

# 남한 북부 지역에서 호밀(*Secale cereale*)과 헤어리베치(*Vicia villosa*) 품종 간의 생육 특성 및 양분 생산량 평가\*

방정환\*\*\* · 이초롱\*\* · 황현영\*\*\* · 안난희\*\*\* · 정정아\*\*\* · 이상민\*\*

## Evaluation of Growth Characteristics and Nutrient Production between Rye (*Secale cereale*) and Hairy Vetch (*Vicia villosa*) Varieties in the Northern Region of the South Korea

Bang, Jeong Hwan · Lee, Cho-Rong · Hwang, Hyun-Young ·  
An, Nan-Hee · Jeong, Jeong-Ah · Lee, Sang-Min

North Korea is experiencing difficulties in food production due to its agricultural structure being dependent on the international community and lack of agricultural materials and technology. In North Korea, efforts are being made to develop organic farming technology and utilize organic resources to improve soil fertility and crop productivity. Therefore, this study evaluated growth information and nutrient production between rye and hairy vetch varieties to select green manure crops considering the climatic characteristics of the northern Korea. As a result of the study, the survival rate and growth status after wintering were high in Seedgreen and Gogu of rye and Cheongpoongbora of hairy vetch. There were no significant differences in dry biomass between rye varieties, whereas nutrient productivity was highest in Daegokgreen of rye. In the case of hairy vetch, the Cheongpoongbora variety showed high dry biomass and nutrient productivity. Therefore, Daegokgreen of rye and Cheongpoongbora of hairy vetch can be useful green manure crops in the northern region of Korea, where the average temperature is low. The results of this study can be used as basic data to improve soil fertility and crop productivity by utilizing organic resources for stable production of food in places where soil nutrients are not supplied smoothly.

Key words : green manure crop, paddy field, *Secale cereale*, South Korea, *Vicia villosa*

\* 본 연구는 농촌진흥청 공동연구사업(과제번호: PJ014837, RS-2020-RD009258)의 지원에 의해 이루어진 것임.

\*\* Corresponding author, 국립농업과학원 유기농업과(sangminlee@korea.kr)

\*\*\* 국립농업과학원 유기농업과

## I. 서 론

북한은 1990년대 심각한 식량난을 해결하기 위해 식량안보 능력을 증대하는 정책으로 이모작 확대와 영농자재를 충분하게 공급하는 정책을 추진하였다(Gwon, 2006). 그러나 에너지 원료 공급 문제나 국제사회의 지원에 의존적인 농업 구조로 인해 비료를 안정적으로 공급할 수 없게 되었다(Gwon, 2006; Lim, 2019). 따라서 북한은 유기농업발전 7개년 계획을 수립하여 유기 생산 기술 개발 및 체계 확립을 위한 시범사업을 통해 낮은 토양 비옥도 수준을 극복하고 복합미생물 비료와 농업부산물 등을 활용한 자급비료를 생산하여 유기 자원을 공급하였다(NIAS, 2021).

뜻거름 작물은 농경지 토양관리 측면에서 매우 중요하다. 뜻거름 작물을 활용하면 무기질 비료와 합성 농약을 사용하지 않고 식물재료를 이용하여 토양에 비료 효과를 줄 수 있어 농경지 토양 건전성 회복과 함께 농업생태계를 보전할 수 있다(Kim et al., 2016). 또한 뜻거름 작물과 같은 유기 개량제의 활용은 토양 유기물 함량(Soil organic matter) 및 작물의 수확량을 개선하기 위한 가장 경제적이고 효과적이며 지속 가능한 영농활동 중 하나이다(Nair and Ngouajio, 2012; Li et al., 2019). 선행연구에서는 뜻거름 작물을 활용하면 토양의 물리·화학성을 개선하면서 유기물을 공급할 수 있어 화학비료의 사용을 줄일 수 있으며 토양유실 방지, 경관 조성 등 토양과 농업 생태환경을 보전하는 것으로 알려져 있다(Jeon et al., 2011; Cho et al., 2012). 국내에서는 뜻거름 작물을 활용한 벼 재배 연구에서 질소비료 절감 효과와 토양 지력 증진에 대한 연구결과가 보고되었지만(Yang et al., 2009; Cho et al., 2012), 한반도 북부 지역에서 활용할 수 있는 뜻거름 작물에 대한 연구는 부족한 실정이다.

