

화산회토 감귤원에서 헤어리베치의 이용 가능성*

김유경*** · 조영윤** · 강호준** · 김정선** · 좌창숙** · 송관철**

Availability of Hairy Vetch as Leguminous Cover Crops in Citrus Orchards of Volcanic Ash Soils

Kim, Yu-Kyoung · Cho, Young-Yuen · Kang, Ho-Jun · Kim, Jeong-Sun · Choa, Chang-Suk · Song, Kwan-Cheol

In this study we evaluated the availability of hairy vetch in citrus (*Citrus unshiu* Marc.) orchards of volcanic ash soils. The responses to increasing seeding rates and various growing conditions such as altitude, accumulated temperature, and soil chemical properties etc, were analyzed by means of the seedling establishment rate, weed occurrence ratio, and shoot biomass yield of hairy vetch. Field experiments were conducted at five citrus orchards by altitude from Sep. 2015 to Apr. 2016 in Jeju Island, Republic of Korea. Hairy vetch used in the study was 'Cheongpyungbora', developed by National Institute of Crop Science. Seeding rates of hairy vetch consisted of 30, 60 and 90 kg·ha⁻¹. Results showed that the seedling establishment rates of hairy vetch were quite similar regardless of seeding rates in all fields and weed occurrence ratio at 30, 60 and 90 kg·ha⁻¹ of seeding rates were 11.8, 3.8, and 5.1% (dry wt.), respectively. Both 60 and 90 kg·ha⁻¹ of seeding rates, the weed occurrences were decreased by 96.2% and 94.9%. The nitrogen production of hairy vetch at 30, 60 and 90 kg·ha⁻¹ of seeding rates were 254, 316, and 315 kg·ha⁻¹, respectively. Both 60 and 90 kg·ha⁻¹ of seeding rates, The nitrogen production were increased by 24%, compared to 30 kg·ha⁻¹ of seeding rate. In these results we were considered that the cost-efficient seeding rate of vetch was 60 kg·ha⁻¹ in citrus orchards. Also, this study showed that the shoot biomass of hairy vetch and various cultivative factors were related and The nitrogen production of hairy vetch had a little bit of positive correlation (R=0.2714) with accumulated temperature and considerable correlations with some items (EC (R=0.4520**) and exchangeable K (R=0.4078**)) of soil chemical properties. Therefore, we were considered that hairy vetch can be used as a leguminous cover crop in citrus

* 본 연구는 농촌진흥청 국립농업과학원 농업과학기술 연구개발사업(과제번호 : PJ01082908)의 지원에 의해 이루어진 것임.

** 제주특별자치도농업기술원 친환경연구과

*** Corresponding author, 제주특별자치도농업기술원 친환경연구과(kyk555@korea.kr)

orchards, the calculation formula ($Y=4.4097X + 33.594$ ($R=0.9547$)) can be suggested for nitrogen yield of hairy vetch by using the shoot fresh weight (X).

Key words : citrus orchard, cover crop, hairy vetch, volcanic ash soil

I. 서 론

헤어리베치는 콩과 *Vicia* 속의 월년생 식물로서 내한성이 강하고 줄기가 덩굴성으로 토양 피복능력이 좋으며 질소고정 능력이 높기 때문에 사료, 녹비 및 피복작물로 널리 재배되고 있다(Greg et al., 2000). 특히 질소성분 함량이 3.6~4.1%로 다른 콩과 작물에 비해 높은 편이고(Smith et al., 1987), 헤어리베치가 생산한 질소양분의 30~60% 정도를 후작물이 흡수할 수 있어 질소비료 사용을 줄일 수 있다고 알려져 있다(Evans and Terashima, 1987; Sattell et al., 1998; Fisk and Hesterman, 2001). 헤어리베치는 과원에서 self-reseeding 피복작물로 토양유실 및 잡초 경감, 그리고 질소고정에 의하여 비옥도를 증가시키는 효과 등을 기대할 수 있다고 보고되고 있다(Cardina, 1995; Petersen and Rover, 2005; Ramos et al., 2010). 최근에 국내에서는 배, 사과, 단감, 복숭아, 유자 등 과원에서 헤어리베치를 이용한 질소양분 공급효과에 대한 연구가 이루어져 왔는데, 헤어리베치를 ha당 60 kg 가을에 파종하였을 때 질소양분 공급량이 140~190 kg까지 가능하다고 보고되었다(Park et al., 2008; Lee et al., 2012).

그러나 제주지역에 주로 분포하고 있는 감귤원에서 헤어리베치 활용방법과 효과에 대한 연구는 아직까지 미진한 실정이다. 특히 유기재배 감귤원의 경우 질소 등 투입 양분의 부족으로 수량 감소현상이 문제가 되고 있는데(Kim, 2014), 온주밀감(*Citrus unshiu* Marc.)의 경우 양분흡수가 5월에서 7월, 그리고 8월에서 9월 사이에 가장 빠르고 과실중이 급격히 증가하므로(Anh et al., 2003), 5월과 6월 사이에 헤어리베치를 토양에 환원하였을 때, 질소 등 양분공급 효과를 기대할 수 있을 것으로 보인다. 하지만 제주도의 토양특성 및 기후여건은 육지부와 매우 다르고 한라산의 지형효과로 지역별로 많은 차이가 나타난다. 특히 감귤원은 해안지대부터 해발 200 m 이상의 고지대까지 넓게 분포되어 있는데, Song 등(2010)은 해발고도가 100 m 높아짐에 따라 연평균기온은 0.8 °C씩 낮아지고 강우량은 110 mm 많아지는 경향을 보인다고 하였다. 따라서 이러한 재배지별 온도 및 토양특성 등을 포함한 여러 가지 재배환경 요인들이 피복작물 생육에 영향을 줄 수 있으므로(Sattell et al., 1998), 감귤원에 헤어리베치 이용 시 재배 안정성과 효과를 높이기 위해서는 이러한 요인들이 헤어리베치 수량에 미치는 영향에 대한 검토가 선행되어야 할 것으로 보인다.

