

Print ISSN: 1738-3110 / Online ISSN 2093-7717
<http://dx.doi.org/10.15722/jds.16.8.201808.63>

[Review]

Strategies to Increase Domestic Lettuce Circulations through Improving Valuable End-User Traits

고부가가치 맞춤형 상추품종 개발을 통한 국내 상추유통 제고 전략

Tae-Sung Kim(김태성)*, Young-Hee Jang(장영희)**, Hee-Joong Hwang(황희중)***

Received: July 15, 2018. Revised: July 23, 2018. Accepted: August 15, 2018.

Abstract

Purpose – Lettuce (*Lactuca sativa* L.) is one of the economically important vegetable crops, which worldwide market value is over 100 billion U.S. dollar. In Korea, about 89.7 kilo ton of lettuce was produced in 3400ha in 2016, recoded as No. 1 vegetable crop in domestic green house production. However, recently, domestic lettuce production and cultivation areas are all getting decreased. Thus, novel approaches are needed to be implemented to revive the production.

Research design, data and methodology – In this review paper, we first prioritized the end-user traits which are imperative to positively stimulate the domestic lettuce market and discussed relevant genomics strategies. Especially, we assessed a possibility whether school meal program would be a potential niche market.

Results – The genomics technologies, which become widely applied in the crop biotechnology since 2008 when next generation sequencing method was developed, may be a good solution in the crop improvement, efficiently gathering valuable information of agriculturally useful traits. Significantly, in lettuce, the high quality whole genome sequence, based on *Lactuca sativa* cv. Salinas, is publically available and this genomics platform, thus, would be implemented in lettuce breeding program to innovate relevant end-user traits both for the farmers and customers, including the disease resistance to the *Fusarium* wilt, productivity under hot weather conditions, various nutritional qualities and so forth. These improvements will boost domestic lettuce industries in the near future.

Conclusions – Due to the nutritional distinctions comparing to the western style lettuces, domestic leaf lettuces could be one of the important vegetables in the school meal programs. To make it happen, we would better devise diverse recipes to make a salad with it, instead of only using as a wrap vegetable. Meanwhile, novel lettuce varieties need to be developed, which are favorable to the students and also easy to be handled with while processing. Overall, to achieve international competence in the lettuce industries, we need to create elite lettuce varieties that satisfies domestic farmers as well as customers, suitable to various niche markets, such as school meal program. Thus, efficient breeding programs using genomics approaches should be established in advance and careful monitoring on the preference of the related customers for a niche market be continued persistently.

Keywords: Lettuce Industry, Lettuce Cultivar, Genomics Approach, Niche Market, School Meal Program.

JEL Classifications: L11, L22, M13, Q10, Q12.

1. 서론

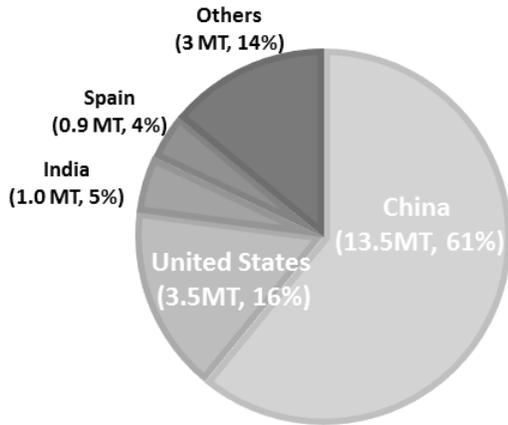
상추(*Lactuca sativa* L.)는 전 세계적으로 다양한 형태의 식물 그룹들이 분포되어 있는 국화과(Asteraceae)에 속하며, 세계적으로 중요한 위치를 차지하는 샐러드용 채소이다(Ryder et al., 1997). 최근 FAO 보고에 따르면 상추의 세계 총 생산은 약 2천4백만 여 톤에 달하며, 중국, 미국, 인도 및 스페인은 주요 생산국으로서 약 총 생산의 약 80%에 해당되는 90억 달

* First Author, Professor, Dept. of Agricultural Sciences, Korea National Open University, Korea.

** Dept. of Agricultural Sciences, Korea National Open University, Korea.

*** Corresponding Author, Professor, Dept. of Global Trade, Korea National Open University, Korea.
 Tel: +82-2-3668-4683, E-mail: ygodson@knou.ac.kr

러에 해당하는 일천구백만 여 톤의 상추를 생산하였다고 보고 되었다(Figure 1, FAOSTAT, 2013). 그 중 약 61%를 차지하는 중국의 상추 생산은 대부분 내수용으로 쓰이고 있고, 스페인 및 미국은 주요 수출국으로 알려져 있다(Figure 1). 우리나라는 생산량 기준 15위에 해당하고, 생산규모는 중국시장의 0.8%(전체시장 기준, 0.5%)에 불과하다.



