

최 중
연구보고서

생력적인 소나무림 천연갱신법 개발

The development of laborsaving natural regeneration
method for *Pinus densiflora* forest

연 구 기 관
경북대학교

농 림 부

제 출 문

농림부 장관 귀하

본 보고서를 “생력적인 소나무림 천연갱신법 개발에 관한 연구” 과제의 최종
보고서로 제출합니다.

2006 년 7 월 14 일

주관연구기관명 : 경북대학교
총괄연구책임자 : 홍 성 천
세부연구책임자 : 주 성 현
연 구 원 : 조 현 제
연 구 원 : 배 관 호
연 구 원 : 문 현 식
연 구 원 : 이 영 근
연 구 원 : 박 문 섭
연 구 원 : 허 태 철
연 구 원 : 오 승 환
연 구 원 : 이 중 효
협동연구기관명 : 산림과학원
협동연구책임자 : 조 구 현

요 약 문

I. 제 목

생력적인 소나무림 천연갱신법 개발

II. 연구개발의 목적 및 필요성

소나무림 숲 가꾸기 현장에서 만난 숲 가꾸기 지도자들은 소나무림을 제대로 가꾸어 갈 수 있도록 우리나라 소나무림 임분의 실정에 어울리는 생력적인 소나무림 천연갱신법의 개발과 후계림 조성에 대한 작업공정과 단비를 만들어 달라는 요구가 빗발치고 있다.

우리는 지난 반세기 동안 우리나라 산림의 발달과정과 임업여건상 어쩔 수 없이 인공조림과 육림작업에만 매진해 왔다. 그러나 지금부터는 급변하는 국내외의 임업여건과 우리나라 산림의 임분 변화에 어울리는 천연갱신법을 적극적으로 도입할 시기가 되었다고 생각된다.

그러나 천연갱신법에 대한 연구는 기초수준이다. 특히 소나무림에 대한 생력적인 천연갱신법 개발에 대한 연구는 거의 전무한 실정이다.

소나무림을 생력적으로 가꾸어갈 수 있도록 우리나라 소나무림 임분의 여건 즉, 활엽수와의 식생경쟁, 관목층과 부식층 및 임업노동력 등과 환경친화적인 산림사업에 대한 사회적 요구를 감안한 생력적인 소나무림 천연갱신법개발과 작업공정 및 단비를 만들어 내는 것은 임업인들이 해결해야 할 시급한 연구과제이며 임업인들의 의무라고 생각된다.

소나무 임분은 목재생산 뿐만 아니라 송이 생산 농장으로서의 기능도 가지고 있다. 지속가능한 형질우량한 소나무 목재생산과 송이생산을 위해서는 소나무의 영급별 배치가 필수적이다. 그러나 우리나라 소나무 임분의 경우 대부분 30~40년생으로서 10~20년이 지나면 성숙기에 도달함으로써 벌기령에 이르게 된다. 그리고 수령이 높아짐에 따라 송이생산도 단절될 위험에 처해지게 된다.

이에 대한 대책으로서 지속가능한 소나무 후계림 조성 방법 즉, 생력적인 천연갱신법의 개발이 시급하다.

애국가의 가사에서도 알 수 있듯이 소나무림은 목재생산과 송이생산농장으로서의

기능뿐만 아니라 우리나라 자연환경과 자연문화의 주체로서의 기능이 크다.

예를 들어보면, 경주 불국사 주위의 소나무림이 불국사 일대의 풍치와 자연환경에 미치는 영향은 아무리 강조하여도 지나치지 않을 것이다. 그런데 고찰이나 명승지 주위의 소나무림이 대부분 과숙목으로서 후계림이 없다는 안타까운 실정에 있다.

이에 대한 대안으로 생력적으로 소나무 후계림을 이어갈 수 있는 천연갱신 방법의 개발이 시급한 실정이다.

Ⅲ. 연구개발 내용 및 범위

1. 천연갱신의 성패를 좌우하는 모수의 결과습성 구명
2. 대상개발천연하종갱신과 모수갱신법개발, 상층이 소나무림이며 하층이 참나무류인 중림의 천연갱신법개발, 단목혼효림과 군상혼효림의 경우 천연갱신법개발
3. 포장실험을 통하여 토양수분, 비음, 부식층의 차이가 소나무 종자 발아와 치묘의 생육에 미치는 영향 구명
4. 천연갱신작업공정 및 단비의 산출