일반적으로 콩과 뜻거름 작물은 양분 공급 측면에서 그리고 벼과 뜻거름 작물은 토양 물리성 개선 측면에서 많이 활용되고 있다(Choi et al., 2010; Bak et al., 2018). 헤어리베치(*Vicia villosa* Roth)는 콩과의 대표적인 뜻거름 작물이며, 식물체에 2.5~4.0%의 질소 성분이 포함되어 있어 화학비료를 대체하거나 비료 사용량을 상당히 줄일 수 있다(Lim et al., 2018). 9월에 파종한 헤어리베치의 경우, 이듬해 4월 중순 헤어리베치의 질소 고정량은 138 kg/ha이며 이듬해 5월 중순에는 207 kg/ha으로, 재배기간이 길어질 경우 질소 고정량이 증가한다고 알려져 있다(Jeon et al., 2009). 헤어리베치를 토양에 환원한 경우, 벼 수확량은 5,449 kg/ha으로 화학비료 표준시비 처리구와 동일한 수확량을 보였다(Lee et al., 2011). 호밀(*Secale cereale* L.)의 경우, 벼과 뜻거름 작물이며 내한성이 높고 재배기간 동안에 건물 생산량이 높아 토양 환원 시 유기물 함량을 높이고 용적밀도를 낮추는 효과가 있다(Fageria et al., 2005; Lee et al., 2010; Lim et al., 2012; Won et al., 2012). 또한 뜻거름 작물은 기후 특성에 따라 품종 간에도 다양한 생육의 차이를 보일 수 있다(Maul et al., 2011). 따라서 상대적으로 평균기온이 낮은 북한 지역과 남한의 접경지역에서 내한성이 높은 뜻거름 작물 품종을 활용할 필요가 있다.

북한의 지형은 산지가 대부분으로 농경지는 20% 불과하며, 평균기온과 강수량 등 기상 요인과 토양 비옥도는 남한에 비해 농업 생산성 측면에서 열악한 환경이다(Nam, 2006). 또한 비료를 안정적으로 공급할 수 없기 때문에 토양 비옥도를 증진하고 북한의 안정적인 식량 생산을 위해 풋거름 작물을 활용할 필요가 있다. 따라서 본 연구는 우리나라 북부 지역의 안정적인 식량 생산을 위한 풋거름 작물을 선발하기 위해, 북한의 곡창지대인 수양산 일대 지역과 남한의 접경지대인 북부 지역의 기후 특성에 적합한 풋거름 작물의 생육 특성과 양분 공급량을 평가하고자 한다. 이를 통해 작물의 안정적인 생산을 위해 유기 자원을 활용한 토양 비옥도 증진 및 작물 생산성 향상을 위한 기초자료로 활용하고자 한다.

## II. 재료 및 방법

### 1. 연구 대상지

연구 대상 지역은 철원평야와 인접한 경기도 포천시 관인면에 위치한 논(38°06'N 127°12'E)으로 북한의 대표적인 곡창 지대인 황해남도 수양산 일대(38°03'N 125°37'E)와 기후 특성이 비슷한 곳을 연구 대상지로 선정하였다. 특히, 연구 대상지인 남한 북부 지역의 기온과 강수량의 분포는 남부 지역과 차이를 보였다(Fig. 1). 연구 대상지의 연평균기온은 10.3°C, 연강수량은 1354.4 mm이며, 북한 황해남도 수양산 일대의 연평균기온은 10.1°C, 연강수량은 1,000~1,300 mm로 한반도 북부 지역들은 비슷한 기후 특성을 보였다. 그러나 한반도 남부

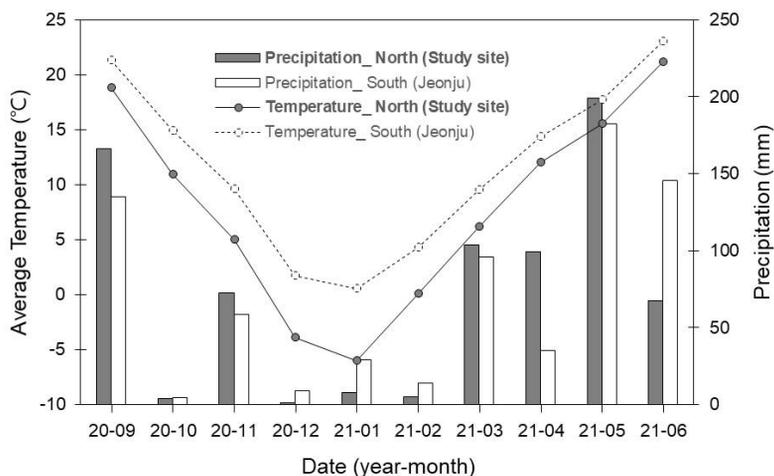


Fig. 1. Changes in precipitation and average temperature in the northern region (Study site) and southern region (Jeonju) of the Korean Peninsula.

지역의 연평균기온은 12~15℃이며, 연강수량은 1,226~1,930 mm로 분포하고 있어 남부 지역보다 북부 지역에서 평균 기온이 낮고 강수량이 적은 특성이 있다. 기후 자료는 기상청에서 제공하는 연구 대상지와 인접한 지점의 데이터를 사용하였고(<https://www.weather.go.kr/>), 북한 지역의 기후정보는 평화문제연구소에서 제공하는 국가지식포털 북한지역정보넷 자료를 사용하였다(<http://www.cybernk.net/>). 연구 대상지의 시험 전 토양의 화학성은 pH 7.1, 전기전도도(EC) 0.3 dS/m, 총탄소(TN) 19.9 g/kg, 총질소(TC) 1.7 g/kg, 유효인산(Av.P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) 255 mg/kg, 치환성 양이온(Ex. K, Ca, Mg)은 각각 0.6, 10.9, 0.7 cmol/kg로 나타나 벼를 재배하기에 알맞은 토양 특성을 보였다(NIAS, 2022).

