

이탈리안라이그라스 종자의 물리적 특성 연구

신동관¹, 김웅², 한재웅^{2*}

¹공주대학교 농공학과, ²공주대학교 스마트팜공학과

Physical Properties of Italian Ryegrass

Dong-Gwan Shin¹, Woong Kim², Jae-Woong Han^{2*}

¹Department of Agricultural Engineering, Kongju National University

²Department of Smartfarm Engineering, Kongju National University

요약 본 연구의 목적은 국내에서 생산되고 있는 이탈리안라이그라스의 가공시설 및 저장시설 기계화를 위하여 주요 인자를 구명하고 이를 예측할 수 있는 예측 모델을 개발하기 위해 수행되었다. 시료의 함수율은 7수준으로 건조하였으며, 초기 시료인 함수율 34.0%, w.b.의 경우 유동이 없어 물리적 특성 실험에서 제외하였다. 기하학적 특성의 측정값은 길이 평균 5.25 mm 및 두께 평균 1.20 mm으로 나타났고 표면적 평균 4.80 mm² 및 둘레 11.34 mm로 나타났으며, 원형비 평균 0.47 및 각형비 평균 0.76으로 각형에 더 가까운 것으로 나타났다. 함수율이 높을수록 면적과 둘레는 증가하는 추세를 보였으나, 장축길이, 단축길이, 원형비, 각형비는 함수율 변화에는 무관하였다. 산물밀도의 측정값은 평균 산물밀도는 180.78 kg/m³이며, 함수율이 감소할수록 다소 낮아지는 것으로 나타났다. 천립중은 평균은 2.57 g으로 이탈리안라이그라스의 낱알의 무게는 평균 약 0.002 ~ 0.003 g로 나타났으며 천립중은 함수율이 감소할수록 천립중도 감소하는 것으로 나타났다. 산물밀도와 천립중은 함수율 변화에 따라 변화하는 인자이며 이를 예측하기 위하여 예측모델을 개발하였고 1차원으로 표현하였다. 산물밀도의 예측모델의 경우 결정계수(R²)는 0.90이고 상수는 50.7723 및 170.1052로 나타났으며, 천립중의 예측모델의 경우 결정계수(R²)는 0.99이며 상수는 2.1946 및 1.5683으로 나타났다.

Abstract The purpose of this study was to seek out the main factors involved in mechanizing the processing and storage of Italian ryegrass(IRG) produced in Korea and to develop a predictive model for these factors. The moisture content of the sample was reduced by seven levels by drying. The initial sample, with a 34.0% moisture content, wet basis (w.b.) was excluded from the physical property test because there was no flow. The measured values of the geometrical properties showed an average length of 5.24 mm, an average width of 1.20 mm, an average area of 4.79 mm², an average perimeter of 11.34 mm, an average circularity of 0.46, and an average rectangularity of 0.75, which was closer to a prism shape. The area and perimeter increased as the water content increased, but the length, width, circularity, and rectangularity were independent of the change in water content. The average bulk density was 180.78 kg/m³, and it was found that it showed some decrease as the moisture content decreased. The average weight of 1000 grains was 2.57 g, and the average weight of the grains of IRG was about 0.002 to 0.003 g. The bulk density and the thousand grains weight were the factors that changed according to changes in the moisture content. Hence, a predictive model was developed to predict and express these factors in one dimension. In the predictive model for bulk density, the coefficient of determination (R²) was 0.90, and the constants were 50.7723 and 170.1052, and in the predictive model for the thousand grains weight, the coefficient of determination (R²) was 0.99 and the constants were 2.1946 and 1.5683.

Keywords : Italianryegrass(IRG), Pridict Model, Geometric Properties, Bulk Density, Thousand Grains Weight

본 논문은 2022년 공주대학교 학술연구지원사업의 연구지원에 의하여 연구되었음.

