

## 계층분석법에 기초한 느타리버섯영양기질선택 평가인자들의 상대적중요성정도결정

한순녀, 김철우, 강건호

날로 늘어나는 버섯수요를 충족시켜 인민들의 식생활문제를 해결하기 위하여서는 인공재배를 위한 영양기질을 잘 선택하여야 한다.

지금까지 버섯재배를 잘하기 위하여 버섯품종들의 특성에 맞게 영양기질을 선택하는 방법에 대한 연구는 많이 진행[1-6]되었으나 거기에 영향을 주는 여러가지 인자들까지 고려한 종합적모형을 리용하여 재배기질을 선정하기 위한 연구자료는 발표된것이 없다.

우리는 원가를 낮추면서도 버섯배양에 필요한 영양물질들이 많이 포함되어있으며 관리에도 편리한 영양기질선정평가인자들을 설정하고 그 인자들의 상대적중요성정도를 결정하기 위한 연구를 하였다.

### 1. 계층구조모형에 기초한 인자들의 상대적중요성결정방법

느타리버섯의 특성에 맞게 주어진 기질재료들중에서 가장 합리적인 기질을 선정하려면 원가가 적게 들면서도 버섯배양에 필요한 영양물질들이 많이 포함되어있으며 관리에 편리한 영양기질을 선정하기 위한 평가인자들을 바로 선정하는 문제가 선차적으로 제기된다.

우리는 합리적인 버섯영양기질을 선정하기 위한 평가인자로서 영양성분인자, 투자효과인자, 기타 인자들을 제기하였다.

영양성분인자에는 탄질비, 섬유소와 리그닌비, 무기염, 생리적활성물질지표들을, 투자효과인자에는 초기투자비용, 로력비용, 운영비용지표들을, 기타 인자에는 오염도, 편리성, 안전성 등과 같은 지표들을 소속시켰다.

우와 같이 평가인자들과 지표들을 선택하면 느타리버섯의 특성에 맞게 주어진 재료들가운데서 가장 합리적인 버섯영양기질을 선정할수 있다.

합리적인 버섯영양기질을 선정하기 위한 평가인자들이 선택된 다음에는 그것들의 상대적중요성정도를 결정하는 문제가 옳게 해결되어야 한다.

계층분석법(AHP: Analytic Hierarchy Process)은 내부구조가 복잡하고 평가인자가 많은 결심채택문제를 해결하는데서 평가인들의 무계값결정에 널리 리용되고있는 방법이다.

계층분석법의 원리를 리용하면 느타리버섯의 특성에 맞게 주어진 재료들중에서 합리적인 버섯영양기질을 선정하기 위한 평가인들의 상대적중요성정도를 과학적으로 결정할수 있다.

합리적인 버섯영양기질을 선정하기 위한 평가인들의 상대적중요성정도를 결정하는 계층분석법의 기본절차는 다음과 같다.

① 느타리버섯의 특성에 맞게 주어진 재료들중에서 합리적인 버섯영양기질을 선정하기 위하여 해결하려는 문제를 명확히 하고 계층구조모형을 작성한다.

여기서는 합리적인 버섯영양기질을 선정하기 위한 평가인들의 상대적중요성정도결정문제에 대한 구체적인 분석결과에 기초하여 평가인자들사이 계층구분을 명백히 하는것이 중요하다.

보통 계층구조모형의 제일 웃층은 합리적인 버섯영양기질을 선정하기 위한 평가인들의 상대적중요성정도결정이 총적목표로 되며 중간층은 총적목표를 특성에 따라 몇가지로 구분한 부분평가목표가 된다. 맨 아래층은 부분평가목표를 실현하기 위한 개별적인 평가인자들에 따르는 세부지표들이다.

② 동일한 급에 종속된 평가인자들에 대하여 일정한 평가척도를 가지고 판단행렬을 작성한다.

판단행렬은 계층구조모형의 매 평가인자에 대하여 그 상대적중요성정도를 둘씩 비교하여 얻어진 결과로 구성되는 행렬을 말한다. 판단행렬은 계층구조모형의 우로부터 아래로 내려오면서 작성하여야 한다. 임의의 한 층에서 어떤 평가인자  $C$ 와 그에 소속된 평가인자  $D_1, \dots, D_n$ 에 대하여  $C$ 를 평가목표로 하고  $D_1, \dots, D_n$ 의 상대적중요성정도를 둘씩 비교하면서 평가하는데 이렇게 얻어진 판단행렬은 표 1과 같다.