## 2. 풋거름 작물의 재배 및 생육조사

호밀(*Secale cereale*)은 벼과의 대표적인 풋거름 작물로 내한성이 높고 토양의 물리·화학성을 개선하는데 이용되고 있으며, 헤어리베치(*Vicia villosa*)는 질소고정 능력이 있는 대표적인 콩과 풋거름 작물로 가장 활용성이 높은 식물이다(Won et al., 2012; Lim et al., 2018; Kim et al., 2019). 따라서 본 실험에서는 호밀 3품종(Seedgreen, Gogu, Daegokgreen)과 헤어리베치 6품종(H3, Cheongpoongbora, Namoi, RM4, Common vetch, Woollypod vetch)을 풋거름 작물로 사용하였다. 또한 본 실험을 진행하기 전에 종자 발아율 테스트를 통해 발아율이 높은 종자를 대상으로 실험을 진행하였다.

연구 대상지 논에서 입모을 실험을 위해 2020년 10월 13일에 풋거름 작물의 종자를 파종하였다. 각 처리구의 방형구 크기는 1.4 m×3.0 m/plot이며 3반복으로 처리구를 조성하였다. 파종방법은 처리구 내에 품종별로 월동 후 생존율과 생육 현황을 파악하기 위해 종자를 2립씩 점파하여 116립을 파종한 후 27일이 경과한 날에 입모을을 측정하였다. 풋거름 작물의 월동 후 생육 현황을 모니터링하기 위해 월동 전('20. 11. 9)과 겨울이 지나고 이듬해 봄('21. 4. 8, 4. 21, 5. 10)에 풋거름 작물의 초장(cm)을 4회 측정하였고, 월동 후 생존율 조사는 2회('21. 3. 17, 4. 8) 조사한 결과의 평균값을 생존율(입모립수/파종립수)로 사용하였다.

## 3. 토양 및 식물체 분석

토양과 식물체 시료는 농촌진흥청의 분석 매뉴얼을 이용하여 분석하였다(NIAS, 2000). Soil auger를 사용하여 채취한 토양 시료는 토양 분석에 사용하였고, pH, EC는 1:5 (토양:중류수) 비율로 혼합한 시료를 pH meter (Orion Star A215, Thermo Scientific, USA)와 EC meter (Orion Star A212, Thermo Scientific, USA)를 이용하여 측정하였다. TN, TC는 원소분석기 (Vario Max CN, Elementar, Germany)를 이용하여 Dumas법으로 분석하였고, 유효인산(Av. P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)은 UV-Vis spectrophotometer (Analytikjena, SPECORD-200 PLUS, Germany)를 이용하여

Lancaster법으로 측정하였다. 치환성 양이온(K, Ca, Mg)은 ICP-OES (GBC Scientific Equipment, INTEGRA XL DUAL, Australia)를 이용하여 분석하였다.

뜻거름 작물의 건물 생산량을 분석하기 위해 처리구별로 수확한 Biomass에 대해 생체중을 측정된 뒤 70°C 건조기에 2일 이상 건조한 뒤 건물중을 측정하였다. 뜻거름 작물의 양분 생산량을 분석하기 위해 건조된 식물체 시료를 각 분석에 사용하였다. Nitrogen(%)을 측정하기 위해 원소분석기(Vario Max CN, Elementar, Germany)를 이용하여 Dumas법으로 분석하였고, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>(%)은 UV-Vis spectrophotometer (Analytikjena, SPECORD-200 PLUS, Germany)를 이용하여 Vanadate법으로 분석하였다. K<sub>2</sub>O(%) 함량은 ICP-OES (GBC Scientific Equipment, INTEGRA XL DUAL, Australia)를 이용하여 측정하였다. 뜻거름 작물이 흡수한 양분 생산량(kg/plot)은 건물중(kg/plot)×식물체의 N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O(%) 함량을 이용하여 계산하였다.

#### 4. 통계분석

모든 실험 데이터는 R 프로그램(version 4.2.2)을 이용하여 통계분석을 진행하였다. 처리구간의 차이를 비교하기 위해 ANOVA 분석을 수행하였고 유의성이 있는 경우(P < 0.05), Tukey 사후 검정을 하였다.