Source: 『Lettuce (with chicory) production in 2013』, FAOSTAT.

<Figure 1> World-wide lettuce productions (unit, million ton(MT))

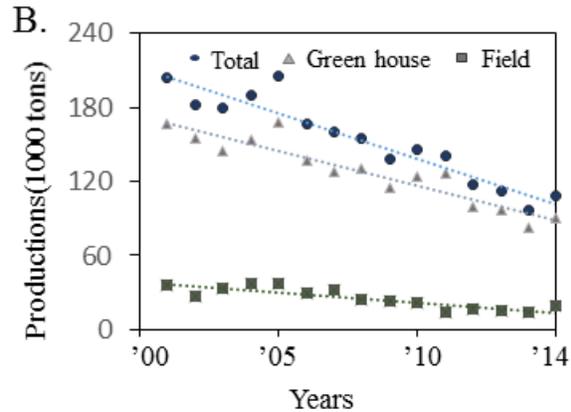
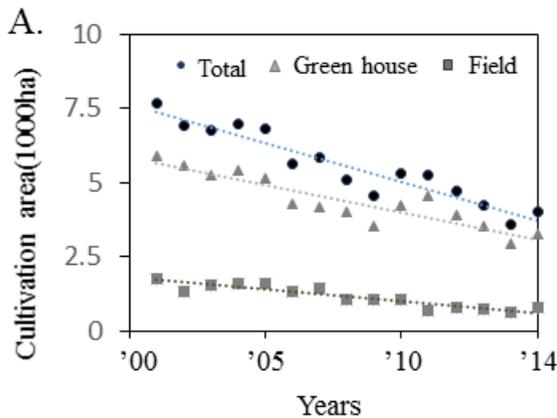
상추는 결구 여부, 잎의 형태 등의 형태적인 특성에 따라 결구(Criphead), 버터헤드(Butterhead), 코스 또는 로메인(COS, Romain), 잎, 줄기로 이용되는 상추로 분류된다(Mansfeld, 2008). FAO 보고에 따르면 2013년 기준 상추의 세계 총 생산은 약 2천4백만 여 톤에 달하며, 중국, 미국, 인도 및 스페인은 주요 생산국으로서 약 총 90억 달러에 해당하는 일천구백만 여 톤의 상추를 생산하였다(Figure 1). 상추 주 생산국인 중국과 미국은 줄기 및 결구상추를 선호하는 한편, 우리나라는 주로 쌈용으로 소비된다(Park & Lee, 2006). 우리나라에서는

2016년 기준 약 3,400ha에서 8만 7천ton이 생산되었고, 이중 비가림하우스가 재배면적의 78%에 해당하며, 국내 상추 생산량의 84%에 해당하는 7만 2천t이 이러한 시설재배에서 출하된다(Statistics Korea, 2016.). 이는 시설재배작물 총생산액의 약 33%(약 1,047억)에 해당되며, 시설재배 생산액 중 단일품목으로는 1위 작물로서 농가소득창출에 매우 중요한 작물이다. 향후 쌈류 및 샐러드 채소류의 소비가 계속 늘어날 것으로 전망되며, 소비규모가 세계에서 제일 큰 중국시장을 고려할 때, 상추산업의 시장 잠재력은 더 커질 수 있을 것으로 예상된다(Park & Lee, 2006).

2. 본론

2.1. 국내 상추의 재배, 유통 및 선호에 대한 현황

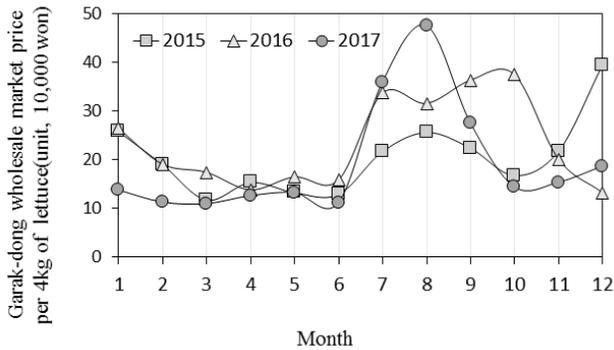
상추는 가장 친숙하고 인기 있는 하나로 인식되어 있지만, 국내 상추재배는 최근 15년간 매년 감소추세에 놓여 있다(<Figure 2>). 2000년 대비 재배면적과 생산량이 각각 48%, 47%로 감소하였는데, 국내 상추 재배는 시설재배가 월등히 많기 때문에 최근 생산량 감소의 원인은 상추 시설 재배의 감소에 기인한다고 사료된다(Statistics Korea, 2016)(<Figure 2>). 8개의 광역시(서울특별시, 부산광역시, 대구광역시, 인천광역시, 광주광역시, 대전광역시, 울산광역시, 세종특별자치시)와 9개의 도(경기도, 강원도, 충청북도, 충청남도, 전라북도, 전라남도, 경상북도, 경상남도, 제주도) 중 경기도가 가장 재배면적을 차지하고 있는데 2014년과 2016년에 시설재배면적 기준 44.1%에서 29.5%로 급격히 감소하였다. 국내 상추의 생산량 또한 2014년 최고의 생산량을 보인 이후 점점 감소하는 현상을 나타내는데 국내 최대 상추 생산지인 경기도도 2014년 이후 재배면적이 급격히 줄어들고 있는데, 시설재배 기준 생산량은 2014년 전체 총 생산량 기준 41.9%에서 2016년 29.9%로 감소하였다.



