

平成 30 年 6 月 15 日現在

機関番号：15101

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2017

課題番号：26450020

研究課題名(和文) 根の細胞壁の化学・物理特性と作物の耐塩性の関係の解明

研究課題名(英文) Crop salinity tolerance in relation to chemical and physical properties of root cell wall

研究代表者

安 萍 (AN, Ping)

鳥取大学・乾燥地研究センター・准教授

研究者番号：60379659

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、乾燥地において重要な作物、ダイズ、コムギとトマトについて根伸長域の細胞壁の化学成分、性質および物理性質を解析し、これらの特性と作物の耐塩性との関係を研究した。

3種の作物とも塩性条件下では根伸長域の細胞壁が変化し、耐塩性品種は根の成長に有利な方向(ペクチンと伸展性の維持、酸性残基の増加)、感受性品種は根の成長に不利な方向(ペクチンの減少、伸展性の低下、セルロースの増加)への変化が見られた。塩性条件下では、根の成長はこれらのパラメーターとの相関関係があることを見出した。

これらの発見は、塩類集積土壌でも高い収量を得られる耐塩性の高い作物の作出や栽培技術の改良などに有用である。

研究成果の概要(英文)： During 2014-2017, chemical composition and physical properties of salt tolerant and sensitive cultivars of soybean, tomato and wheat have been assessed. The relation between root growth and above parameters were also investigated. It was found that measured parameters of root cell wall were altered under salinity. Changes in the tolerant cultivars benefited root growth due to the maintenance of pectin, extensibility and increased acid radicals in the root cell wall. Chemical changes like decrease in the extensibility and increase in the cellulose of sensitive cultivars were found unfavorable for the root growth. Correlation of root growth and cell parameters indicated that physico-chemical characteristics of root cell wall affected root growth and thus enhanced the salt tolerance of plants. Findings of this project would certainly contribute to the development and improvement of bio-saline technology in arid areas.

研究分野：植物耐塩性機構

キーワード：耐塩性 根 細胞壁 化学成分 物理性 ダイズ コムギ トマト

### 1. 研究開始当初の背景

作物の耐塩性メカニズム研究分野では、植物の地上部の原形質体に注目が集まっている。ところが、土壌中の塩類と直接やり取りすることができるのは根であるにもかかわらず、塩分と根の機能に関する研究は非常に少ない。土壌中および塩と植物内部が相互作用する最も外側の層は、細胞壁である。しかし、輸送やイオン交換における細胞壁の役割や、植物の細胞壁と耐塩性との関係についての情報はほとんどない。

細胞壁は、植物の成長および発達中に重要な機能を果たすダイナミックな細胞の一区画である。この細胞壁は、原形質膜の外側の溶液と接触する最初の境界であるため、外部の液と細胞壁との間のイオン交換が、原形質膜のイオン組成および濃度を変化させると考えられる。従って、細胞膜を通るイオン輸送に影響を及ぼす。

イオン結合およびイオン交換における根細胞壁の特性は、細胞壁の化学的性質に依存するが、それは化学組成に密接に関連している。細胞壁は構造タンパク質にセルロース、架橋グリカン、ペクチンが加わって構成されている。これらの化合物、特にペクチンは、pH、イオン恒常性および細胞壁透過性に影響を及ぼす。ペクチンは、負に帯電したガラクトuron酸残基を多く含む分枝状多糖類のグループに属する。これらの負電荷のために、ペクチンは高度に水和されており、これにカチオンが雲のように取り巻いている。したがって、細胞内および細胞外へのイオン輸送は、ペクチンによって影響される可能性がある。

根細胞壁の機能や、作物におけるアルミニウムおよびマンガン耐性に関するメカニズムは、ある程度研究されている。しかし、耐塩性(Na)に関するメカニズムは明らかにされていない。そこで、作物耐塩性における根の細胞壁の機能を解明する目的で、以下の研究が提案された。