IV. 연구개발 결과 및 활용에 대한 건의

1. 연구개발 결과

가. 생력적인 천연갱신법 개발

- 1) 우리나라 소나무 임분의 특성을 고려할 때 대상개별하중갱신, 모수갱신, 혼효림갱신, 중림갱신 시에는 반드시 관목층 제거와 동시에 부식층을 제거해 주는 작업이 필수적인 것으로 사료되었다.
- 2) 관목층제거+부식층제거 시험구와 관목층제거+부식층제거+토양경운구 간에는 치묘 발생 수와 생존율에 유의성이 없었다.
- 3) 대면적군상모수갱신 시험구가 단목모수갱신 및 소면적군상모수갱신(330m² : 3~4분)에 비교하여 1m²당 자연낙하 치묘 수가 4~5배 많은 경향이 있다.
- 4) 단목혼효림시험구와 군상혼효림시험구 간에는 1m²당 치묘 수에 유의성이 나타나지 않았다. 군상혼효림의 경우 능선부에 위치하는 시험구는 자역낙하+인공하중으로 후계림 조성이 가능하였으며 계곡부의 시험구에서는 연도가 지남에 따라 치묘가 대부분 고사하였다. 따라서 계곡부는 천연갱신보다는 인공조림으로 후계림을 조성하는 것이 바람직할 것으로 사료되었다.
- 5) 소나무와 참나무류의 혼효림시험구와 중림(상층 : 소나무, 하층 : 참나무류)의 후계림 조성이 관목층제거+부식층제거구와 관목층제거+부식층제거+토양경운구 간에는 유의성이 없었다. 따라서 관목층제거+부식층제거만으로 후계림 조성이 가능한 것으로 사료되었다.

나. 모수의 결과습성

- 1) 각 임형별(소나무 단순림, 중림, 고림목) 모두 연도에 따라 결실수에 있어서 뚜렷한 차이가 있었다.
조사기간인 2002년도의 결실수가 가장 많아 풍작년으로, 2003년도는 가장 적어 흉작년으로, 2004년 및 2005년도는 평작년으로 구분할 수 있었다.
- 2) 소나무 단순림의 임분 특성별(疏, 密, 임연부)의 연도별 구과 수에 있어서 결과습성의 패턴(pattern)은 비슷하였고 밀(密)한 시험목의 구과 수는 소(疏) 및 임연부의 시험목에 비하여 훨씬 적었다. 소(疏) 및 임연부의 시험목은 충분한 햇볕과 생육공간이 있는 반면 밀(密)한 임분의 시험목은 햇볕부족, 좁은 생육공간으로 인한 영양분의 불균형으로 생장이 저조하기 때문인 것으로 생각된다.
- 3) 고림목의 임분 특성별(수령 30~40년, 50~70년, 100년 이상)의 연도별 구과 수

에 있어서 패턴(pattern)은 비슷하였다.

수령이 높아짐에 따라 구과수가 많이 달리는 경향이였다.

4) 풍작년에는 지위 上の 시험목이 지위 下の 시험목 보다 구과수가 많았고, 흉작년에는 지위 間に 차이가 없었으며, 평작년에는 지위 下の 시험목이 지위 上の 시험목에 비하여 구과수가 많았다.

5) 중림의 경우에는 풍작년, 흉작년, 평작년의 패턴(pattern)은 단순림과 고립목의 유형과 유사하였으나, 단목 중림과 군상 중림 간에는 유의성이 없었다.

6) 임형별(소나무 단순림, 중림, 고립목)간에 있어서 구과 당 평균종자 수와 풍작년, 흉작년, 평작년간에는 유의성이 없었으나 소나무 단순림의 경우 임분 특성(疏, 密, 임연부)간에는 유의성이 있었다.

소나무 단순림의 경우 밀(密)한 시험목의 구과 당 종자 수는 소(疏) 및 임연부에 비하여 10% 이상 더 적었다. 이는 햇볕과 생육공간 등 생육조건의 차이 때문인 것으로 판단되었다.

7) 구과 당 종자 수는 41-60립이 들어있는 구과가 전체의 56.7%로 가장 많았다.

8) 종자의 낙하시기는 풍작년, 흉작년 모두 11월과 12월에 집중하여 전체 낙하량의 상당부분인 77~84%가 낙하하고, 수간으로부터 20m이내에서 전체 낙하량의 대부분인 91~95%가 낙하하는 것으로 확인되었는바 천연하중갱신은 수간거리 20m이내에서 실시하는 것이 효율적이라 판단되었다.

9) 풍작년에는 천연갱신에 필요한 종자를 충분히 공급할 수 있을 것으로 판단되었으나 흉작년에는 천연갱신을 시행하고자 하려면 종자의 발아율 및 자연소실율을 감안하여 천연하중 외에 추가적으로 인공하중이 필수적인 것으로 판단되었다.

다. 토양수분, 광량, 하중상처리가 종자발아율과 치묘의 생존율 및 치묘의 형질에 미치는 영향

1) 토양수분건조구의 경우 평균 발아율은 10.7%로서 부식층 두께와 광량 간에는 유의성이 나타나지 않았다.

2) 토양수분적윤구의 경우 평균 발아율은 87.4%로서 부식층 두께와 광량 간에는 유의성이 나타나지 않았다.

3) 토양수분과습구의 경우 평균 발아율은 73.7%로서 부식층 두께와 광량 간에는 유의성이 나타나지 않았다.