Source: 『Domestic green house and field vegetable productions over 2015』, RDA.

<Figure 2> Trends of domestic lettuce cultivation area(A) and production(B)

전국에서 재배된 상추는 대개 상추가 가락동 도매시장에 집결하여 다양한 곳으로 반입되고 있는데, 호냉성 성질을 가진 채소의 특성상 봄, 가을에는 재배가 잘 되어 공급 안정적으로 되는데 여름재배와 월동재배에서는 수급에 어려움이 많아 반입량과 가격이 불안정하게 나타난다(Jang et al., 2007). 따라서 가격의 폭과 반입량이 월별 차이가 매년 크게 나타나기 때문에 농가의 안정적 수입을 유지할 수 없고, 소비자는 휴가철 등 상추소비량이 많은 하절기에 시기에 비싼 값을 지불해야 하는 상황이 계속되고 있다(<Figure 3>).



Source: Korea Agricultural and Fisheries Corporation "Monthly price of lettuce trading from 2015~2017."

<Figure 3> Trends of monthly price per 4kg of lettuce in Garak-dong wholesale market during the year 2015~2017

국내에서 상추의 쓴맛 정도가 소비자의 구매를 결정하는 가장 중요한 영향을 미치는 것으로 보고 되어있다(Park & Lee, 2006). 쓴맛은 상추의 줄기나 잎에 상처가 나면 분비되는 하얀 유액에 포함되어 있는 쌉싸름한 맛을 내는 이차 대사산물(secondary metabolite)인 Sesquiterpene lactones(SLs) 때문이다(Jang, 2013). 가장 대표적인 SLs은 lactucin, 8-deoxylactucopicrin 및 lactucopicrin이다(Chadwick et al., 2013). 상추의 SLs 농도는 품종, 엽색, 지역, 연차, 생육 시기에 따라서 다르며 부위에 따라서도 차이가 있는 것으로 알려져 있다(Cho et al., 2016). 친유성으로 쓴맛을 가진 무색의 기능성 성분인 SLs는 500개 이상의 화합물 그룹이며 항암, 항백혈병, 항균, 심혈관 질환 치료, 염증완화, 해열, 지사, 감기 및 신경쇠약 치료 효과가 있는 반면 세포독성과 알레르기를 유발하기도 한다고 한다(Chadwick et al., 2013). 상추의 쓴맛에 대한 소비자의 선호도는 세대에 따라 차이가 있다고 보고되었다(Jang et al., 2007). 대개 기성세대 층이 쓴맛을 선호한다고 알려져 있으나 이에 대한 객관성 확보를 위해 보완 연구가 수행되기를 기대한다. 쓴 맛은 동일 품종이어도 재배조건에 따라서 차이를 보이는데 재배 중 고온조건(Simonne et al., 2002), 또는 재배기간이 길어지면(Chadwick et al., 2013) 증가하는 특성이 있고 쓴맛의 정도에 있어서 상추 품종간의 차이는 lactucin과 lactucopicrin의 성분들의 함량차이가 원인이라고 한다(Price et al., 1990).

국내에서 유통되어지는 상추를 크기, 모양에 따른 소비자 선호에서 엽면적은 연령과 상관없이 중간크기를 선호하는 것으로 나타났고, 성별에 따른 엽폭 조사 결과 남자와 여자 모두 폭이 큰 것은 선호하지 않았고, 엽장은 남녀 모두 짧은 것을 선호하지 않는 경향을 보였다(Kwack et al., 2014). 또한 엽면

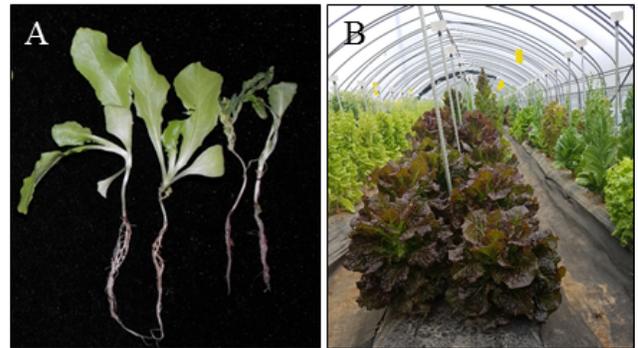
적의 경우 남녀모두 중간 크기의 상추를 선호하는 것으로 나타났다(Kwack et al., 2014).