*Corresponding Author : Jae-Woong Han(Kongju National Univ.)

email: hanwoong@kongju.ac.kr

Received September 26, 2022

Revised October 26, 2022

Accepted December 7, 2022

Published December 31, 2022

1. 서론

조사료는 반추동물의 되새김을 통해 타액 분비를 촉진시키고 위액 생성과 유용한 미생물 등 위액 내에 각종 성상을 유지하여 사료 섭취와 흡수율을 높인다고 보고되고 있다[1-3].

국내에서 조사료로 사용하는 작물은 밀, 옥수수, 청보리 등이 있으나 재배면적의 감소와 수입에 의존도가 높아지면서 국내 축산농가는 경제적인 측면에서 부담으로 작용하고 있다[4,5].

축산농가의 경제적인 부담을 줄이기 위하여 정부는 조사료 생산과 연구를 통해 자급률을 지속적으로 늘리고 있으며, 사일리지 가공을 통하여 가축에게 급여했을 때 번식 성적이 우수하다고 보고되고 있는 이탈리아안라이그라스(IRG, Italian Ryegrass)를 선택하고 있다[2,3,6,7].

IRG는 전국에서 수확이 가능하며, 서늘한 기후인 8.0~23.0℃에서 잘 자라는 특성이 있어 다른 봄 작물보다 이른 파종이 가능하고 기후변화와 내습성이 우수하여 쌀과 이모작 재배가 가능하며, 재배면적이 국한적인 우리나라서는 최적의 재배 효율을 낼 수 있는 조사료이다[7,8].

그러나 IRG의 수확 시기는 벼 이앙기와 겹쳐 조기에 수확으로 종자의 경우 고수분일 때 수확이 이루어지고 있어 수확 후 공정이 적절하지 못한 경우 발아율 저하로 인하여 종자로서 사용이 불가능한 경우가 발생하고 있다. 수확한 IRG 종자의 첫 공정은 선별이며, 까락, 돌 등의 이물질이 혼입될 경우 건조시간 지연 및 함수율의 편차가 발생되며, 품질의 손상이 발생함으로 적절한 수확 후 처리가 필요하다[9-11].

수확 후 처리는 선별, 건조, 저장, 운송 등이 있으며, 작물마다 물성의 차이로 인하여 한 종의 작물을 대상으로 연구를 진행하고 있으며, 기계화 관련 연구를 수행하는 데 있어 생물체의 형상과 크기를 알 수 있는 기하학적 특성이나 곡물을 어떤 용기에 담았을 때 용기의 체적에 대한 곡물의 무게비를 나타내는 산물밀도, 곡물의 1,000립의 무게를 측정하여 평균 종자의 무게를 알 수 있는 천립중은 체선별기 및 저장용량 등 기계화 관련 연구에 기본이 되는 인자이며, 이와 같은 인자들은 가공 기계, 저장시설, 공정분석 및 처리 등을 개발하기 위해 매우 중요한 인자로 보고되고 있다[12-14].

국내에서 생산된 IRG종자를 위한 건조시스템에 대한 연구자료는 전무하며, 기존 곡물건조기를 이용할 경우 건조속도 저하 발생하고 IRG 종자의 건조 및 저장용량 결정에 필요한 인자 부재로 인하여 건조 용량 및 건조기

설계에 어려움이 있다[15-17].

따라서, 본 연구는 IRG 종자의 수확 후 첫 공정인 선별 장치 설계에 주요 인자인 기하학적 특성 및 건조 및 저장 장치 설계에 주요 인자인 산물밀도 및 천립중을 함수율 변화에 따라 특성을 구명하고 함수율에 따른 모델을 개발하여 고수분의 IRG 수확 후 기계화 자료의 기본 자료로써 정보를 제공하는 데 목적이 있다[12,17].