### Ⅲ. 결과 및 고찰

#### 1. 뜻거름 작물 입모율

뜻거름 작물의 종자 입모율은 품종에 따라 다양하게 나타났다(Table 1, 2). 호밀의 경우, 입모율이 77.3% (Daegokgreen)에서 80.2% (Seedgreen)로 나타났으며, 품종 간에는 유의한 차이가 없었다. 반면에 헤어리베치의 입모율은 품종 간에 차이를 보였으며 H3 (70.7%)에서 가장 높게 나타났고, RM4 (45.1%)에서 가장 낮게 나타났다(P < 0.05). 입모는 작물의 수확량을 결정하는 중요한 성장 과정이다(Rehmani et al., 2023). 작물의 종류와 품종에 따라 종자 내 영양분인 탄소화합물의 함량 차이로 입모율이 달라질 수 있으며(Graham, 2008; Rehmani et al., 2023), 종자 수명과 관련된 유전자는 입모 활력에 영향을 주어 입모율 차이로 이어질 수 있다(Liu et al., 2022; Wang et al., 2022). 본 연구결과에서 헤어리베치 품종 중에 Namoi (49.7%)와 RM4 (45.1%)에서 입모율이 상당히 낮게 나타났으며, 이러한 결과는 기온이 낮아지는 환경에서는 적합하지 않은 품종인 것으로 추정된다. 선행연구에서는 뜻거름 작물의 재배 가능한 온도를 구분하는 재배 한계선을 지도상에 설정했지만(Kim et al., 2015), 작물에 따라서는 재배 한계선의 범위를 벗어나는 경우가 나타난다고 보고하였다(Yun, 2007). 이

러한 결과는 동일한 작물이라도 품종 간에는 기온에 따라 생육의 차이가 나타날 수 있다는 것을 의미한다. 본 연구결과에서도 헤어리베치 품종 간 입모율의 차이는 낮은 기온이 입모율에 상당한 영향을 준 것으로 추정된다. 따라서 한반도 북부 지역의 겨울철 낮은 기온을 고려한다면 내한성이 높은 품종이 적합한 것으로 판단된다.

Table 1. Seedling establishment rate (Mean  $\pm$  SE) by Rye varieties

Variety	Seedling establishment (%)
Seedgreen	80.2 $\pm$ 2.9 a
Gogu	76.7 $\pm$ 4.7 a
Daegokgreen	77.3 $\pm$ 1.9 a

Note: Different lowercase letters indicate significant differences between treatments ( $P < 0.05$ ).

Table 2. Seedling establishment rate (Mean  $\pm$  SE) by Hairy Vetch varieties

Variety	Seedling establishment (%)
H3	70.7 $\pm$ 5.7 a
Cheongpoongbora	64.1 $\pm$ 1.7 ab
Namoi	49.7 $\pm$ 6.8 ab
RM4	45.1 $\pm$ 5.7 b
Common vetch	54.6 $\pm$ 6.2 ab
Woollypod vetch	67.5 $\pm$ 6.0 ab

Note: Different lowercase letters indicate significant differences between treatments ( $P < 0.05$ ).

## 2. 풋거름 작물의 월동 후 생존율 및 생육 현황

풋거름 작물의 월동 후 생존율은 품종마다 다양하게 나타났다(Table 3, 4). 호밀에서는 Seedgreen (86.8%)이 가장 높은 생존율을 보였고, Daegokgreen (71.6%)에서 가장 낮게 나타났다( $P < 0.05$ ). 또한 헤어리베치 품종 중에서는 Cheongpoongbora (68.1%)의 생존율이 가장 높았고, 반면에 Namoi (12.9%)의 생존율이 가장 낮았다. 호밀은 작물 중에서도 저온 스트레스에 대한 저항성이 높은 작물 중 하나로 내한성은 탄수화물의 축적과 관련이 있다고 알려져 있다(Halford et al., 2011). 또한 지역별로 서로 다른 호밀 품종 간에 내한성이 다른 경향을 보였다. 예를 들어, 캐나다, 러시아, 북유럽의 호밀 품종은 혹독한 겨울에 강한 특성이 있으며, 미국 중부와 유럽의 호밀 품종은 상대적으로 온화한 겨울에 잘 자라는 특성이 있다(Bahrani et al., 2019). Ku et al., 2014 연구에 따르면, 수입한 헤어리베치 품종들은 내한성이 약하거나 봄철 생육이 저하되어 녹비 생산성이 불안정한 반면에, 국내에서 개발된

Cheongpoongbora 품종은 추위에 강하며 월동률이 높고 봄철 녹비 생산성이 높다고 알려져 있다. 따라서 본 연구 결과의 월동 후 생존율 측면에서 헤어리베치보다는 호밀이 내한성에 적합한 풋거름 작물이라는 것을 보여주며, 헤어리베치 중에서는 Cheongpoongbora를 제외한 나머지 품종들은 겨울철 평균 기온이 낮은 북부 지역에서는 재배하기가 어려운 품종으로 판단된다.

Table 3. Survival rate (Mean ± SE) after wintering by Rye varieties

Variety	Survival rate (%)
Seedgreen	86.8 ± 2.2 a
Gogu	84.2 ± 4.2 a
Daegokgreen	71.6 ± 1.6 b

Note: Different lowercase letters indicate significant differences between treatments ( $P < 0.05$ ).

Table 4. Survival rate (Mean ± SE) after wintering by Hairy Vetch varieties

Variety	Survival rate (%)
H3	20.7 ± 3.0 bc
Cheongpoongbora	68.1 ± 3.1 a
Namoi	12.9 ± 2.5 c
RM4	13.4 ± 2.5 c
Common vetch	17.1 ± 2.0 c
Woollypod vetch	33.3 ± 6.4 b

Note: Different lowercase letters indicate significant differences between treatments ( $P < 0.05$ ).

