

中国吉林省における朝鮮人参の栽培体系に関する調査研究

Yingying Wang

(F13N013B)

新潟大学大学院自然科学研究科

環境科学専攻 流域環境学コース

2019

## 用語説明

### 伐林栽参：

森林を切り開いて脳裏を造成し、人参を栽培する栽培方式のこと。原生林や二次林を伐採し人参を植栽する方法であり、現在は人参の生産方法としては最も汎用性の高い。

### 非伐林栽培：

森林を切り開いて脳裏を造成し、人参を栽培する伐林栽参以外の農地で人参を栽培する農地栽参と林地で人参を栽培する林下栽参を含む。

### 農地栽参：

大規模な圃場で人参を栽培する方式である。農地栽参をすることにより山林の木々を伐採する必要がなくなり、森林の生態系を保護し、土壌浸食を防ぎ、集中管理を容易にする。

### 林下栽参：

整地した圃場を使わず、森林の土にそのまま種を播いて、自然に近い状態（じょうたい）で人参を栽培します。収穫までに10年から20年かかります。

### 栽培条件：

傾斜度：5-25° 土壌：pH値は5.5-6.5，温度：15-20°，日照条件：散光・折光，土壌：腐植土。降水量：600-1000 mm/年，無霜期間：100-140 日/年（尹 2011）。

### 長白山人参市場：

吉林省白山市撫松県万良市にあり、中国最大の人参売買の集散地である。1989年にその市場面積は7500 m<sup>2</sup>にまで達し、2005年には市場面積54000 m<sup>2</sup>までに拡大した。

### 人参祭：

中国吉林省の撫松県で1987年から9月1日-5日に開催される中国・撫松人参祭を指す。

### 選地：

土地を個人で所有することはできない。生産者は白山市林業局の許可を得て期間を定めず土地を長期借用している。

### 1丈：

4-5 m<sup>2</sup>，概ね長辺3.33m×短辺1.2-1.6mである。

### 三三制・二四制・二二制

人参を栽培時移植が必要ですので、三年間を栽培してから、別の土で三年間を移植して栽培すること。二四制・二二制は三三制と同様です。

参後還林（シェンホーホワンリン）：

人参栽培後約 15 年以上休耕する必要があるため，収穫後はその土地を森林に還して再生させるという意味（陳 2009）。

山参（サンサム），：

「人参」に対して森林に自生する野生種の人参を指す。自生地は，北部の中国吉林省の長白山（日本名：白頭山）周辺である。

林下人参：

山養参とも呼ばれ，森林に播種して栽培した高麗人参を指す，本文では林下栽参方式で栽培された人参であること。

人参：

畑で栽培した人参を人参と呼び，その人参は 6 年根が中心である。栽培年数が長くなるほど病原菌の発生率が高くなり，根腐れを起こしやすくなる。そのため病気のリスクを回避するため効率の良い 4－5 年で収穫する場合が多い。4 章では人参 4 年根と人参 6 年根は畑で栽培した人参を指す。

## 目 次

### 第1章 序論

- 1.1 研究の背景・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・1
- 1.2 研究の目的・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・2

### 第2章 人参栽培産業の発展および現状・・・・・・・・・・3

- 2.1 人参産業の発展・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・3
- 2.2 吉林省における人参産業の発展プロセス・・・・・・・・3
- 2.3 人参について栽培方式の現状・・・・・・・・・・・・・・・・5
- 2.4 各栽培方式の比較・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・8

### 第3章 中国吉林省・白山市における朝鮮人参の栽培方式についての一考察・・・・・・11

- 3.1 はじめに・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・11
- 3.2 調査地および調査方法・・・・・・・・・・・・・・・・・・11
- 3.3 考察・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・13
- 3.4 小結・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・17

第4章 林下人参と人参における薬用価値と栽培体系の比較分析について	
4.1 はじめに	19
4.2 調査地・材料および方法	19
4.3 考察	22
4.4 小結	47
第5章 結論	38
5.1 本研究の結論	38
5.2 今後の研究課題・展望	39
謝辞	41
引用文献	42
付録	57

## 図表一覧

図 1	吉林省における人参産業の発展段階	4
図 2	伐林栽参（白山市靖宇県複興鎮，2014 年 10 月）	5
図 3	農地栽参（延辺州・龍井開山屯，2018 年 5 月）	6
図 4	林下栽参（延辺州・汪清松林洞，2018 年 6 月）	8
図 5	吉林省白山市	11
図 6	催芽方法	13
図 7	播種方法と播種量	14
図 8	収穫現場図	15
図 9	伐林栽参・参後還林（白山市靖宇県複興鎮，2014 年 10 月）	16
図 10	吉林省延辺州と集安市	20
図 11	吉林省における各市の人参栽培面積・生産量	21
図 12	吉林省における各市生産量の推移	21
図 13	15 年根林下人参の栽培体系	23
図 14	6 年根農地栽培人参の栽培体系	24
図 15	林下人参の栽培地（延辺州琿春馬川子，2018 年 5 月）	26
図 16	農地栽参の遮光（延辺州琿春，2018 年 6 月）	29
図 17	各供試人参の外観	31
図 18	各人参のジンセノサイド	35
表 1	各人参栽培方式の比較	9
表 2	供試人参における各部位の重量	32
表 3	供試人参における各部位の長さ	33
表 4	各人参のジンセノサイド	36

## 第1章 序論

### 1.1 研究の背景

朝鮮人参（ラテン語：*Panax ginseng* C. A. Mey, 以下「人参」と略称する）は古来、高貴薬、霊薬として世界的に認知され、6000 万年前から現在に至るまでの永きに渡り珍重されてきた生薬である（呉 1979）。現在までに蓄積された研究成果をまとめると、以下の幾つかに分類できる。まず、牧野(1916)は、人参の効能について中国最古の薬剤書である『神農本草経』に歴史上初めての記載が見られたとしており、それによると「精神安定剂的な要素と促進的な効果」を暗示（期待）できると述べた（柴田 2001）。また、人参中のサポニンは消化器系において、吸収・排泄・代謝に効果があり（滝野, 1994）、そして、循環機能の促進（徳竹 1992）・糖尿病の改善（Vuksan, V ら 2005）・癌の予防（長谷川 2001）と治療（Zhang ら 2017）、慢性疾患の改善・制御作用（川喜 2008）などに優れた薬理効果があるとされる。人参は、抗疲労作用などの薬理効果により化粧品や健康食品など広範囲な利用が進められ、その利用価値は健康への関心の高まりに伴う供給不足によって価格の上昇がみられる。

人参は主に中国、ロシア、北朝鮮、韓国、日本を含む緯度 33° ～48° N で栽培される（宋ら 2013）。そのうち、中国産の人参は、世界の人参生産量の約 70% を占める。中国では、人参は主に吉林省、遼寧省、黒竜江省に分布しており、河北省、山西省、陝西省、内蒙古自治区でも栽培が試みられている（張ら 1980）。特に、吉林省は中国産人参の主産地として生産量、反収、品質においては国内で群を抜いている。

人参栽培年数には地理的な制限があるが、人参需要の高まりにつれて、需要と供給の不均衡が顕在化している。すなわち、人参生産量の拡大は、人参の主要生産国である中国の栽培地を確保し、市場の需要を満たすことが重要な課題となっている（瀋 2015）。

中国における人参の生産方式は、主に伐林栽参（ファーリン・ザイシン）であるが、老参地栽参（ラオシンディ・ザイシン）、農地栽参（ノンディ・ザイシン）と林下栽参（リンシャー・ザイシン）が共存している。伐林栽参という栽培方式は、森林資源や生態環境に悪影響をもたらしてきた。1998 年以来、政府は伐林栽参に使用する土地について、より厳格な審査と承認を求めたため、人参栽培に使用可能な森林面積は減少している（許ら, 2004）。こうした背景から伐林栽参以外の栽培方式（農地栽参、林下栽参）を積極的に開発することが不可欠である（黄ら 2002）。

他方、人参産業における栽培方式・技術の研究としては、主に土壌改良（許 2014）や殺菌剤で土壌消毒を行い、アレロケミカル（化学物質）に対して耐性の高い品種を育成し、前述の改良措置と合わせ、連作弊害解決する方法に着目した研究（陳 2006）などが

ある。また、孫（2014）は、人参栽培における病虫害の防除技術についての研究をしている。盛ら（1987）は、人参栽培用機械の使用状況を分析した。王ら（2014）は、人参産業の現状を分析し、産業発展の改善方法を報告した。

人参栽培において、伐林栽参に代わる栽培方式を検討するうえで、栽培体系を対象とした研究は見当たらない。したがって、人参栽培方式を体系化し、栽培技術・管理方法・栄養成分の類似点と相違点を分析することが重要である。加えて、推奨できる栽培方式があれば、その方式に関しての栽培技術・管理のあり方を検討していくことが不可欠であると考ええる。

## 1.2 研究の目的

本研究では、人参栽培において生産量を確保できる持続可能な栽培方式の検討を目的とする。具体的には、（１）人参生産量・品質を維持できる栽培方式およびその栽培方式による栽培技術・管理方法の調査、（２）各栽培体系の類似点と相違点の比較検討、（３）持続的な人参生産量を確保できる栽培体系を検討した。



## 第2章 人参産業の発展および現状

### 2.1 人参産業の発展

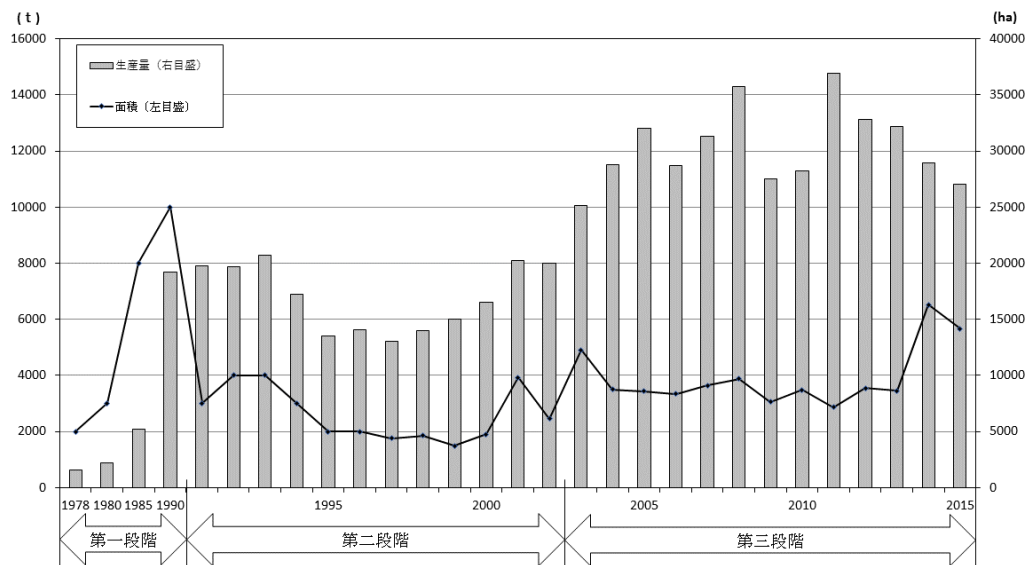
世界的にみると、人参の栽培地は主に中国、ロシア、北朝鮮、韓国、日本を含む緯度  $33^{\circ} \sim 48^{\circ} \text{N}$  で栽培される（宋ら、2013）。中国では、吉林省、遼寧省、黒竜江省で主に栽培され、河北省、山西省、陝西省、内蒙古自治区およびその他の省でも栽培が試みられている（張ら、1980）。

### 2.2 吉林省における人参産業の発展プロセス

図1に示すように、吉林省における人参産業の発展プロセスは3段階に大別できる。

まず、新中国の成立1949年から1990年代までの第一段階では、人参は国営農場で栽培されていた（王、2001）。1980年代前半、農村で推進された土地の農家請負制の実施により、集団営農の土地を期限付き長期貸与の形で各農家に対して使用を許可した（曹、2009）。これにより収入の増加が見込まれ、農家はさらに作付面積を増やしたことで人参の栽培面積は急速に拡大した。

次に、1991年から2003年までを第二段階とする。この段階において、人参は生産・流通体系の変動期に入った。毎年  $2,300\text{hm}^2$  以上の森林を伐採して栽培面積を拡大し続けた結果、長白山の生態環境に大きな影響（土壌侵食等）を与え始めた（許ら、2004）。1998年に国務院は「中華人民共和国森林法」により「森林伐採禁止令」を発した。これにより、人参を栽培する農地は減少に転じた。1999年から人参の栽培面積は過去最小規模となる  $1480\text{ha}$  にまで減少し、人参産業は縮小に向かった。



出典：『吉林統計年鑑』各年版により作成。

図1 吉林省における人參産業の發展段階

2004年から2012年までの安定的な増加期を迎えたのが第三段階といえる。政府は人參産業の發展を重視し、2007年以降、「長白山人參ブランド戰略、吉林省人民政府における人參産業の振興に関する意見」、「吉林省特色資源産業提唱計劃（2011-2015年）」、「吉林省人參管理方法」などの政策を相次いで実施した。2012年には中国衛生部が人參（人工栽培）を食品として認証した。人參を食品として扱うことは、人參産業にとって大きな転換点となり、需給は急速に拡大した。その後「吉林省人參産業條例」が導入され栽培技術の改善と、更なる品質の向上が図られた。