국내의 소비자의 식습관은 대체적으로 급속한 생활환경 변화로 영양학적, 기능적, 건강지향성이 보장되지만 편의성이 중시되어 가고 있어, 채소섭취에 있어서도 영양적 가치가 높은 채소에 대한 소비자의 요구가 더욱 높아질 것이나 신선이 보장된 즉석 섭취의 소비 형태로 변화될 것으로 전망되고 있다(Jun et al., 2012).

상추는 다른 일반 채소류에 비해 수분(약 90%정도)이 많은 편이며 칼슘과 무기염류가 많이 들어있고 비타민의 함량도 상당히 높아 영양과 보건의 가치가 크다고 보고되었다(Jang et al., 2007). 최근 국내 소비자의 소비 트렌드의 변화로 볼 때 씀용으로만 이용되던 기존 추세에서 신선채소 자체를 바로 섭취 가능한 샐러드용 상추의 소비가 늘어날 것이다. 따라서 씀용에 적합하기 때문에 주로 생산된 적축면과 적치마(약 60%를 차지) 이외 현재 국내 유통에서는 점유율이 높지 않지만 샐러드용으로 활용할 수 있는 청치마, 청축면 및 로메인 상추의 요구가 늘어날 것으로 기대된다. 그러나 아직 샐러드용 상추는 도심 백화점이나 대형 할인마트의 신선 코너에서만 쉽게 접할 수 있어, 상추의 맛 및 기능성 등과 같은 품질 개선이 선행되고 다양한 틈새시장과 유통전략 개발은 국내 샐러드용 상추 소비를 대폭 높일 수 있을 것으로 사료된다.

2.2. 현 상추 산업의 도전

시설에서의 상추재배는 봄, 여름, 가을, 겨울 등 4계절 재배가 모두 가능하여. 봄과 가을철에는 기상환경 조건이 상추재배에 큰 어려움이 없으나, 겨울 수확재배 시는 물과 전기료가 많이 들어 농가부담이 크고, 여름재배는 고온으로 재배에 어려움이 큰 실정이다(Jang et al., 2007). 그러나 여름철에는 휴가 등으로 외식이 많아 상추 소비량이 증가하고, 농가의 재배기피 및 생육불량 등으로 수요량이 부족해 상추가격이 매년 5배 이상 오르는 현상이 반복되고(Park et al., 2006) 있기 때문에 상추의 안정적인 공급과 관련농가의 안정적인 수입원 확보를 위해 근본적인 대책이 시급한 실정이다(<Figure 3>).



<Figure 4> Representative image of a lettuce plant with Fusarium wilt (right side of A) compared by control (left side in A) and bolted lettuces in the green house under hot weather condition (B)

여름철 시설재배의 고온 환경에서 상추 생산성을 떨어뜨리는 주요 원인으로서는 시들음병을 들 수 있다(Cabral et al., 2014)(<Figure 4A>). 지난 10년 동안 아시아, 유럽, 아메리카

3개 대륙에 걸쳐서 상추 시들음병이 보고되었고(Gilardi et al., 2017), 국내에서는 여름철 고온기 상추 시설재배 시 많이 발생하고 있다(Kim et al., 2008). 상추 시들음병은 *Fusarium oxysporum* f.sp. *lactucae*에 의한 토양전염병으로, 토양이 산성이고 배수가 양호한 사질양토에서 발생이 많다. 월동체인 후막포자는 기주식물 없이도 토양 중에서 수년간 생존하고 뚜렷한 약제가 없어 5년간의 윤작 이외에 효과적으로 시들음병을 방제하기 어렵다. 최근 *Fusarium*에 의한 시들음병은 로메인, 결구, 잎 상추등 다양한 상추 형태에 창궐할 수 있고, 병징의 차이는 품종 간 큰 차이를 보였다. 따라서 시들음병에 대한 다양한 저항성 품종 및 상추 유전자원을 활용하여 관련 저항성 상추 품종을 육성하면 근본적인 방제가 가능할 것으로 예상된다(Kim et al., 2008; Cabral et al., 2014; Gilardi et al., 2017).

또한 여름재배의 수량감소를 일으키는 가장 큰 생리장애는 고온에 의한 추대(장다리)의 촉진이다(Hwang et al., 2007) (<Figure 4B>). 품종에 따라 차이는 있지만 결구상추는 적산온도가 1,400~1,700°C, 잎상추는 1,200~1,300°C가 되면 꽃눈이 분화되고, 15일이 지나면 추대하기 시작한다. 일단 추대가 시작되면 상추의 생산을 할 수 없게 됨으로, 향 후 적산온도 감응에 둔감한 상추품종의 개발은 여름재배에 안정적인 상추생산에 기여할 것이다(Jang et al., 2007).