2. 본론

2.1 공시재료

공시재료는 2022년에 수확한 시료로 초기함수율은 34.0%, w.b.이었으며, 약 3 kg씩 나누어 PE로 밀봉 포장한 후 영하 10℃의 저온저장고에 보관하여 포장열을 제거하였다. 물리적 특성을 분석하기 위하여 IRG를 농산물건조기(INBD-150E, 시즈오카한성(주), 한국)을 이용하여 건조를 시행하였으며, 시료의 함수율은 7수준(34, 29.7, 25.2, 22.0, 17.7, 14.0%, w.b.)으로 구분하여 실험 하여 실험에 사용하였다. 시료의 함수율측정은 ASABE에서 규정하고 있는 10g-130℃-4h 건조법[21]으로 측정하였고 초기 시료인 함수율 34.0%, w.b.의 경우 유동이 없어 물리적 특성 실험에서 제외하였다.

2.2 기하학적 특성

기하학적 특성은 가공 기계 설계에 기초로 사용되는 중요한 자료이다. 종자의 함수율 별로 100립을 화상분석기(Image Pre-plus ver 4.5.1.22, Hi-Rox Hi-scop compact micro vision system, KH-2200, MD3)를 사용하여 장축길이(length), 단축길이(Width), 면적(Area) 및 둘레(Perimeter)를 각각 측정하였으며, 최대 및 최소를 제외한 평균값을 이용하였다[18].

2.3 산물밀도

종자를 어떤 용기에 담겼을 때 공극을 포함한 밀도를 산물밀도라고 한다. 산물밀도의 주요 인자로는 기하학적 형상, 진밀도, 입자크기, 표면 특성 등이 있으며, 산물밀도를 식으로 나타내면 다음 Eq. (1)과 같다. 산물밀도의 측정은 산물밀도측정장치(Weight per bushel test apparatus, Seedburo사, USA)로 측정하였으며, Fig. 1과 같다. 동일 시료에 대해 5회씩 측정하여 최대, 최소를 제외한 평균값을 사용하였다[19].

$$bulk\ density = \frac{grain\ weight}{vessel\ volume} \quad (kg/m^3) \quad (1)$$



Fig. 1. Main specifications of bulk density measuring device (mm) and bulk density measuring device

2.4 천립중

천립중은 낱알의 평균 중량을 측정할 수 있는 실험으로 IRG 1000개를 무작위로 선별하여 각 함수율별로 측정하였으며, 측정은 함수율별로 5회 반복하여 측정하였고, 전자저울(L110, Satorius, Germany)을 이용하여 천립중을 측정하였다[20].

3. 결과 및 고찰

3.1 기하학적 특성

함수율 변화에 따라 이탈리안 라이그라스의 기하학적 특성을 측정하였으며, 장축길이, 단축길이, 면적 및 둘레는 아래 Table 1 와 같이 나타났다. 함수율이 높을수록

면적과 둘레는 증가하는 추세를 보였으나, 장축길이, 단축길이, 원형비, 각형비는 함수율 변화에는 무관하였다.

Table 1. Measurement result of geometric properties of IRG by moisture content

| M.C. (% w.b.) | Area (mm ²) | Perimeter (mm) | Width (mm) | Length (mm) | Circularity (-) | Rectangularity (-) |
|---------------|-------------------------|----------------|------------|-------------|-----------------|--------------------|
| 0.140 | 4.65 | 11.24 | 1.16 | 5.21 | 0.45 | 0.75 |
| 0.177 | 4.70 | 11.23 | 1.19 | 5.21 | 0.47 | 0.76 |
| 0.220 | 4.73 | 11.37 | 1.17 | 5.28 | 0.46 | 0.76 |
| 0.252 | 4.97 | 11.56 | 1.22 | 5.35 | 0.47 | 0.76 |
| 0.297 | 4.93 | 11.30 | 1.26 | 5.19 | 0.48 | 0.74 |
| average | 4.79 | 11.34 | 1.20 | 5.24 | 0.46 | 0.75 |

Fig. 2는 IRG의 함수율 변화에 따른 길이 및 두께의 변화를 나타낸 것이며, 초기시료 34.0%의 경우는 시료 표면에 자유수로 인하여 외형 측정이 불가능하여 제외하였다. 길이 평균 5.24 mm 및 두께 평균 1.20 mm로 나타났고 함수율의 변화에 따른 길이 및 두께는 함수율 전 영역에서 급격한 변화는 없었으며, 외형의 크기 변화 또한 함수율 변화와는 무관하였다.