4) 토양수분건조구의 경우 광량 70%, 100%구와 부식층 두께 0cm, 2cm 교란구 간에 생존율은 10.2%로서 가장 높았다.

5) 토양수분적윤구의 경우 광량 70%, 100%구와 부식층 두께 0cm, 2cm 교란구 간에 생존율은 81.7%로서 가장 높았다.

6) 토양수분과습구의 경우 광량 70%, 100%구와 부식층 두께 0cm, 2cm 교란구 간

에 생존율은 32.2%로서 가장 높았다.

7) 토양수분건조구의 경우 광량 70%, 100%구와 부식층 두께 0cm, 2cm 교란구의 평균 T/R율은 1이었다.

8) 토양수분적윤구의 경우 광량 70%, 100%구와 부식층 두께 0cm, 2cm 교란구의 평균 T/R율은 2.2로 가장 건전한 생육을 하고 있었다.

이상의 결과를 종합해 보면 토양수분적윤구의 광량 70%, 100%, 부식층 두께 0cm, 부식층두께 2cm 교란구에서 발아율, 치묘의 생존율이 가장 높았고 T/R율이 가장 건전하였다.

라. 소나무 천연갱신법에 따른 작업공정 및 단비조사 분석

천연갱신을 위한 상조성에 대한 공정 조사결과 중·하층목제거시간이 23인/ha, 부식층제거시간 7인/ha, 토양경운 14인/ha로 조사되었다. 본 결과는 인공조림을 위한 조림예정지 정리작업 24인/ha, 조림작업 18인/ha에 비하면 약간 높은 공정이지만 입지에 따라서 부식층제거작업 및 토양경운작업을 생략할 수 있고, 묘목가격이 들어가지 않기 때문에 천연갱신작업이 경제적인 것으로 판단된다. 천연갱신지의 풀베기 작업은 초기 식생발생이 적어 2.5~4.4인/ha로 소요되는 것으로 조사되었다.

2. 활용에 대한 건의

- 1) 소나무 모수의 결과습성 분석은 소나무림 천연갱신에 필수적인 자료로 쓰일 수 있다.
- 2) 우리나라 소나무임분의 여건을 고려한 천연갱신법과 소나무림 후계림 조성현장에서 필수적인 지침을 마련할 수 있다.
- 3) 현장시험구는 소나무림 천연갱신 및 후계림조성교육장으로 활용할 수 있다.
- 4) 우리나라 소나무림 임분여건에 따른 작업공정과 단비를 천연갱신과 후계림조성의 지침으로 사용할 수 있다.
- 5) 포장실험을 통하여 토양수분, 비음, 부식층의 차이가 소나무 종자의 발아와 치묘 생육에 미치는 영향분석은 소나무 천연갱신과 후계림조성의 필수적인 자료로 사용될 수 있다.
- 6) 본 연구의 방법과 결과는 참나무류, 삼나무, 편백, 낙엽송(일본잎갈나무) 등에 대한 천연갱신법 연구방향에 대한 새로운 접근법을 제공하게 될 것이다.
- 7) 본 연구 결과는 침체되어 있는 소나무림 후계림조성을 생력적으로 달성시킬 수 있는 촉매제의 역할을 할 수 있다.
- 8) 조림학 교과서에 실을 수 있을 뿐만 아니라 소나무림 후계림조성을 위한 표준지침으로 활용될 수 있을 것이다.

SUMMARY

I. TITLE

The development of laborsaving natural regeneration method for *Pinus densiflora* forest

II. OBJECTIVES AND CONSEQUENCE

Leaders who assembled at the event of fostering pine tree forest have been insisted on the development of regenerating a laborsaving pine tree naturally and a working process and cost for raising a secondary growth forest which is proper for the actual situation of Korean pinus densiflora forest stand to grow a pine forest as it is.

For the past half century, we have been striving for an artificial planting and a forest tending work because of the making progress of Korean mountains and forests and a forestry condition. However, it is time to introduce natural regeneration constructively to keep pace with a rapidly changing domestic and foreign forestry condition and an alteration of Korean forest stand from now on.

Unfortunately studies in natural regeneration are in a beginning stage. Especially the research on the development of laborsaving natural regeneration is wholly lacking.

Producing natural regeneration of laborsaving pine forest, a working progress, and cost which take the circumstances of Korean a pine tree stand - vegetation competition with a broad-leaved tree, a shrub layer and a humus layer, a forestry working force, and a social demand on eco-friendly forest working - into consideration is a duty and an urgent research project for forestry professionals to raise a pine forest labor-savingsly.

A pine stand not only function as a *Tricholoma matsutake* plantation, but also as a lumber production. It is necessary to arrange pine trees by age-class for a lumber production of a continuous superior character pine tree. However most of Korean pine tree stands are 30~40 years old, and they have reached a final age when they were 10~20 years old. Also they are threatened with extinction of *Tricholoma matsutake* production as they grow older. Therefore the development of sustainable secondary growth

pine forest promotion, laborsaving natural regeneration is urgent.