## 2.3 栽培方式の現状

中国において、朝鮮人参栽培は伐林栽参、農地栽参、老参地栽参、林下栽参の4方式に分類される。

### 2.3.1 伐林栽参

伐林栽参とは、原生林や二次林を伐採して人参を植栽する方法であり、現在は人参の生産方法としては最も汎用性の高いものである。一般的に人参は樺の木 (birch)、シナノキ (linden trees) に続き、広葉樹林に自生し、上記の樹種は葉自体が大きいので地面の落葉の層は厚くなる (図2)。森林の土壌は、腐植質の森林灰の土壌と、水と肥料を含む活黄土が最適とされる。森林の勾配は、 $5\sim 15^{\circ}$  が好ましい。人参は通常4~6年で収穫され、主に4~6年直播の「三三制」(育苗3年、移栽3年)または「二四制」(育苗2年、移栽4年)栽培方式が採用される (表1)。人参を森林の中に植える伐林栽参の利点は、土壌条件、成熟した栽培技術、病虫害の減少および高い収量などが挙げられる。一方、伐林栽参は樹木の伐採による森林の減少や、森林の下層植生が育たず、土壌の流出や生物多様性の低下など森林環境の悪化も指摘されている。

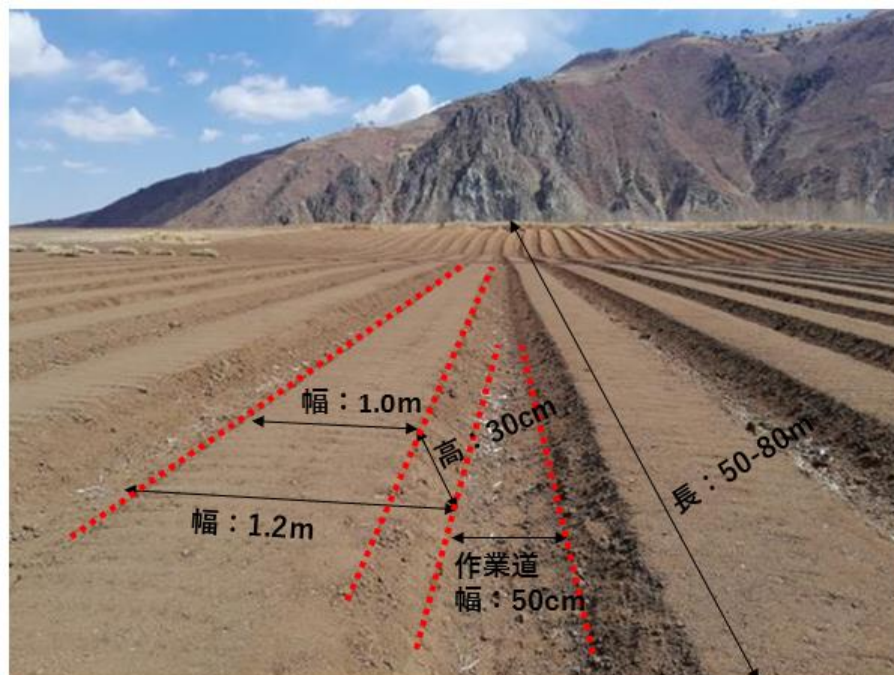


出典：現地調査により作成。

図2 伐林栽参 (白山市靖宇県復興鎮, 2014年10月)

### 2.3.2 農地栽参

農地栽参とは、大規模な圃場で人参を栽培する方式である。農地栽参により山林の木々を伐採する必要がなくなり、森林の生態系を保護し、土壌浸食を防ぎ、集中管理を容易にする（図3）。人参栽培以前にトウモロコシ、大豆、エゴマ等を栽培した土地を再利用し、圃場の地力を収奪する白菜、大根、向日葵等を栽培した農地は利用を避ける。図3は、典型的な農地栽参の圃場であり、1年目はオオムギを栽培した状態で耕起して、地力を増進させ、2年目には人参を播種する。農地栽参は、一般的に「三三制」と「二四制」の4～6年栽培方式を採用している（表1）。中国だけでなく、韓国、日本、北朝鮮などの国々では、農地の整備が進んでおり、穀物輪作技術が確立されている。この方式により、森林資源の保護は可能となったが、人参の根腐病などを誘発した（胡 2010）。近年、吉林省延辺州では「二二制」（育苗2年、移栽2年）農地栽参方式の popularity が高まり始めた。



出典：現地調査により作成。

図3 農地栽参（延辺州・龍井開山屯，2018年5月）

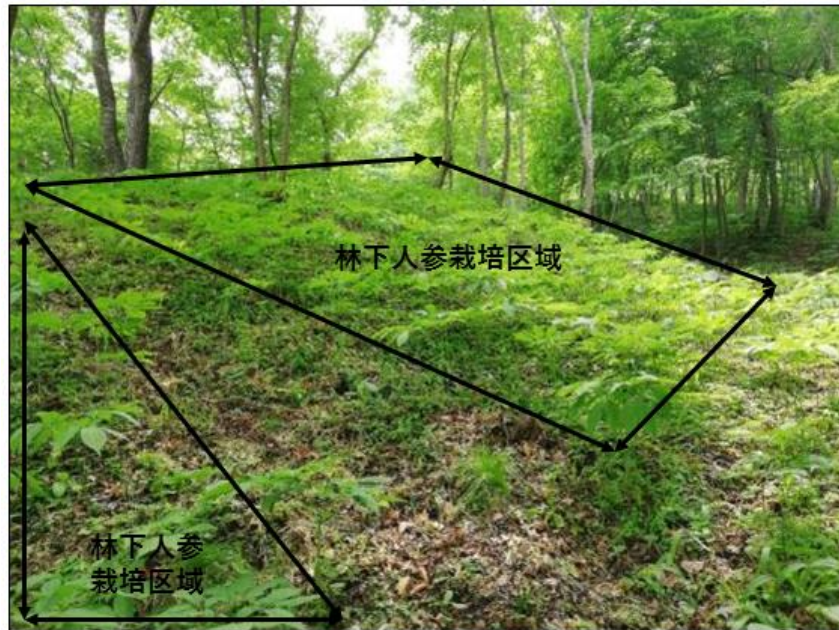
### 2.3.3 老参地栽参

老参地栽参とは、人参を栽培した圃場で土壌改良を行った後、再び作付けする方式である。老参地栽培後の土壌環境は地力の消耗が激しく、人参の連作は困難である。張ら(2012)と趙ら(2012)の研究によると、(1)土壌微生物の総量が減少し、微生物の生理学的グループの活動が減少し、バクテリアと放線菌数が減少し、真菌数が増加する、(2)土壌微生物バイオマス C、N と土壌呼吸速度は著しく減少し、代謝 ( $qCO_2$ ) は増加する、(3)土壌中のウレアーゼ、カタラーゼ、インベルターゼおよび酸性ホスファターゼの活性は低下する、(4)土壌間隙率、水分特性、空気容量および土壌容量といった物理的性質はすべて低下することで化学的性質が悪化し、高麗人参病の蔓延が報告された。さらに、人参の側根の脱落、主根の表皮のざらつきや褐変による腐乱等の品質低下により、減産あるいは収穫できないことがある(張ら 1991)。

### 2.3.4 林下栽参

林下栽参とは、圃場を整地せず、森林に種子を散播する栽培方式である。2003 年 10 月 27 日に発表された中国国家標準委農輕函[2003]88 号文は、この栽培方式を採用しており、2004 年 3 月 1 日に修正を受けて国家標準として適用された。林下栽培は、人参栽培と森林資源や生態環境の保護ならびに土壌浸食の防止を両立し、人件費や遮光資材費の節約が期待される(図 4)。林下栽培に適合する条件として、(1)クヌギやムクゲなどの広葉樹林地が適し、森林の密度は 0.5~0.9 が望ましい、(2)針葉樹と広葉樹の混合林もまた適し、斜面の向きは南西または南東が望ましい、(3)土壌は柔らかく肥沃で覆土は 10cm 以上が望ましいとされる(竈ら 2013)。収穫までに通例 10~20 年を要し、林下人参は野生人参の特徴を有する。現在では、中国に加えてロシアでも林下栽参を採用している。森林資源と生態環境の保全に役立つことが期待される(宿 2008)が、生産量の低下を指摘する報告(王ら 2002)もある。政府が進める森林利用の管理を背景として、林下栽培は野生人参の特徴を持つことから、徐々に国内での栽培が拡大している。





出典：現地調査により作成。

図4 林下栽参（延辺州・汪清松林洞，2018年6月）

#### 2.4 各人参栽培方式の比較

伐林栽参は中国で最も伝統的な人参栽培方式である。伐林栽参では、生態環境の破壊が問題視されてきた。林下栽参は野生人参の生育環境を模倣して栽培するため、森林の伐採を必要としなものの、収量は伐林栽参に比べて低く、人参市場の要求を満たすことが困難な状況にある。伐林栽参や林下栽参と比較して、農地栽参は土地資源をより多く使うことができ、森林資源を破壊することなく持続可能な生産に大きな利点がある。

表 1 各人参栽培方式の比較

栽培方式	栽培年数	生産地	メリット	デメリット
伐林栽参	・直播（4-6 年）	中国	栽培技術の蓄積	生態系の破壊
	・移植（三三制・二四制）		低病虫害	土壌浸食
			高単収	
農地栽参	・直播（4-6 年）	中国	人参栽培と森林保護の両立	労力・資材のコスト高
	・移植（三三制・二四制・二二制）	韓国	人参栽培と農地の輪作体系・土地資源の有効活用	高病虫害
		日本	機械化（省力化・軽労化）	
老参地栽参	・直播（4-6 年）	中国	土地資源の節約	高病虫害
	・移植（三三制・二四制）			減産・無収穫
林下栽参	・直播（10-20 年）	中国	森林資源や生態環境の保護	長周期
	・移植（二八制・二八制以上）	ロシア	野生人参に類同	10～20 年収穫
				低生産量

出典：現地調査により作成。

韓国では土壌改良剤や有機肥料を主に使用することにより，人参，トウモロコシ，米を輪作する農地植栽を採用している。一般的に 5～6 年間で人参を収穫する。

日本では，土壌改良のペースを上げるために，キトサンニトロベンゼンパウダーやクロロピクリンなどの農薬や殺菌剤が一般的に使用されてきた（宮澤 1981）。

中国の農地栽参は 1958 年に始まったが，育苗の難しさ，出芽不良，苗の維持率低下，重度の病害，不安定な生産量，過剰な残留農薬など未解決の課題がある。劉ら（2012）は，多様な品種の導入，土壌改良，施肥方法，調光，農薬の合理的使用などの主要技術を改善することで，栽培技術を成熟させる必要があると指摘している。



### 第3章 伐林栽参の栽培体系

#### 3.1 はじめに

中国の伝統的な人参栽培方式である「伐林栽参」の実態を把握するために、吉林省白山市に所在する人参研究所および人参生産者への聞き取り調査を行った。

#### 3.2 調査地および調査方法

##### 3.2.1 調査地

中国吉林省白山市は、吉林省東南部の長白山の西側、東経  $126^{\circ} 07' - 128^{\circ} 18'$ 、北緯  $41^{\circ} 21' - 42^{\circ} 48'$  に位置する。東は延辺朝鮮族自治州に隣接し、西は通化市、北は吉林市、南は鴨緑江を挟んで朝鮮民主主義人民共和国に接する（図5）。白山市の年間日照時間は2,259時間、降水量は883.4mm、無霜期間は140日である。全市の林地面積は14,761km<sup>2</sup>、森林被覆率は83%である。



図5 吉林省白山市

同市を調査対象とした理由は、（１）人参の故郷と称されるほどの主要生産地であること、（２）伐林栽参という栽培方式が政府に認定されていること、（３）政府から認定された中国最大規模の「万良長白山人参市場」が白山市万良鎮に所在すること、（４）人参栽培の歴史が中国国内では吉林省の白山市が最も長いことによる。

### 3.2.2 調査対象

吉林省では1987年から毎年9月1日～5日の5日間、人参産業振興を図る政府主催の品評会である人参祭<sup>i</sup>を白山市撫松県万良鎮の人参市場で開催してきた。その人参祭において栽培技術や経営に優れた農家らは、人参王や人参花形（以下、「栽培名人」と略称）として表彰される。以後、栽培名人は栽培技術や生産性の向上について牽引的な役割を担うことになる。本研究では、白山市で30年以上人参栽培に従事する栽培名人と、栽培技術・病虫害防除技術・農薬の使用方法などを生産者に指導する立場にある吉林省人参研究院を訪問し、3回に渡る現地での聞き取り調査を行った。

1回目は、2014年4月3日～8日の5日間、白山市の栽培地と人参流通市場を訪問し、人参栽培、圃場管理、収穫、出荷に至る栽培プロセスと流通を現地調査した。さらに、通化市に所在する吉林省人参研究院の技術指導員と病虫害防除研究員から、（１）吉林省の人参栽培の現状、（２）栽培方式と分布、（３）栽培技術の更新、（４）今後の発展動向に関する資料・データを収集した。

