

Dependence of Yield Response of Rice to Nitrogen Level on Soil Testing

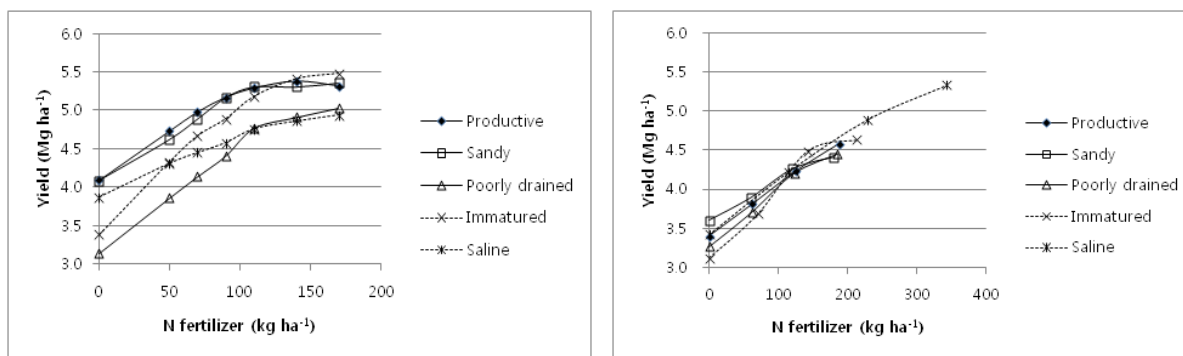
Yoo Hak Kim*, Myung Suk Kong, Seong Soo Kang, Mi Jin Chae, Ye Jin Lee, and Deog Bae Lee

Division of Soil and Fertilizer, NAAS, RDA, Wanju, 565-851, Korea

(Received: November 7 2014, Revised: December 24 2014, Accepted: December 25 2014)

Crop yields depend on the limiting factor of crop growth; Liebig law of minimum. Identifying the kind and the necessary amount of the limiting factor is essential to increase crop yield. Although nitrogen is the most essential nutrient, N application does not always bring about yield increases when other elements are limiting in rice cultivation. Two experiments were compared to elucidate the effect of soil testing on rice yield response to N level. The one was an experiment about yield response of 3 rice cultivars to 7 levels of N application, which was conducted from 2003 to 2004 in 25 farmer's fields without ameliorating soil conditions by soil testing and the other was a demonstration experiment on N fertilizer recommendation equation by 0, 0.5, 1.0, and 1.5 times of N recommended level in 5 soil types from 30 fields after ameliorating soil conditions by soil testing. The N response patterns of the experiments conducted without soil testing showed a Mitscherlich pattern in some cultivars and soil types, but did not in the others. The N response patterns of the demonstration experiment showed a Mitscherlich pattern in all soil types. Because these results indicated that N was the minimum nutrient in the demonstration experiment by ameliorating soil conditions with soil testing, but not in the other experiment without soil testing, the supply of minimum nutrients by soil testing could increase the efficiency of N-fertilization.

Key words: Rice yield and nitrogen, N response, Soil testing effect on N supply



Rice yield response to the N Levels without and with ameliorating by soil testing.

*Corresponding author : Phone: +82632382437, Fax: +82632383822, E-mail: kim.yoohak@korea.kr

§Acknowledgement: This study was supported financially by a grant from the research project (No. PJ009408) of National Academy of Agricultural Science, RDA, Korea.