As it is written on the national anthem, a pine is the subject of lumber production and a *Tricholoma matsutake* plantation and the central body of Korean natural surroundings and culture.

For example, the influence of pine forest around Gyeongju Bulguksa on its ornamental plantation is enormous. It is unfortunate that most pine trees around old temples and picturesque places are dead ripe trees. Accordingly, the development of natural regeneration is an alternative plan to retain the life of a pine tree labor-savingsly.

III. RESEARCH CONTENTS AND SCOPE

1. A seed tree and fruiting habit lifesaving that determines the success and failure of natural regeneration
2. Regeneration side seedling after clear cutting in strip, development of seed-tree regeneration method, natural regeneration of coppice-with-standars which its upper layer is a pine and the lower later is *Quercus* spp., and the natural regeneration development of a single tree mixture forest and group mixture forest
3. Clear up the influence of moisture soil, shade, humus layer differences on the growth of a sprouting pine seed and seedling through a greenhouse experiment.
4. The yield of natural regeneration working progress and cost

IV. RESULTS AND PROPOSALS

1. RESULTS

가). The development of laborsaving natural regeneration method

- 1) Considering the characteristics of Korean pine stand, removing a shrub and humus layer at the same time is an essential operation when side seedling after clear cutting in strip, seed-tree, mixture forest and coppice-with-standards regeneration
- 2) There are little significances in survival rate and generation of seedling

between removing a shrub and humus layer and removing a shrub, humus layer and soil cultivation

- 3) Comparing to number of natural seedling per 1m² in large area group seed-tree regeneration, single seed-tree and small area group seed-tree regeneration(330m² : 3~4 trees), large area group seed-tree regeneration is 4 or 5 times bigger than single seed-tree and small area group seed-tree regeneration.
- 4) There are no significance in the number of seedling per 1m² between single tree mixture forest and group mixture forest testing area. In the case of group mixture forest, natural falling+artificial seedling testing area which located along the ridge line was able to inherit succession tree, and most seedling in the testing area located near the valley was dead. Therefore, it is considered to foster artificial forestation rather than natural regeneration in a valley.
- 5) There are no correlation between secondary growth forest formation of pine tree and oak tree mixture forest and coppice-with-standards(upper layer : pine tree, lower layer : oak tree) and shrub and humus layer remove and shrub layer, humus layer, and soil cultivation remove. It is considered that only the remove of shrub lay and humus layer is the possible way to inherit a successor tree.

4. The fruiting habit of *Pinus densiflora*

1) All form of forest (pine tree pure forest, coppice with standard forest, isolated tree) was a clear difference in number of cone fruit bearing by year.

The number of cone of 2002, during investigation period, was the most, by an abundant year and 2003 was fewer, by a bad crop year, 2004 and 2005 could determined by a medium harvest year.

2) The pattern of bearing habit was similar in number of cone by year for stand special quality of pine tree pure forest(sparse stand, dense stand, forest edge), number of cone of experiment tree of dense stand was less far than experiment tree of sparse stand and forest edge.

These results were considered that the experiment tree of sparse stand and forest edge have enough sunlight and growth space, but experiment tree of dense stand due to inactive growth by unbalance of nutrition by sunlight insufficiency and narrow growth space.

3) The pattern was similar in number of cone by year stand special quality of solitary tree(the age of a tree is 30~40 years old, 50~70 years old, over 100 years old). As the age of isolated tree is older, number of cone was tended to be more beared fruit.

4) The experiment tree of a high class situation beared a lot of numbers of cone more than the experiment tree of a low class position in a good harvest year, and it was no signifiant difference in a bad crop year, and number of cone of experiment tree of a bad position was much than experiment tree of a high class situation in a medium harvest year.

5) The pattern of good harvest, bad crop, common crop in coppice with standard forest was similar with the type of pure forest and isolated tree but it was no significant difference between a single tree of coppice with standard forest and a group of coppice with standard forest.

6) In form of forest(pine tree pure forest, coppice with standard forest, isolated tree), there was no significant difference between average seed number per cone and a good harvest year, a bad crop year, a medium harvest year, but in case of pine tree pure forest, there was a significant difference between the special quality of stand(sparse stand, dense stand, forest edge). In case of pine tree pure forest, the number of seed per cone in experiment tree of dense stand was less far over 10% than sparse stand and forest edge. It was estimated that was due to a different growth condition, sunlight and growth space, etc.

7) The cone contain 41-60 seeds per cone occupied 56.7% of all, was the most. All the analysis of seed and cone was approved by Duncan's multiple range test.

8) The seeds, the considerable part of whole quantity of dropping, 77~84% of all, fell in November and December concentrically, both in good harvest year and in bad crop year, and for the most part of whole falling, 91~95% of all, dropped within 20m from trunk.

Therefore, it was estimated that it is efficient that seed collecting and working of arrange forest floor execute within 20m from stem for nature seeding.