풋거름 작물의 월동 후 생육현황을 알아보기 위해 작물의 초장을 측정된 결과, 초장은 품종별로 다양하게 나타났다(Fig. 2). 호밀의 품종 중에서는 Gogu의 초장이 Daegokgreen보다 길게 나타났고( $P < 0.05$ ), 헤어리베치 품종 중에서는 Cheongpoongbora의 초장이 가장 길게 나타났다( $P < 0.05$ ). 선행연구에서는 풋거름 작물이 특정 환경 조건에 적합한 품종으로 개발되어 내한성에 적합한 품종이나 조기 성숙되는 특성을 보였으며(Mothapo et al., 2013), 재배환경에 따라 작물 및 품종 간의 생존율이나 생육현황이 다르게 나타났다. 따라서 본 연구결과에서 생존율과 생육현황을 고려하면, 호밀에서는 Gogu, Seedgreen 품종과 헤어리베치에서는 Cheongpoongbora 품종이 풋거름 작물로 적합한 것으로 판단된다. 또한 향후 파종 시기별 생존율과 생육현황 시험을 추가한다면 보다 종합적인 측면을 고려할 수 있을 것이다.

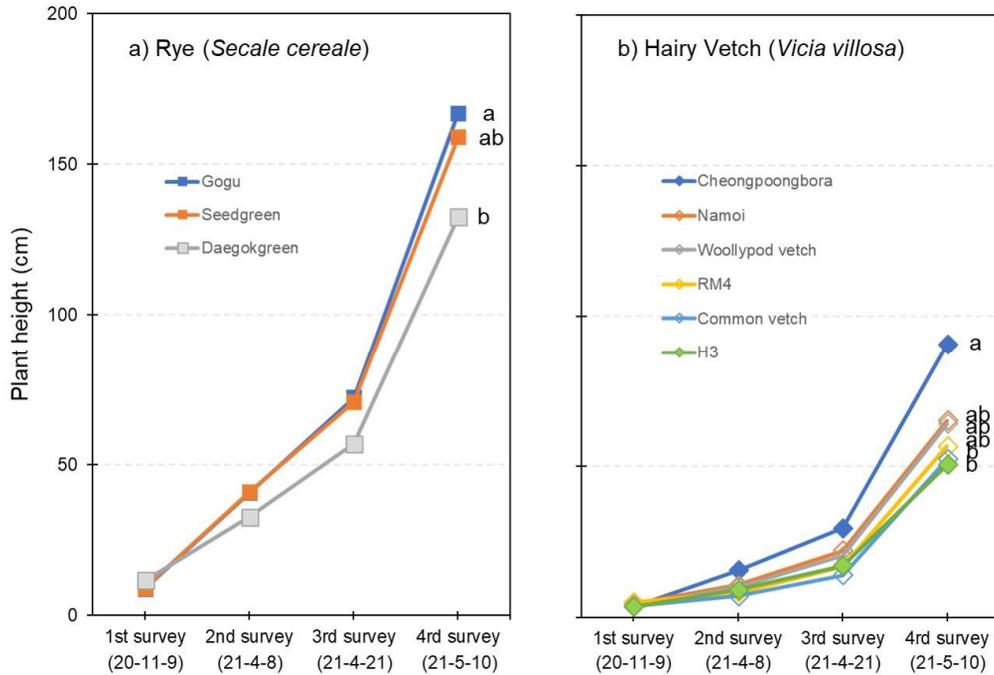


Fig. 2. Growth status (plant height, cm) of green manure crops after wintering.

a) Rye, b) Hairy Vetch. Different lowercase letters indicate significant differences between treatments ( $P < 0.05$ ).

### 3. 풋거름 작물의 건물 생산량 및 양분 생산량

풋거름 작물의 건물 생산량은 품종마다 차이를 보였다(Table 5, 6). 호밀의 경우, Gogu 품종의 건물중이 높게 나타났지만 품종 간에는 유의한 차이는 없었다. 반면에 헤어리베치 품종 중에서는 Cheongpoongbora가 다른 품종에 비해 건물중 값이 상당히 높게 나타났다( $P < 0.05$ ). 풋거름 작물의 양분 생산량은 건물 생산량이 높은 품종에서 높게 나타나는 경향을 보였다(Table 6). 질소 생산량의 경우, 헤어리베치의 Cheongpoongbora (68.2 kg/plot) 품종에서 가장 높게 나타났으며 나머지 품종들과는 상당한 차이를 보였고( $P < 0.05$ ), 호밀 품종 중에서는 Daegokgreen (41.5 kg/plot)에서 가장 높게 나타났다(Table 5). 인산과 칼륨 생산량도 질소 생산량과 비슷한 경향을 보였다. 헤어리베치는 뿌리혹박테리아와 공생하여 대기 중 질소 고정 능력이 있어 토양에 부족한 질소를 공급하며(Jang et al., 2013), 헤어리베치의 높은 Biomass 생산량(약 4~5 Mg/ha)과 낮은 C/N율은 풋거름 작물의 가치를 결정하는 중요한 요인이 될 수 있다(Enrico et al., 2020; Rodriguez et al., 2023). 또한, 헤어리베치 Biomass의 질소함량은 작물의 성장과 비례하여 증가하는 경향이 있으며 후작물의 질소에도 기여한다고 알려져 있다(Poffenbarger et al., 2015; Finney et al., 2016). 본 연구결과에서 헤어리베치의