본 연구에서는 감귤원에서 헤어리베치 파종량, 적산온도, 토양화학성 등의 재배적 요인들이 헤어리베치의 생육 및 수량에 미치는 영향을 분석하고 이에 따른 효율적인 양분관리 체계를 정립하고자 수행하였다.

II. 재료 및 방법

본 시험은 제주도 일원 감귤원 5개소에서 2015년 9월부터 2016년 4월에 걸쳐서 수행하였다. 시험포장은 제주도 남부 및 북부 지역에서 고도별로 총 5개소(해발고도 남부: 호근 116 m, 상예 161 m; 북부: 신촌 37 m, 와산 123 m, 용강 232 m)를 선정하였다. 헤어리베치(*Vicia villosa* Roth)는 국내 육성 품종인 ‘청풍보라’를 재배하였고, 파종량은 ha당 30, 60 및 90 kg 수준으로 하여 9월 10일과 15일 사이에 파종하였다. 시험구 면적은 1 m²로 사각 틀을 제작하고 감귤나무 사이에 설치하여 조사하였으며 파종방법은 면적당 파종량 수준별로 환산하여 산파하였다. 헤어리베치 생초 수량은 해당 시험구(1 m²) 전체를 예취하여 ha당 수량으로 환산하였으며, 건물 수량은 생초 수량을 평량하고 난 후 5 kg 정도를 취하여 50℃로 열풍 건조 후 건물율을 산출한 다음 ha당 수량으로 환산하였다. 건조된 시료는 분쇄 후 무기성분 분석용으로 이용하였다. 잡초 발생량은 각 시험구당 잡초를 전량 채취한 후 생초 수량을 측정하고 나서 50℃로 열풍 건조 후 단위 면적당 건물 수량으로 환산하여 측정하였다. 입모율 조사는 입모율(%) = (입모수/총 파종립수)×100에 의해 산출하였으며 입모수는 분업 2엽과 토양착근이 완성된 개체 수를 조사하여 나타내었다.

토양 화학성과 식물체 무기성분 함량 등은 ‘농업과학기술 연구조사분석기준’에 준하여 조사를 하였다(RDA, 2012). 토양시료는 각 시험구별로 파종 전에 15 cm 깊이로 채취하였으며 채취한 시료는 음건시킨 후 2 mm 체를 통과시키고 분석에 이용하였다. 토양 pH와 전기전도도(EC)는 토양시료와 증류수의 비율을 1:5로 추출하여 각각 pH와 전기전도도 meter (Orion 3 Star)로 측정하였다. 유기물은 Tyurin법으로, 유효인산은 Lancaster법 그리고 치환성 양이온은 1N-ammonium acetate로 침출한 후 ICP (OPTIMA 7300, PerkinElmer)를 이용하여 분석하였다. 식물체 무기성분 함량은 분쇄시료를 황산으로 분해한 후에 전질소는 켈달법으로 분석하였다. 시험기간 중의 온도 등 기상 변화는 시험포장 또는 인근포장에 설치된 기상장비(Automatic Weather System)에서 측정된 자료를 인용하였다. 시험분석은 각 처리구당 3반복으로 수행하였고, 자료는 SAS 프로그램(SAS version 8/2, NC, USA, 2001)을 이용하여 분석하였으며, 평균간 유의차 검정은 Duncan’s multiple range test로 95% 신뢰수준에서 분석하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 헤어리베치 파종량에 따른 입모율 및 잡초 발생비율

헤어리베치 파종량에 따른 시험포장별 입모율 및 잡초 발생비율을 조사하였다. 헤어리베

치 파종량에 따른 평균 입모수는 시험구 면적(1 m²)당 514, 953 및 1,468 개체로 60 및 90 kg 파종 시 30 kg 파종구보다 각각 1.9배 및 2.9배 많았고 유의적인 차이를 보였으나 같은 파종량 수준에서는 포장별 유의성이 없었다(Fig. 1). 그리고 입모율은 30, 60 및 90 kg·ha⁻¹ 파종량 수준에서 5개소 평균 각각 57.1, 53.0 및 54.4%로 유사하였다(Fig. 2). 파종량에 따른 잡초 발생비율은 5개소 평균 11.8, 3.8 및 5.1%로 처리 간 유의성이 없었으나 30 kg 파종구에서 다소 높은 경향을 보였으며 60 및 90 kg 파종구는 각각 96.2% 및 94.9% 정도의 잡초 경감효과를 나타냈다(Fig. 3). 반면 같은 파종량 수준에서는 포장별로 유의적인 차이를 보였는데, 해발고도가 37 m로 가장 낮은 신촌 포장에서 대체로 높은 경향을 보였다. 이러한 결과는 헤어리베치를 재배하였을 때 잡초의 건물중이 크게 감소한다는 연구결과(Curran and Hoffman, 1994; Fisk et al., 2001)와 유사한 경향을 보였으나, 일부 해발고도가 낮고 일 평균기온이 높은 감귤원에서는 ha당 30 kg 이하 파종 시 입모율이 50% 이상 되더라도 잡초 발생이 많아 피복작물 우점이 어렵고 피복효과를 감소시킬 우려가 있음을 보여준다. 따라서 감귤원에서 헤어리베치의 피복효과를 높이고 안정적인 재배를 위해서는 ha당 60 kg 이상 파종하는 것이 적정하다고 판단된다. 이와 유사하게 Yoo 등(2007)도 헤어리베치를 ha당 50 kg 이상 파종하였을 때 잡초 발생이 현저히 감소한다고 하였으며, Andy (1998)도 봄철이나 가을철 파종기가 늦어질 때 또는 잡초가 많거나 경사지 지역에서는 헤어리베치 파종량을 늘려야 한다고 보고하였다.