9) It was estimated that can supply enough seed that need in nature regeneration in a good harvest year, but it was judged that artificial seeding is essential additionally besides nature seeding taking account of seed germination rate and natural waste rate if wish to enforce natural regeneration in a bad crop year.

다. Soil moisture, the intensity of radiation and humus layer thickness effect to the survival rate and the characters of seedling

- 1) In case of soil drying testing area, there was no correlation between the thickness of humus soil and the intensity of radiation as the average germinating rate is 10.7%
- 2) In case of soil good moisture testing area, there was no correlation between the thickness of humus soil and the intensity of radiation as the average germinating rate is 87.4%
- 3) In case of soil hydro-morphic testing area, there was no correlation between the thickness of humus soil and the intensity of radiation as the average germinating rate is 73.7%
- 4) In case of soil drying testing area, the surviving rate was the highest as 10.2% between the intensity of radiation 70%, 100% testing area and humus layer thickness 0cm, 2cm disturbance testing area
- 5) In case of soil good moisture testing area, the surviving rate was the highest as 81.7% between the intensity of radiation 70%, 100% testing area and humus layer thickness 0cm, 2cm disturbance testing area
- 6) In case of soil hydro-morphic testing area, the surviving rate was the highest as 32.2% between the intensity of radiation 70%, 100% testing area and humus layer thickness 0cm, 2cm disturbance testing area
- 7) In case of soil drying testing area, the average T/R rate was 1 between the intensity of radiation 70%, 100% testing area and humus layer thickness 0cm, 2cm disturbance testing area
- 8) In case of soil good moisture testing area, the average T/R rate was 2.2 between the intensity of radiation 70%, 100% and humus layer thickness 0cm, 2cm disturbance testing area, and it had the most healthy growth

As a whole, the surviving rate of seedling, the sprouting rate, and T/R rate in soil good moisture testing area and the intensity of radiation 70%, 100%, humus layer thickness of 0cm and 2cm disturbance testing area was the healthiest

라. The work process and cost investigation analysis in natural regeneration method of *pinus densiflora*

According to the results of work process investigation in stand floor development for natural regeneration, The time when it removes the middle and lower layer stand was 23 person/ha. The removal time of humus layer and soil cultivation respectively was 7 person/ha and 14 person/ha. The result of this work process was higher than arrangement work(24 person/ha) of afforestation prearrangement location and afforestation work(18 person/ha). But consequently it will be able to omit a humus layer removal work and a soil cultivation work to the location and it judged with the fact that the natural regeneration work will be economic because the seedlings price is not included. The work of grass cutting because the initial vegetation occurrence is low will be used with 2.5 ~ 4.4 person /ha.

2. PROPOSALS FOR PRACTICAL USE

- 1) The analysis on fruiting habit of seed trees of the pine trees can be used as essential material for natural regeneration
- 2) At the formation sight of natural regeneration which looked upon the situation of Korean pine tree stand and pine tree successor, it is possible to prepare a guiding principles
- 3) The actual spot testing area can be used as a pine tree natural regeneration and successor forming for education
- 4) A working progress that depends of the circumstances of Korean pine tree stand can be used as an indicator of successor formation
- 5) The influence analysis about the effect of moisture, shade, and humus layer differences on the growth of pine tree seed and seedling through greenhouse experiment can be used as an essential data for pine tree natural regeneration and successor formation.
- 6) The method and results of the research will provide new ways of research directions about natural regeneration of *Quercus* spp., *Cryptomeria japonica*, *Chamaecyparis obtusa*, *Larix leptolepsis*.
- 7) The results of the research can catalyze a depressed pine tree successor formation labor-savingly.
- 8) This could not only listed on forestry textbooks, but also used as a standard principles of pine tree successor fosterage.

CONTENTS

Chapter 1. Introduction	19
Section 1. Objectives	19
Section 2. Research Scope	20
Section 3. Proposals for Practical Use	21
Chapter 2. The development of laborsaving natural regeneration method	22
Section 1. Objectives	22
Section 2. Study areas and methods	23
Section 3. Results and discussion	44
Section 4. Abstract	160
Section 5. Literature cited	162
Chapter 3. The fruiting habit of <i>Pinus densiflora</i>	163
Section 1. Objectives	163
Section 2. methods	163
Section 3. Results and discussion	167
Section 4. Abstract	184
Section 5. Literature cited	185
Chapter 4. Soil moisture, the intensity of radiation and humus layer thickness effect to the survival rate and the characters of seedling	187
Section 1. Objectives	187
Section 2. methods	187
Section 3. Results and discussion	188
Section 4. Abstract	202
Section 5. Literature cited	203
Chapter 5. The work process and cost investigation analysis	205
Section 1. Objectives	205
Section 2. methods	205
Section 3. Results and discussion	207
Section 4. Abstract	219