2回目は、2014年11月11日～14日の3日間、人参収穫時期に合わせて、前回調査と同じく栽培名人と吉林省人参研究院を訪れ、（１）栽培過程での収支状況、（２）政府の支援政策と特別な栽培体系における農家の人件費も含めた費用対効果について、（３）人参の栽培技術、（４）栽培過程での課題についての4項目の追加調査を行った。

3回目は、2016年11月21日、吉林農業大学中薬材学院（日本の大学の医薬学部に相当）を訪れ、人参栽培および人参産業の現状と展望について聞き取り調査を行った。

### 3.3 考察

#### 3.3.1 選地・整地

##### (1) 選地

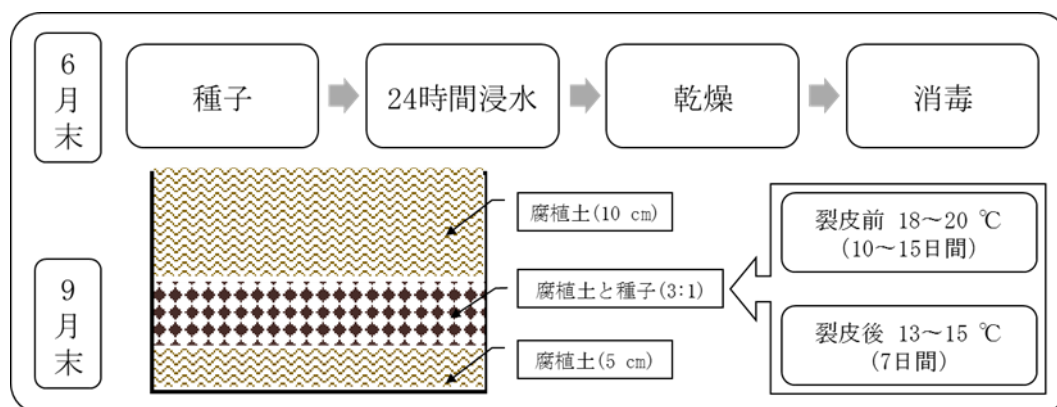
4月までに土地（未開墾）を選定し、白山市林業局に使用許可申請して許可を得る（借用期間の制限はなし）。

##### (2) 整地

整地作業は人参を栽培する1年前に行うのが最も良いとされる。人参の栽培前に、カルベシダジム、ボルドー液、生石灰、硫酸銅等を用いて畝の土壤消毒を行う。

#### 3.3.2 催芽方法

採取した種子は表面を乾燥・殺菌処理後にすぐ催芽を促進させる（図6）。催芽の前段階として24時間浸水させた後、0.01%ジベレリン溶液に20時間浸す。その後表面を乾燥させ、ジチオカルバメートを混ぜて消毒する。木製ケースに5cm腐植土を準備し、腐植土と種子（3：1）の混和物を入れ、その上から、10cm腐植土をかける。裂皮状態を10～15日間に一回確認し、裂皮率90%以上になってからは7日間に一回確認して、発芽率を70%以上にする。その後、室内で0～5℃の低温で70日間後熟させ、秋播きに使用しない種子は、翌年5月から9月の夏の期間冷凍保存する。裂皮する前の最適温度は18～20℃、裂皮後は13～15℃が発芽に望ましい。種の腐敗を避けるため25℃以上にしてはならない。



出典：ヒアリング調査により作成。

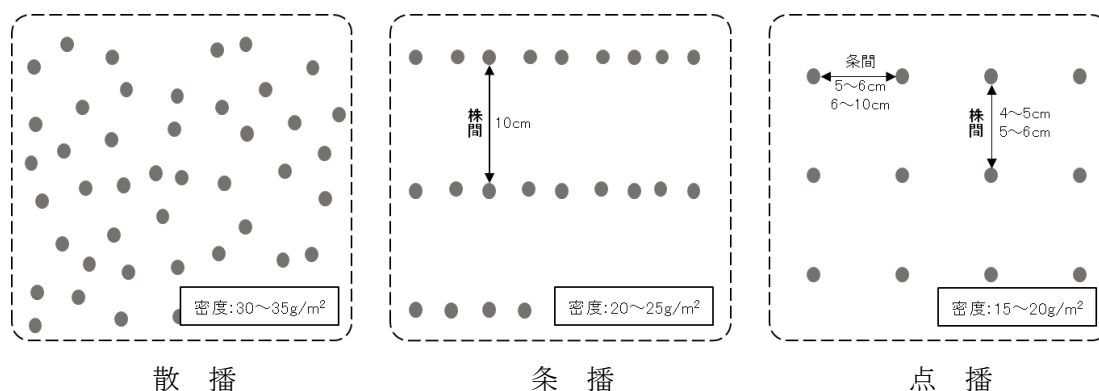
図6 催芽方法

### 3.3.3 播種・育苗方法

#### (1) 播種

春播は、毎年4月中旬～6月上旬にかけて土壌の凍土融解後に催芽した種を播種する。秋播は、9月土壌が凍結する前に催芽した種子を播種する。凍結する前に播種を完了することで基本的発芽率を70%以上にまで上げることが可能になる。人参の発芽には60～70日間の低温期間が必要である。気温条件が0～5℃の下で種子が休眠することにより発芽率が上がるからである。それにより白山市では秋播を中心に栽培している。

播種方法は、散播・条播・点播の3種類がある（図7）。散播は10㎡あたり30～35gの種子を散播する。条播は鍬で株間7～10cm、深さ5cmの溝を作り、50～60粒を播種する。点播は点播機で播種し、条・株間は4×5cm、5×5cm、5×6cm、5×6cm、6×10cm、覆土は3cmである。点播は点播機で播種する。



出典：ヒアリング調査により作成。

図7 播種方法と播種量

散播と条播にはそれぞれ以下のような課題が指摘されている。（1）散播は種子の発芽ロスが大きく、苗立ちが不安定である。（2）条播は土地利用の効率が低く、苗立ちも不安定である。これに対して点播は種子の節約ができ、発芽率が高くなる。調査地では90%以上の農家が点播を採用していた。

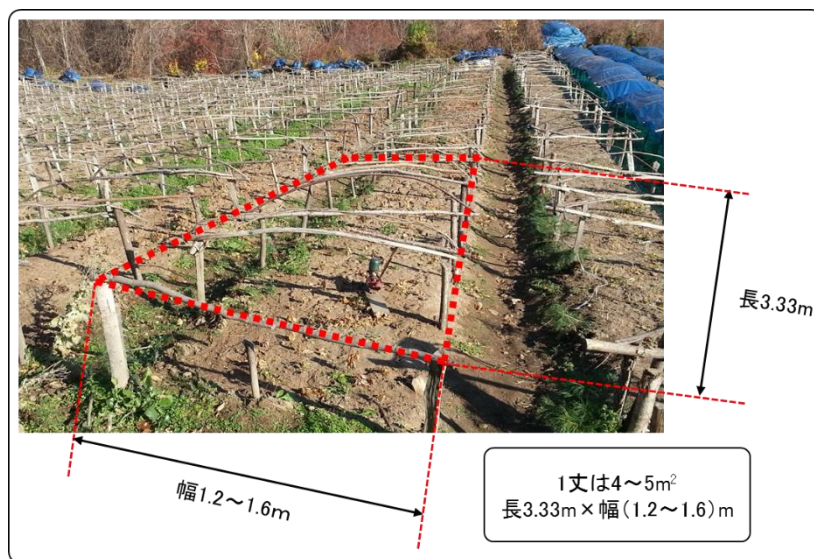
#### (2) 苗の移植

一般的に2年根の苗を移植して、その年の市場価格の動向により、2～4年後に収穫する体系と、3年根を移植して、2～3年後に収穫する体系が存在する。

### 3.3.4 栽培管理

人参は生産者の栽培管理により、品質・反収に差異が生じる。春季から一年間の主な作業は、（１）防寒設備の撤去、（２）日よけの設置、（３）摘蕾、（４）除草、（５）排水、（６）病菌の予防（施肥・追肥）、（７）防寒である。

栽培管理において、盗難防止のため 24 時間体制の管理が重要となる。生産者は定住して農作業を行う必要がある。農繁期には約 1000 丈（5000 m<sup>2</sup>）の圃場管理を昼夜交代で行う。



出典：ヒアリング調査により作成。

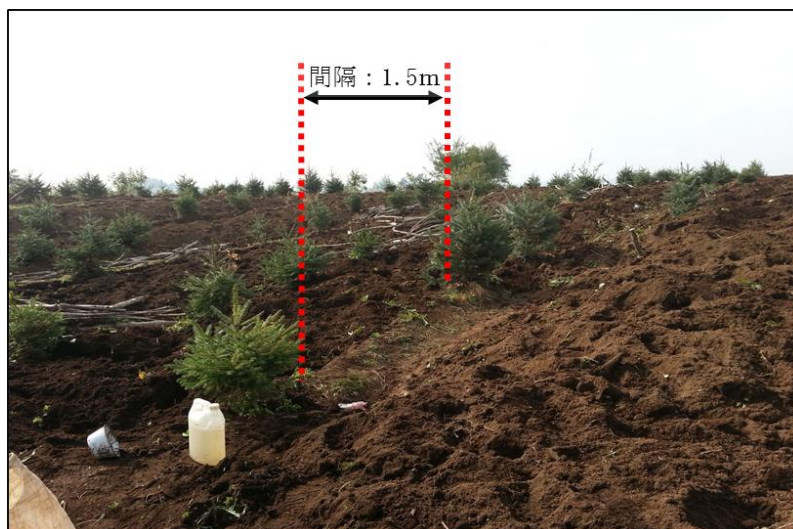
図8 人参圃場

### 3.3.5 収穫

人参の最適な収穫時期は9月上旬である（図8）。根に含まれるサポニンの含有量の低下を避けるため、遅くとも9月中旬までに収穫を終える必要がある（尹 2011）。これらを踏まえ、収穫時期を最適化するため、生産者が人参収穫日を決定する。白山市では収穫適期は8月末とされる。実質作業日数は1~2日間であるため、作業人員の確保が必要となる。100丈農地では1日あたり（作業時間7~8時間）10人を雇用する必要がある。

### 3.3.6 収穫後

人参収穫後は生産者が「伐林栽参・参後還林」の法令に従い、土地の再利用を促進するために苗木を植える（図9）。苗木は1.5m間隔で植えることが義務付けられている。



出典：現地調査により作成

図9 伐林栽参・参後還林（白山市靖宇県復興鎮，2014年10月）

### 3.4 小結

#### 3.4.1 伐林栽参の利点

聞き取り調査から、伐林栽参の利点をまとめると以下の4点になる。

##### (1) 栽培環境

土壌は人参栽培の基礎であるため、栽培は未開墾の農地を使う。土壌の酸性度が pH 値 5.5～6.5 であれば、栽培する過程で十分な栄養が養われる。人参の栽培に最適な温度は 15～20℃で、30℃以上になると生育の速度が遅くなる。白山地域の無霜期間は約 130 日間で、人参生育の無霜期間(100～140 日間)に適応している。加えて、林地で人参を栽培するため、散乱光・屈折光が多く、強い直射日光を免れることができ、日当たりが強すぎても弱すぎても生育の妨げになる人参には適している。

##### (2) 土壌条件

農地栽参と異なり土壌層が深いので有機質の含有量は 7%～16%となる。傾斜度が 5～25°であれば排水・保水性が良好であり、腐植土は必要な栄養素を供給できるという特徴がある。農地土壌と老参地土壌の有機質の含有量が 3%以下であることを考えると、伐林栽参の土壌は人参栽培に求められる地力を有していると考えられる。

##### (3) 収益

白山市で生産される人参は本体が頑丈であり、側根が多く、サポニン含有量が多いなどの特徴があるとされる。白山市の単収は、吉林市の 15.1 倍、通化市の 19.1 倍、延边朝鮮族自治区の 19.7 倍にも上り、白山市の伐林栽参方式は他の市よりも収益性が高いとされる。人参生産者の年収は、白山市の都市居民 1 人当たりの平均年収 26685 元(2019 年 6 月現在、1 元=15.64 円換算で 417448 円)の 9.3 倍である。これは農民 1 人当たりの平均年収 8600 元(2019 年 6 月現在、1 元=15.64 円換算で 134534 円)の 29 倍となる。これらの結果から、伐林栽参は現時点において人参栽培に適した栽培方式であると言える。

### 3.4.2 伐林栽参の課題

聞き取り調査から、伐林栽参には以下に示す2つの課題がある。

#### (1) 生態環境への影響

白山市の人参栽培に適した農地は、主に天然林地および低湿林地、疎伐林地、伐採林地などである。参後還林は、(1) 人参収穫後の農地への植林、(2) 人参圃場での樹木の間作に大別される。林業部林業局の調査によると、参後還林方式は林木の活着率が低く、森林の生態資源に悪影響を及ぼすことが報告されている(許ら 2004)。さらに、土壌層が薄く、土壌粒子は粗く、作業道は深さ10~15cm程度の溝となって雨水が流れ出ることによる表土の流失や圃場の締固めが深刻な課題となっている(王ら 2014)。