### 2. 研究の目的

- (1) 根細胞壁におけるペクチンの機能を明らかにする。
- (2) 根細胞壁における陽イオン交換能と作物における耐塩性との関係を明確にする。
- (3) 作物の耐塩性における根細胞壁の役割を解明する。

本研究で、作物耐塩性における根の細胞壁の機能とそのメカニズムが全体的に実証されることが期待される。

### 3. 研究の方法

(1) 材料および処理：主要な3つ乾燥土地作物、大豆、小麦、トマトを実験材料として選定した。3つの作物の耐塩性の高い栽培品種を試験した。耐塩度の品種間差は、根による植物へのNa<sup>+</sup>有毒イオンの吸収量に基づくことが知られている。

苗の若い根に一連の濃度の塩化ナトリウム(NaCl: 0, 40, 80, 120 mM)と塩化カルシウム(CaCl<sub>2</sub>: 0.2 mM)を導入した。その処置により、根の長さは著しい違いを示し、根の試料は以下の測定のために採取された。

(2) ルートゾーンの決定：根は2つの部分に分けられ、伸長(分裂組織および伸長領域、根冠から0-5 mm 根冠)および隣接領域(根冠から5-10 mm)を含む。各ゾーンの新鮮な状態で乾燥して重量を決定した。

(3) 根細胞壁の化学成分、CECおよび物理的性質の決定：すべての処理における全品種の各根領域におけるペクチン、架橋グリカン(IとII)およびセルロースの量が決定された。各処理において各品種の根全体を収集した。80℃で乾燥させた後、根を微粉に粉砕した。これらの根の陽イオン交換容量(CEC)を測定した。物理的特性(すなわち、弾性、伸張性、粘度、可塑性)は、クリープメーターを用いて測定した。

### 4. 研究成果

#### (1) 大豆：

塩処理により、感受性品種の細胞壁の総糖含量が有意に減少した。0-5 mmの根部で顕著な減少が観察され、総糖含量は40 mMのNaCl処理で70%減少した。耐性栽培品種では、NaCl処理は細胞壁の全糖量に有意な影響を示さなかった。異なるNaClレベルの中では、両方の品種において総糖含量は不変であった。

感受性品種の総糖分は、ペクチン、ヘミセルロースおよびセルロース画分の場合のように塩分によって大きく減少した。耐性栽培品種では、NaCl処理はペクチン画分にわずかな減少を引き起こしただけで、ヘミセルロースおよびセルロース画分には顕著な変化は見られなかった。

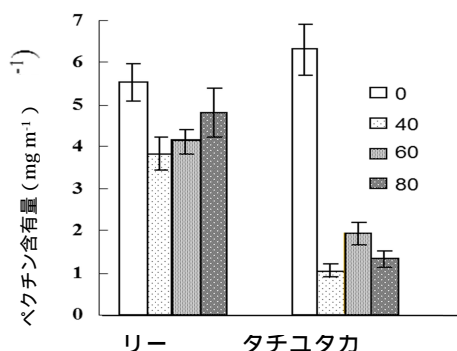


図 1.0, 40, 60, 80 mM NaCl 下での耐塩性 (Lee) および感受性 (Tachiyutaka) ダイズ栽培品種のペクチン含量。

NaCl 処理は、感受性品種の 0-5 mm 根部において、ペクチン画分中のウロン酸含量を著しく減少させたが、ヘミセルロースおよびセルロース画分中の変化はほとんどなかった。しかし、同じ耐性品種の根部において、ウロン酸含量はペクチン画分では減少が小さめで、セルロース画分ではわずかに増加し、NaCl 処理後のヘミセルロース画分では変化しなかった。感受性品種の 5-10mm 部分におけるペクチン画分のウロン酸含量は減少し、これは 0-5mm 部分と同じように減少したが、こちらは顕著ではなかった。この部分のヘミセルロースおよびセルロース画分に変化は見られなかった。耐性品種の 5-10 mm の根部において、ヘミセルロース画分中のウロン酸含量は、NaCl 処理によって増加したが、ペクチンおよびセルロース画分では変化は見られなかった。