Section 5. Literature cited	220
-----------------------------------	-----

목 차

제 1 장	서 론	19
	제 1 절 연구 개발의 목적	19
	제 2 절 연구 개발의 범위	20
	제 3 절 기대효과 및 활용방안	21
제 2 장	생력적인 천연갱신법 개발	22
	제 1 절 실험목적	22
	제 2 절 시험구의 위치, 자연환경 및 시험방법	23
	제 3 절 결과 및 고찰	44
	제 4 절 요약	160
	제 5 절 참고문헌	162
제 3 장	모수의 결과습성	163
	제 1 절 실험목적	163
	제 2 절 시험방법	163
	제 3 절 결과 및 고찰	167
	제 4 절 요약	184
	제 5 절 참고문헌	185
제 4 장	토양수분, 광량, 하중상처리가 종자발아율과 치묘의 생존율 및 치묘의 형질에 미치는 영향	187
	제 1 절 실험목적	187
	제 2 절 시험방법	187
	제 3 절 결과 및 고찰	188
	제 4 절 요약	202
	제 5 절 참고문헌	203
제 5 장	소나무 천연갱신법에 따른 작업공정 및 단비조사 분석	205
	제 1 절 실험목적	205
	제 2 절 시험방법	205
	제 3 절 결과 및 고찰	207
	제 4 절 요약	219
	제 5 절 참고문헌	220

제 1 장 서 론

제 1 절 연구 개발의 목적

1. 기술적 측면

소나무림 숲 가꾸기 현장에서 만난 숲 가꾸기 지도자들은 소나무림을 제대로 가꾸어 갈 수 있도록 우리나라 소나무림 임분의 실정에 어울리는 생력적인 소나무림 천연갱신법의 개발과 후계림 조성에 대한 작업공정과 단비를 만들어 달라는 요구가 빗발치고 있다.

연구진들이 주관이 되어 3회(2000년, 2001년, 2002년)에 걸쳐 개최한 바 있는 “금강소나무림 보전전략”이라는 심포지엄에서도 우리나라 소나무림 임분의 여건에 어울리는 생력적인 천연갱신법 개발과 작업공정 및 단비를 마련하는 것이 시급한 연구 과제라는데 인식을 같이 한 바 있다.

우리는 지난 반세기 동안 우리나라 산림의 발달과정과 임업여건상 어쩔 수 없이 인공조림과 육림작업에만 매진해 왔다. 그러나 지금부터는 급변하는 국내외의 임업여건과 우리나라 산림의 임분 변화에 어울리는 천연갱신법을 적극적으로 도입할 시기가 되었다고 생각된다.

그러나 천연갱신법에 대한 연구는 기초수준이다. 특히 소나무림에 대한 생력적인 천연갱신법 개발에 대한 연구는 거의 전무한 실정이다.

소나무림에 대한 천연갱신법 개발이 지금까지 미흡 하였던 이유는

- 실험기간이 짧아도 4~5년간 지속적으로 이루어져야 어떤 결과를 얻을 수 있다는 점,
- 연구비가 많이 소요된다는 점,
- 현장 시험구의 확보에 어려움이 있었기 때문이다.

만시지탄이지만 지금부터라도 소나무림을 생력적으로 가꾸어갈 수 있도록 우리나라 소나무림 임분의 여건 즉, 활엽수와의 식생경쟁, 관목층과 부식층 및 임업노동력 등과 환경친화적인 산림사업에 대한 사회적 요구를 감안한 생력적인 소나무림 천연갱신법개발과 작업공정 및 단비를 만들어 내는 것은 임업인들이 해결해야 할 시급한 연구과제이며 임업인들의 의무라고 생각된다.

2. 경제·산업적 측면

소나무 임분은 목재생산 뿐만 아니라 송이 생산 농장으로서의 기능도 가지고 있다. 지속가능한 형질우량한 소나무 목재생산과 송이생산을 위해서는 소나무의 영급별 배치가 필수적이다. 그러나 우리나라 소나무 임분의 경우 대부분 30~40년생으로서 10~20년이 지나면 성숙기에 도달함으로써 벌기령에 이르게 된다. 그리고 수령이 높아짐에 따라 송이생산도 단절될 위험에 처해지게 된다.

이에 대한 대비책으로서 지속가능한 소나무 후계림 조성 방법 즉, 생력적인 천연갱신법의 개발이 시급하다.

3. 사회·문화적 측면

애국가의 가사에서도 알 수 있듯이 소나무림은 목재생산과 송이생산농장으로서의 기능뿐만 아니라 우리나라 자연환경과 자연문화의 주체로서의 기능이 크다.

예를 들어보면, 경주 불국사 주위의 소나무림이 불국사 일대의 풍치와 자연환경에 미치는 영향은 아무리 강조하여도 지나치지 않을 것이다. 그런데 고찰이나 명승지 주위의 소나무림이 대부분 과숙목으로서 후계림이 없다는 안타까운 실정에 있다.

이에 대한 대안으로 생력적으로 소나무 후계림을 이어갈 수 있는 천연갱신 방법의 개발이 시급한 실정이다.