표 1에서 원소  $d_{ij}$ 는 평가목표  $C$ 에서 평가인자  $D_i$ 와 평가인자  $D_j$ 의 상대적중요성정도의 비값을 의미한다.

이제  $W_i$ 와  $W_j$ 를 각각 평가목표  $C$ 에서  $D_i$ 와  $D_j$ 의 상대적중요성정도라고 하면  $d_{ij}$ 는  $W_i$ 와  $W_j$ 의 비값으로 볼수 있다.

$$d_{ij} = \frac{W_i}{W_j} \quad (1)$$

일반적으로 임의의 두 평가인자  $D_i$ 와  $D_j$ 에 대하여 둘씩 서로 비교하면서 그것들의 상대적중요성정도를 확정하는 경우 1-9척도법에 의한 1:1비교평가준칙은 표 2와 같다.

표 2로부터 알수 있는것처럼  $D_i$ 를 그자체와 비교한다면  $d_{ij}=1$ 이다. 그리고  $D_i$ 가  $D_j$

표 1. 평가인들의 무게값결정을 위한 판단행렬

$C$	$D_1$	$\dots$	$D_j$	$\dots$	$D_n$
$D_1$	$d_{11}$	$\dots$	$d_{1j}$	$\dots$	$d_{1n}$
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$
$D_i$	$d_{i1}$	$\dots$	$d_{ij}$	$\dots$	$d_{in}$
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$
$D_n$	$d_{n1}$	$\dots$	$d_{nj}$	$\dots$	$d_{nn}$

에 비하여 명백히 중요하다면  $d_{ij}=5$ 이고 그 거꾸로는  $d_{ji}=1/5$ 이다. 그러므로 표 2를 리용하면 판단행렬을 쉽게 작성할수 있다.

③ 주어진 평가목표밑에서 그것에 소속된 평가인자들에 대한 무게값계산을 진행한다.

판단행렬에 기초하여 임의로 선택된 평가목표  $C$ 에 대한 그 아래층의 평가인자  $D_1, \dots, D_n$ 들사이 상대적중요성정도(무계값)  $W_i$ 를 계산할수 있다.

행렬리론에 의하면  $W_i$ 는 작성된 판단행렬의 령아닌 최대고유값에 대응하는 최대고유벡터로서 그것을 계산하는 방법에는 여러가지가 있는데 그중에서 대표적인 방법인 제곱

표 2. 1-9척도법에 의한 1:1비교평가준칙

평가척도	평가준칙의 의미
1	$D_i$ 와 $D_j$ 의 중요성이 같다.
3	$D_i$ 가 $D_j$ 보다 약간 중요하다.
5	$D_i$ 가 $D_j$ 보다 명백히 중요하다.
7	$D_i$ 가 $D_j$ 보다 특히 중요하다.
9	$D_i$ 가 $D_j$ 보다 매우 중요하다.
2, 4, 6, 8	서로 이웃한 평가준칙의 중간상태를 의미

법을 보면 다음과 같다.

우선  $\overline{W}_i$  를 계산한다.

$$\overline{W}_i = \left( \prod_{j=1}^n d_{ij} \right)^{1/n} \quad (2)$$

다음으로  $W_i$  를 결정한다.

$$W_i = \frac{\overline{W}_i}{\sum_{i=1}^n \overline{W}_i} \quad (3)$$

그리고 이렇게 결정된 최대고유벡토르  $W = (W_1, \dots, W_n)$  을 리용하여 최대고유값  $\lambda_{\max}$  를 다음과 같이 계산할수 있다.

$$\lambda_{\max} = \sum_{i=1}^n \frac{(DW)_i}{nW_i} \quad (4)$$

④ 작성된 판단행렬에 대한 일치성을 검사한다.

일치성검사는 판단행렬에서 작성된 판단결과들사이 모순이 있는가를 검사하는것으로서 일치성검사인자 CR 를 리용한다.

$$CR = \frac{\lambda_{\max} - n}{RI(n-1)} \quad (5)$$

여기서 RI는 평균우연일치성지표값으로서 상수로 주어지는 값이다.