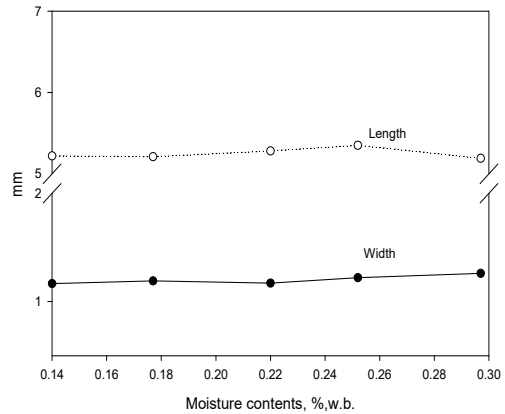


Fig. 2. Length and width according to the change of moisture content of IRG

Fig. 3-4는 IRG의 함수율 변화에 따른 표면적 및 둘레의 변화를 나타낸 것이며, 표면적 평균 4.79 mm² 및 둘레 11.34 mm로 나타났다. 표면적과 둘레의 변화 그래프가 비슷한 형태를 나타냈으며, 함수율 25%, w.b. 이후로 표면적 및 둘레의 길이가 급격히 변화하는 것으로 나타났으며, 종자의 표면에 자유수로 인하여 종자에서

뭉침과 덩어리지는 현상이 발생했다. 함수율의 변화에 따른 외형의 크기 변화가 작은 이유는 IRG의 외형이 함수율 감소에 따라 변화가 없어 외형의 변화가 작은 것으로 판단된다.

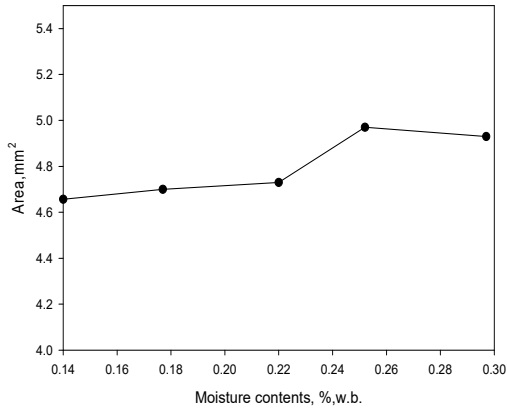


Fig. 3. Area according to the change of moisture content of IRG

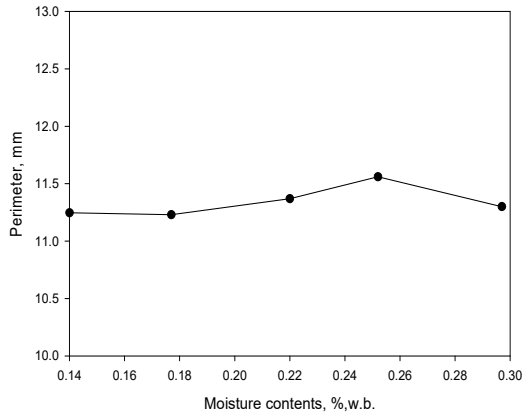


Fig. 4. Perimeter according to the change of moisture content of IRG

Fig. 5-6는 IRG의 함수율 변화에 따른 원형비와 각형비를 나타낸 것이며, 원형비는 1에 근접할수록 원형에 가까운 것을 의미하여 각형비 또한 1에 근접할수록 각형에 가까운 것을 의미한다. IRG의 경우 함수율의 변화와 외형의 변화는 관계가 없는 것으로 나타났으며, 원형비 평균 0.46 및 각형비 평균 0.75으로 각형에 더 가까운 것으로 나타났다. IRG 시료의 이송설계를 위하여 종자를 낙하할 경우 높은 경사각이 필요할 것으로 예상된다.