제 2 절 연구 개발의 범위

1. 천연갱신의 성패를 좌우하는 모수의 결과습성 구명
2. 대상개별천연하종갱신과 모수갱신법개발, 상층이 소나무림이며 하층이 참나무류인 중립의 천연갱신법개발, 단목혼효림과 군상혼효림의 경우 천연갱신법개발
3. 포장실험을 통하여 토양수분, 비음, 부식층의 차이가 소나무 종자 발아와 치묘의 생육에 미치는 영향 구명
4. 천연갱신작업공정 및 단비의 산출

제 3 절 기대효과 및 활용방안

1. 소나무 모수의 결과습성 분석은 소나무림 천연갱신에 필수적인 자료로 쓰일 수 있다.
2. 우리나라 소나무임분의 여건을 고려한 천연갱신법과 소나무림 후계림 조성현장에서 필수적인 지침을 마련할 수 있다.

3. 현장시험구는 소나무림 천연갱신 및 후계림조성교육장으로 활용할 수 있다.
4. 우리나라 소나무림 임분여건에 따른 작업공정과 단비를 천연갱신과 후계림조성의 지침으로 사용할 수 있다.
5. 포장실험을 통하여 토양수분, 비음, 부식층의 차이가 소나무 종자의 발아와 치묘 생육에 미치는 영향분석은 소나무 천연갱신과 후계림조성의 필수적인 자료로 사용될 수 있다.
6. 본 연구의 방법과 결과는 참나무류, 삼나무, 편백, 낙엽송(일본잎갈나무) 등에 대한 천연갱신법 연구방향에 대한 새로운 접근법을 제공하게 될 것이다.
7. 본 연구 결과는 침체되어 있는 소나무림 후계림조성을 생력적으로 달성시킬 수 있는 촉매제의 역할을 할 수 있다.
8. 조림학 교과서에 실을 수 있을 뿐만 아니라 소나무림 후계림조성을 위한 표준지침으로 활용될 수 있을 것이다.

제 2 장 생력적인 천연갱신법 개발

제 1 절 실험목적

우리나라 소나무임분의 여건 즉 소나무단순림, 상층이 소나무림이며 하층이 참나무류인 중림, 그리고 소나무와 참나무류 혼효림의 경우 생력적인 천연갱신법 개발과 후계림 조성을 위한 지침을 마련하기 위하여 표 2-1에서 나타낸바와 같이 대상개별갱신, 모수갱신, 소나무와 참나무류 혼효림의 경우, 중림의 경우 각종 하종상의 처리(관목층제거, 관목층제거+부식층제거, 관목층제거+부식층제거+토양경운, 관목층제거+부분부식층제거, 관목층제거+부분부식층제거+부분토양경운)가 치묘의 발아 및 생존에 미치는 영향을 분석하는데 있다.

표 2-1. 천연갱신방법별 각종 하종상의 처리

천연갱신방법		하층상의 처리
대상개발갱신		관목층제거구 관목층제거+ 부식층제거 관목층제거+ 부식층제거+ 토양경운 관목층제거+ 부분부식층제거 관목층제거+ 부분부식층제거+ 부분토양경운 관목층·부식층존치(무처리)
모수갱신	단목모수 시험구	관목층제거+ 부식층제거 관목층제거+ 부식층제거+ 토양경운
	소면적 군상모수 시험구 (330m ²)	관목층제거+ 부식층제거 관목층제거+ 부분부식층제거+ 토양경운
	대면적 군상모수 시험구 (1ha 당 모수 20본)	관목층제거+ 부식층제거
혼효림갱신 (소나무와 참나무류)	단목혼효림 시험구	관목층제거+ 부식층제거 관목층제거+ 부식층제거+ 토양경운
	군상혼효림 시험구(능선부)	관목층제거+ 부식층제거 관목층제거+ 부식층제거+ 토양경운
	군상혼효림 시험구(계곡부)	관목층제거+ 부식층제거 관목층제거+ 부식층제거+ 토양경운
중립 시험구(상층-소나무, 하층-참나무류)		관목층제거+ 부식층제거 관목층제거+ 부식층제거+ 토양경운

제 2 절 시험구의 위치, 자연환경 및 시험방법

1. 시험구의 위치

그림 2-1과 표 2-2는 울진군 서면 소광리 일대에 위치한 총 20개 시험구의 위치와 각 시험구에 대한 천연갱신방법을 나타낸 것이다. 대상개발갱신은 5개의 시험구와 인접한 곳에 무처리구인 1개의 비교구를 설치하였으며, 모수갱신의 시험구는 총 9개로 그중에서 단목모수시험구 2개, 소면적군상모수시험구 2개, 대면적군상모수 시험구 5개가 설치되었고, 혼효림의 갱신 시험구는 총 4개로 그 중 단목혼효림 시험구 2개, 군상혼효림 시험구 2개로 각각 능선부와 계곡부로 구분되었으며, 중립 시험구는 2개가 조성되었다.