#### (2) 担い手の確保

人参の栽培地は概して都市部から離れた農山村地域に存在する。農山村地域の若年層が減少している現状では後継者の育成は喫緊の課題である。生活しやすい都市近郊部で人参の栽培普及を検討することは、後継者不足の問題解消にもつながる。

人参栽培農家にとって、資金、栽培技術、生産意欲を維持し、品質と単収を維持することが重要である。初心者や兼業農家は栽培技術の未熟さによって、収穫量は熟練者に及ばず、資金不足に陥って撤退する例も見受けられる。

調査結果から、良質な人参を栽培できるのは一部の専門農家に限られている。10~20年後には熟練した栽培管理技術を有する後継者の不在が不案視されており、技術の継承とともに、機械化による軽労化・省力化支援技術の開発が望まれる。



## 第4章 林下栽培と農地栽培の比較

### 4.1 はじめに

現在中国では、森林資源や生態環境への影響が指摘されるため、伝統的な伐林栽培に対する土地使用の制限がある。1998年以降、中国は伐林栽培に土地を使用する際に、より厳格な審査と承認を求めたことで使用可能な森林面積は減少しつつある（許ら 2004）。

健康に対する意識の高まりや漢方薬の効能に対する認識が広まったことに加えて、2012年に厚生省により人参が食品資源として認定されことを受けて、供給不足はますます顕著になった。こうした状況から伐林栽培以外の栽培方式（農地栽培、林下栽培）を積極的に開発することがより一層求められることとなった（黄ら 2002）。

本研究では、延辺地区（農地栽培）と集安地区（林下栽培）を調査対象として、その栽培体系の詳細を明らかにした。さらに、4年根人参、6年根人参、15年林下人参を供試して、外觀品質の評価およびサポニン含有量の成分分析を行った。

### 4.2 調査地・調査対象

#### 4.2.1 調査地

吉林省延辺州は、中国東北部の長白山の北側に位置し、東、南、北側を山々に囲まれた地形で、集安市と並ぶ人参の主産地の一つであり、吉林省最大の栽培面積を誇る（図11）。近年、延辺州において農地栽培の主要産地での人参の産出量は吉林省の中で常に第一位である（図12）。延辺州の年間日照時間は2447.2時間、降水量は479.0mm、無霜期間は160日である。全州の林地面積は322.8万ha、森林被覆率は79.6%である。

集安市は吉林省南東部南麓に位置し、東南は鴨緑江を隔てて北朝鮮と隣り合わせ、北は通化県の通化市および白山市、南西は遼寧省寛甸県および桓仁県と接する人参の主産地である。集安市の年間降水量は800-1000mm、無霜期間は150日である。全市の林地面積は28.2406万ha、森林被覆率は82.16%である。



図 10 吉林省・延辺州と集安市

#### 4.2.2 調査対象

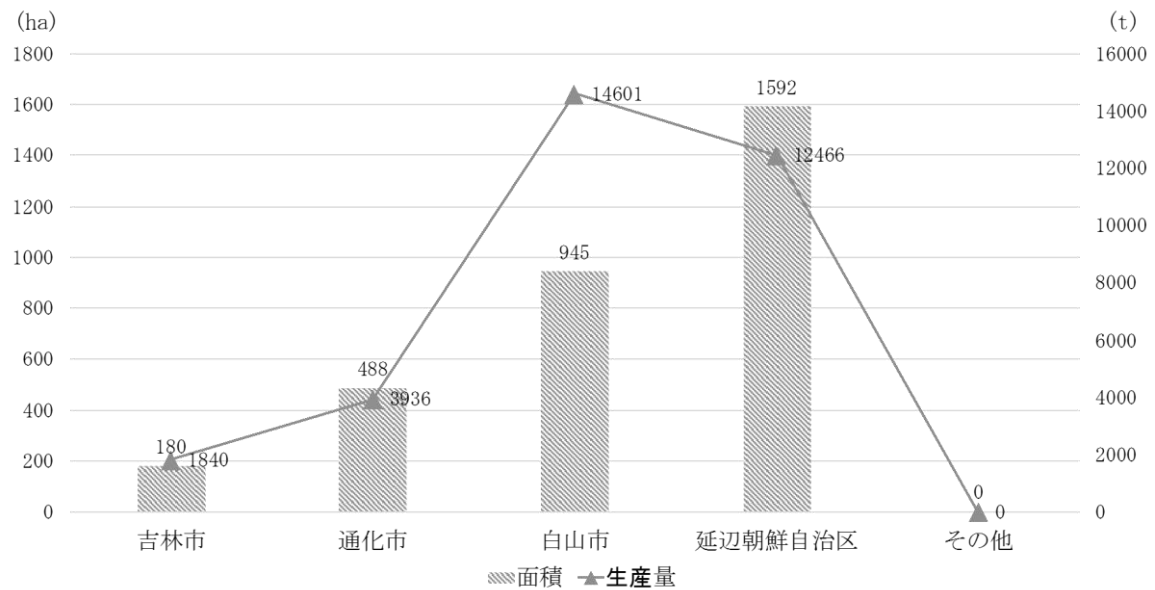
本研究では、30 年以上に渡り延辺州で人参栽培に従事する栽培名人と、集安市で林下栽培に従事する栽培名人、栽培技術・病虫害防除技術・農薬の使用方法などを生産者に指導する立場にある吉林省人参研究院を4回訪問して聞き取り調査を行った。

1 回目は、2014 年 4 月 3 日～8 日、通化市にある吉林省人参研究院の技術指導員と病虫害防除研究員等の聞き取り調査を行い、1) 吉林省の人参栽培の現状、2) 栽培方式と分布、3) 栽培技術の更新、4) 今後の発展動向に関する資料・データを収集した。

2 回目は、2014 年 11 月 11 日～14 日の 3 日間、人参収穫と重なる時期に 2 回目の現地調査を行った。前回調査と同様に栽培名人、吉林省人参研究院を訪れ、1) 栽培過程での収支状況、2) 政府の支援政策と特別な栽培体系における農家の人件費も含めた費用対効果について、3) 人参の栽培技術、4) 栽培過程での課題を追加調査した。

3 回目は、2016 年 11 月 21 日、人参の現状を把握するため、吉林農業大学中薬材学院（日本の大学の医薬学部に対応する）を訪問した。

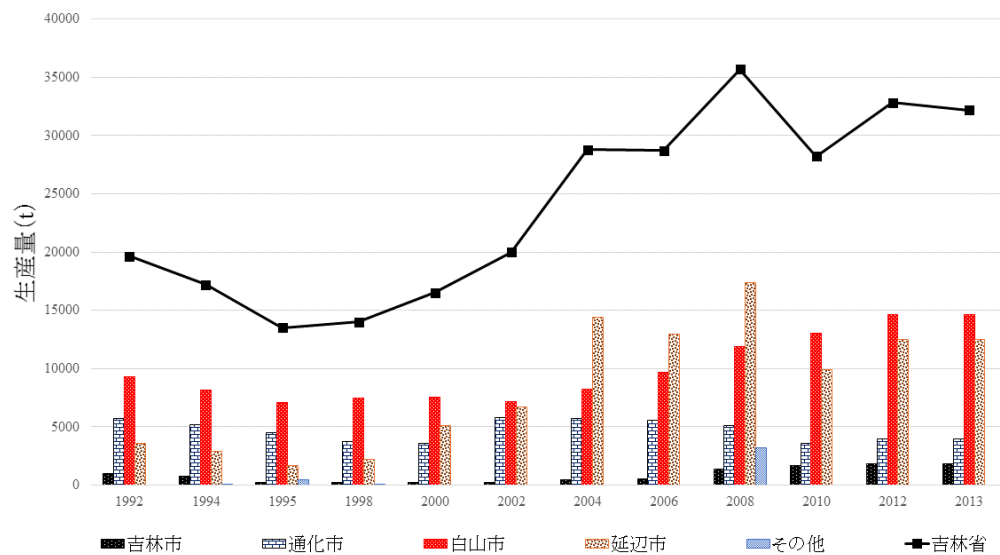
4 回目は、2018 年 5 月 26 日～30 日、延辺州における人参栽培の現状を把握するため、延辺朝鮮族自治州農業科学院の院長と研究員を訪問し、延辺州の栽培現状と、各人参栽培地（琿春、和龍、龍井）を現地調査した。