Introduction

작물의 수량은 Liebig 법칙의 최소양분에 의하여 결정된다. 작물의 수량을 떨어지게 하는 최소양분이 무엇이고 얼마나 부족한지를 안다면 비료로써 양분을 공급하여 작물의 수량을 높일 수 있다. 이렇기 위해서는 작물이 필요로 하는 양분의 양과 토양에서 공급되는 양분의 양을 분석하여 알아낸 다음 부족한 양분을 비료로 공급하여야 한다. 작물이 필요로 하는 필수양분에는 다량원소 9종과 미량원소 8종이 있다 (Lim, 2006). 이들 원소들 중에서 작물이 필요로 하는 양이 많아 많은 양을 공급해야 하는 것이 질소, 인산, 칼리 등이다. 또한 농경지를 토양개량제나 퇴비로 개량하는 것은 토양의 성질을 개량할 뿐만 아니라 최소양분을 공급하는 효과도 포함되어 있다 (NAAS, 2011).

우리나라에서는 비료 추천식을 많은 시비량 시험을 통하여 설정하고 있으며 이 중에서도 벼의 질소에 대한 시비량 시험이 많은 부분을 차지하고 있다. 질소가 최소양분이고 다른 양분은 최소양분이 아닌 경우에는 질소비료 사용량에 따라 수량은 Mitscherlich의 수량점감의 법칙을 잘 나타내지만 질소가 최소양분이 아니고 다른 양분이 최소양분일 경우에는 질소수준에 따라서 일정한 경향이 없지만 질소비료에 대한 시비적량 시험은 토양검정으로 최소양분을 해소하지 않고 비료수준에 따른 수량반응을 토양의 양분함량과 관계된 것으로 해석하여 비료사용량 추천식을 설정하고 있는 실정이다 (NAAS, 2011; Lee, 1986).

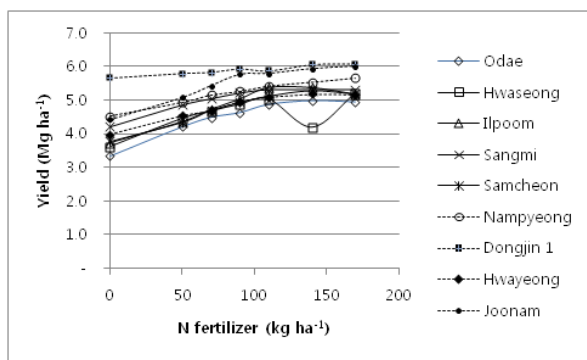
토양검정에 의한 비료사용처방서에서 질소만 제외하고 다른 양분을 비료로 준 다음 질소시비량 시험을 하여야 질소만의 수량에 대한 영향을 평가할 수 있다. 그래서 토양검정을 하지 않고 질소비료 수준에 따른 벼 수량 증가를 파악한 시험과 토양검정을 실시하여 질소를 제외한 다른 양분을 주고 질소비료 수준에 따른 벼 수량 증가를 파악한 시험을 비교하여 우리나라에서 사용하고 있는 토양검정방법이 최소양분을 해소할 수 있는 방법인지 그리고 시비시험에 토양검정을 실시하여야 하는지를 검토하여 보고하고자 한다.