그리고 웰빙시대를 맞아 현대인들에게 상추소비를 촉진시키기 위해 상추의 기능성강화는 필수적이다. 상추에는 섬유소, 포타슘, 베타카로틴, 안토시아닌, 비타민 E, 비타민 C의 좋은 공급원이고, BSL(bitter sesquiterpene lactones)류인 락투신, 락투코피크린 등의 유용성분은 상추 특유의 씹살한 맛을 내며 생리활성 작용으로 위궤양, 발열, 최면, 정신안정, 진통효과가 있어 불면증에 좋다고 알려져 있다(Cho et al., 2016). 반면에 상추는 건강에 유해할 수 있는 질산염의 축적이 많아 질 수 있어서 이에 대한 개선이 필요한 실정이다(Jin et al., 2004). 따라서 보건적 효과가 높은 기능성 채소에 대한 소비자의 관심이 점점 높아지고 있는 추세이기 때문에, 향후 질산염의 축적은 낮고 유용 기능성 성분들이 다양화 되고 강화된 상추품종은 시장경쟁력이 높아질 것이다.

2.3. 현실적 대안 1

생물의 DNA 염기서열을 기반으로 한 생물체의 유전자들에 대한 총체적인 연구를 목적으로 하는 유전체학(Genomics)은 2008년부터 본격화된 Next Generation Sequencing (NGS) 기술의 혁신으로 비약적인 발전이 이루어졌다.(McKenna et al., 2010). 현재 벼 콩 등의 작물에서 표준유전체 및 이를 활용한 비교 유전체연구-표준 유전체 정보를 주형으로 같은 종 혹은 근연종의 유전체 서열을 해독하는 기술-이 이미 진행되었고, 이를 기반으로 GWAS(Genome wide association study, 전장 유전체 연관분석) 등을 이용해 유전자원에서 유용 농업 형질에 대한 유용 유전자를 대량 탐색하여 품종육성에 이용하는 분자 육종 혹은 유전체 육종 platform 빠르게 구축되고 있다(Huang et al., 2010). 최근 상추도 *Lactuca sativa* cv. *Salinas*란 결구상추에서 기원한 고품질의 표준 유전체 정보가 일반에 공개가 되었다(Reyes-Chin-Wo et al., 2017). 상추는 총 9개의 염색체로 이루어져 있고, 유전체의 길이는 2.3Gb((Giga basepair), 약 23억 쌍)으로 인간 유전체(3.0Gbp)보다는 작지만 매우 큰 편에 속한다(Reyes-Chin-Wo et al., 2017).

NGS 기술 중 GBS(Genotyping by Sequencing)는 유전체

전체를 편중되지 않게 염기서열을 부분적으로 해독하여 이용할 수 있는 최근에 개발된 기술이다. 질이 좋은 표준 유전체 정보가 존재할 때에는 더욱 저렴한 비용-96개의 유전자원에서 한 개의 SNP(단일염기서열치환)를 찾는데 약 100원 소요-으로 유용 유전자를 찾는 근거가 되는 SNP 등 분자 표지 마커를 대량으로 탐색할 수 있다(Elshire et al., 2010). 특히 거대 유전체 작물이나 배수체 작물의 분자유전/육종 연구에서 검증되었기 때문에 상추에도 활용 가능할 것으로 예상된다(Huang et al., 2014). 따라서 향후 공유된 유전체 정보를 활용해서 앞서 언급한 상추 유전자원에 숨겨진 유용 유전자들-즉 시들음병 저항성, 고온기 추대억제 그리고 기능성강화 등-을 찾아 품종 육성에 적용하는 유전체 육종 시대가 근 시일 내에 올 것으로 사료된다.

2000년도 후반부터 국내 상추 연구는 시설 상추의 재배 생산체계 개선, 상추의 농약 잔류량 및 유해 물질 측정정도 평가 그리고 생명공학적인 방법에 의한 기능성 유전자 도입 등이 주류를 이루고 있다. 특히 Lee(2005) 등은 치마상추에서 재배 방식에 따라 생체중은 큰 차이를 보이지 않았지만 조섬유 함량, 엽록소 함량, 무기성분, 당 함량 등에서 품종 및 재배/저장 방법에 따라 유의한 차이를 보임을 밝혀내었다. 따라서 시설재배 조건 및 저장기술의 최적화와 함께 육종에 의한 품질 개선은 상추의 품질 향상에 핵심 사안이라고 사료된다.