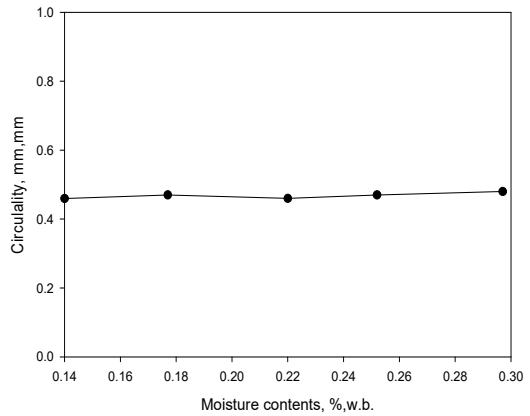


Fig. 5. Circularity according to the change of the moisture content of IRG

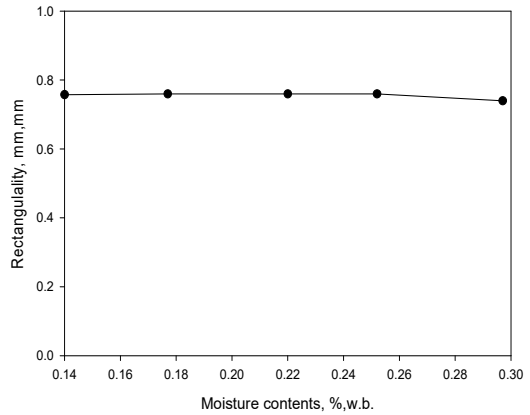


Fig. 6. Rectangularity according to the change of the moisture content of IRG

3.2 산물밀도

Fig. 7은 IRG의 함수율 변화에 따른 산물밀도의 변화를 나타낸 것이며, 저장시스템 설계용량을 결정하는 중요한 인자이다. IRG의 평균 산물밀도는 180.78 kg/m³이며, 함수율이 감소할수록 다소 낮아지는 것으로 나타났다. 외형과 내형의 부피차이로 인하여 다른 작물의 종자에 비하여 무게가 가벼운 것으로 나타났다. 함수율 30%, w.b.에서 18%, w.b.까지는 완만하게 감소하였으나 18%, w.b. 이하에서 급격한 감소를 보였다. 산물밀도는 함수율 및 공극률과 관계가 있으며, IRG의 경우 함수율 변화에 따른 변화가 주요한 것으로 판단된다.

다음 Eq. (2)는 함수율의 변화에 따른 산물밀도의 예측이 가능한 모델을 나타낸 것이며, 함수율 29.7%는 천립중과 동일하게 제외하였다. 산물밀도 예측 모델은 1차

원으로 표현이 가능하며, 상수는 50.7723 및 170.1052로 나타났다.

$$B.D. = 170.1052 + 50.7723m \quad R^2 = 0.9060 \quad (2)$$

여기서, B.D. = Bulk density(kg/m³)
 m = Moisture content(dec, w.b.)

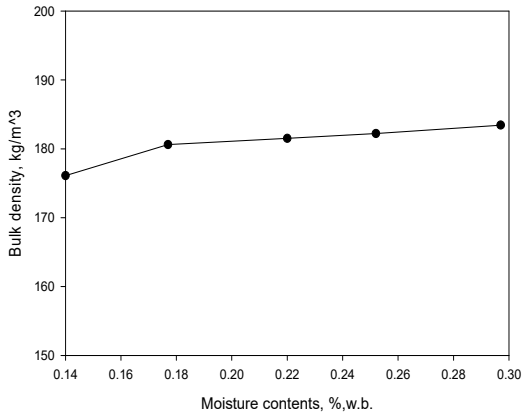


Fig. 7. Bulk density according to change in moisture content of IRG

3.3 천립중

Fig. 8은 IRG의 함수율 변화에 따른 천립중의 변화를 나타낸 것이며, 천립중은 함수율이 감소할수록 천립중도 감소하는 것으로 나타났고 함수율 25% 이하로 변화 폭이 둔화하는 것으로 나타났다. 천립중의 평균은 2.57 g으로 IRG 낱알의 무게는 평균 약 0.002 ~ 0.003 g로 나타났다. 낱알을 무게가 가벼워 기류이동 시 적절한 송풍량 조절이 필요할 것으로 예상된다.