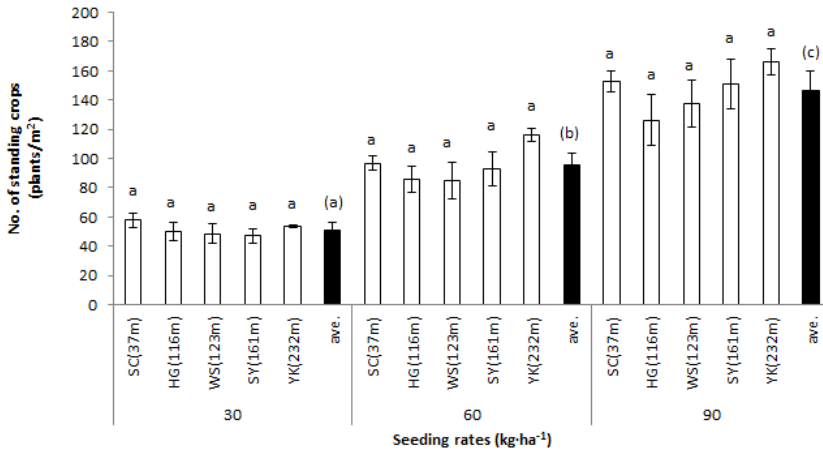


Fig. 1. Number of standing crops according to the hairy vetch seeding rates in citrus orchards. Different letters indicate significant differences at $p < 0.05$ (SC, Shin-Chon : HG, Ho-Geun : WS, Wa-San : SY, Sang-Yae : YK, Yong-Kang ; Bars represent \pm SD (n=3)).

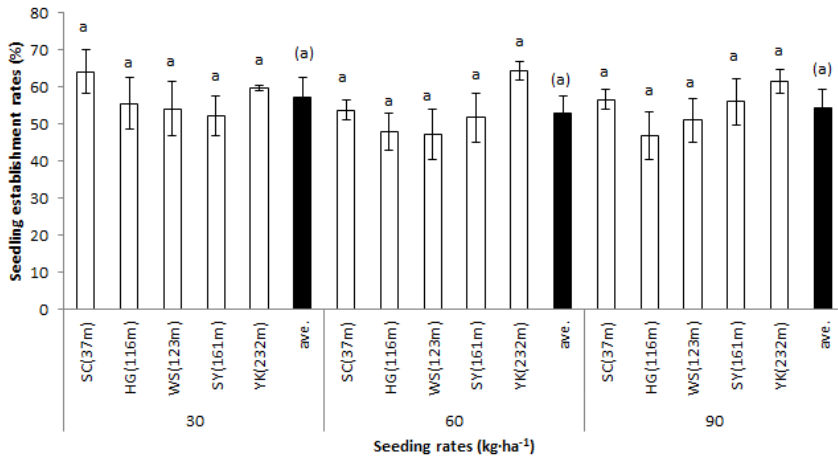


Fig. 2. Seedling establishment rates according to the hairy vetch seeding rates in citrus orchards. Different letters indicate significant differences at $p < 0.05$ (SC, Shin-Chon : HG, Ho-Geun : WS, Wa-San : SY, Sang-Yae : YK, Yong-Kang ; Bars represent \pm SD (n=3)).

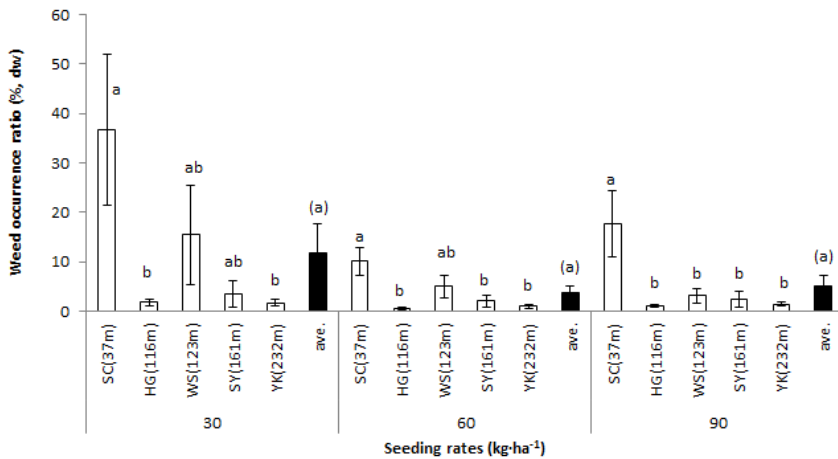


Fig. 3. Weed occurrence ratio according to the hairy vetch seeding rates in citrus orchards. Different letters indicate significant differences at $p < 0.05$ (SC, Shin-Chon : HG, Ho-Geun : WS, Wa-San : SY, Sang-Yae : YK, Yong-Kang ; Bars represent \pm SD (n=3)).

2. 헤어리베치 파종량에 따른 건물 및 질소 수량

Fig. 4는 감귤원에서 헤어리베치를 ha당 30, 60 및 90 kg 수준으로 9월 중순경에 파종하

고 4월 중순에 수확 시 건물 수량을 조사한 결과이다. 건물 수량은 ha당 최소 4.45톤(상예 90 kg·ha⁻¹ 파종구)에서 최대 14.59톤(용강 30 kg·ha⁻¹ 파종구)으로 파종량 또는 고도별 포장에 따라 차이를 보였으나 이에 따른 뚜렷한 경향을 보이지는 않았다. 우선 파종량 수준별로 보면 5개소 평균 건물 수량은 ha당 각각 7.37, 8.43 및 8.47톤으로 유의성을 보이지는 않았으나, ha당 60 및 90 kg 파종 시 건물 수량은 유사하였고 30 kg 파종구 대비 14~15% 정도 높았다. 포장별로 살펴보면 건물 수량은 제주도 북부지역에 위치한 신촌, 와산 및 용강 포장에서 대체로 높았고 남부지역에 위치한 호근 및 상예 포장에서 낮은 경향을 보였는데, 30 kg 파종 시 신촌 및 와산 포장에서 건물 수량이 비교적 낮은 것은 잡초 발생비율이 높은 것과 관련이 있는 것으로 판단되었다.