보통  $CR \leq 0.1$  이면 판단행렬로부터 얻어진 판단결과로서  $W_i$  는 평가지표들의 무게값으로 접수할수 있는것으로 판단하고  $CR > 0.1$  이면 판단결과가 잘못된것으로 보고 판단행렬을 다시 작성해야 한다.

⑤ 계층구조모형의 매 층에서 계산된 판단결과들을 종합하여 총목표밑에서 개별적인 평가지표들이 가지는 무게를 종합적으로 계산한다.

만일 어떤 층의 평가인자들이  $C_1, \dots, C_m$  이고 그 옷층 전체 요소에서 지적된 층의 매 요소들의 종합무게가  $a_1, \dots, a_m$  이라고 하자.

그리고 그 아래층요소들이  $A_1, \dots, A_n$  이고 그 옷층의 어떤 요소  $C_j$  에서 매 요소  $A_i$  의 무게가  $W_{ij}$  라고 하면  $C_1, \dots, C_m$  요소에 따르는  $A_1, \dots, A_n$  의 종합적인 무게는

$$\sum_{j=1}^m a_j W_{1j}, \sum_{j=1}^m a_j W_{2j}, \dots, \sum_{j=1}^m a_j W_{mj} \quad (6)$$

로 표시된다.

마찬가지로 총목표밑에서 개별적인 평가인자들의 무게결정도 최고층으로부터 최저층까지 층별로 진행하고 그 결과들을 종합하면 된다.

## 2. 계산실례

우리는 합리적인 버섯영양기질을 선정하기 위한 평가인자들로서 영양성분인자를  $B_1$ 로, 투자효과인자를  $B_2$ 로, 기타 인자를  $B_3$ 으로 표시하였다.

그리고 영양성분인자( $B_1$ )에 대하여서는 탄질비지표를  $C_{11}$ , 섬유소와 리그닌비지표를  $C_{12}$ , 무기염지표를  $C_{13}$ , 생리적활성물질지표를  $C_{14}$ 로 표시하였고 투자효과인자( $B_2$ )에 대하여서는 초기투자비용지표를  $C_{21}$ , 로력비용지표를  $C_{22}$ , 운영비용지표를  $C_{23}$ 으로 표시하였다.

다음으로 합리적인 버섯영양기질을 선정하기 위한 기타 인자( $B_3$ )에 대하여서는 오염도지표를  $C_{31}$ , 편리성지표를  $C_{32}$ , 안전성지표를  $C_{33}$ 으로 표시하였다.

합리적인 버섯영양기질을 선정하기 위한 평가인자들을 선정한 다음 제기된 매 평가인자들의 상대적중요성정도결정을 위한 계층구조모형을 그림형태로 리용하면 편리하다. 그리고 합리적인 버섯영양기질을 선정하기 위한 평가인자들의 상대적중요성정도결정이라는 목표층( $A$ )에 대한 영양성분인자( $B_1$ ), 투자효과인자( $B_2$ ), 기타 인자( $B_3$ )의 판단행렬과 그 결과는 표 3과 같다.

또한 영양성분인자( $B_1$ )에 대한 탄질비지표( $C_{11}$ ), 섬유소와 리그닌비지표( $C_{12}$ ), 무기염지표( $C_{13}$ ), 생리적활성물질지표( $C_{14}$ )의 판단행렬과 그 결과는 표 4와 같다.

표 3.  $A$ 에 대한 판단행렬과 그 결과

$A$	$B_1$	$B_2$	$B_3$	$W_A$
$B_1$	1	1/2	2	0.31
$B_2$	2	1	2	0.49
$B_3$	1/2	1/2	1	0.20

표 4.  $B_1$ 에 대한 판단행렬과 그 결과

$B_1$	$C_{11}$	$C_{12}$	$C_{13}$	$C_{14}$	$W_{B_1}$
$C_{11}$	1	2	3	4	0.467 3
$C_{12}$	1/2	1	2	3	0.277 2
$C_{13}$	1/3	1/2	1	2	0.160 1
$C_{14}$	1/4	1/3	1/2	1	0.095 4

그리고 투자효과인자( $B_2$ )에 대한 초기투자비용지표( $C_{21}$ ), 로력비용지표( $C_{22}$ ), 운영비용지표( $C_{23}$ )의 판단행렬과 그 결과는 표 5와 같다.