Materials and Methods

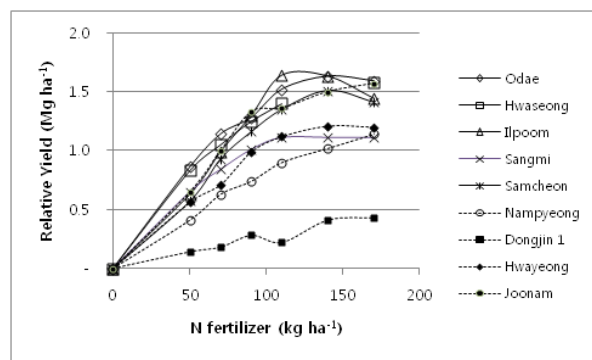
비료수준 시험 선정 토양검정을 하지 않고 수행한 질소 시비시험과 토양검정으로 다른 양분을 공급하고 수행한 질소시비시험을 선정하였다. 토양검정을 하지 않고 질소비료 수준에 따른 벼의 수확량 증가를 파악한 시험으로는 2003~2004년에 실시한 벼 생태형별 적정 질소시비량 시험을 선정하였다. 우리나라 전국 25개 농가포장에서 실시하였는데 중북부지역은 수원, 화성, 연천, 춘천, 청원, 철원, 제천, 남양, 강릉의 9개 지역이었으며 호남지역은 익산, 대전, 예산, 김제, 나주, 임실, 운봉, 계화, 해남의 9개 지역이었고 영남지역은 밀양, 대구, 진주, 안동, 함양, 상주, 영덕의 7개 지역이었다. 벼 품종은 삼천벼, 상미벼, 화성벼, 남평벼 중에서 지역에 알맞은 장려 3품종을 공시하여 0, 50, 70, 90, 110, 140, 170 kg ha⁻¹의 질소 7수준을 요소로 처리를 하였다. 토양검정을 실시하여 토양검정으로 석회와 규산질 비료로 토양을 개량하고 인산과 칼륨은 용과린과 염화加里로 검정시비량을 주면서 벼 수확량 증가를 파악한 시험으로는 2002년 전국 30개소에서 보통논, 사질논, 습논, 미숙논, 염해논의 5개 토양 유형에 토양검정에 의한 질소시비량만 0, 0.5배, 1.0배, 1.5배의 4수준을 요소로 처리한 실증시험을 선정하였다 (Song et al., 2004).

Results and Discussion

토양검정에 의한 토양개량 없이 실시한 벼의 질소 시비 반응 벼의 질소비료에 대한 수량반응은 Fig. 1과 같이 재배되는 품종에 따라서 다른 것으로 나타났다. 무질소구의 수량이 가장 높은 동진 1호는 질소비료 증가에 따른 수량증가는 가장 낮은 반면 무질소구의 수량이 낮은 오대벼, 화성벼 등은 질소비료 증가에 따른 수량증가는 높은 것으로 나타났다. 그리고 호남지역의 시군간의 차이를 알아보기 위하여 같은 토양 유형의 보통답에 같은 품종인 남평벼를 재배하였을 때 질소비료 수준에 따른 수량변화를 살펴본 결과



(a)



(b)

Fig. 1. (a) Yields and (b) relative yield responses among rice cultivars with different N levels without soil testing.

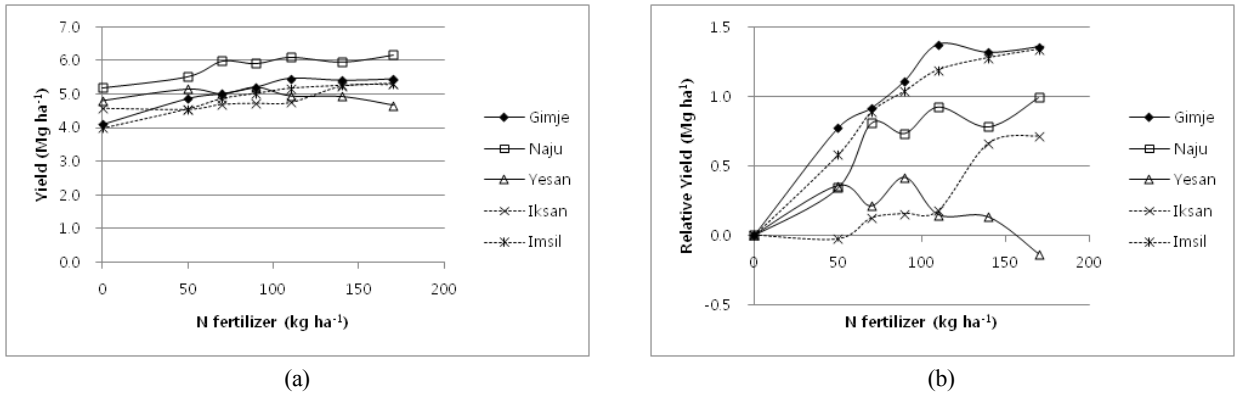


Fig. 2. (a) Yields and (b) relative yield responses of rice cultivar (Nampyeong) with different N levels in productive soil of several counties without soil testing.