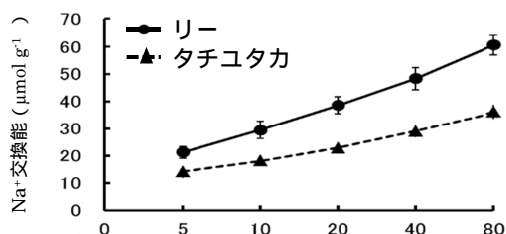


図 2. 塩水条件下での耐塩性 (Lee) および感受性 (Tachiyutaka) ダイズ栽培品種の根の細胞壁における Na<sup>+</sup> 交換能。

耐性品種の根の陽イオン交換容量 (CEC) は、感受性品種と比較して耐性品種において有意に高く、これは根の細胞壁により多くの酸性残基が存在することを示している。

## (2) 小麦

2 つの塩感受性品種の細胞壁の総糖含量は、耐性品種のそれよりも高かった。伸長域では、塩分処理により JS-7 を除くすべての品種においてペクチン濃度が減少した。HC1 および HC2 は、塩分処理において、感受性品種の伸長域および隣接ゾーン両方において有意に増加した。塩分処理を施したすべての品種において、セルロース含量は伸長域および隣接域の両方で顕著に増加した。塩水条件下では、感受性品種の伸長域におけるペクチンのウロン酸含量は、耐性品種のものと比較して有意に低かった。しかしながら、ヘミセルロース画分中のウロン酸含量は逆の傾向を示した。すべての品種における伸長および隣接領域におけるセルロースのウロン酸含量は、塩水処理で顕著に増加した。

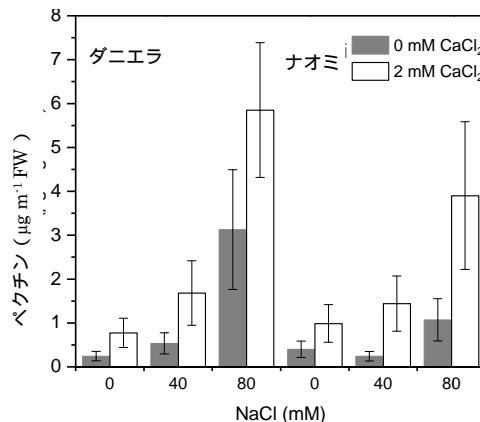


図 3. 小麦品種 YL-15、GS-6058、JS-7、XC-31 の根から 0-5mm 部分の 0, 40, 80 および 12mM NaCl 処理下でのヘミセルロース I、ヘミセルロース II およびセルロース量。データは平均 ± SE (n=4) で示す。文字が続くバーは、それぞれ有意に異なる (P=0.05)

すべての小麦品種における根細胞壁の CEC は、塩分の増加とともに有意に減少した。感受性品種において CEC は、0 および 80mM NaCl 下で、耐性品種と比較して有意に低かった。根の成長は、相対的なペクチン含有量 (R = 0.77) および CEC (R = 0.70) と正の相関があったが、相対的なセルロース含有量 (R = -0.69) と負の相関があった。CEC は相対的なペクチン含量と正の相関があり (R = 0.64)、細胞壁の総量と負の相関があった (R = -0.69)。

## (3) トマト

トマトの実験結果は、大豆および小麦の実験結果と同様であった。伸長域では、感受性品種中の総糖含量はペクチン、ヘミセルロース II およびセルロースで減少を示し、ヘミセルロース I での変化は見られなかった。耐性細胞壁の成分の変化は、感受性の品種のそれとは異なった。耐性品種において、総糖含量はペクチンおよびセルロース画分で有意な変化を示さなかったが、ヘミセルロースでは NaCl 存在下でわずかな増加を示した。

Ca<sup>2+</sup> の添加により、根の成長の低下および根の細胞増殖と伸長に好ましくない細胞壁の成分変化が一般的に増す。これらの結果は、細胞壁におけるカルシウムの改善を説明することができる。トマトの根の成長へのカルシウムの添加の影響は、ダイズにおけるそれらと同様であり、それは作物細胞のホメオスタシスに影響を与え、伸長および成長に寄与し得るという意味で、陽イオン結合におけるカルシウムの普遍的な役割を示している。