또한 Chung(2005) 등은 상추에 *Agrobacterium*형질전환을 이용해 *Amorpha-4,11-diene synthase(ADS)* 유전자를 도입하여, 항말라리아 물질인 *artemisinin*을 생산을 시도하였다(Chung et al., 2005). 이러한 생명공학적인 방법으로 단 시일 내 고부가가치 상추를 개발할 수 있지만 GMO작물에 대한 국내 소비자의 부정적 시각 때문에 현재까지 상품화는 어려운 실정이다. 아쉽게도 현재까지 상추 유전체 정보활용을 통한 유전체 육종 사례는 보고되어 있지 않다.

하지만 서구에서는 유전자원에서 유래된 abiotic/biotic 저항성에 관련된 유용 유전자를 발굴하여 육종에 이용하는 시도가 활발히 이루어지고 있다. 특히 상추연구의 전세계적 선두그룹인 Dr. Michelmore팀은 상추의 고온발아불량을 개선하기 야생자원인 PI251246과 결구형재배 상추품종 품종(*L. sativa* cv. *Salinas*)과 교배해 얻은 RIL집단(PlxSal_RIL)을 이용하여 QTL 분석을 수행하여, *LsERF1*를 동정하였다(Yoong et al., 2016). PI251246유래 *LsERF1*은 ethylene 처리에 민감하게 반응하여 32°C에서도 재배종보다 10가 넘는 발아율을 유도할 수 있다. 이 연구는 유전체 정보 활용 유전자원 유래 우수 유전자 발굴의 육종적 효과를 단적으로 나타내주는 연구 사례가 될 수 있다.

또한 Scott et al.(2010)은 시들음 병의 원인균인 *Fusarium oxysporum* f.sp. *lactucae*의 접종 방법 별 품종 간 병 발생 정도를 평가하였는데, 그 중 가장 강한 선발효과를 내는 root-dip inoculation에 있어서도 살아남는 저항성 품종이 존재함을 밝혀내어서, 향후 이러한 유용한 상추 유전자원에서 유래한 시들음병 저항성유전자 들이 유전체 육종 기술로 품종육성에 활용되는 사례가 생길 것이다.

2.4. 현실적 대안 2

첨단 육종기술로 재배적 안정성과 기능성 및 기타 품질이 특화된 맞춤형 상추 품종 육성이 가능하지만, 이를 소비해 줄 수 있는 틈새시장 개발이 매우 중요하다. 본 절에서는 그 틈새

시장의 한 예로써 학교급식을 제안하고자 하고, 서울시 초등학교의 학교 급식의 현황에 대해 소개한다.

서울의 모든 초등학교는 직영 급식을 운영하고 있으며 1인당 가장 많은 급식비 분포는 3,150원으로 급식이 많은 학교를 보면 1,500명 이상인 학교가 18개, 1,000~1,500명 사이의 학교는 108개가 있다(Seoul Metropolitan office of education, 2017). 초등학교 급식의 1년 총 예산은 2,791억 원으로 이중 농산물이 약 623억 원으로 추정되며 급식의 식품비 비율은 고기류, 공산품, 농산물의 분포가 비슷하지만 지역적 식습관 및 영양사의 기호도에 따라서 다르며 무상급식에서 서울시교육청 7090 청정급식 정책에 따라 친환경농산물 70% 이상 권장 지침을 따르고 있다.

급식에서 상추 요리가 차지하는 횟수는 초등학교에서 급식표를 분석하여 보면 1년 평균 약 8회 미만의 상추 요리만 나오고 있는 실정으로 학교 상황에서 상추는 학교 급식에 주된 공이 되지 못하고 있는 실정이다(Seoul Metropolitan office of education, 2017). 또한 상추는 아직도 학교 급식에서도 쌈문화로 차지하는 부분이 크고 샐러드용 상추는 공급 받기가 어려운 실정이다. 그 이유는 측면상추보다는 치마상추를 많이 사용하는데 일손을 되도록 덜어야만 하는 급식의 입장에서 본다면 잎이 구불구불해 씻기 어려운 측면상추보다는 세척하기 편한 치마상추를 선호할 수밖에 없다(personal communication). 또한 학교급식에서 쓴맛은 학생들이 좋아하지 않는 것으로 나타났다(Ku & Seo, 2005). 서울시 급식에서는 “채소류 2: 단백질 1: 탄수화물 1”의 비율로 식단을 만들기 위해서 노력하고 있다(Seoul Metropolitan office of education, 2017).