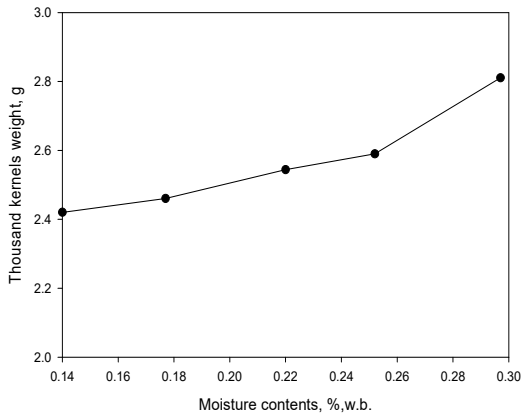


Fig. 8. Thousands of grains according to the change in moisture content of IRG

다음 식은 함수율의 변화에 따른 천립중을 예측이 가능한 모델을 나타낸 것이며, 함수율 29.7%는 초기 시료와 같이 표면의 자유수로 인하여 무게 측정에 변화가 커 제외하였다. 천립중 예측 모델은 아래 Eq. (3)과 같으며, 상수는 2.1946 및 1.5683으로 나타났다.

$$T.K.W. = 2.1946 + 1.5683m \quad (R^2=0.9946) \quad (3)$$

여기서, T.K.W. = Thousand kernels weight(g)
 m = Moisture content(% w.b.)

4. 결론

본 연구는 국내 IRG종자의 기계화 설계를 위하여 주요인자인 기하학적 특성 산물밀도 천립중을 측정하고 물성을 구명하여 기계화 자료의 제공과 예측가능한 모델개발을 위하여 연구를 수행하였다.

본 연구의 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 기하학적 특성을 함수율별로 실험한 결과 함수율이 높을수록 면적과 둘레는 증가는 추세를 보였으나, 장축길이, 단축길이, 원형비, 각형비는 함수율 변화와는 무관하였다. 공정 이송을 위하여 기류를 이용하거나 낙하할 경우 높은 경사각이 필요할 것으로 예측되며 정상립 선별 시 선별체 설계자료 이용될 것으로 판단된다.
2. IRG의 평균 산물밀도는 180.78 kg/m³로 나타났으며, 외영과 내영의 부피차이로 인하여 다른 작물의 종자에 비하여 무게가 가벼운 것으로 나타났다. 함수율 30%, w.b.에서 18%, w.b.까지는 완만하게 감소하였으나 18%, w.b. 이하에서 급격한 감소를 나타냈으며, 함수율이 감소할수록 다소 낮아지는 것으로 나타났다. 산물밀도는 함수율 및 공극률과 관계가 있으며, IRG의 경우 함수율 변화에 따른 변화가 주요한 것으로 판단된다.
3. IRG의 천립중 평균은 2.57 kg로 나타났으며, 함수율 변화에 따른 천립중의 변화는 함수율이 감소할수록 천립중도 감소하는 것으로 나타났다. IRG 낱알의 평균 무게는 0.002 g~0.003 g으로 가벼운 편으로 공정 이송을 위하여 기류를 사용할 경우 적정 송풍량 연구가 필요할 것으로 판단된다.

4. 산물밀도와 천립중은 함수율에 변화에 따라 평균 값이 변화하는 인자이며, 기계화 공정설계를 위하여 함수율 변화에 따라 예측할 수 있는 모델을 개발하였고 예측모델을 1차원으로 표현하였다.