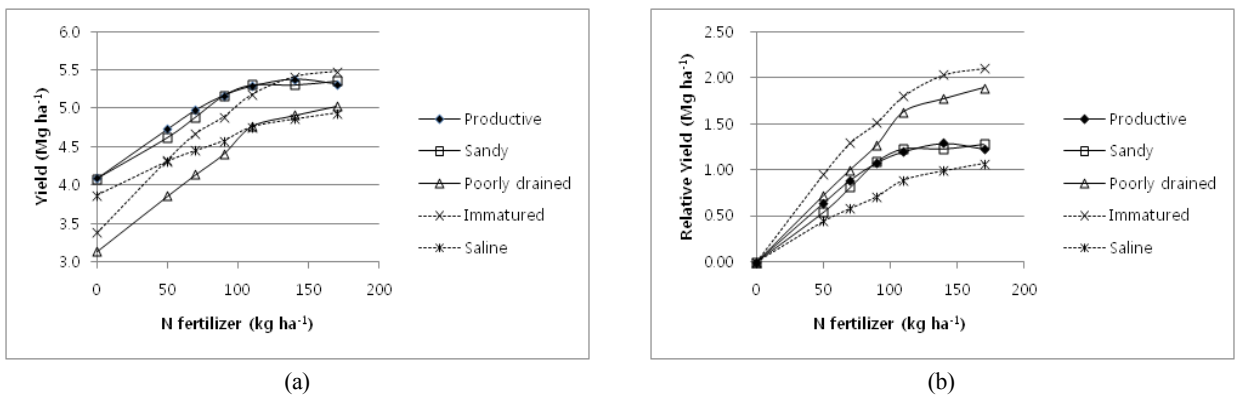


Fig. 3. (a) Yields and (b) relative yield responses of all rice cultivars depending on soil types as a function of N levels without soil testing.

는 Fig. 2와 같았다. 벼의 수량은 나주시에서 수행한 것이 다른 지역보다 높았고, 질소비료 증가에 따른 수량증가는 김제시와 임실군에서 수행한 것은 벼의 수량 증가는 수량점감의 현상이 잘 나타났지만 다른 지역은 일정한 관계가 없었다. 질소비료 수준에 따라 벼 품종별 수량의 증가가 차이는 것은 벼 품종이 달라서 차이가 나는 것으로 보이지만 지역이 달라서 생기는 차이도 포함되어 있기 때문에 벼 품종만의 차이로 나타내기에는 무리가 있는 것으로 판단되었다.

우리나라는 논 토양을 토양의 특성에 따라 보통논, 사질논, 습논, 미숙논, 염해논 등으로 구분하여 관리하고 있다 (NAAS, 2011). 토양유형이 다를 때 벼의 질소비료에 대한 수량반응은 Fig. 3과 같았다. 벼의 수량은 습논에서 가장 낮았고 보통논에서 가장 높았다. 처리구의 수량에서 무비구의 수량을 감한 상대수량인 Fig. 3(b)를 보면 질소비료 증가에 따른 수량증가는 미숙논에서 현저히 높았고 염해논에서 가장 낮았다. 이는 염해논은 다른 토양유형보다 질소가 더 많이 필요하기 때문에 (NAAS, 2011), 질소비료 수준에 따른 수량반응이 낮았고 미숙논은 유기물함량이 적어 질소가 많이 필요하므로 높게 나타난 것으로 판단되었다.

이상의 결과에서 Fig. 2의 익산시나 예산군에서 수행한 시험구는 다른 양분이 최소양분으로 작용하고 있는 것을 알

수 있었고 김제시와 임실군에서 수행한 시험구는 질소가 가장 중요한 최소양분임을 알 수 있었다. 토양의 질소가 최소양분인 경우 질소비료의 수준에 따라 증가되는 현상이 잘 나타나지만 다른 양분이 최소양분으로 작용하는 경우 관계가 뚜렷하지 않은 것으로 판단되었다. 다른 양분이 최소양분으로 작용할 때 비료사용에 따른 수량증가는 널리 사용할 수 없는 결과가 된다는 것을 알 수 있었다.