헤어리베치 지상부의 질소 함량(건물중 기준)은 최소 3.24% (와산 30 kg·ha⁻¹ 파종구)에서 최대 4.37% (상예 90 kg·ha⁻¹ 파종구) 함량을 보였는데, 상예 포장에서 대체로 높은 경향이였으며 그 외 포장에서는 유사하였다(Fig. 5). 그리고 파종량 수준별 평균 질소 함량은 각각 3.53, 3.78 및 3.80%로 처리간 유의성이 없었다. 헤어리베치의 질소 수량은 ha당 최소 175 kg (와산 30 kg·ha⁻¹ 파종구)에서 최대 467 kg (용강 30 kg·ha⁻¹ 파종구) 값을 얻었는데, 파종량 또는 고도별 포장에 따른 건물 수량과 유사한 경향을 보였다(Fig. 6). 즉 파종량 수준별 5개소 평균 질소 수량은 ha당 각각 254, 316 및 315 kg 으로 처리 간 유의성은 없었으나 60 및 90 kg 파종 시 30 kg 파종구 대비 24% 정도 높았으며 60 및 90 kg 파종구간 질소 수량은 유사한 것으로 나타났다.

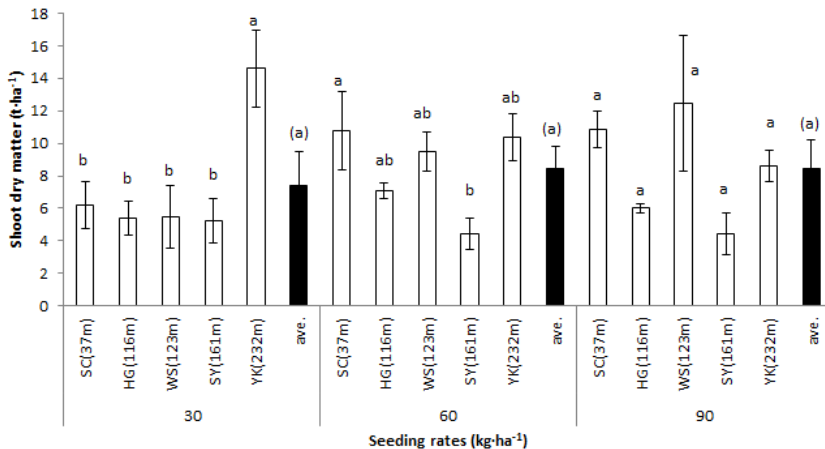


Fig. 4. Shoot biomass of hairy vetch harvested on April 20 according to the hairy vetch seeding rates in citrus orchards. Different letters indicate significant differences at $p < 0.05$ (SC, Shin-Chon : HG, Ho-Geun : WS, Wa-San : SY, Sang-Yae : YK, Yong-Kang ; Bars represent \pm SD (n=3)).

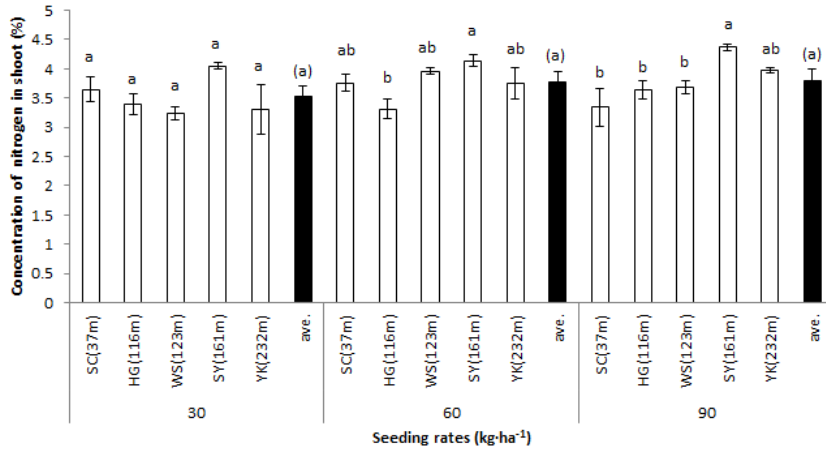


Fig. 5. Concentration of nitrogen in shoot of hairy vetch harvested on April 20 according to the hairy vetch seeding rates in citrus orchards. Different letters indicate significant differences at $p < 0.05$ (SC, Shin-Chon : HG, Ho-Geun : WS, Wa-San : SY, Sang-Yae : YK, Yong-Kang ; Bars represent \pm SD (n=3)).

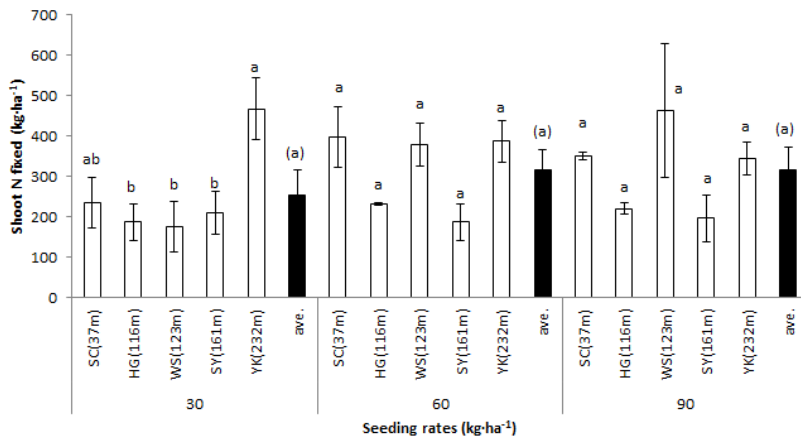


Fig. 6. Fixed nitrogen in shoot of hairy vetch harvested on April 20 according to the hairy vetch seeding rates in citrus orchards. Different letters indicate significant differences at $p < 0.05$ (SC, Shin-Chon : HG, Ho-Geun : WS, Wa-San : SY, Sang-Yae : YK, Yong-Kang ; Bars represent \pm SD (n=3)).