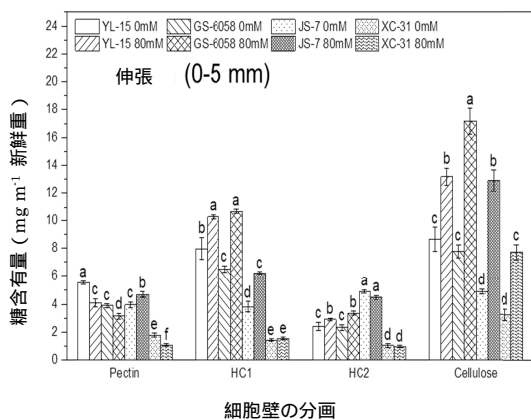


図 4. 0, 40, 80 NaCl および 0.2 mM CaCl<sub>2</sub> 処理下のトマト品種、ダニエラおよびナオミの根端の 0-5mm 部分におけるペクチン量。データは平均 ± SE (n=4) で示す。

### 一般考察

塩分処理は、すべての3つの作物の耐性および感受性品種における根および苗の成長を低下させた。これは以前の報告と一致している。影響を受けやすい栽培品種については、比較的低いNaCl濃度で成長が可能であるが、塩濃度が高レベルを超えるとほぼ完全に停止した。対照的に、耐性品種は、より高い塩分レベルでもそれらの成長を維持することができた。耐性栽培品種はまた、感受性品種よりも新鮮な根の重量の減少が比較的小さかった。

多糖類は細胞壁の主成分である。したがって、細胞壁の総糖含量は、細胞壁多糖類の量を示し、さらに細胞壁密度を反映するはずである。塩感受性品種では、塩処理により細胞壁の全糖含量が有意に減少したが、耐性品種に大きな変化は見られなかった。細胞壁多糖類の減少は、3つの作物の伸長域と考えられる領域である0-5 mm部分においてより顕著であった。植物細胞が成長すると、それらのサイズは壁によって決定され、典型的には10-100倍に伸張する。植物細胞は、古い壁に継ぎ目なく収まる新しい壁の基質を沈着させて、より薄く弱くならないようにしている。感受性品種における塩分による壁成分の減少は、根の成長に対する塩分の抑制効果と関連している可能性がある。

一次細胞壁は主にペクチン、セルロース結合ヘミセルロースおよびセルロースからなる。ペクチンは、すべての陸上植物の一次細胞壁の主要成分であり、ガラクトuron酸に富んだ多糖類の区分を包含する。また、遊離カルボキシル基を有するこれらの多糖類は、イオンおよび低分子化合物との相互作用の潜在能力が高い。Ca<sup>++</sup>、ホウ酸塩、アルミニウムおよび他の陽イオンに加えて、これらの細胞壁ペクチンのカルボキシル基は結合が可能であるという報告がある。我々の経験では、耐性品

種の伸長域におけるペクチンの割合が比較的高いことが、塩に対する耐性に寄与することができ、ウロン酸含量の顕著な減少は、塩分濃度による影響を受けやすい品種の根の成長の阻害を説明することができた。また、細胞壁のカルボキシル基は、塩分下で植物に主要な毒性物質であるNa<sup>+</sup>に結合し、細胞質への侵入を防ぎ、正常な生理的代謝および細胞の成長を維持することができる。

細胞壁は、ヘミセルロース画分の総糖含量によって測定される。ヘミセルロースは、セルロースマイクロフィブリルに対して水素結合によって一次ネットワークを形成することができ、共有結合によって酸性ペクチンに結合することもできることが報告されている。ヘミセルロースの構造変化および組成変化は、壁伸長および細胞伸長のための1つの過程である。したがって、それは壁の構造を維持するために不可欠な必須成分である。細胞壁の主要成分の1つとしてシグナル分子を含み、これはオーキシンを介して増殖を制御すると考えられている。感受性品種におけるヘミセルロース量の減少は、細胞壁ネットワークを不安定にし、シグナル分子の損失をもたらし、したがって細胞増殖を阻害し得る。