出典：『吉林統計年鑑』2013年版により作成。

注：長春市，四平市，遼源市，松原市および白城市は人参を栽培していないが，比較するためにすべてのデータをとする。

図 11 2013 年吉林省各市における人参の栽培面積と生産量



出典：『吉林統計年鑑』各年版により作成。

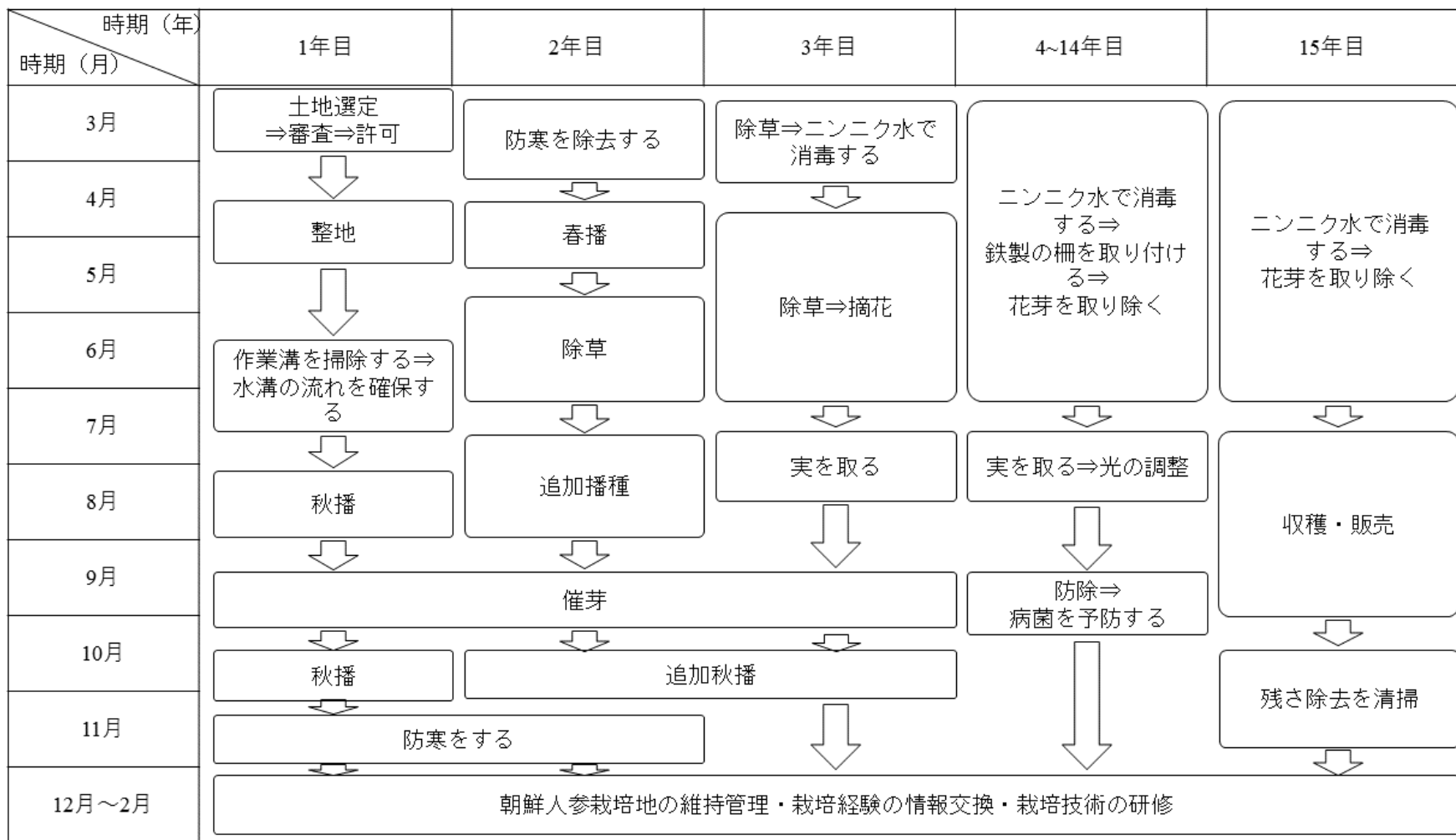
注：吉林省は吉林省全体を示す。白山市は1994年4月に渾江市から改称。

図 12 吉林省における各市生産量の推移

#### 4.3 考察

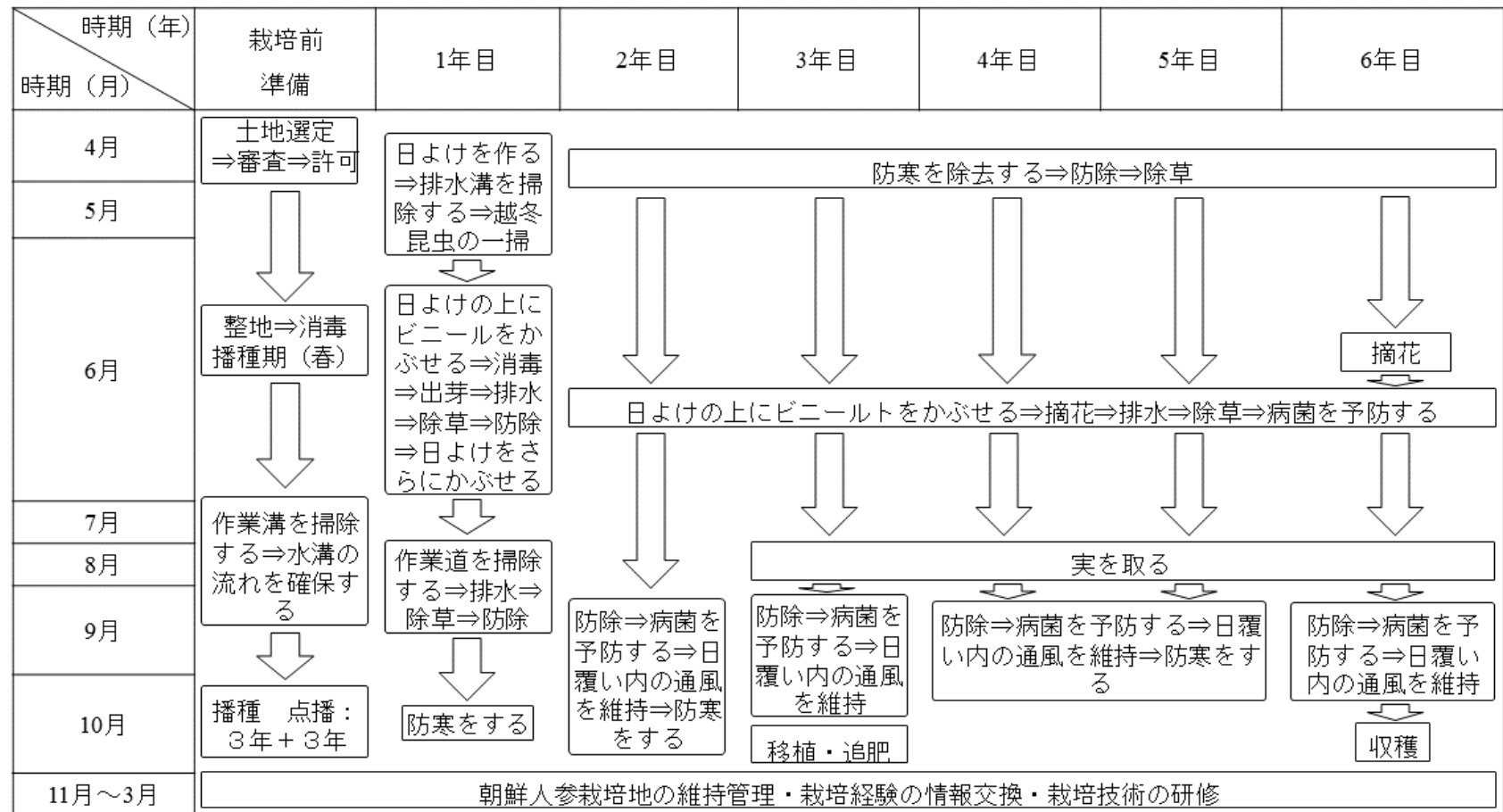
##### 4.3.1 林下栽参と農地栽参における栽培体系の比較

本研究では、現地調査と文献調査を組み合わせ、林下栽参と農地栽培人参の栽培プロセスカレンダーを作成した。



出典：聞き取り調査により作成。

図 13 15 年根林下人参の栽培体系



出典：聞き取り調査により作成。

図 14 6年根農地栽培人参の栽培体系

## (1) 栽培前の準備

### 1) 土地の選定

林下栽参では、40～48° N, 117～137° E の森林地帯の標高 300～800 m の低山地を選択し、標高 400 m の森林地帯が最適であるとされる。森林の樹種はユーカリ、ヘーゼル、カバノキやその他の広葉樹林が適し、通常灌木林が選択される（李ら 2013）。人参の盗難により土地を踏み荒らされ、放牧中の牛に捕食されることを防ぐために、人や動物の活動領域が少ない場所を選択する。

### 2) 斜面の耕作地

林下栽参は適度に日陰があり、日照時間は平均 2300 時間程度、年間平均気温は 15～25℃であり、北東向きまたは東向きの傾斜度 15～45° の丘陵斜面が適しているとされる（于 2013）。

### 3) 土壌条件

人参の栽培には、腐植質の豊富な森林土が必要であり、構造化された黄土と花崗岩の風通しが良く、排水性の高い土壌が適切である（趙ら 1992, 彭ら 2012）。栽培には通気性の良い黒土と砂質土壌の土地を選択し、腐植層の深さは約 12～15cm, 土壌有機物含有量は 7～15%, 土砂は 25～40%, 土壌水分量は 30～35%, pH 値 5.0～5.5 が最適とされ、表層部の砂質層は最低 4cm 必要である（王 2015）。

### 4) 林冠密度

林下栽参では高強度光と直接光を避ける必要がある。林冠密度を 0.6～0.8m に制御する必要があり、播種後 1～2 年は林冠密度が比較的多い状態を保つ。3 年目になると、人参の抵抗性が増えるため、林冠密度は適切に減らすことが望ましい。

### 5) 栽培地の手入れ

栽培地の手入れは、林下人参の生存率と林下人参の最終生産量に密接な関係がある。林下栽参には、低木が二重の日陰の役割を果たすことが栽培を成功させる重要な条件であり、夏季には太陽光が木々の隙間を通して人参の葉の上に広がり、適切な光を提供する。冬季の土壌凍結を回避するためにリター層を保持することも必要になる。リター層は、乾燥耐性、湿気および土壌侵食防止、土質の改善に貢献する（金ら 2013）。

農地栽参は、5 月から 6 月まで、小石や砂利の少ないところで行う。雨季が始まる前に、1 回目の整地として腐植土層と黄土層の一部を深さ 25cm 程度掘り返す必要がある。2 回目の整地は翌年の夏に行うことが望ましい（李ら 2013）。

## 6) 栽培前の準備

聞き取り調査から、自然の地形を活用し、耕作地後の土地を幅約 6~7m、長さ約 8~10m の格子状に区切って移植する（図 15）。また、幅 30~50m の空き地を作り、森林地帯の形状に沿った作業スペースを確保する。



出典：現地調査により作成。

図 15 林下人参の栽培（延辺州琿春馬川子，2018 年 5 月）

農地栽参の場合、ほ場の位置と畝の向きを決定した後、幅約 1~1.2m、長さ 20~30m、高さ 20~32cm の日よけを作る。さらに、日照量の調節、換気、排水溝および作業用として幅 1.2~1.8m の作業スペース（通路）を確保する（李ら 2016）。

## (2) 種子の選定

### 1) 種子の選択

林下人参は根茎部分が価格の決定要因となる。生産者は、短い根茎または粗い根茎の人参を高値で販売することが困難となる。根茎の長さと太さも人参の品種と密接に関係する。したがって、林下人参を播種する際には、丸い形・葦の形・糸状・竹の節のような根茎部分が長くなる種子を選択する必要がある（龚 2011）。しかし、これらの種子は少量



でも高値であるため、集安市の林下人参の栽培者の多くは「二馬芽（アルマーヤ）」と呼ばれる種子を選択する。この種子は、長い根茎を持ち、成長が速く、手頃な価格であることから人参栽培全体の45%～85%を占めている。人参においても、種子の選択は林下人参と類似している。

## 2) 種子消毒

種子消毒には通例2つの方法がある。1つは種子を1%ホルマリンに10～15分間浸した後、取り出して2～3回洗浄する方法（劉 2015）。もう1つは、種子を0.125%のカルベンドジムまたは0.5%のジネブに10～15分間浸し、種子の表面の水分を除去する方法である（張 2015）。人参においても、種子の消毒は林下人参と類似する。

## 3) 催芽

採取した種子は表面を乾燥・殺菌処理後にすぐ催芽を促進させる（図6）。催芽の前段階として24時間浸水させた後、0.01%ジベレリン溶液に20時間浸す。その後表面を乾燥させ、ジチオカルバメートを混ぜて消毒する。木製ケースに5cm腐植土を準備し、腐植土と種子（3：1）の混和物を入れ、その上から、10cm腐植土をかける。裂皮状態を10～15日間に一回確認し、裂皮率90%以上になってからは7日間に一回確認して、発芽率を70%以上にする（張 2016）。その後、室内で0～5℃の低温で70日間後熟させ、秋播きを使用しない種子は、翌年5月から9月の夏の期間冷凍保存する。裂皮する前の最適温度は18～20℃、裂皮後は13～15℃が発芽に望ましい。種の腐敗を避けるため25℃以上にしてはならない。

## (3) 播種

春播は、凍土が融解した後、4月下旬から5月上旬に種子を播種する。春に林下人参を播種すると、成長は比較的速くなるが、根茎は比較的短く、観賞価値は低いとされる。秋播は、2つの期間に分けられ、8月上旬から9月上旬に新鮮な種子を播種する場合と、10月中旬から土地が凍結する前までの間に播種する方法がある。秋に播種された林下人参は、長い根茎と細いひげ根に特徴がある。

人参の播種は、冬季を除いて春夏秋に行うことができる。春播は4月中旬から6月上旬まで、夏播は7月から8月まで、秋播は9月から土地が凍結する前までである（張ら 2016）。

#### (4) 播種方法

林下人参の播種方法には、条播、点播、散播の3種類がある。

##### 1) 条播

栽培区域内において、専用の鋤を使って斜面の耕地を下から上に向かって横溝を掘る。各溝の深さは4～5cm、溝の間隔は20～30cm、播種間隔は2～3 cm、種子を4～5cmの土で覆い、表面を軽く押し固める。1 ムー (6.667ha) あたり約4～4.5kgの種子を使用する。

##### 2) 点播

播種作業効率を上げるために、農家は播種機を使用する。長さ30cm、直径2cmの棒を取り、棒の一方の先端を鋭く削る。この棒を使用して、栽培区域の土壌に4～5cmの深さの穴を形成する。溝の間隔は20～25cm、播種間隔は5cmに整える。各穴に1～2個の種子を入れて、土で覆う。1 ムー (6.667ha) あたり約3 kg 播種する。

##### 3) 散播

栽培区域では、20～30cm間隔の窪みを掘り、窪みの間隔は5～10cm。各窪みの直径は10cm、深さは5～6cmである。各窪みに5～6個の種子を播き、4～5cmの厚さの土で窪みを覆い固める。1 ムー (6.667ha) あたり約3.5～4 kgの種子を使用する。この方法は比較的簡単であり、林下人参の栽培は最も一般的な方法である。

#### (5) 栽培地の監視

栽培区域の管理は、森林地帯の保護と栽培地の管理に分けられる。

##### 1) 林地の管理と保護

10年根以上の林下人参の管理と保護は生産者にとって重要な課題である。人参を栽培するには、周囲に鉄製の柵を設置して関係者以外の立ち入りを禁止し、猟犬を番犬として飼い、家畜や野生動物の侵入を阻止する。栽培地を選択した後は、地形と面積に基づいて管理小屋の位置と数を決定する。通常、栽培地全体を監視しやすいように管理小屋は下り坂に設置する。

一般的な人参栽培の管理は、農場や住民の生活圏に近い低山岳地帯で行う。比較的安全であり、管理小屋や番犬の必要がない(孫ら 2017)。

## 2) 栽培管理

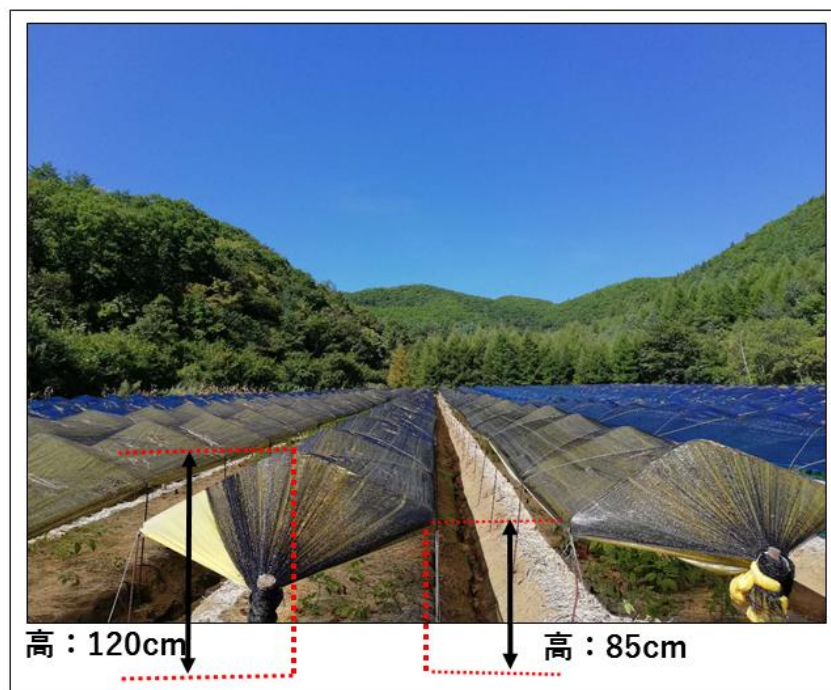
### (a) 除草

林下人参と似た生態環境を作るために、年2回程度不必要に高く成長した灌木の剪定や除草が不可欠である。有光率が15%~20%以下の場合、1~3年根の周囲で繁茂する雑草を取り除く必要がある。さらに、人参より大きな雑草や灌木の茎と葉を除去すること、大きな石を除去する作業も必要である。