Cheongpoongbora 품종은 다른 품종들에 비해 내한성이 높은 품종으로 월동 후 생육상태가 양호하여 건중량이 높고 질소 고정 능력이 있어 양분 생산성이 가장 높은 것으로 추정된다. 또한 호밀의 품종들은 내한성이 높은 품종으로 건중량이 높고 품종 간에는 유의한 차이가 없었으며, 양분 생산량 측면에서 Daegokgreen 품종이 기온이 낮은 북부 지역에서 활용 가능성이 높다고 판단된다.

Table 5. Dry biomass and nutrient supply (Mean ± SE) by Rye varieties

Variety	Dry biomass (kg/plot)	N (kg/plot)	P (kg/plot)	K (kg/plot)	N+P+K (kg/plot)
Seedgreen	2.64 ± 0.03 a	29.6 ± 2.2 b	11.8 ± 0.6 b	0.28 ± 0.00 a	41.7 ± 2.4 b
Gogu	2.75 ± 0.25 a	33.7 ± 2.7 ab	12.8 ± 1.3 b	0.28 ± 0.02 a	46.8 ± 3.3 b
Daegokgreen	2.36 ± 0.09 a	41.5 ± 1.7 a	18.2 ± 1.0 a	0.36 ± 0.11 a	60.0 ± 0.8 a

Note: Different lowercase letters indicate significant differences between treatments ( $P < 0.05$ ).

Table 6. Dry biomass and nutrient supply (Mean ± SE) by Hairy Vetch varieties

Variety	Dry biomass (kg/plot)	N (kg/plot)	P (kg/plot)	K (kg/plot)	N+P+K (kg/plot)
H3	0.35 ± 0.14 b	12.2 ± 5.0 b	2.2 ± 0.9 b	0.04 ± 0.02 ab	14.5 ± 5.9 b
Cheongpoongbora	2.03 ± 0.40 a	68.2 ± 13.7 a	13.4 ± 2.9 a	0.27 ± 0.06 a	81.9 ± 16.6 a
Namoi	0.26 ± 0.11 b	8.3 ± 3.7 b	1.4 ± 0.6 b	0.14 ± 0.08 ab	9.9 ± 4.3 b
RM4	0.20 ± 0.09 b	6.6 ± 3.1 b	1.2 ± 0.5 b	0.09 ± 0.05 ab	7.8 ± 3.7 b
Common vetch	0.25 ± 0.09 b	9.0 ± 3.8 b	1.7 ± 0.7 b	0.02 ± 0.01 b	10.7 ± 4.5 b
Woollypod vetch	0.51 ± 0.34 b	16.0 ± 10.5 b	3.4 ± 2.3 b	0.06 ± 0.04 ab	19.5 ± 12.8 b

Note: Different lowercase letters indicate significant differences between treatments ( $P < 0.05$ ).

본 연구는 평균기온이 낮은 포천지역에서 수행한 결과로 2021년 연평균 기온과 강수량은 평년 기후 값과 유사한 경향을 보였고, 북한의 황해남도 수양산 일대와도 비슷한 기후 특성을 보였다. 따라서 기후 특성이 유사한 남한의 접경 지역과 북한의 수양산 지역에서 활용 가능할 것으로 판단된다.

## V. 적 요

본 연구는 우리나라 북부 지역인 포천시 관인면에 위치한 논에서 작물의 안정적인 생산을 위한 풋거름 작물을 선발하기 위해 풋거름 작물의 생육과 양분 공급량을 평가하였다.

연구 수행 결과 월동 후 생존율과 생육 현황에서는 호밀의 Seedgreen, Gogu 그리고 헤어리베치의 Cheongpoongbora 품종에서 높게 나타났다. 호밀의 경우, 건물 생산량은 품종 간에 유의한 차이가 없었지만, 양분 생산량에서는 Daegokgreen 품종이 가장 높게 나타났다. 헤어리베치의 경우, 건물 생산량과 양분 생산량 모두 Cheongpoongbora 품종이 높게 나타났다. 따라서 호밀의 Daegokgreen 그리고 헤어리베치의 Cheongpoongbora 품종이 평균 기온이 낮은 우리나라 북부 지역에서 풋거름 작물로 활용하여 토양의 물리성 개선뿐만 아니라 양분 공급용으로 활용 가능하다고 판단된다. 본 연구결과는 작물의 안정적인 생산 측면에서 화학비료 공급이 원활하지 않는 북한 지역 중 연구 대상지와 기후조건이 비슷한 지역에서 유기 자원을 활용하여 토양 비옥도와 작물의 생산성 증진에 기여할 수 있다.