セルロースは、一般に、壁に含まれる最も豊富な多糖類である。その量はまた、細胞壁のセルロース画分中の総糖含量として測定される。従来の研究は、水および塩分ストレス条件下でスカッシュ胚軸や培養したタバコ細胞での細胞壁セルロースの割合の減少は、細胞増殖および伸長の阻害と平行していることを示した。同じ状況が、本実験の影響を受けやすい品種において起こり得た。この場合、セルロース含量は塩分によって著しく減少し、根の生育は強く抑制された。セルロースのレベルを維持することにより、細胞が壁全体量のマトリックスを維持し、耐性品種の塩分中の壁が薄くなるのを防ぐのに役立っている。

この実験における細胞壁組成は、根の部分によって異なった。塩が存在しない場合、ペクチンは 0-5mm の根領域で全壁組成物のうちの約 40%を占め、セルロースは 30%を占めていた。根の 0-5mm 部分と比較して、5-10mm 部分のペクチンの比率は減少したが、セルロースのそれは増大した。これは、ペクチンが細胞増殖を大きく制御することを示し、0-5mm 部分はほとんどの作物の伸長域と考えられ、ペクチンは弾性や粘性を持つと考えられているからである。耐性品種中のペクチンの割合が比較的高く、セルロースの割合が低いと、耐塩性に寄与する可能性がある。塩処理は、ペクチンの割合を減少させたが、3つの作物の全領域においてセルロースの増加をもたらした。これは、塩の存在が細胞壁の硬さを増加させ、したがって根の成長を阻害する可能性があることを示唆している。

この研究は、根の細胞壁と植物の耐塩性との間に密接な関係があることを示した。細胞壁の組成は、壁の化学的および物理的特性

に影響し、これは塩分下での細胞増殖および伸長に大きく影響し得る。細胞壁の各組成物は、塩分ストレス下での根の成長に対して独自の機能および効果を有する。感受性および耐性品種における細胞壁組成のそれぞれ異なる反応は、塩水条件下で品種根の増殖に異なって影響し得る。根は、塩水条件下での作物の成長にとって実質的に重要である。より良い根の成長は、一般に塩水条件下での作物の成長を改善する。

この研究から得られた情報は、耐塩性栽培品種を選択するための新たな基準として用いられるであろう。さらに、これらの機構は、耐塩性栽培品種の育種の新たな方向性を提供することができる。さらに、塩水条件下で根細胞壁を強化する技術は、塩水条件下の作物の全体的な成長に寄与し得る。

この研究の結果は、作物の耐塩性および関連メカニズムにおける根細胞壁の機能を結論付けた論文に要約されている。これらの論文は近い将来論文として提出予定である。

#### 引用文献

An, P., X. Li, Y. Zheng, A. Matsuura, J. Abe, A. E. Eneji, E. Tanimoto and S. Inanaga. 2014: Effects of NaCl on root growth and cell wall composition of two soya bean cultivars with contrasting salt tolerance. *Journal of Agronomy and Crop Science* 200, 212-218.

Cosgrove, D. J. 2016: Plant cell wall extensibility: connecting plant cell growth with cell wall structure, mechanics, and the action of wall-modifying enzymes. *Journal of Experimental Botany* 67, 463-476.

Deinlein, U., A. B. Stephan, T. Horie, W. Luo, G. H. Xu and J. I. Schroeder. 2014: Plant salt-tolerance mechanisms. *Trends in Plant Science* 19, 371-379.

Li, T. Q., Q. Tao, M. J. I. Shohag, X. E. Yang, D. L. Sparks and Y. C. Liang. 2015: Root cell wall polysaccharides are involved in cadmium hyperaccumulation in *Sedum alfredii*. *Plant and Soil* 389, 387-399.