References

- [1] K. H. Kim, S. J. Moon, K. Kil, K. S. Baek, W.S. Lee, W.H. Kim, K. Y. Jang, "Effects of Feeding of Sudangrass Silage on the Reproductive Characteristics of Hanwoo Cows", *Reproductive & developmental biology*, Vol.34, No.3, pp.213-216, 2010.
<https://scienceon.kisti.re.kr/srch/selectPORSrchArticle.do?cn=JAKO201009654403140&dbt=NART>
- [2] H. J. Lee, *Effects of Feeding of Italian Ryegrass Silage on the Reproductive Characteristics of Hanwoo Cows*, Master's thesis, Chonnam National University, Chonnam, Korea, pp.1-8, 2012.
http://www.riss.kr/search/detail/DetailView.do?p_mat_type=be54d9b8bc7cdb09&control_no=2b0f398e01b03cffffe0bdc3ef48d419&outLink=K
- [3] W. A. Seo, *Forage Crop production activation plan in Gyeongsangbukdo*, Master's thesis, Kyungpook National University, Kyungpook, Korea, pp.1-5, 2015.
http://www.riss.kr/search/detail/DetailView.do?p_mat_type=be54d9b8bc7cdb09&control_no=bbaa95c578cd0a59ffe0bdc3ef48d419&outLink=K
- [4] C. H. Kang, I. S. Lee, S. J. Kwon, "Identification of Ideal Seed Harvest Time for Italian Ryegrass (IRG) 'Kowinearly' Variety in Reclaimed Land", *Korean journal of Crop Science*, Vol.65, No.2, pp.142-150, 2022.
DOI: <https://doi.org/10.7740/kjcs.2020.65.2.142>
- [5] J. H. Yang, B. O. Lee, G. D. Xu, "Some Methods an Increasing Competitive of Korea Beef Cattle using Self-Supply Forage", *Journal of Agricultural, Life and Environmental Sciences*, Vol.24, No.2, pp.9-17, 2012.
<https://kiss.kstudy.com/thesis/thesis-view.asp?key=3092912>
- [6] J. E. Byeon, H. J. Lee, S. G. Hwang, J. W. Ryo, "Comparison of the Seed Productivity of Italian Ryegrass in Different Regions", *Korean Journal of Crop Science*, Vol.66, No.4, pp.428-434, 2021.
DOI: <https://doi.org/10.7740/kjcs.2021.66.4.428>
- [7] G. J. Choi, Y. C. Lim, H. C. Ji, S. H. Lee, K. W. Lee, D. K. Kim, S. Seo, W. H. Kim, K. Y. Kim, "Comparison of Growth Characteristics and Forage Productivity Between Italian Ryegrass and Oats Sown in Early Spring", *The Korean Society of Grassland and Forage Science*, vol.31, no.2, pp.135-142, 2011.
DOI: <https://doi.org/10.5333/KGFS.2011.31.2.135>
- [8] S. Y. Oh, S. H. Oh, J. H. Seo, J. S. Choi, "Effects of Forage-Rice Cropping Systems on the Growth and Grain Quality of Early Maturing Rice Cultivars and Soil Chemical Properties in Paddy Fields in Southern Korea", *Korean journal of Crop Science*, Vol.66, No.4, pp.297-306, 2021.
DOI: <https://doi.org/10.7740/kjcs.2021.66.4.297>
- [9] H. Kim, H. J. Lee, J. W. Han, "Development of Desorption Equilibrium Moisture Content Model of Italian Ryegrass Seeds", *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*, Vol.22, No.9, pp.754-760, 2021.
DOI: <https://doi.org/10.5762/KAIS.2021.22.9.7>
- [10] O. W. Kim, J. H. Ahn, H. Kim, "Post-Harvest Technology for Competitiveness of Rice Industry", *Food Industry and Nutrition*, Vol.21, No.2, pp.1-7, 2016.
<https://scienceon.kisti.re.kr/srch/selectPORSrchArticle.do?cn=JAKO201610364969841>
- [11] B. G. Kim, J. G. Lim, A. Y. Lee, Y. W. Seo, "Physical properties of Italian ryegrass seeds immediately after harvest", *Korea Society for Agricultural Machinery*, Vol.25, No.2, pp.158, 2022.
<https://kiss.kstudy.com/thesis/thesis-view.asp?key=3834774>
- [12] L. A. Duc, J. W. Han, S. J. Hong, H. S. Choi, Y. H. Kim, D. H. Keum, Physical Properties of Rapeseed (I), *Journal of Biosystems Engineering*, Vol.33, No. 2, pp.101-105, 2008.
DOI: <https://doi.org/10.5307/JBE.2008.33.2.101>
- [13] O. W. Kim, H. Kim, S. S. Kim, E. J. Choi, "Effect of moisture content on some physical properties of domestic wheat", *Korean journal of food preservation*, Vol.22, No. 5, pp.652-659, 2015.
DOI: <https://doi.org/10.11002/kjfp.2015.22.5.652>
- [14] O. W. Kim, H. Kim, S. K. Lee, W. Kim, J. W. Han, "Simulation of Wheat Circulating Cross-flow Dryer", *The Korean Society of the Agricultural machinery*, Vol.19, No.2, pp.139-140, 2014
<http://www.riss.or.kr/search/detail/DetailView.d>
- [15] B. K. Kim, A. Y. Lee, G. Y. Kim, J. G. Lim, Development of Dryer for Italian Ryegrass(IRG) and Comparison of Drying Performance, *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*, Vol.23, No.7, pp.284-290, 2022.
DOI: <https://doi.org/10.5762/KAIS.2022.23.7.2>
- [16] Chonbuk National University, Establishment of quality control and post-harvest management system in Korean wheat production, Report, Rural Development Administration, Korea, pp.4
DOI: <https://doi.org/10.23000/TRKO201400011314>
- [17] L. A. Duc, J. W. Han, S. J. Hong, Y. H. Kim, Y. H. Kim, D. H. Keum, "Physical Properties of Rapeseed (II)", *Journal of Biosystems Engineering*, Vol.33, No.3, pp.173-178, 2008.
DOI: <https://doi.org/10.5307/JBE.2008.33.3.173>
- [18] D. H. Keum, Post-Harvest Process Engineering, pp.849, CIR, 2008, pp.98-106.