이러한 결과는 Stephen 등(1991)이 파종량이 일정 수준보다 많아지면 오히려 헤어리베치 수량이 증가하지 않고 감소하는 경향을 보인다고 하였는데 이와 유사하였다. 그리고 Ku 등 (2014)이 ‘청풍보라’ 품종을 수원, 익산, 밀양 및 영덕 4개소에서 지역적응시험을 실시한 결과

평균 건물 수량이 ha당 5.2톤, 질소 수량이 166 kg이었다고 보고한 내용과 차이를 보였는데, 이는 겨울철 평균기온이 높은 제주지역이 육지부에 비해 헤어리베치 생육이 양호하며 질소 수량도 많은 것을 보여주는 것으로 생각된다. 또한 Sattell 등(1998)은 헤어리베치를 9월 중순에 파종하고 4월 중순에 수확하였을 때 ha당 질소 수량이 최소 90 kg에서 최대 310 kg으로 5년 평균 170 kg 생산되었고, 생산한 질소 양분의 50%를 후작물이 흡수 이용하였다고 보고하였다. 이러한 결과를 감귤원에 적용하면 헤어리베치를 9월 중순에 ha당 60 kg 파종하고 4월 중순에 수확 시 평균 316 kg의 질소 수량을 얻을 수 있으며, 50%인 158 kg 정도를 감귤나무가 흡수 이용하면 감귤원 ha당 연간 질소 필요량인 220~230 kg의 70% 정도를 공급할 수 있을 것으로 판단된다. 그러나 Fig. 6에서 보여주는 것처럼 같은 파종량 수준에서도 포장에 따라 헤어리베치 질소 수량이 달라질 수 있다. 따라서 손쉽게 질소 수량을 얻기 위한 방법으로 생초 수량과 질소 수량과의 관계를 비교해 본 결과 Fig. 7과 같이 상관관계가 매우 높은 것으로 나타났으며, 포장별 생초 수량(X)을 조사하면 질소 수량(Y)은 「 $Y=4.4097X+33.594$ ($R=0.9547$)」 식을 이용하여 포장별로 산출 할 수 있을 것으로 사료된다.

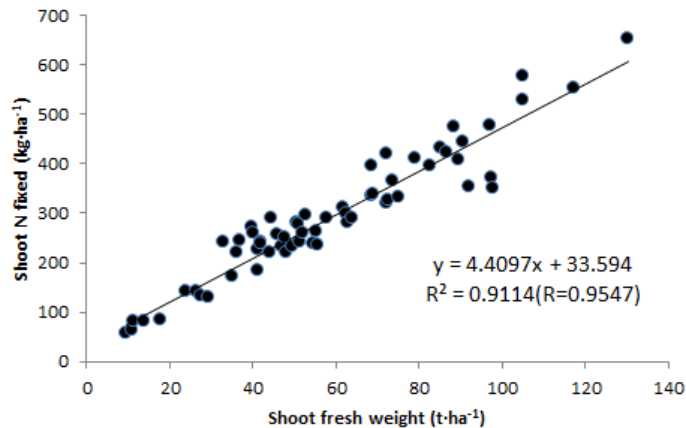


Fig. 7. Linear relationship between shoot fresh weight and shoot nitrogen fixed of hairy vetch in citrus orchards.

3. 기상요인과 헤어리베치 수량 간 상관관계

감귤원 재배지 기상요인이 헤어리베치 수량에 미치는 영향을 구명하기 위하여 파종기인 2015년 9월부터 수확기인 이듬해 4월까지 포장별 일평균기온 변화를 조사하였다(Fig. 8). 헤어리베치 생육기간 중 일평균기온(최저/최고 평균기온)의 평균값은 신촌(37 m), 호근(116 m), 와산(123 m), 상예(161 m) 그리고 용강(232 m) 포장에서 각각 12.4 (-5.2/25.3), 10.7 (-5.7/23.4), 11.3 (-6.1/24.0), 10.7 (-6.3/24.2), 그리고 9.9°C (-6.9°C/22.9°C)로 조사되었다. 평균값이 가장 높

은 신촌과 낮은 용강 포장의 온도차는 2.5°C 이었으며, 최저 평균기온은 -5.2 ~ -6.9°C 범위로 고도가 높을수록 낮아지는 경향을 보였다. 헤어리베치가 동계작물이므로 생체량 확보를 위해 중요한 요소는 저온저항성인데(Brandsaeter et al., 2002), Kim 등(2012)은 1월 최저 평균기온을 기준으로 헤어리베치의 재배 가능지대는 -10°C 이상, 재배 안전지대는 -8°C 이상 이라고 구분하였다. 또한 Ku 등(2014)은 헤어리베치 ‘청풍보라’ 품종의 적응지역은 1월 최저 평균기온이 -15°C 이상의 지역이라고 보고하였다. 따라서 본 연구가 수행된 시험포장의 해발고도는 37 m에서 232 m 범위로 모든 포장에서 1월 최저 평균기온이 -8°C 이상인 것으로 나타나 해발고도 200 m 부근의 감귤원에서도 헤어리베치의 안정적 재배가 가능할 것으로 판단되었다.

또한 고도별 포장에서의 적산온도가 헤어리베치 생육에 미치는 영향을 구명하기 위하여 생육기간에 따른 적산온도 변화를 조사하였다(Fig. 9). 적산온도는 생육기간 중 0°C 이상의 일평균기온을 더하는 방법으로 산출하였는데, 신촌, 와산, 상예, 호근, 그리고 용강 포장 순으로 높았으며, 각각 2,793, 2,539, 2,414, 2,396, 그리고 2,230°C 값을 나타냈다. 이러한 포장별 기상요인이 헤어리베치 수량에 미치는 영향을 구명하기 위하여 해발고도, 일평균기온 및 적산온도와 건물 수량과의 상관관계를 분석하였다(Table 1). 그 결과 해발고도와 일평균기온 및 적산온도와는 매우 강한 음(-)의 상관관계를 보였으며 건물중 수량과 기상요인 간 상관관계수는 일평균기온(R=0.2746), 적산온도(R=0.2714) 그리고 파종량(R=0.0056) 순으로 높았으나 요인별 유의성은 없었다. 따라서 감귤원 재배지 고도별 온도 등 기상요인은 헤어리베치 수량에 다소 영향을 줄 수는 있으나 그 영향은 크지 않은 것으로 사료되었다.