[Submitted, August, 1, 2024; Revised, October, 1, 2024; Accepted, October, 10, 2024]

## References

1. Bahrani, H., K. Thoms, M. Båga, J. Larsen, R. Graf, A. Laroche, R. Sammynaiken, and R. N. Chibbar. 2019. Preferential accumulation of glycosylated cyanidins in winter-hardy rye (*Secale cereale* L.) genotypes during cold acclimation. *Environ. Exp. Bot.* 164: 203-212.
2. Bak, G. R., G. J. Lee, T. Y. Kim, S. N. Jee, C. S. Kim, H. B. Lee, E. K. Lee, and J. K. Song. 2018. Biological characteristics of organic soil applying rye (*Secale cereal* L.) as green manure for the long term. *Korean J. Org. Agric.* 26(3): 427-437.
3. Cho, H. S., K. Y. Seong, T. S. Park, M. C. Seo, W. T. Jeon, W. H. Yang, H. W. Kang, and H. J. Lee. 2012. Changes in carbon amount of soil and rice plant as influenced by the cultivation of different green manure crops. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 45(6): 1058-1064.
4. Choi, B. S., J. A. Jung, M. K. Oh, S. H. Jeon, H. G. Goh, Y. S. Ok, and J. K. Sung. 2010. Effects of green manure crops on improvement of chemical and biological properties in soil. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 43(5): 650-658.
5. Enrico, J. M., C. F. Piccinetti, M. R. Barraco, M. B. Agosti, R. P. Ecclesia, and F. Salvagiotti. 2020. Biological nitrogen fixation in field pea and vetch: Response to inoculation and residual effect on maize in the Pampean region. *Eur. J. Agron.* 115: 126016.
6. Fageria, N. K., V. C. Baligar, and B. A. Bailey. 2005. Role of cover crops in improving soil and row crop productivity. *Communications in soil science and plant analysis.* 36(19-20): 2733-2757.

7. Finney, D. M., C. M. White, and J. P. Kaye. 2016. Biomass production and carbon/nitrogen ratio influence ecosystem services from cover crop mixtures. *Agron. J.* 108(1): 39-52.
8. Graham, I. A. 2008. Seed storage oil mobilization. *Annu. Rev. Plant Biol.* 59: 115-142.
9. Gwon, T. J. 2006. Current status of North Korean agriculture and Direction of agricultural cooperation between South and North Korea. *Rural Resource.* 48(4): 21-33.
10. Halford, N. G., T. Y. Curtis, N. Muttucumaru, J. Postles, and D. S. Mottram. 2011. Sugars in crop plants. *Ann. Appl. Biol.* 158(1): 1-25.
11. Jang, J. O., M. K. Kwon, D. J. Park, C. K. Sung, and C. J. Kim. 2013. Screening of Rhizobium, Hairy Vetch Root Nodule Bacteria, with Promotion of Nodulation and Nitrogen Fixation. *Korean J. Microbiol.* 49(2): 131-136.
12. Jeon, W. T., K. Y. Seong, J. K. Lee, M. T. Kim, and H. S. Cho. 2009. Effects of seeding rate on hairy vetch (*Vicia villosa*)-rye (*Secale cereale*) mixtures for green manure production in upland soil. *Korean J. Crop Sci.* 54(3): 327-331.
13. Jeon, W. T., S. O. Hur, K. Y. Seong, I. S. Oh, M. T. Kim, and U. G. Kang. 2011. Effect of green manure hairy vetch on rice growth and saving of irrigation water. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 44(2): 181-186.
14. Kim, M. T., K. S. Kim, K. D. Park, J. H. Ryu, J. S. Choi, J. H. Ku, S. J. Kim, C. W. Lee, K. Lee, and H. W. Kang. 2015. Reset of cultivation zones of green manure crops under paddy field in South Korea: Focused on minimum temperature and drainage class. *Korean J. Crop Sci.* 60(1): 91-96.
15. Kim, S. K., G. H. Jung, S. H. Shin, M. T. Kim, C. G. Kim, and K. B. Shim. 2016. Effects of Green Manure on Soil Properties and Grain Yield of Sorghum (*Sorghum bicolor* Moench). *Korean J. Crop Sci.* 61(4): 290-296.
16. Kim, T. Y., S. Y. Kim, Y. E. Yoon, J. H. Kim, and Y. B. Lee. 2019. Application of Molybdenum Enhances Nitrogen Fixation and Transfer, and Biomass Production under a Hairy Vetch/Barley Mixture Cropping System. *Korean J. Environ. Agric.* 38(4): 291-295.
17. Ku, J. H., M. T. Kim, W. T. Jeon, K. Y. Seong, H. S. Cho, C. G. Kim, U. G. Kang, Y. U. Kwon, I. S. Choi, I. S. Oh, and T. S. Kim. 2014. A new hairy vetch (*Vicia villosa* Roth) variety, 'Cheongpoongbora' for green manure. *Korean J. Breed. Sci.* 46(3): 318-322.
18. Lee, B. M., J. H. Lee, Y. J. Oh, S. B. Lee, C. K. Kang, H. J. Jee, and J. H. Lee. 2010. Weed occurrence as influenced by living mulch, soil incorporation and cutting treatment of rye in organic soybean field. *Korean J. Weed Sci.* 30(2): 164-170.
19. Lee, Y. H., S. M. Lee, J. K. Sung, H. S. Han, J. W. Ahn, C. G. Kwak, and W. S. Kim. 2011. Soil properties and growth and yield of rice affected by compost, rice straw and hairy