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 23 件)

Zobia Anwar, Muhammad Irshad, An Ping, Farhan Hafeez and Shao Yang. Water extractable plant nutrients in soils amended with cow manure co-composted with maple tree residues. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering* (In press) 査読有

Zobia Anwar, An Ping, Bushra Haroon, Muhammad Irshad and Gary Owens. Nutrients losses via runoff from soils amended with livestock manures co-composted with leaf litter. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition* (In press) 査読有

Xiaohui Feng, Ping An, Xiaoguang Li, Kai Guo, Ce Yang, Xiaojing Liu. 2018: Spatiotemporal heterogeneity of soil water and salinity after establishment of dense-foliage *Tamarix chinensis* on coastal saline land. *Ecological Engineering* (In press) doi: 10.1016/j.ecoleng.2017.06.031 査読有

Asma Saleem<sup>1</sup>, Muhammad Irshad<sup>1</sup>, An Ping and Bushra Haroon. Loss of phosphorus by runoff from soils after amendment with poultry litter co-composted with crop waste. *International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture* (In press) <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs40093-018-0207-9> 査読有

Weiqiang Li, Rie Nishiyama, Yasuko Watanabe, Chien Van Ha, Mikiko Kojima, Ping An, Lei Tian, Chunjie Tian, Hitoshi Sakakibara and Lam-Son Phan Tran. 2018: Effects of overproduced ethylene on the contents of other phytohormones and expression of their key biosynthetic genes. *Plant Physiology and Biochemistry* 128: 170-177. doi:10.1016/j.plaphy.2018.05.013 査読有

Xiaohui Feng, Ping An, Kai Guo, Xiaoguang Lia, Xiaojing Liu and Xiumei Zhang. 2017: Growth, root compensation and ion distribution in *Lycium chinense* under heterogeneous salinity stress. *Scientia Horticulturae* 226: 24-32. doi: 10.1016/j.scienta.2017.08.011 査読有

Qiaoyan Li, Liming Lai, Hui Du, Wentao Cai, Tianyu Guan, Xiaolong Zhang, Lianhe Jiang, Yuanrun Zheng, Yi Yu, Yong Gao, Ping An and Hideyuki Shimizu. 2017: Elevated CO<sub>2</sub> concentrations affect the growth patterns of dominant C<sub>3</sub> and C<sub>4</sub> shrub species differently in the Mu Us Sandy Land of Inner Mongolia. *Botany* 95: 869-877. DOI: [doi.org/10.1139/cjb-2017-0014](https://doi.org/10.1139/cjb-2017-0014) 査読有

Hiroki Nakahara, Rina Adachi, Kensuke Kondo, Ping An and Naotaka Matsuzoe. 2017: Effects of different cultivation temperatures and CaCl<sub>2</sub> addition on growth and absorption of inorganic components in the halophyte *Suaeda sa/sa* under saline conditions. *Sand*