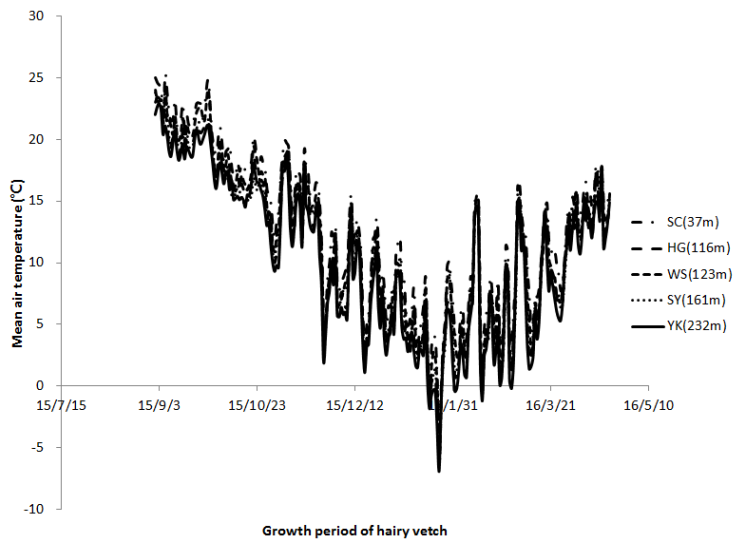


Fig. 8. Changes of average daily temperature during growth period of hairy vetch in five experimental fields (SC, Shin-Chon : HG, Ho-Geun : WS, Wa-San : SY, Sang-Yae : YK, Yong-Kang).

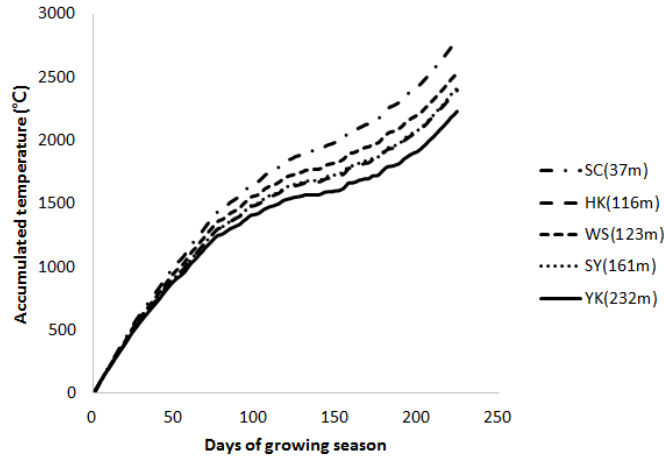


Fig. 9. Accumulated temperature during growth period of hairy vetch in five experimental fields (SC, Shin-Chon : HG, Ho-Geun : WS, Wa-San : SY, Sang-Yae : YK, Yong-Kang).

Table 1. Pearson correlation coefficients between shoot biomass of hairy vetch with climatic conditions of citrus orchards at 60~90 kg · ha⁻¹ of seeding rates

	Seeding rate	Altitude	Ave. temp.	Accu. temp.	Shoot DM
Seeding rate	1				
Altitude	0	1			
Ave.temp.	0	-0.9472	1		
Accu.temp.	0	-0.9402	0.9996	1	
Shoot DM	0.0056	-0.1738	0.2746	0.2714	1

4. 토양 화학성과 헤어리베치 수량 간 상관관계

감귤원 토양비옥도가 헤어리베치 수량에 미치는 영향을 구명하기 위하여 시험전 토양 화학성을 분석하였다(Table 2). 시험포장의 유기물 함량은 59~120 g · kg⁻¹ 범위로 화산분출 물을 모재로 하고 있어 육지부 토양보다 높았으며 특히 상예 및 와산 포장에서 각각 120 및 108 g · kg⁻¹으로 매우 높았다. 토양 pH는 4.7~6.0 범위로 신촌, 호근 및 용강 포장은 감귤 재배지 적정 pH 보다 낮았고, 상예 및 와산 포장은 적정 범위였다. EC 함량은 0.27~0.63 dS · m⁻¹ 범위로 신촌 포장에서 0.63으로 가장 높고 호근 포장에서 0.27로 가장 낮았다. 유효인산 함량은 73~854 mg · kg⁻¹ 범위로 적정범위(200~300 mg · kg⁻¹)보다 신촌 및 용강 포장은 높았고, 그 외 포장은 낮았다. 치환성 칼륨, 칼슘 및 마그네슘 함량도 각각 0.23~0.66, 0.8~7.0

및 0.43~2.46 cmol_c·kg⁻¹ 범위로 포장 간 차이가 컸으며, 또한 같은 포장 내에서도 파종량 처리구별로 비옥도에서 다소 차이를 보였다.