- vetch. Korean J. Org. Agric. 19(3): 397-404.
20. Li, T., J. Gao, L. Bai, Y. Wang, J. Huang, M. Kumar, and X. Zeng. 2019. Influence of green manure and rice straw management on soil organic carbon, enzyme activities, and rice yield in red paddy soil. Soil Tillage Res. 195: 104428.
  21. Lim, C. H. 2019. Study on the role of NGOs in North Korean agricultural development. Master Thesis, Kyung Hee University, Seoul, South Korea.
  22. Lim, T. J., J. M. Park, and S. E. Le. 2018. Effects of Incorporation of Green Manure Crops on the Growth of Watermelon and Soil Nitrate Nitrogen Concentration. Korean J. Environ. Agric. 37(1): 28-33.
  23. Lim, T. J., K. I. Kim, J. M. Park, S. E. Lee, and S. D. Hong. 2012. The use of green manure crops as a nitrogen source for lettuce and Chinese cabbage production in greenhouse. Korean J. Environ. Agric. 31(3): 212-216.
  24. Liu, S., W. Liu, J. Lai, Q. Liu, W. Zhang, Z. Chen, J. Gao, S. Song, J. Liu, and Y. Xiao. 2022. OsGLYI3, a glyoxalase gene expressed in rice seed, contributes to seed longevity and salt stress tolerance. Plant Physiol. Biochem. 183: 85-95.
  25. Maul, J., S. Mirsky, S. Emche, and T. Devine. 2011. Evaluating a germplasm collection of the cover crop hairy vetch for use in sustainable farming systems. Crop Sci. 51(6): 2615-2625.
  26. Mothapo, N. V., J. M. Grossman, J. E. Maul, W. Shi, and T. Isleib. 2013. Genetic diversity of resident soil rhizobia isolated from nodules of distinct hairy vetch (*Vicia villosa* Roth) genotypes. Appl. Soil Ecol. 64: 201-213.
  27. Nair, A. and M. Ngouajio. 2012. Soil microbial biomass, functional microbial diversity, and nematode community structure as affected by cover crops and compost in an organic vegetable production system. Appl. Soil Ecol. 58: 45-55.
  28. Nam, K. 2006. The study of application program on agricultural technology for improving agricultural productivity of North Korea. Ph. D. Thesis, The University of Seoul, Seoul, South Korea.
  29. NIAS. 2000. Methods of analysis of soil and plant. National Institute of Agricultural Science, RDA, Suwon, South Korea.
  30. NIAS. 2021. Annual report: Development of fertilization management strategy for cereal crops to improve soil fertility in northern area. National Institute of Agricultural Science, RDA, Wanju, South Korea.
  31. NIAS. 2022. Prescription of Fertilizer Use by Crop. National Institute of Agricultural Sciences, Wanju, South Korea, pp. 30-37.

32. Poffenbarger, H. J., S. B. Mirsky, R. R. Weil, J. E. Maul, M. Kramer, J. T. Spargo, and M. A. Cavigelli. 2015. Biomass and nitrogen content of hairy vetch-cereal rye cover crop mixtures as influenced by species proportions. *Agron. J.* 107(6): 2069-2082.
33. Rehmani, M. S., B. Xian, S. Wei, J. He, Z. Feng, H. Huang, and K. Shu. 2023. Seedling establishment: The neglected trait in the seed longevity field. *Plant Physiol. Biochem.* 107765.
34. Rodriguez M. P., J. Vargas, A. A. Correndo, A. J. P. Carcedo, W. D. Carciochi, H. R. S. Rozas, P. A. Barbieri, and I. A. Ciampitti. 2023. A meta-analysis of hairy vetch as a previous cover crop for maize. *Heliyon.* 9(12).
35. Wang, W. Q., D. Y. Xu, Y. P. Sui, X. H. Ding, and X. J. Song. 2022. A multiomic study uncovers a bZIP23-PER1A - mediated detoxification pathway to enhance seed vigor in rice. *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.* 119(9): e2026355119.
36. Won, J. G., K. S. Jang, J. E. Hwang, O. H. Kwon, T. Y. Kwon, and J. R. Cho. 2012. Effect of tillage and no-tillage of winter green manure crops on yield of red pepper in plastic film house. *Weed Turf. Sci.* 1(4): 18-23.
37. Yang, C. H., J. H. Ryu, T. K. Kim, S. B. Lee, J. D. Kim, N. H. Baek, S. Kim, W. Y. Choi, and S. J. Kim. 2009. Effect of green manure crops incorporation with rice cultivation on soil fertility improvement in paddy field. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 42(5): 371-378.
38. Yun, J. I. 2007. Applications of "High definition digital climate maps" in restructuring of Korean Agriculture. *Korean J. Agric. For. Meteorol.* 9(1): 1-16.