient of soil N availability in broad-leaved natural forests and larch plantation**
Hishi T, Tashiro N, Maeda Y, Urakawa R, Shibata H
全文 PDF http://www.plantroot.org/PDFarchive/2015/9_85.pdf
書誌情報　https://www.jstage.jst.go.jp/article/plantroot/9/1/9_85/_article

Original research article **Changes in the carbon and nutrient status of *Cryptomeria japonica* needles and fine roots following 7 years of nitrogen addition**
Nagakura J, Akama A, Shigenaga H, Mizoguchi T, Yamanaka T, Tanaka-Oda A, Tange T
全文 PDF http://www.plantroot.org/PDFarchive/2015/9_95.pdf
書誌情報　https://www.jstage.jst.go.jp/article/plantroot/9/1/9_95/_article

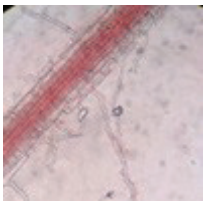
通常の論文　巻頭言１，総説２，原著論文３，短報１（巻頭言以外は、いずれも査読制）



Review article **The concept of the quiescent centre and how it found support from work with X-rays. II. The molecular aftermath**
Barlow PW
全文 PDF http://www.plantroot.org/PDFarchive/2015/9_56.pdf
書誌情報 https://www.jstage.jst.go.jp/article/plantroot/9/0/9_56/_article



Review article **The concept of the quiescent centre and how it found support from work with X-rays. I. Historical perspectives**
Barlow PW
全文 PDF http://www.plantroot.org/PDFarchive/2015/9_43.pdf
書誌情報 https://www.jstage.jst.go.jp/article/plantroot/9/0/9_43/_article



Short report **Morphology of lateral roots of twelve rice cultivars of Bangladesh: dimension increase and diameter reduction in progressive root branching at the vegetative stage**
Robin AHK, Saha PS
全文 PDF http://www.plantroot.org/PDFarchive/2015/9_34.pdf
書誌情報 https://www.jstage.jst.go.jp/article/plantroot/9/0/9_34/_article

Original research article **Formation of densely branched lateral roots in *Sesbania cannabina* triggered by patchily distributed phosphorus in andosolic soils**
Funakoshi Y, Daimon H, Matsumura A
全文 PDF http://www.plantroot.org/PDFarchive/2015/9_24.pdf
書誌情報 https://www.jstage.jst.go.jp/article/plantroot/9/0/9_24/_article

Original research article **Exudation of fumarate from roots contributes to high aluminum resistance in *Melaleuca cajuputi***
Noguchi A, Houman Y, Shinmachi F, Chen RF, Zhao XQ, Shen RF, Hasegawa I
全文 PDF http://www.plantroot.org/PDFarchive/2015/9_15.pdf
書誌情報 https://www.jstage.jst.go.jp/article/plantroot/9/0/9_15/_article

Original research article **Functional genetic analysis of *Arabidopsis thaliana SYNC1* in *Lotus corniculatus* super-growing roots using the FOX gene-hunting system**
Yano T, Tanaka H, Kurino T, Yamamoto A, Kunitake H, Saeki Y, Akashi R
全文 PDF http://www.plantroot.org/PDFarchive/2015/9_6.pdf
書誌情報 https://www.jstage.jst.go.jp/article/plantroot/9/0/9_6/_article

巻頭言：A little sorrow and some notable joys of the year
Karahara I
全文 PDF http://www.plantroot.org/PDFarchive/2015/9_1.pdf
書誌情報 https://www.jstage.jst.go.jp/article/plantroot/9/0/9_1/_article

http://www.plantroot.org/ でも、すべての論文を閲覧できます。

編集委員募集中！

編集委員（Subject editor）や常任編集委員（Managing editor）になっていただけるかたを募集中です。Editor2016@plantroot.org までご連絡ください。

編集委員には、ご自分の専門に近い分野の投稿論文について、審査（査読者の任命、査読結果を参考にした判定など）をしていただきます。　海外の研究者の推薦も歓迎します。

常任編集委員は、投稿の受付、担当編集委員への審査依頼、著者への連絡、受理された論文の製版・掲載に向けた手配など、***Plant Root*** の運営全般を他の複数の常任編集委員と分担して頂きます。

Root Research 根の研究

編集委員長	松村　　篤	大阪府立大学大学院生命環境科学研究科
副編集委員長	小川　敦史	秋田県立大学生物資源科学部
	中野　明正	農研機構・野菜茶業研究所
編集委員	宇賀　優作	農業生物資源研究所
	大段　秀記	農研機構・九州沖縄農業研究センター
	亀岡　　笑	酪農学園大学循環農学類
	唐澤　敏彦	農研機構・中央農業総合研究センター
	草塲新之助	農研機構・果樹研究所
	久保　堅司	農研機構・東北農業研究センター
	塩野　克宏	福井県立大学生物資源学部
	田島　亮介	東北大学大学院農学研究科
	辻　　博之	農研機構・北海道農業研究センター
	仲田(狩野)麻奈	名古屋大学大学院生命農学研究科
	福澤加里部	北海道大学北方生物圏フィールド科学センター
	松波　麻耶	農研機構・東北農業研究センター
	南　　基泰	中部大学応用生物学部
	山崎　　篤	農研機構・東北農業研究センター
	森　　茂太	山形大学農学部

事務局　〒104-0033　東京都中央区新川 2-22-4　新共立ビル 2F
株式会社共立内　根研究学会事務局
Tel：03-3551-9891
Fax：03-3553-2047
e-mail：neken2016@jsrr.jp

根研究学会ホームページ　http://www.jsrr.jp/

年会費　電子版個人 3,000 円，冊子版（＋電子版）個人 4,000 円，冊子版団体 9,000 円

根の研究　第 25 巻　第 2 号　2016 年 6 月 15 日印刷　2016 年 6 月 20 日発行
発行人：犬飼義明　〒464-8601　愛知県名古屋市千種区不老町
名古屋大学農学国際教育協力研究センター
印刷所：株式会社共立　〒104-0033　東京都中央区新川 2-22-4　新共立ビル 2F

Root Research

Japanese Society for Root Research

Original Paper

Differential responses of growth, transpiration and nutrient absorption properties between Japanese and Dutch cultivars of tomato to root restriction

Hidetoshi Inada, Masaichi Nakahara and Toshihiro Ueta 29