토양검정에 의한 토양개량 후의 벼의 질소시비 반응 토양검정 질소시비량을 실증한 시험의 벼 수량의 질소시비 반응은 Fig. 4와 같았으며 토양검정을 하지 않고 질소수준에 따른 수량반응인 Fig. 3보다 토양 유형에 따른 차이가 적은 것으로 나타났으며 토양 유형별로 상대수량 증가양상에서 더욱 뚜렷하게 나타났다. Fig. 4(b)에서 미숙논은 질소비료 수준에 따른 수량증가가 다른 유형보다 크게 나타났는데 이는 미숙논이 대체로 유기물이 적기 때문인 것으로 판단되었고 사질논은 질소비료 수준에 따른 수량증가가 다른 유형보다 낮은 것으로 나타났다. 그렇지만 전체 유형에서 질소비료 수준에 따른 수량증가는 토양검정을 하지 않았을 때보다 Mitscherlich의 수량점감의 현상이 더 잘 나타나는 것을 알 수 있었다.

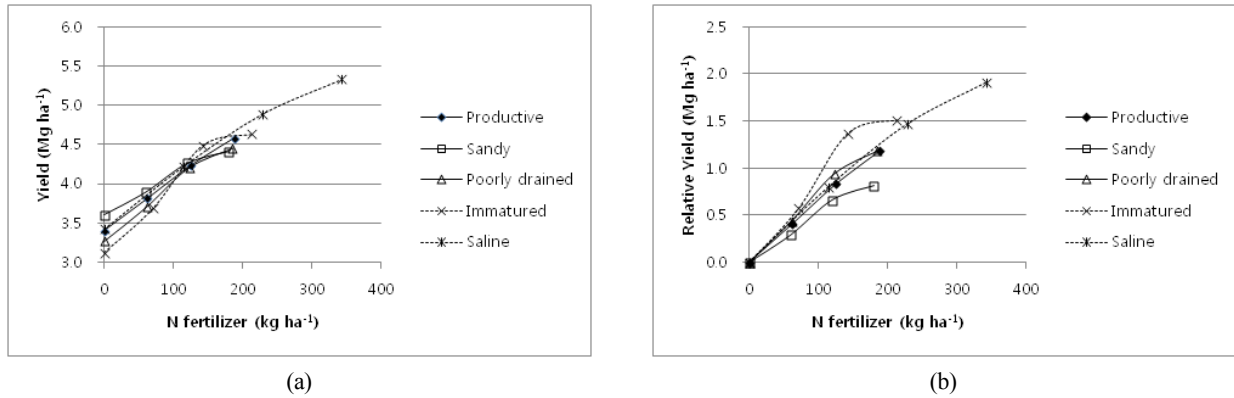


Fig. 4. (a) Yields and (b) relative yield responses of rice depending on soil types as a function of N levels after the amelioration of soil properties with soil testing.

토양개량 후의 벼의 질소시비 반응은 질소비료 사용량이 100 kg ha⁻¹까지는 모든 품종과 모든 토양유형에서 수량이 같은 양상으로 증가하였으며, 100 kg ha⁻¹이상에서 약간씩 감소하는 것을 알 수 있었다. 다시 말해서 질소는 100 kg ha⁻¹까지는 최소양분으로 나타나 비료로 질소를 공급하는 만큼 수량을 높일 수 있었는데, N 100 kg ha⁻¹의 살포로 토양유형에 따라 약간의 차이는 있지만 약 600 kg의 수량이 증가되는 것으로 나타났다.