성장기 시절에 섭취한 음식은 성인이 되어서도 영향을 크게 미치게 되는데 신장과 체중이 늘어나면서 학교생활을 통해 활동량이 증가하므로 다양한 영양이 필요하게 된다. 또한 이시기에는 주위환경의 영향을 받아 음식의 선호도가 뚜렷해지는 중요한 시기이기 때문에 에너지, 단백질, 칼슘, 비타민 A 등이 균형 있게 섭취되어야 한다(Ku & Seo, 2005). 국내 잎상추와 양상추의 영양소를 비교하였을 때 상추 30g당 칼슘은 11.4mg, 비타민 A는 11.7ug인 반면 양상추는 30g당 칼슘은 9.6mg, 비타민 A는 4.8ug에 불과 했다. 따라서 국내 잎상추의 영양학적 성분이 더 높기 때문에 급식에서 아직까지 인기가 없었던 상추류가 부상할 수 있지만 기존의 쌈용 상추가 아니라 샐러드용 상추요리 조리법 및 급식에서 손질이 용이하고 초등학교 학생 입맛에 맞는 상추품종 개발 등에 대해 사전에 검토되어야 한다.

3. 맺음말

국내 상추 연구의 생장/생리 분석, 상추 수확시스템, 양액 재배 및 개발재식밀도 및 시비량 설정 등에 대한 기술과 Agrobacterium 기반 생명공학적인 유전자 도입 기술은 세계적인 수준이다. 반면에 국내 상추품종 개발은 현재까지도 교배 육종 단계에 머물러 있고, 유전체 육종사례는 전무한 실정이다. 그러나 현재 국내 상추산업의 국가 경쟁력 확보를 위해선 시들음병에 의한 연작장애의 해결, 고온기 생산성 제고 그리고 건강기능성 개선을 통한 소비자 기호 충족 등에 대한 도전들이 해결되어야 한다. 또한 학교 급식과 같은 틈새시장을 공략할 수 있는 맞춤형 상추 품종과 다양한 상추조리법이 개발되어야

한다. 따라서 이를 위해 다양한 상추 유전자원에서 유래한 유용 유전자들을 상추품종 육성에 효율적으로 활용할 수 있는 유전체 육종 기술이 하루빨리 국내에 정착되어야 할 것이고, 틈새시장 공략을 위한 관련 특정 소비자의 상추에 대한 선호 연구가 선결되어야 할 것이다.

References

- Cabral, C. S., Brunelli, K. R., Costa, H., Fonseca, M. E., & Boiteux, L. S., R. A. (2014). Identification of *Fusarium oxysporum* f. sp. *lactucae* race 1 as the causal agent of lettuce wilt in Brazil. *Tropical Plant Pathology*, 39(3), 197-202.
- Chadwick, M., Trewin, H., Gawthrop, F., & Wagstaff, C. (2013). Sesquiterpenoids lactones: Benefits to plants and people. *International Journal of Molecular Sciences*, 14(6), 12780-12805.
- Cho, G. T., Lee, Y. Y., Choi, S., Yi, J. Y., Lee, G. A., Ko, H. C., Na, Y. W., Park, H. J., Ma, K. H., & Gwang, J. G. (2016). Variation of Sesquiterpene Lactones Content in Lettuce (*Lactuca sativa* L.) Germplasm. *Journal of the Korean Society of International Agriculture*, 28(2), 220-226.
- Chung, K. M., Song, M. J., Baek, N. I., & Park, Y. D. (2005). Agrobacterium-mediated Transformation of Lettuce with a Amorpha-4, 11-diene Synthase Gene. *ILSR*, 24, 61-66.
- Elshire, R. J., Glaubitz, J. C., Sun, Q., Poland, J. A., Kawamoto, K., Buckler, E. S., & Mitchell, S. E. (2011). A robust, simple genotyping-by-sequencing (GBS) approach for high diversity species. *PLoS One*, 6(5), e19379.
- FAOSTAT. (2013). Lettuce (with chicory) production in 2013. *UN Food & Agriculture Organization*, Statistics Division.
- Gilardi, G., Pons, C., Gard, B., Franco-Ortega, S., & Gullino, M. L. (2017). Presence of *Fusarium Wilt*, Incited by *Fusarium oxysporum* f. sp. *lactucae* on Lettuce in France. *Plant Disease*, 101(6), 1053-1053.
- Govindaraj, M., Vetriventhan, M., & Srinivasan, M. (2015). Importance of genetic diversity assessment in crop plants and its recent advances: An overview of its analytical perspectives. *Genetics Research International*, 431-487.
- Huang, X., Wei, X., Sang, T., Zhao, Q., Feng, Q., & Zhao, Y. (2010). Genome-wide association studies of 14 agronomic traits in rice landraces. *Nature Genetics*, 42(11), 961-967.
- Huang, Y. F., Poland, J. A., Wight, C. P., Jackson, E. W., & Tinker, N. A. (2014). Using genotyping-by-sequencing (GBS) for genomic discovery in cultivated oat. *PLoS One*, 9(7), e102448.