### (b) 遮光

夏場の日陰を作る方法には、遮光ネットを使用するか、自生する樹木の枝葉を用いる方法がある。木の枝などが自然に落下して人参を傷つけることがないように、枝の剪定を繰り返し行う。

さらに、人参の発芽前にドーム型に竹を組んだ遮光ネットの覆いを設ける必要がある(図13)。遮光ネットの骨組みを長持ちさせるために防風林を設置しなければならない。



出典：現地調査により作成。

図16 農地栽参の遮光(延辺州琿春, 2018年6月)

### (c) 病虫害防除

病気を予防するには3つの段取りが必要である。まず、病原菌がなく耐病性と適応性を兼ね備えた種子を選ぶ。次に、栽培区域の日光の照射量を確保する。最後に、十分な水分と必要な土壌環境を作ることである。病害をできるだけ小さくするためには、発病した人参をすぐに焼却処分する必要がある。

林下人参の害虫は、線虫(鞘翅類, トカゲ, 雀の科目), 甲虫などである(黄ら 2017)。一般的には、ニンニク水を散布して、害虫を寄せ付けない方法がとられる。ニンニク水とは、ニンニクと水を1:100の比率で混和する。人参の発芽後、ニンニク水を一度散布する。その後、継続して1ヶ月に1回程度散布する必要がある。降雨後は、ニンニク水を散布し直す。生産者や自然環境保全のために劇毒や残留性が高い化学農薬の使用は避けられる。人参の根茎はネズミに食い荒らされる危険性があるため、捕獲器、専用鋏や殺鼠剤を使用した駆除が試みられる。

イノシシは林下人参の根茎を特に好む害獣である。人参の根茎を掘り返して土壌に壊滅的な被害を及ぼすため、膨大な経済損失を伴う。しかし、イノシシは国家二級保護動物であるため駆除することができない。通常は鉄格子で周囲を囲い、猟犬を飼うことでイノシシを排除する。さらに、スピーカーを設置して大音響でイノシシの侵入を防いでいる例もある。

農地栽参では、一般的に化学農薬による消毒や害虫防除が行われる。ホキシム(殺虫剤)を土壌に混合することで害虫を駆除する(李ら 2016)。大型のネズミ駆除の方法は林下人参と同様である(趙ら 2015)。

### (6) 収穫と調製

林下人参は成長年数が長いほど高品質となり、価格は高くなる傾向がある。10年~20年生の林下人参は、ジンセノサイドの有効含有量が最も高くなる。20年生以上の林下人参は希少価値が高くなる。気候、土壌、日照などにより、収穫時期には大きな違いがある。吉林省集安市で栽培される林下人参は7月下旬から10月下旬に収穫する。

収穫前には、人参の周囲の落葉等を除去する必要がある。その後、犁などを用いて根茎の方向に沿って、表面の土を薄く剥がすように掘る。その際、人参の根茎を傷つけないように最大限の注意を払う。

林下人参 15 年生を例として採取方法を説明する。人参の根茎部分を中心として 50～70cm 程度離れたところから中心部に向かって水平に掘り起こして土を除去し、ハサミで他の植物の細根や雑草等を除去する。小石や土を丁寧に取り除くことで完全な根が現れる。すべての主根を確認したのち、手を添えて根茎の底部を静かに持ち上げ、人参をゆっくりと引き抜く。完全な状態で根茎が土から離れるまで細心の注意を払って作業に当たる必要がある。あらゆる収穫作業のなかで、根の完全性を保持し、人参の根のいかなる部分をも破壊しないように配慮する必要がある。

農地栽参では、林下栽参における根茎の完全性と外観品質への要求は求められない。そのため、採取方法はさほどの繊細さは必要なく、一般的な農具で手早く収穫の作業を行う(黄ら 2017)。

土の付いた人参は通常一週間程度保存できる。根茎に付着した土は細長いブラシで軽く拭き払う。その後、人参を密閉容器に入れ冷蔵庫の中で保管することで5 カ月以上の保存が可能となる。

#### 4.3.2 試験項目および結果

##### (1) 材料および方法

##### 1) 材料

農地で栽培された人参の4年根と6年根、林下で栽培された林下人参15年根を供試して、外観(重量と長さ)の評価とジンセノサイド含有量を検出した(図17)。



(A) 4 年根(人参)

(B) 6 年根 (人参)

(C) 15 年根 (林下人参)

図 17 各供試人参の外観

## 2) 分析方法

(a) 延辺州産の乾燥した人参 (図 14) (2017 年 9 月収穫) を供試し, MSC-100 恒温混合装置機を用いて 80 メッシュ以下に粉碎し, 各サンプルをデシケータで保存する。

(b) 各試料 2 g を採取し, メタノール 60ml を加えた後, 30 分間超音波処理を行い, 2 回繰り返し 25ml の容積まで濃縮して試料を作成した。

(c) 試験溶液を中華人民共和国国家標準 (GB/T22996-2008) に基づいて, 下記の条件で HPLC 分析を行った。装置: Waters2695 高速液体クロマトグラフ, カラム: WondaSil C18 Superb 5  $\mu$  m, 4.6 $\times$ 250mm, 流速: 1mL/min, 検出波長: 203nm, カラム温度: 30 $^{\circ}$ C, 注入量: 20  $\mu$  l。

表 2 供試人参における各部位の重量

サンプル	単根重 (g)	主根重 (%)	根茎重 (%)	支根重 (%)
A(1)	5.41	67.10	1.66	31.98
A(2)	5.92	78.55	4.22	11.66
A(3)	9.66	69.36	3.31	27.23
A(4)	9.28	78.88	3.45	16.27
B(1)	16.30	72.82	3.74	23.25
B(2)	14.57	73.10	4.26	22.51
C(1)	3.10	80.97	10.97	8.06
C(2)	3.11	70.10	14.15	11.25
C(3)	4.34	79.03	16.59	1.84
C(4)	4.21	84.32	6.65	8.08

表 3 供試人参における各部位の長さ

サンプル	単根長 (cm)	主根長 (%)	根茎長 (%)	根茎長／主根長
A(1)	19.9	29.15	3.52	0.12
A(2)	16.3	52.15	7.98	0.15
A(3)	18.3	26.23	7.10	0.27
A(4)	18.7	38.50	7.49	0.19
B(1)	24.2	28.93	8.26	0.29
B(2)	25.0	30.00	7.20	0.24
C(1)	24.1	21.58	26.97	1.25
C(2)	25.3	20.55	18.58	0.90
C(3)	24.9	20.08	26.10	1.30
C(4)	27.4	16.42	16.79	1.02

## (2) 試験結果

1) 表 2 から, 4 年根と 6 年根人参の重量の  $t$  検定により, 単根の重量は有意差あり ( $p$  値=0.0006, ( $p < 0.05$ )), 主根の重量の比 ( $p$  値=0.8726, ( $p > 0.05$ )), 根茎の重量の比 ( $p$  値=0.1836, ( $p > 0.05$ )) と支根の重量の比 ( $p$  値=0.8242, ( $p > 0.05$ )) は有意差なしとなった。

4 年根人参と 15 年根林下人参の重量の  $t$  検定により, 単根の重さは有意差あり ( $p$  値=0.0154, ( $p < 0.05$ )), 主根の重さの比 ( $p$  値=0.2791, ( $p > 0.05$ )) は有意差なし, 根茎の重さの比 ( $p$  値=0.0069, ( $p < 0.05$ )) と支根の重さの比 ( $p$  値=0.0298, ( $p < 0.05$ )) は有意差ありとなった。

6 年根人参と 15 年根林下人参の重量の  $t$  検定により, 単根の重さは有意差あり ( $p$  値=0.0000, ( $p < 0.05$ )), 主根の重さの比 ( $p$  値=0.1126, ( $p > 0.05$ )) は有意差なし, 根茎の重さの比 ( $p$  値=0.0094, ( $p < 0.05$ )) と支根の重さの比 ( $p$  値=0.0002, ( $p < 0.05$ )) は有意差ありとなった。

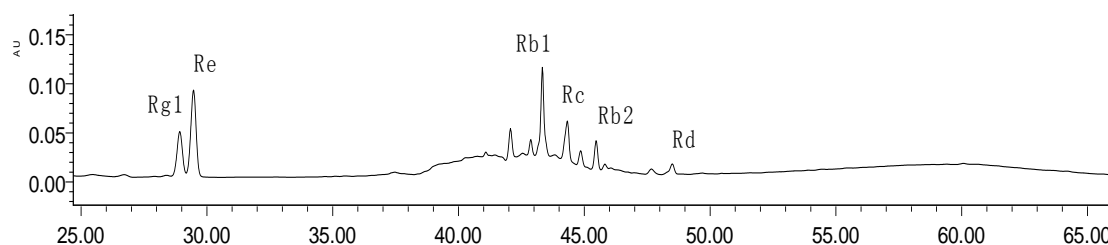
2)表3から、4年根と6年根人参の長さの  $t$  検定により、単根の長さは有意差あり ( $p$  値=0.0002, ( $p < 0.05$ )), 主根の長さの比 ( $p$  値=0.2734, ( $p > 0.05$ )), 根茎の長さの比 ( $p$  値=0.2989, ( $p > 0.05$ )) と根茎の長さと言根の長さの比 ( $p$  値=0.0595, ( $p > 0.05$ )) は有意差なしとなった。

4年根人参と15年根林下人参の長さの  $t$  検定により、単根の長さ ( $p$  値=0.0004, ( $p < 0.05$ )), 主根の重さの比 ( $p$  値=0.0297, ( $p < 0.05$ )), 根茎の重さの比 ( $p$  値=0.0014, ( $p < 0.05$ )) と根茎の長さと言根の長さの比 ( $p$  値=0.0001, ( $p < 0.05$ )) は有意差ありとなった。

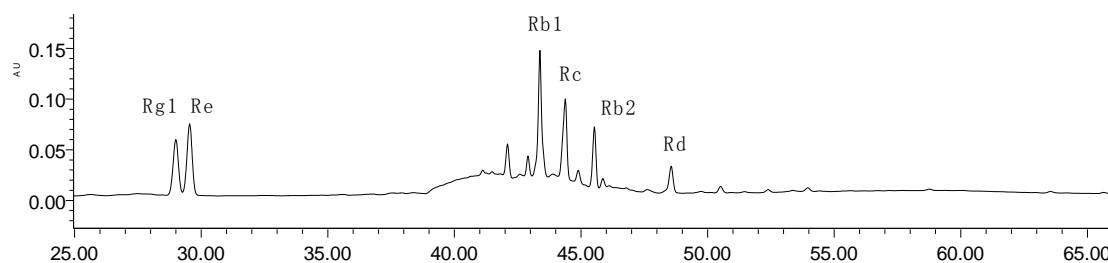
6年根人参と15年根林下人参の長さの  $t$  検定により、単根の長さは有意差なし ( $p$  値=0.3081, ( $p > 0.05$ )), 主根の長さの比 ( $p$  値=0.0002( $p < 0.05$ )), 根茎の長さの比 ( $p$  値=0.0015, ( $p < 0.05$ )) と根茎の長さと言根の長さの比 ( $p$  値=0.0001, ( $p < 0.05$ )) は有意差ありとなった。



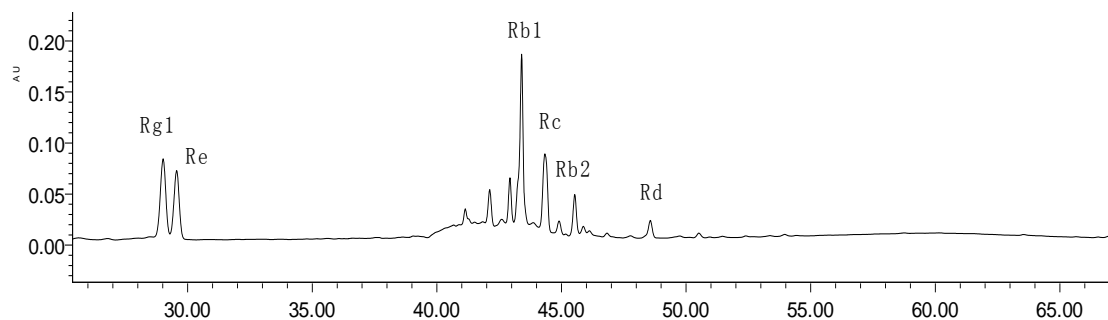
3) 上記の条件で HPLC 分析を行った結果、6 種類のジンセノサイド類の定量が可能であった。図 15 に一例として 4 年根人参、6 年根人参、15 年根林下栽参のジンセノサイドの Rg1, Re, Rb1, Rc, Rb2 および Rd の高速液体クロマトグラムを示した。