토양검정 효과 토양검정으로 토양개량을 하지 않은 시험구에서는 Fig. 3(a)와 같이 토양유형별 무질소구의 편차는 약 1 Mg ha⁻¹으로 나타난 반면 토양검정으로 토양을 개량한 곳은 Fig. 4(a)와 같이 약 0.5 Mg ha⁻¹으로 적은 것으로 나타났는데 이는 토양검정으로 다른 최소양분의 영향이 줄어든 것으로 판단되었다. 이를 질소비료 수준에 따른 토양유형별 수량증가는 토양검정을 하지 않은 시험구에서는 질소비료 100 kg ha⁻¹으로 Fig. 2(b)와 같이 효과가 없는 시험구도 많지만 증가되는 곳은 800 kg에서 1,600 kg까지의 수량이 증가되어 차이가 심한 것으로 나타나 질소 1 kg으로 현미를 평균 8.8 kg을 생산하고 편차는 4~13 kg로 크다는 보고 (Uh, 1961; Park et al., 1974; Oh and Park, 1987)와 비슷하였다. 그러나 토양검정으로 다른 최소양분을 개량하게 되면 다른 최소양분에 의한 증수효과가 배제되므로 N 1 kg에 사용으로 벼 6 kg를 증수하여 효과는 적어지지만 토양유형이 달라도 일정한 것으로 나타났다. 토양검정 결과로 작성한 비료사용처방서에는 질소와 인산 및 칼리 비료뿐만 아니라 석회소요량과 퇴비의 사용량이 추천되어 다량원소과 미량원소의 공급이 충족되므로 최소양분이 해소되는 것으로 판단되었다. 이상의 결과로부터 시비량 시험은 먼저 토양검정에 의한 토양개량을 실시하여 다른 최소양분의 영향을 없애고 난 다음 해당 성분의 수준에 대한 효과를 검토하여야 되는 것으로 나타났다.

Conclusion

질소비료의 수준에 따른 수량 증가는 질소가 최소양분일 때 보수점감의 현상이 나타났으나 질소가 최소양분이 아닌 경우에는 일정한 관계가 없는 것으로 나타났다. 토양검정으로 토양개량을 하면 토양유형이 달라도 일정한 보수점감의 현상이 나타나므로 토양검정에 의한 비료사용처방은 최소양분에 해당되는 원소를 공급할 수 있을 뿐만 아니라 비료효과도 일정하게 기대할 수 있었다. 따라서 시비시험시 토양검정을 통해 다른 양분을 공급한 후 다른 양분의 영향을 배제하는 것이 필요한 것으로 나타났다.

References

Lee, C.S. 1986. Studies on determination of N-fertilizer rates for increasing rice yield in paddy soils. Res. Rept. RDA. 28(2):6-21.
 Lee, C.S. 1998. Fertilizer Application. J. Korean Soc. Soil Sci. Fert. 31(special):64-75.
 Lim, S.U. 2006. Ferlizer. 1st ed., Il-Sin, Seoul, Korea. pp. 23-62.
 NAAS. 2011. Fertilization recommendation for crops in Korea. National Academy of Agricultural Sciences (NAAS). RDA.
 NAAS. 2011. Soil classification and interpretation in Korea. National Academy of Agricultural Sciences (NAAS). RDA.
 Oh, W.K. and J.K. Park. 1987. Paddy soil and fertilization. Potassium Research. Seoul.
 Park, H., S.B. An, and Y.S. Hwang. 1974. Analysis of productivity in rice plant IV. Soil and fertilization productivity and fertilization efficiency. J. Korean Soc. Soil Sci. Fert. 7(1):35-42.
 Song, Y.S., K.S. Lee, B.G. Jung, H.J. Jun, and B.Y. Yeon. 2004. Determination of optimum application rate of nitrogen fertilizer for head rice yield. Agro-environment research. pp. 517-532. NAAS. RDA.
 Uh, S.C. 1961. The response of the various crops to N, P and K in Korean soils. Res. Rept. RDA. 4:11-29.