Table 2. Soil chemical properties at a depth of 0 to 15cm in five citrus orchards before the experiments

Places*	pH (1:5)	EC (dS·m ⁻¹)	Av. P ₂ O ₅ (mg·kg ⁻¹)	K	Ca	Mg	O.M (g·kg ⁻¹)	
				cmol _c ·kg ⁻¹				
SC (37 m ^{**})	4.7	0.63	854	0.66	2.1	0.48	77	
HG (116 m)	4.7	0.27	147	0.23	0.8	0.17	59	
WS (123 m)	5.6	0.45	73	0.43	5.3	1.26	108	
SY (161 m)	6.0	0.37	86	0.28	7.0	2.46	120	
YK (232 m)	5.1	0.52	328	0.33	3.2	0.89	72	
Range of optimum***	Volcanic	5.5~6.5	0.0~2.0	200~300	0.5~1.3	5.0~6.0	1.5~2.0	110~150
	Non-volcanic	5.5~6.5	0.0~2.0	200~300	0.5~0.7	5.0~6.0	1.5~2.0	30~50

* SC (Shin-Chon), HG (Ho-Geun), WS (Wa-San), SY (Sang-Yae), YK (Yong-Kang)

** above sea level, *** RDA (2016).

이러한 토양 화학성과 헤어리베치 건물 수량과의 상관관계를 분석한 결과는 Table 3과 같다. 건물 수량은 유기물 함량과 약한 음(-)의 상관관계를 보였으나 그 외의 화학성과는 양의 상관관계를 보였으며, 상관계수는 EC (R=0.4520**), 치환성칼륨(R=0.4078**), 유효인산 (R=0.2737), 치환성칼슘(R=0.1624), 치환성마그네슘(R=0.0126), 그리고 pH (R=0.0008) 순으로 높았다. 특히 건물 수량과 토양 EC 및 치환성칼륨 함량과는 강한 양(+)의 상관관계를 보이며 유의성을 나타낸 반면 토양 pH는 건물 수량과 상관관계가 거의 없는 것으로 나타났다. Makoto 등(2010)이 토양화학성이 베치류 및 클로버류의 생장에 미치는 영향을 조사한 연구에서 토양 인산함량에 대한 적응성은 헤어리베치가 가장 높았으나 인산이 결핍된 조건에서 헤어리베치의 지상부 수량은 인산이 투입된 조건 대비 66%의 생산량을 보였다고 하였다. 그리고 토양 pH 5.7~7.5 범위 내에서는 생육에 차이가 없어 겨울철 피복작물로 헤어리베치가 우수하다고 보고하였다. 이와 유사하게 Duke 등(1981)도 헤어리베치는 대부분의 토양에서 배수성이 좋으면 잘 자라나 인과 칼륨 요구도가 비교적 높고 토양 pH의 경우 6~7을 선호하나 4.9~8.2 범위에서도 생육이 가능하다고 하였다. 따라서 포장별 헤어리베치 수량은 토양내 EC 등 양분함량이 높을수록 증가하는 경향을 보이며 기상요인보다는 토양 비옥도의 영향을 많이 받을 것으로 판단되었다.

Table 3. Pearson correlation coefficients between shoot biomass of hairy vetch with soil chemical properties of citrus orchards at 60~90 kg · ha⁻¹ of seeding rates

	pH	EC	Av. P ₂ O ₅	Ex.K	Ex.Ca	Ex.Mg	OM	Shoot DM
pH	1							
EC	-0.1459	1						
Av. P ₂ O ₅	-0.4825	0.5907	1					
Ex.K	-0.0924	0.6435	0.7654	1				
Ex.Ca	0.9092	0.0306	-0.2916	0.0899	1			
Ex.Mg	0.9026	-0.0630	-0.2883	0.0296	0.9582	1		
OM	0.6432	0.0688	-0.3025	-0.0252	0.6554	0.6272	1	
Shoot DM	0.0008	0.4520**	0.2737	0.4078**	0.1624	0.0126	-0.1951	1

** Significant at the 0.01 level.

IV. 적 요

본 연구는 제주지역 화산회토 감귤원에서 두과피복작물인 헤어리베치(*Vicia villosa* Roth)의 이용 가능성을 진단하고 효율적인 양분관리 체계를 정립하기 위하여 수행하였다. 시험은 감귤원 재배지 고도별 5개소(해발고도: 신촌 37 m, 호근 116 m, 와산 123 m, 상예 161 m, 그리고 용강 232 m)에서 수행하였다. 헤어리베치 품종은 국내에서 개발된 ‘청풍보라’로 하였으며, 파종량은 ha당 30, 60 및 90 kg을 파종하였다. 시험결과 헤어리베치 입모율은 53.0~57.1%로 파종량과 고도별 포장에 관계없이 유사하였다. 파종량에 따른 잡초 발생비율은 5개소 평균 11.8, 3.8 및 5.1%로 처리간 유의성이 없었으나 30 kg 파종구에서 다소 높은 경향을 보였으며 60 kg 및 90 kg 파종구는 각각 96.2% 및 94.9% 정도의 잡초 경감효과를 나타냈다. 헤어리베치 파종량에 따른 ha당 건물 수량은 각각 7.37, 8.43 및 8.47톤으로 30 kg 대비 60 및 90 kg 파종 시 각각 14% 및 15% 높았으나 파종량별 유의성은 없었다. 질소 수량은 ha당 최소 175 kg (와산 30 kg · ha⁻¹ 파종구)에서 최대 467 kg (용강 30 kg · ha⁻¹ 파종구) 값을 얻었으며 파종량에 따른 5개소 평균 질소 수량은 각각 254, 316 및 315 kg으로 60과 90 kg 파종구간 차이는 없었으며, 30 kg 파종구에 비하여 24% 높았다. 감귤원에서 기상과 토양 화학성 등 재배환경 요인들이 헤어리베치 수량에 미치는 영향을 구명하기 위하여 요인들 간 상관관계를 분석한 결과 일평균기온(R=0.2746) 및 적산온도(R=0.2714) 등 기상요인은 헤어리베치 건물 수량에 다소 영향을 줄 수는 있으나 그 영향이 크지 않은 것으로 판단되었다. 반면에 토양 EC (R=0.4520**), 치환성칼륨(R=0.4078**) 및 유효인산(R=0.2737) 함량

등이 높을수록 건물 수량이 증가하는 비교적 강한 양의 상관관계를 보여 기상요인 보다는 토양 화학성이 헤어리베치 수량에 미치는 영향이 큰 것으로 판단되었다. 따라서 헤어리베치 재배시 질소 수량은 포장별 여러 가지 재배적 환경요인들의 영향을 받을 수 있으므로 포장별 일정면적의 생초 수량(X)을 측정한 후 이에 따른 질소 수량(Y)을 산출하여 활용하는 것이 바람직할 것으로 보이며 그 산출식은 「 $Y=4.4097X+33.594$ ($R=0.9547$)」와 같다.