Dune Research 64(2): 39-48. 査読有  
Otie V., An, P., John N.M. and Eneji A.E.  
2016: Interactive effects of plant  
growth regulators and nitrogen on corn  
growth and nitrogen use efficiency.  
Journal of Plant Nutrition 39(11):  
1597-1609. doi:  
10.1080/01904167.2016.1161779 査読有  
Z. Hussain, R. A. Khattak, M. Irshad,  
Q. Mahmood and P. An. 2016: Effect of  
saline irrigation water on the  
leachability of salts, growth and  
chemical composition of wheat (*Triticum  
aestivum* L.) in saline-sodic soil  
supplemented with phosphorus and  
potassium. Journal of Soil Science and  
Plant Nutrition 16(3): 604-620. doi:  
10.4067/S0718-95162016005000031 査読  
有  
Asana Matsuura, Ping An, Kouhei Murata  
& Shinobu Inanaga. 2016: Effect of pre-  
and post-heading water logging on growth  
and grain yield of four millets, Plant  
Production Science 19: 348-359. doi:  
10.1080/1343943X.2016.1146907 査読有  
Weiqiang Li, Shinjiro Yamaguchi, M.  
Ajmal Khan, Ping An, Xiaojing Liu and  
Lam-Son P. Tran. 2016: Roles of  
Gibberellins and Abscisic Acid in  
Regulating Germination of *Suaeda salsa*  
Dimorphic Seeds Under Salt Stress.  
Frontiers in Plant Science (Section:  
Crop Science and Horticulture) 6:  
Article 1235. doi:  
10.3389/fpls.2015.01235 査読有  
Rina Adachi, Marin Susaki, Kensuke  
Kondo, Ping An and Naotaka Matsuzoe.  
2016: Effects of calcium and day-length  
on growth and flower bud formation in  
halophyte *Suaeda salsa* under salt  
stress. Sand Dune Research 63: 57-65  
査読有  
An, P., Zheng, Y., Li, X., Eneji, A.E.,  
Inanaga, S. 2015: Selection of plant  
species as indicators of  
desertification in Mu Us sandy land,  
China. Sand Dune Research 61 (3):  
101-110 査読有  
An, P., Li X., Zheng, Y., Eneji, A.E.,  
Qiman, Y., Zheng M., Inanaga S. 2015:  
Vegetation distribution and  
species-soil relationship in the east  
central area of Gurbantunggut desert,  
China. Journal of Geographical Sciences  
25(1): 101-112.  
doi:10.1007/s11442-015-1156-0 査読有  
Suha, O.A., Abdalla, A.W.H., Osman,  
M.A., Inoue, T., An, P. and Babiker,  
E.E. 2015: Effect of different levels of  
micronutrients fertilizer on protein

and basic and acidic amino acids  
contents of grains of sorghum cultivars.  
Journal of Agricultural Sciences 21:  
159-166 http:  
//dergipark.gov.tr/download/article-f  
ile/21081 査読有

Kashiwagi, J., Morito, Y., Jitsuyama,  
Y., An, P., Inoue, T. and Inagaki, M.  
2015: Effects of root water uptake  
efficiency on soil water utilization in  
wheat (*Triticum aestivum* L.) under  
severe drought environments. Journal of  
Agronomy and Crop Science 201(3):  
161-240 doi.org/10.1111/jac.12092 査読  
有

An, P., Li, X., Zheng, Y., Matsuura, A.,  
Abe, J., Eneji, A.E., Tanimoto, E.,  
Inanaga, S. 2014: Effects of NaCl on  
root growth and cell wall composition of  
two soybean cultivars with contrasting  
salt tolerance. Journal of Agronomy and  
Crop Science 200: 212-218  
doi:10.1111/jac.12060 査読有

An, P., Li, X., Zheng, Y., Eneji, A.E.,  
Inanaga, S. 2014: Calcium effects on  
root cell wall composition and ion  
contents in two soybean cultivars under  
salinity stress. Canadian Journal of  
plant Science 94(4): 733-740 doi:  
10.1139/CJPS2013-291 査読有

Suha, O.A., Abdalla, A.W., Inoue, T.,  
An, P. and Babiker, E.E. 2014:  
Nutritional quality of grains of  
sorghum cultivar grown under different  
levels of micronutrients fertilization.  
Food Chemistry 159: 374-380 DOI:  
10.1016/j.foodchem.2014.03.033 査読有

「他 3 件」

〔学会発表〕(計 10 件)

Shao, Y. and An, P. Effects of salinity  
on root growth and cell wall composition  
of wheat cultivars differing in salt  
tolerance (Oral). 47th Biannual Meeting  
of Japanese Society for Root Research  
2017

Shao, Y. and An, P. Effects of salinity  
on root growth and cell wall composition  
of *Lycium ruthenicum* (poster). 45th  
Biannual Meeting of Japanese Society  
for Root Research 2016

「他 8 件」

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

安 萍 (AN, Ping)

鳥取大学・乾燥地研究センター・准教授  
研究者番号：60379659