(a) 4 年根 (人参)



(b) 6 年根 (人参)



(c) 15 年根 (林下人参)

図 18 供試人参のクロマトグラム

4) 4 年根人参, 6 年根人参および 15 年根林下人参を供試して, 活性成分ジンセノサイドの含有率を分析した。分析結果から, 1) 総ジンセノサイドの含有量は, 15 年根林下人参 18.695mg/g, 4 年根人参 13.807mg/g, 6 年根人参 15.105mg/g となり, 林下人参の総ジンセノサイドの含有量は 4 年根人参と比較して 35.4%, 6 年根人参と比較して 23.77%高くなった。6 年根人参は 4 年根人参より総ジンセノサイドの含有量が 9%多くなった。

表 4 各人参のジンセノサイド含有率

(単位 : mg/g)			
構成要素	4 年根	6 年根	15 年根
Rg1	2.176	2.510	3.911
Re	3.529	2.732	2.714
Rb1	4.389	4.292	6.628
Rc	2.526	3.210	3.635
Rb2	0.842	1.576	1.304
Rd	0.345	0.785	0.503
PPD	8.102	9.863	12.07
PPT	5.705	5.242	6.625
Total sapaonin	13.807	15.105	18.695

5) 4 年根人参, 6 年根人参および 15 年根林下人参のジンセノサイド含有率の  $t$  検定により, 4 年根と 6 年根人参のジンセノサイド含有率は有意差なし ( $p$  値=0.8380, ( $p > 0.05$ )), 4 年根人参と 15 年根林下人参のジンセノサイド含有率は有意差なし ( $p$  値=0.5061, ( $p > 0.05$ )), 6 年根人参と 15 年根林下人参ジンセノサイド含有率は有意差なし ( $p$  値=0.6355, ( $p > 0.05$ )) となった。

#### 4.4 結論

本研究では、中国吉林省の生産者に聞き取り調査を行うことで林下人参についての情報を収集した。そして、林下人参と人参の栽培プロセスを比較した栽培カレンダーを作成した。各データを比較分析することにより、各栽培プロセスと技術、各人参の外観とジンセノサイド含有率を細部にわたって分析することを試みた。

15 年根林下人参の栽培体系と 6 年根人参の栽培体系から、林下栽培は人参生産と森林生態環境の保全が両立できることと伐林栽培に近い人参の収穫を期待できる。農地栽培方式は、平坦で大規模な圃場に人参を植えて栽培するため、集中管理を容易にする。

表 2, 表 3 により、1) 4 年根人参, 6 年根人参の  $t$  検定から、単根の重量 ( $p$  値 = 0.0006, ( $p < 0.05$ )) と長さ ( $p$  値 = 0.0002, ( $p < 0.05$ )) は有意差あり, 成長速度は有意差あり, しかし, 外観形態は有意差なし。2) 4 年根と 6 年根人参と 15 年根林下人参の主根, 支根, 根茎の重さと長さは有意差あり, 人参 (4 年根と 6 年根) と林下人参 (15 年根) の外観形態に有意差があり, このなかで, 林下人参の特徴は根茎の比は大きくなった。3) 6 年根人参と 15 年根林下人参の単根の長さは有意差なし ( $p$  値 = 0.3081, ( $p > 0.05$ )), しかし, 6 年根人参主根の比は大きく, 2 つ外観形態は有意差ありとなった。

人参の総ジンセノサイドの含有量は 15.105mg/g であり, 林下人参の総ジンセノサイドの含有量は 4 年根人参より 35.4% 多く, 6 年根人参より 23.77% 多くなった。6 年根人参は 4 年根人参より 9% 多くなった。しかし, ジンセノサイド含有率の  $t$  検定により, 4 年根人参と 6 年根人参 ( $p$  値 = 0.8380, ( $p > 0.05$ )), 4 年根人参と 15 年根林下人参 ( $p$  値 = 0.5061, ( $p > 0.05$ )), 6 年根人参と 15 年根林下人参 ( $p$  値 = 0.6355, ( $p > 0.05$ )) のジンセノサイド含有率は有意差なしとなった。

以上より, 農地で栽培された 4 年根および 6 年根の人参と林下栽培された 15 年根の林下人参のジンセノサイド含有量には有意差がないことから, 農地栽培方式は人参生産と自然環境保護の両立という視点から有益であることが分かった。

## 第5章 結論

### 5.1 本研究の結論

各章で得られた知見を以下にまとめる。

#### (1) 人参産業の発展および現状

中国における四つの人参栽培方式について、伐林栽参では、生態環境の破壊が問題視されてきた。林下栽参は森林の伐採を必要とせず、周期が長く、生産性が低く、市場要求をすべて満たすことは困難である。伐林栽参や林下栽参と比較して、農地栽参は土地資源をより多く使うことができ、森林資源を破壊する心配が少なく、持続可能な開発に大きな利点がある。

#### (2) 伐林栽参の栽培体系

伐林栽参の栽培プロセスを現地調査し、その特徴は1) 高単収、2) 高品質、3) 高収益であることを明らかにした。一方で、伐林栽参が自然を侵害する負の問題をもたらしていることも明らかになった。伐林栽参の以外の3つの栽培方式は技術の革新、広範囲の利用が可能か否かは、これからの人参栽培にとって重要性が高いことが明らかになった。

#### (3) 林下栽培と農地栽培の比較

15 年根林下人参と 6 年根人参の栽培体系から、林下栽参は人参生産と森林生態環境の保全が両立できることと伐林栽参に近い人参の収穫を期待できる。農地栽人参方式は、平坦で大規模な圃場人参を植えて栽培するため、集中管理を容易にする。

表 3、表 4 により、1) 4 年根人参、6 年根人参の t 検定から、単根の重量と長さは有意差あり、成長速度は有意差あり、しかし、外観形態は有意差なし。2) 4 年根と 6 年根人参と 15 年根林下人参の主根、支根、根茎の重さと長さは有意差あり、人参 (4 年根と 6 年根) と林下人参 (15 年根) の外観形態に有意差があり、この中で、林下人参の特徴は根茎の比は大きくなった。3) 6 年根人参と 15 年根林下人参の単根の長さは有意差なし、しかし、6 年根人参主根の比は大きく、2 つ外観形態は有意差ありとなった。

林下人参の総ジンセノサイドの含有量は 4 年根人参より 35.4% 多く、6 年根人参より 23.77% 多くなった。6 年根人参は 4 年根人参より 9% 多くなった。しかし、ジンセノサイド含有率の t 検定により、4 年根人参と 6 年根人参、4 年根人参と 15 年根林下人参、6 年根人参と 15 年根林下人参のジンセノサイド含有率は有意差なしとなった。

以上より、伐林栽参以外の栽培方式 (農地栽参、林下栽参) では、農地栽参栽培方式は、今後の人参生産と自然環境保護の両立という視点から有益であることが分かった。農地栽参の栽培方式は将来の重要な研究と応用栽培方式となっている。

## 5.2 今後の課題

本研究では、中国の人参栽培において生産量を確保できる持続的な栽培方式の枠組みについて検討を行ってきた。従来、中国の人参生産の主流であった伐林栽参栽培は、政府の規制により非伐林地栽培へと転換しつつある。非伐林地栽培として代表的な林下栽参と農地栽参の栽培方式を導入することにより、生産者に対して環境保全の自覚を促しつつ人参生産量を確保し続けることは重要な課題である。

中国における農地栽参は、土壌改良を通じた広範囲な人参生産の端緒にあり、本研究においても、限定された地域を研究対象とした土壌改良後の土壌成分分析が提示されたに過ぎない。今後は、本研究において検討した結果に基づいて、詳細な土壌診断と栽培地域の地理的特徴を踏まえた施肥設計の指針を作ることが課題であると考ええる。具体的に、いくつかの課題について述べる。

### (1) 生産者—研究機関—薬製企業の連携

人参の栽培管理は地域と生産者によって異なるだけでなく、収穫調製に対する指導体制も確立されておらず、販売価格も不安定な状況にある。こうした状況を改善するためには、生産者—研究機関—薬製企業が連携することで、人参生産の維持・発展を検討する必要がある。

### (2) 担い手の確保

調査結果から、良質な人参を栽培できるのは一部の専業農家に限られている。人参の栽培地域は都市部から離れた農山村地域に存在する。農山村地域の若年層が減少する現状では後継者の育成は困難となっている。初心者・兼業農家は、栽培技術の未熟さから最終的に資金不足に陥って栽培から撤退する農家も見受けられる。人参栽培農家にとっては資金・栽培技術・生産意欲を維持し、品質・反収を維持することが重要となる。生活しやすい都市近郊部で人参の栽培普及を検討することは、後継者不足の課題解決にもつながる。

### (3) 農地栽参方式に対する土壌改良の検討

韓国と日本では、人参を栽培する際に人参と穀物類の輪作が行なわれており、土壌改良技術が成熟している。一方、中国では人参と穀物類の輪作に関する研究は見られるものの、その技術は生産現場に普及しておらず、適切な土壌診断の基準も見当たらない状況にある。農家単独での栽培が多く、栽培方法はほぼ同じに見えても管理方法が異なるため人参の生産量に大きな差を生じている。そのため伐林栽参栽培および林下栽参で培った土壌養分の知見を活かすことが重要である。

(4) 農地栽参方式に適した総合的な栽培管理技術

人参栽培には、土壌養分以外にも水分の調節や適切な温度・光環境などさまざまな要因が存在する。これらの要因に配慮した新しい栽培方式が試行されており、農地栽参でこれらを実現する総合的な栽培管理技術を模索していく必要がある。

(5) 機械化による軽労化・省力化支援

中国では伐林栽参から非伐林栽培（林下栽参・農地栽参）へ移行する過程にある。人参の需要と供給を満たすためには、農地栽参方式を導入して大規模に栽培する必要がある。10～20 年後には熟練した栽培管理技術を有する生産者の不足が危惧されており、技術の継承とともに、機械化による軽労化・省力化の支援技術が望まれる。

## 謝 辞

本論文をまとめるにあたり、多くの方々にご指導、ご協力いただきました。

本論文の遂行、および論文作成にあたり始終ご指導、ご鞭撻をいただきました新潟大学大学院の指導教員である長谷川英夫准教授には、朝鮮人参という視点から研究する機会を与えていただきました。また、人参栽培に関する研究をご指導頂くとともに、ゼミや日頃の研究活動を通じて、物事を考える視点、枠組みの大切さ、分析に伝えることの重要性を指導していただいたと思っております。ここに厚く御礼申し上げます。

論文の審査に際しては、新潟大学大学院環境科学研究科箕口秀夫教授、中田誠教授、原田直樹教授、大竹憲邦准教授より、示唆に富むご指摘、ご助言をいただくなど、大変お世話になりました。

中国・延辺朝鮮族自治州農業科学院の張陽院長、葉強研究員、李雄研究員をはじめとする皆様には、研究業務の中で本論文をまとめることに研究推進上のご助言と激励をいただきました。

また、中国・吉林農業大学の許永華教授、塩城師範学院の包振山講師、日本・福島大学の朱永浩教授、吉林大学の李紅梅講師には、研究の助言と激励を頂き、公私に渡り大変お世話になりました。

現地調査においては、通化市、延辺市、白山市、琿春市、靖宇県、撫松県、延辺州・汪清、延辺州・龍井などの農家および人参研究院の職員の皆様には、聞き取り調査や資料収集などを通じて、大変御世話になりました。

博士後期課程において、友人からは、多くの刺激と励ましをいただきました。なかでも、論文の執筆時などに多大な協力を頂いた熊雅婷氏、胡曉霞氏には、幾度となく研究の相談にのっていただき、議論をさせていただきました。

こうした多くの方々からの協力がなければ、本論文をまとめるには至らなかったと思います。改めて感謝を申し上げます。

最後に、大学院までの長い学生生活を支え、社会人になってからも、離れた国から私の日々の生活と研究活動を気に掛け、様々な形で支援してくれた両親と親戚と友人に心から感謝いたします。