다음으로 합리적인 버섯영양기질을 선정하기 위한 기타 인자( $B_3$ )에 대한 오염도지표( $C_{31}$ ), 편리성지표( $C_{32}$ ), 안전성지표( $C_{33}$ )의 판단행렬과 그 결과는 표 6과 같다.

표 5.  $B_2$ 에 대한 판단행렬과 그 결과

$B_2$	$C_{21}$	$C_{22}$	$C_{23}$	$W_{B_2}$
$C_{21}$	1	2	3	0.540
$C_{22}$	1/2	1	2	0.297
$C_{23}$	1/3	1/2	1	0.163

표 6.  $B_3$ 에 대한 판단행렬과 그 결과

$B_3$	$C_{31}$	$C_{32}$	$C_{33}$	$W_{B_3}$
$C_{31}$	1	3	4	0.623
$C_{32}$	1/3	1	2	0.237
$C_{33}$	1/4	1/2	1	0.139

다음으로 작성된 판단행렬들의 일치성을 검증하기 위하여 판단행렬들에 대한  $\lambda_{\max}$  값과 CR값들을 계산한 결과는 표 7과 같다.

표 7을 통하여 우리가 작성한 판단행렬들은 일치성조건을 충분히 만족시킨다는것을 알수 있다.

마지막으로 작성된 판단행렬들에 대한 계산결과값들을 종합하여 주어진 인자들의 상대적중요성정도를 결정하였다.(표 8)

표 7. 작성된 판단행렬들에 대한  $\lambda_{\max}$  값과 CR값의 계산결과

구분	$A$	$B_1$	$B_2$	$B_3$
$\lambda_{\max}$	3.054	3.054	3.009	3.022
CR	0.046	0.021 4	0.008	0.019

표 8. 매 인자들의 상대적중요성정도계산결과

$W_{ij}$	$W_{C_{11}}$	$W_{C_{12}}$	$W_{C_{13}}$	$W_{C_{14}}$	$W_{C_{21}}$	$W_{C_{22}}$	$W_{C_{23}}$	$W_{C_{31}}$	$W_{C_{32}}$	$W_{C_{33}}$
무게값	0.144 9	0.086	0. 05	0.03	0.264 6	0.145 5	0.08	0.124 6	0.047	0.028

표 8로부터 우리는 합리적인 버섯영양기질을 선정하기 위한 평가인자들의 상대적중요성 정도판정에서 초기투자비용지표와 로력비용지표, 탄질비지표가 다른 지표들에 비하여 상대적으로 중요성정도가 높으며 안전성지표와 생리적활성물질지표가 다른 인자들에 비하여 상대적으로 중요성정도가 낮다는 결론을 얻을수 있다.

## 맺 는 말

우리가 제기한 계층분석법의 모형화원리를 잘 적용하면 합리적인 버섯영양기질을 선정하기 위한 평가인자들의 상대적중요성정도를 버섯품종들의 개별적특성과 재배장들의 구체적실정을 충분히 고려하여 과학적으로 결정할수 있다.

## 참 고 문 헌

- [1] 강건호; 생태계의 수학적모형화, 김일성종합대학출판사, 3~164, 주체99(2010).
- [2] 김용국; 기술혁신, 9, 109, 주체104(2015).
- [3] 신정령; 버섯다수확재배기술문답집, 외국문도서출판사, 12~48, 주체102(2013).
- [4] 리선희; 버섯재배, 공업출판사, 3~80, 주체98(2009).
- [5] A. Randall; Journal of the Human Environment, 20, 264, 2011.
- [6] Hwang Jack; Water Resources Res., 21, 9, 1354, 2013.

주체107(2018)년 4월 5일 원고접수

## Determination of Relative Importance of Factors for Selection of Nutrient Medium of *Pleurotus ostreatus* by AHP

Han Sun Nyo, Kim Chol U and Kang Kon Ho

We made a study of determining assessment factors for selection of nutrient medium with lots of nutrients suited to growing and managing *Pleurotus ostreatus* and their relative importance by AHP.

Our modelling principle of AHP can help to determine relative importance of assessment factors of selection optimal medium suited to characteristics of each mushroom strain and the specific condition of cultivation area.

Key words: *Pleurotus ostreatus*, nutrient medium, AHP