[19] H. Kim, H. J. Lee, J. W. Han, "A Study on the Measurement of Physical Properties for Miscellaneous Cereal Crops Sorting", *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society* ,Vol.21, No.10, pp.354-360, 2020
DOI: <https://doi.org/10.5762/KAIS.2020.21.10.354>

[20] E. J. Choi, H. Kim, S. S. Kim, O. W. Kim, "Effect of moisture content on terminal velocities of domestic wheat and foreign materials", *Korean journal of food Preservation* ,Vol.23, No.5, pp.746-752, 2016
DOI: <https://doi.org/10.11002/kifp.2016.23.5.746>

[21] American Society of Agricultural and Biological Engineers standards 2016, The Society for engineering in /agricultural, food, and biological systems, 2016, pp.S352_2_R2012(Moisture Measurement -Unground Grain and Seed.). pdf.

한 재 웅(Jae-Woong Han)

[정회원]



- 2003년 2월 : 성균관대학교 바이오메카트로닉스학과 (석사)
- 2007년 2월 : 성균관대학교 바이오메카트로닉스학과 (박사)
- 2007년 9월 ~ 2010년 2월 : 성균관대학교 연구조교수
- 2010년 3월 ~ 현재 : 공주대학교 스마트팜공학과 교수

<관심분야>

바이오공정공학, 바이오에너지

신 동 관(Dong-Gwan Shin)

[준회원]



- 2022년 2월 : 공주대학교 생물산업공학부 기계공학전공 (공학사)
- 2022년 2월 ~ 현재 : 공주대학교 농공학과 (대학원생)

<관심분야>

바이오 공정공학

김 웅(Woong Kim)

[정회원]



- 2003년 8월 : 성균관대학교 바이오메카트로닉스 (박사)
- 2003년 9월 ~ 2006년 3월 : 성균관대학교 연구교수
- 2006년 4월 ~ 현재 : 공주대학교 스마트팜공학과 교수

<관심분야>

ICT, Robot&Vision System