- Hwang, S. J., Lee, J. M., An, J. M., Kim, S. Y., & Choi, G. W. (2007). Bolting Response of Various Lettuce Cultivars Affected by Seed Treatments. *Korean Journal of Environmental Agriculture*, 26, 325-331.
- Jang, S. W., & Lee, E. H. (2004). Research and development of alpine vegetable in Korea and Russia. *National Inst. of Highland Agriculture, International Science Symposium*, 163-208.
- Jang, S. W., Lee, E. H., & Kim, W. B. (2007). Analysis of research and development papers of lettuce in Korea. *Kor. J. Hort.* 25(3), 295-303.
- Jin, S. J., Cho, H. J., & Chung, J. B. (2004). Effect of Soil Salinity on Nitrate Accumulation of Lettuce. *Korean Journal of Soil Science and Fertilizer*, 37(2), 91-96.
- Jun, S. Y., Kim, T. H., & Hwang, S. H. (2012). The Consumption Status and Preference for Sprouts and Leafy Vegetables. *Korean J Food Preserve*, 19(5), 783-791.
- KAMIS. (2016). Statistics on price information of domestic agricultural products. *Korea Agricultural and Fisheries Corporation*.
- Kim, J. Y., Hong, S. S., Lee, J. G., Lee, H. J., Lim, J. W., Kim, J. W., & Kim, H. G. (2008). Occurrence of Fusarium Wilt Caused by *Fusarium oxysporum* f. sp. *Lactucae* and Cultivar Susceptibility on Lettuce. *Research in Plant Disease*, 14(2), 79-84.
- Ku, U. H., & Seo, J. S. (2005). The Status of Nutrient Intake and Factors to Dislike of Vegetables in Elementary School Students. *Korean J. Community Nutrition*, 10(2), 151-162.
- Kwack, S. J., Lee, S. K., Kwack, E. J., Yang, S. J., Lee, S. K., Han, J. W., Kang, T. H., & Kim, W. (2014). Preference Survey of Leaf Lettuce for Marketing with the Quality. *The Korean Society of the Agricultural Machinery*, 19(1), 266-267.
- Lee, J. S., Choi, J. W., Chung, D. S., Lim, C. I., Seo, T. C., Do, G. L., & Chun, C. (2005). Effects of Lettuce (*Lactuca sativa* L.) Cultivars and Cultivation Methods on Growth, Quality, and Shelf-life. *Horticultural Science and Technology*, 23(1), 12-18.
- McKenna, A., Hanna, M., Banks, E., Sivachenko, A., Cibulskis, K., & Kernysky, A. (2010). The Genome Analysis Toolkit: A Map Reduce framework for analyzing next-generation DNA sequencing data. *Genome Research*, 20(9), 1297-1303.
- Park, K. W., & Lee, J. M. (2006). Wrap-ups: A unique method of vegetable usage and consumption in Korea. *Chronica Hort.*, 46, 2-15.
- Price, K. R., DuPont, M. S., Shepherd, R., Chan, H., & Fenwick, G. R. (1999). Relationship between the chemical and sensory properties of exotic salad crops-coloured lettuce (*Lactuca sativa*) and chicory (*Chicorium intybus*). *J. Sci. Food Agric.*, 53(2), 185-192.
- Reyes-Chin-Wo, S., Wang, Z., Yang, X., Kozik, A., Arikiti, S., Song, C., & Michelmore, R. W. (2017). Genome assembly with in vitro proximity ligation data and whole-genome triplication in lettuce. *Nature Communications*, 12(8), 14953.
- Ryder, E. J. (1997). Origin and history of lettuce, types of lettuce, and production. In: *Compendium of Lettuce Diseases*, Davis, R. M., Subbarao, K. V., Raid, R. N., & Kurtz, E. A. (eds.), *American Phytopathological Society*, 1-8.
- Scott, J. C., Kirkpatrick, S. C., & Gordon, T. R. (2010). Variation in susceptibility of lettuce cultivars to fusarium wilt caused by *Fusarium oxysporum* f. sp. *lactucae*. *Plant Pathology*, 59(1), 139-146.
- Seoul Metropolitan office of education. (2017). Administrative directions on school meal program on the year 2016. *Seoul Metropolitan Office of Education Press*, 2018(3).
- Simonne, A., Simonne, E., Eitenmiller, R., & Coker, C. H. (2002). Bitterness and composition of lettuce varieties grown in the southeastern United States. *Horttechnology*, 12(4), 721-726.
- Statistics Korea. (2016). Annual statistics on agricultural products on the year 2016. *KOSTAT Press*.
- Yoong, F. Y., O'Brien, L. K., Truco, M. J., Huo, H., Sideman, R., Hayes, R., Michelmore, R. W., & Bradford, K. J. (2016). Genetic Variation for Thermo tolerance in Lettuce Seed Germination Is Associated with Temperature-Sensitive Regulation of ETHYLENE RESPONSE FACTOR1 (ERF1). *Plant Physiology*, 170(1), 472-488.