[Submitted, February. 13, 2017 ; Revised, April. 24, 2017 ; Accepted, April. 28, 2017]

References

1. Andy, C. 1998. Managing cover crops profitably (2nd ed). Sustainable agriculture New York, USA.
2. Anh, N. T., T. W. Kang, S. J. Song, W. P. Park, N. N. Nong, and U. Zang-Kual. 2003. Nutrient absorption by citrus unshiu Marc. grown in out-door solution culture. K, J. of soil science and fertilizer. 36(4): 225-232.
3. Brandsaeter, L. O., A. Olsmo, A. M. Tronsmo, and H. Fykse. 2002. Freezing resistance of winter annual and biennial legumes at different developmental stages. Crop Science. 42: 437-443.
4. Cardina, J. 1995. Biological weed management. In: Smith, A.E. (Ed.), Handbook of weed management systems. 279-341. Marcel Dekker, New York, USA.
5. Curran, W. S. and L. D. Hoffman. 1994. The influence of a hairy vetch (*Vicia villosa*) cover crop on weed control in corn. Weed Technol. 8: 777-784.
6. Duke, J. A. 1981. Handbook of legumes of world economic importance. Plenum press, N. Y.
7. Evans, J. R. and I. Terashima. 1987. Effects of nitrogen nutrition on electron transport components and photosynthesis in spinach. Aust. J. Plant Physiol. 14: 281-292.
8. Fisk, J. W. and O. B. Hesterman. 2001. Weed suppression by annual legume cover crops in n-tillage corn. Agron. J. 93: 263-298.
9. Fisk, J. W., O. B. Hesterman, A. Shrestha, J. J. Kells, R. R. Harwood, J. M. Squire, and C. C. Sheaffer. 2001. Weed suppression by annual legume cover crop in no-tillage corn. Agron. J. 93: 319-325.
10. Greg, B., S. Christopher, and C. Craig. 2000. Managing cover crops profitably (2nd ed.). Sustainable agriculture research and education (SARE) program of the cooperative state

- research education and extension service (CSREES), U.S. Department of agriculture.
11. Kim, M. T., K. S. Kim, K. D. Park, J. H. Ryum, J. S. Choi, J. H. Ku, S. J. Kim, C. W. Lee, K. Lee, and H. W. Kang. 2012. Reset of cultivation zones of green manure crops under paddy field in south korea : Focused on minimum temperature and drainage class. The Kor. J. of Crop Sci. 60(1): 91-96.
 12. Kim, Y. K., Y. W. Cho, and H. J. Kang. 2014. Establishment of organic production system in citrus orchard. Report of ARES, Jeju, Republic of Korea.
 13. Ku, J. H., M. T. Kim, W. T. Jeon, K. Y. Seong, H. S. Cho, and C. G. Kim. 2014. A new hairy vetch (*Vicia villosa* Roth) variety, 'Cheongpoogbora' for green manure. Kor. J. Breed. Sci. 46(3): 318-322.
 14. Lee, S. E., J. M. Park, and D. G. Choi. 2012. Effect of SCB liquid manure application in pear orchard managed by cover crop system on tree growth, potential nutrient recovery and soil physicochemical properties. Kor. J. Soil Sci. Fert. 45(5): 779-786.
 15. Makoto, K., A. Fajri, N. Fujio, K. Kazutoshi, and G.Y. Jayasinghe. 2010. Potential growth of hairy vetch as a winter legume cover crops in subtropical soil conditions. Soil Sci. & Plant nutrition. 56(2): 254-262.
 16. Park, K. C., Y. J. Seo, C. Y. Kim, J. S. Kim, Y. K. Yi, and J. A. Seo. 2008. Influence of growing green manures on soil microbial activity and diversity under organically managed grape-greenhouse. Kor. J. of Environ. Agr. 27(3): 260-266.
 17. Petersen, J. and A. Rover. 2005. Comparison of sugar beet cropping systems with dead and living mulch using a glyphosate-resistant hybrid. J. Agron. Crop Sci. 191: 55-63.
 18. Ramos, M. E., E. Benitez, P. A. Garcia and A. B. Robles. 2010. Cover crops under different managements vs. frequent tillage in almond orchards in semiarid conditions: Effects on soil quality. Appl. Soil Ecol. 44: 6-14.
 19. RDA. 2012. Research analysis criteria of agricultural science and technology. Rural Development Administration, Jeollabuk-do. Republic of Korea.
 20. Sattell, R., R. Dick, J. Luna, and D. McGrath. 1998. Oregon cover crops (Using cover crops in oregon). Oregon State university (Online). Available at <http://extension.oregonstate.edu/crook/sites/default/files/oregoncovercrops.pdf>.
 21. Smith, M. S., W. W. Frye, and J. J. Varco. 1987. Legume winter cover crops. Advances in Soil Sci. 7: 95-139.
 22. Song, K. C., B. G. Hyun, K. H. Moon, S. J. Jeon, H. C. Lim, and S. C. Lee. 2010. Taxonomical classification and Genesis of Jeju series in Jeju Island. Kor. J. Soil. Fert. 43(2): 230-236.

23. Stephen, J. H., X. M. Francis, and V. L. Gerald. 1991. Hairy vetch and rye seedling rates (Online). Department of plant and soil sciences, University of Massachusetts. Available at <https://ag.umss.edu/.../1991-02>.
24. Yoo, Y. C., C. W. Lee, B. H. Song, S. H. Oh, and N. G. Choi. 2007. Weeding efficacy of cultivating hairy vetch (*Vicia villosa* Roth) as a cover crop in orchard. Kor. J. Weed Sci. 27(2): 140-147.