2019年8月 王 瑩瑩

## 引用文献

- 曹 広成 (2009): 中国人参産業発展の潜在力と価値比較検討. 漢方薬, 40(7), 1170. (in Chinese)
- Eunji Kim, Donghyun Kim, SulgiYoo, Yo Han Hong, Sang Yun Han, Seonggu Jeong, Deok Jeong, Jong-Hoon Kim, Jae Youl Cho and Junseong Park (2018): The skin protective effects of compound K, a metabolite of ginsenoside Rb1 from *Panax ginseng*. Journal of Ginseng Research, 42(2), 218-224. DOI:doi.org/10.1016/j.jgr.2017.03.007
- 陳 長宝 (2006): 人参の化感作用と忌連作の構造について研究. 吉林農業大学, 2006, DOI:10.7666/d.y1175706 (in Chinese)
- 陳 曉林, 馮 鑫, 許 永華, 張 連学: (2009) 中韓人参産業について比較及び競争対策. 漢方薬, 2009, 1181-1184. DOI: 10.3321/j.issn:1001-4454.2009.08.001(in Chinese)
- 竇 德強, 黃 力強 (2013): 中国林下山参について研究. 401p, 遼寧科学技術出版社, 瀋陽. (In Chinese)
- 国家薬典委員会(2005): 中国薬典一部[S]. 6, 化学工業出版社, 北京. (in Chinese)
- 龚 冰凌 (2011): 林下人参の栽培技術. 農村実用科技信息, 2011(8), 20. DOI: 10.3969/j.issn.1674-0653.2011.08.023 (in Chinese)
- 長谷川秀夫(2001): 人参サポニンの腸内細菌代謝物による抗腫瘍効果の発現及びその脂肪酸抱合による効果の増強. 和漢医薬学雑誌, 18(6), 217-228.
- 胡 文超 (2010): 人参における栽培技術. 吉林農業, 2010(11). 106. (in Chinese)
- 黃 瑞賢, 李 世栄, 韓 継堂, 黃 淑敏, 夏 培琦, 王 海波, 張 守霞, 穆 新元, 姜 景濤 (2017): 靖宇県における非林地人参栽培技術. 人参研究, 29(2), 39-42. (in Chinese)
- 黃 瑞賢, 黃 淑敏, 黃 傑, 呂 昕, 李 鵬程, 史 文新(2002): 農地朝鮮人参栽培産業持続発展の唯一の方法. 人参研究, 14(3), 2-4. DOI: 10.3969/j.issn.1671-1521.2002.03.001 (in Chinese)
- 黃 瑞賢, 呂 昕, 黃 祖興, 穆 新元, 丁 華旭, 王 軍, 季 旭, 姜 景濤 (2016): 高麗人参の生育と収量に対するカリウム肥料の追加施用の効果. 人参研究, 28(1), 38-40. DOI: 10.3969/j.issn.1671-1521.2016.01.009 (in Chinese)
- Hyejin Lee, Jinhee Kim, Jun Yeon Park, Ki Sung Kang, Joeng Hill Park and Gwi Seo Hwang (2017): Processed *Panax ginseng* sun ginseng inhibits the differentiation and proliferation of 3T3-L1 preadipocytes and fat accumulation in *Caenorhabditis*



- elegans*. Journal of Ginseng Research, 41(3), 257-267. doi: 10.1016/j.jgr.2016.04.004
- Wan-Taek Im, Se-Young Kim, Qing-Mei Liu, Jung-Eun Yang, Sung-Taik Lee and Tae-Hoo Yi (2010): *Nocardioides ginsengisegetis* sp.nov., isolated from soil of a ginseng field. Journal of Microbiology, 48(5), 623-628.
- 金 龍範 (2013): 林下人參栽培管理技術. 吉林林業科技, 42(5), 64-65. (in Chinese)
- 川喜多卓也 (2008): 漢方薬の免疫薬理作用 —慢性疾患の改善作用の主要機序として—. 日本薬理学雑誌, 132(5), 276-279.
- 許 永華, 宋 心東, 于 淑蓮, 裴 春紅(2004): 吉林省における参業は自然資源の影響及び可持続発展の対策. 人参研究, 16(4), 15-17. (in Chinese)
- 許 永華, 曹 志强, 宋 心東 (2004): 朝鮮人参生産における科学的施肥に関する研究. 人参研究, 16(1), 22-25. DOI:10.3969/j.issn.1671-1521.2004.01.006 (in Chinese)
- 許 永華, 張 國榮, 宋 心東, 張 倩, 王 二歡, 金 永善 (2014): 腐植酸が農地栽参の応用研究. 現代農業科技, 第3期, 82-85. (in Chinese)
- 李 明德, 全 雲吉, 全 龍雲, 呂 龍石 (2007): 延辺地域朝鮮人参栽培現状及び分析. 延辺大学農学学報, 29(3), 197-200. (in Chinese)
- 劉 吉軍 (2015): 長白山における林下人参栽培技術研究. 農業と技術, 35(21), 91-92. (in Chinese)
- 劉 顯嬌, 張 連学 (2012): 人参の土壌改良技術と研究. 人参研究, 24(1), 30-33. (in Chinese)
- 李 智財, 黃 秀榮 (2013): 朝鮮人参の栽培技術. 吉林農業, 2013(1), 98-99. (in Chinese)
- 李 想, 範 航, 徐 源, 劉 玉軍 (2016): 林下人参の栽培および管理技術. 林業科技通訊, 2016(9), 70-74. DOI:10.13456/j.cnki.lykt.2016.09.025 (in Chinese)
- 宮沢洋一(1975): 薬用人参の栽培技術. 農業および園芸, 50, 117-122.
- 牧野富太郎 (1916-1918): 人参の意義井二其園説. 植物研究雑誌, 第1巻, 126-131.
- 彭 浩, 呂 龍石 (2012): 中国人参における薬用と栽培史および栽培技術に関する研究. 安徽農業科学, 40(20), 10400-10402. DOI:10.3969/j.issn.0517-6611.2012.20.016 (in Chinese)
- 滝野吉雄 (1994): 朝鮮人参サポニンの生体内動態に関する研究. 薬学雑誌, 114(8), 550-564.
- 柴田承二 (2001): 朝鮮人参による発癌予防効果. 漢方の臨床, 48(11), 1481-1502.

- Xiaoming Song, Jian Chen, Kedsirin Sakwivatkul, Ruili Li and Songhua Hu (2010): Enhancement of immune responses to influenza vaccine (H3N2) by ginsenoside Re. *International Journal of Immunopharmacology*, 10(3), 351-356. DOI: 10.1016/j.intimp.2009.12.009
- 宋 心東, 張 国栄, 趙 岩 (2013): 我が国人参栽培業現状と発展傾向. *人参研究*, 25(3), 43-45. DOI: 10.3969/j.issn.1671-1521.2013.03.013 (in Chinese)
- 孫 卓, 楊 利民, 馬 秀杰, 張 一鳴 (2014): 人参黒斑病拮抗細菌の分離選別と鑑定. *吉林農業大学学報*, 36(3), 276-281. (in Chinese)
- 孫 曙光, 鄭 徳生, 李 徳生 (2013): 集安市における林下経済的人参産業の発展への道. *中外企業家*, 2013(25), 17. DOI:10.3969/j.issn.1000-8772.2013.25.006 (in Chinese)
- 孫 宝良, 孫 希 (2017): 人参栽培技術. *林業監察設計*, 2017(1), 66-68. DOI: 10.3969/j.issn.1673-4505.2017.01.030 (in Chinese)
- 盛 江源, 馬 英春 (1987): 人参栽培と人参の機械播種. *北京農業工程大学学報*, 第7巻第2期, 34-41. (in Chinese)
- 宿 武林, 呂 学明, 宿 艷霞 (2008) 論長白山人参主要品種類型栽培方式及びその商品分類. *人参研究*, 2008年第4期, 34-39. (in Chinese)
- 孫 星衍, 孫 馮翼 (1963): *神農本草經*, 北京人民衛生出版社. 北京. (In Chinese)
- 徳竹忠司, 佐々木公一, 吉川恵士 (1992): 朝鮮人参エキス入り入溶剤の循環動態に及ぼす影響. *日本温泉気候物理医学会誌*, 55(4), 195-206.  
<https://doi.org/10.11390/onki1962.55.195>
- Regupathy Thamizh Vendan, Young Joon Yu, Sun Hee Lee and Young Ha Rhee (2010): Diversity of endophytic bacteria in ginseng and their potential for plant growth promotion. *Journal of Microbiology*, 48(5), 559-565. DOI:10.1007/s12275-010-0082-1
- Vladimir Vuksan and John L. Sievenpiper (2005) : Herbal remedies in the management of diabetes: lessons learned from the study of ginseng. *Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases*, 15(3), 149-160. DOI:10.1016/j.numecd.2005.05.001
- 呉 徽鎰 (1979): 中国植物の植物区系の区分について. *植物分類と資源学報*, 1(1), 1-10. DOI: <http://ir.kib.ac.cn:8080/handle/151853/8009> (in Chinese)
- 王 瑩瑩, 長谷川英夫 (2014): 中国人参産業の振興によって山間地域の発展を促進について. *農業経済問題*, 2014(1), 107-114.
- 王 瑩瑩, 長谷川英夫 (2017): 中国朝鮮人参輸出現状と今後の動向. *南方農機*, 48(20), 27-28. (in Chinese)

- 王 鉄生 (2001): 中国人参, 遼寧科学技術出版社. 大連. (in Chinese)
- 王 賀新, 宋 相録 (2002): 我が国林下人参研究現状及び複合経営効果. 遼寧林業科技, 2002(6), 32-40. (in Chinese)
- 王 雪峰 (2015): 林下人参栽培技術. 吉林農業, 2015(21), 94-95. DOI: 10.14025/j.cnki.jlny.2015.21.047 (in Chinese)
- 楊 繼祥, 田 義新 (2004): 薬用植物栽培. 158-162, 中国農業出版社, 北京. (in Chinese)
- 尹 春梅, 王 雅君 (2011): 人参吉林省人参を栽培する人員技能養成教材. 吉林科学技術出版社. 長春. (in Chinese)
- 于 守龍 (2013): 本溪地区における林下人参栽培技術の研究. 山東林業科技, 2014(3), 81-87. (in Chinese)
- Dan Zhang, Jiewen Zheng, Mengwei Ni, Jiarui Wu, Kuaihuan Wang, Xiaojiao Duan, Xiaomeng Zhang and Bing Zhang (2017): Comparative efficacy and safety of Chinese herbal injections combined with the FOLFOX regimen for treating gastric cancer in China: a network meta-analysis. *Oncotarget*, 8(40), 68873-68889. DOI:<https://doi.org/10.18632/oncotarget.20320>
- 潘 亮, 除 江, 董 林林, 李 西文, 陳 士林 (2015): 人参栽培体系及び研究対策. 中国漢方薬雑誌, 40(17), 3367-3373. (in Chinese)
- 趙 英, 劉 双利, 何 忠梅, 趙 宇龍 (2016): 参地の土壤形質及び朝鮮人参収量への酸性土壤改良剤の影響. 人参研究, 28(6), 2-4. DOI:10.3969/j.issn.1671-1521.2016.06.001 (in Chinese)
- 趙 曉龍 (2015): 集安市における人参地下害虫の発生と予防. 農業開発と設備, 2015(11), pp123. (in Chinese)
- 趙 英, 王 秀全, 鄭 毅男 (2001): 朝鮮人参の収量に及ぼす施肥の影響. 吉林農業大学学报, 23(4), 56-59. DOI:10.3969/j.issn.1000-5684.2001.04.014 (in Chinese)
- 張 亨元 (1980): 中国朝鮮人参(*Panax Ginseng* C. A. Mey.)と西洋人参(*P. quinquefolium* L.)栽培地帯(plant zone)および発展可能地域の研究について. 特产科学实验, 1980(1), 18. (in Chinese)
- 張 蕾, 趙 英, 王 秀全, 尹 春梅, 馬 千里・鄭 殿家, 謝 忠凱 (2012): 老農地における土壤酵素活性に及ぼす土壤生態学的改良の影響. 人参研究, 24(2), 21-24. (in Chinese)

張 克 (2015): 林下人參の栽培と管理について. 生物技術世界, 2015(9), p53. (in Chinese)

張 刊 (2016): 人參と林下人參における栽培および事例分析. 鄉村科技, 2016(21), p9. (in Chinese)

張 連学, 陳 長宝, 王 英平, 許 世權, 劉 暢 (2008): 人參不可連作の研究及び解決方法. 吉林農業大学学報, 30(4), 481-485. (in Chinese)

張 連学, 朱 桂香, 王 鉄生 (1991): 人參栽培技術及び応用基礎研究. 人參研究進展, 天津科学技術出版社, 天津, 255-260. (in Chinese)

Guizhi Zhang, Ailing Liu, Yingbin Zhou, Xun San, Taowei Jin and Yi Jin (2008): Panax ginseng sinsenoside-Rg<sub>2</sub> protects memory impairment via anti-apoptosis in a rat model with vascular dementia. Journal of Ethnopharmacology, 115(3), 441-448. DOI:10.1016/j.jep.2007.10.026

Ya-Li Zhang, Jian-Bo Fan, Dong-Sheng Wang, Qi-Rong Shen (2009): Genotypic differences in grain Yield and physiological nitrogen use efficiency among rice cultivars. Pedosphere, 19(6), 681-691. DOI: 10.1016/s1002-0160(09)60163-6

## 附録

### 1. 農地栽参に向けた整地作業



(吉林省延辺州・汪清, 2017 年 4 月)

### 2. 農地栽参における播種作業



(吉林省延辺州・汪清, 2018 年 5 月)



3. 農地栽参における遮光ネット（従来型）



（吉林省延辺州・琿春，2018 年 7 月）

4. 農地栽参における遮光ネット（新型）



（吉林省延辺州・汪清，2018 年 7 月）

5. 農地栽参における圃場の防寒対策



(吉林省延边州・汪清, 2017 年 11 月)

6. 太陽光発電パネル下を利用した朝鮮人参栽培 (1)



(茨城県つくば市, 2018 年 3 月)

7. 太陽光発電パネル下を利用した朝鮮人参栽培（2）



（茨城県・つくば市，2018 年 11 月）

8. 太陽光発電パネル下を利用した朝鮮人参栽培（3）



（茨城県・つくば市，2018 年）