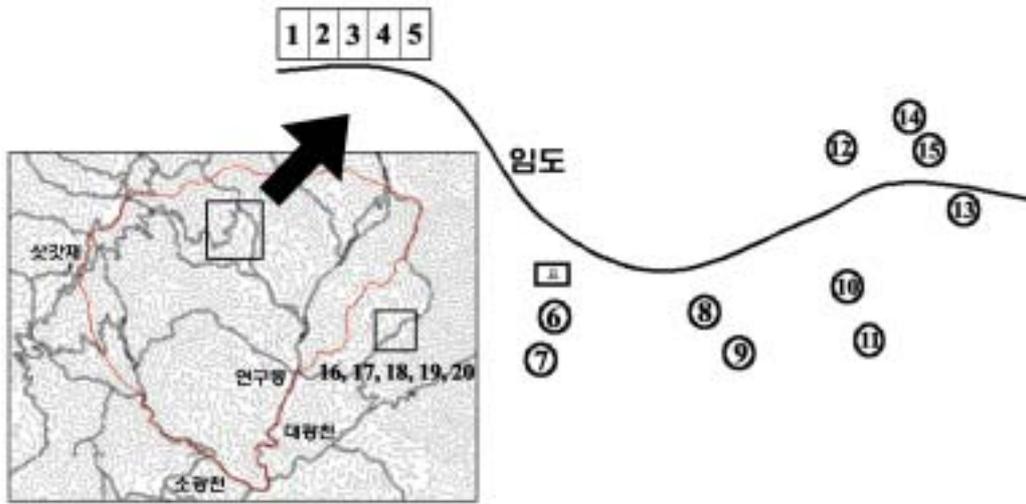


그림 2-1. 시험구의 위치.

표 2-2. 각 시험구의 천연갱신방법

시험구 번호	천연갱신방법	
1 2 3 4 5	대상개별갱신	
10 11 6 7 16~20	모수갱신	단목모수 시험구 소면적군상모수 시험구 대면적군상모수 시험구
12 13 8 9	혼효림의 갱신 (소나무와 참나무류)	단목혼효림 시험구 군상혼효림 시험구(능선부) 군상혼효림 시험구(계곡부)
14 15	중립 시험구 (상층-소나무, 하층-참나무류)	

2. 시험구의 자연환경

가. 식생

시험구를 조성하기 전 각 시험구별로 전형적인 임상을 대상으로 조사구(10m×10m)를 설치하여 식물사회학적방법으로 조사하였다. 본 시험구의 식생은 아래에 수록된 10개의 식생조사야장을 통하여 다음과 같이 파악되었다. 전 시험구의 대부분은 교목층에 소나무가 우점하고 있으며, 아교목층과 관목층에 참나무류 등을 비롯한 낙엽활엽수의 우점도가 높게 나타났다.

대상개별갱신 시험구(시험구 번호 1~5)는 해발 810m, 경사 25°, 남서방향의 사면중부에 위치하였으며, 부식층 두께는 2~4cm를 나타내었다. 교목층은 수고 10~14m, 흉고직경 24~43cm인 약 44년생(DBH: 43cm)의 소나무가 우점하였으며, 수고 4~9m, 흉고직경 10~22cm인 신갈나무는 아교목층과 관목층에서 우점도가 높게 나타났다. 이밖에 관목층에서는 쇠물푸레, 철쭉꽃, 싸리 등의 우점도가 높았으며, 초본층에서는 싸리, 삽주, 산거울, 노랑제비꽃, 큰기름새, 맑은대쭉, 세잎양지꽃, 구절초, 둥굴레 등이 산생하였다. 교목층, 아교목층, 관목층의 식피율은 80% 이상으로 높으나 초본층은 20%로 낮은 식피율을 나타내었다.

소면적군상모수 시험구(시험구 번호 6~7)는 해발 737m, 경사 5°, 남동방향의 산

등성이에 위치하였으며, 부식층 두께는 3~5cm를 나타내었다. 교목층은 수고 13~17m, 흉고직경 22~54cm인 약 75년생(DBH: 54cm)의 소나무가 우점하였으며, 아교목층은 수고 5~12m, 흉고직경 7~21cm로 소나무, 신갈나무, 박달나무가 경쟁관계에 있었다. 관목층에서는 신갈나무, 쇠물푸레, 철쭉꽃, 진달래, 꼬리진달래 등의 우점도가 높았으며, 초본층에서는 산앵도와 산거울의 우점도가 높은 가운데 삼주, 둥굴레, 노랑제비꽃, 애기나리, 큰기름새, 기름나물, 고사리, 맑은대쭉, 구절초, 노루발 등이 출현하였다. 교목층의 식피율은 90%, 관목층은 80%로 높으나 아교목층과 초본층은 각각 50%와 40%로 나타났다. 본 조사구의 최대목(흉고직경 : 54cm)인 소나무가 75년, 흉고직경이 12cm인 소나무는 24년, 흉고직경 8.5cm, 7cm인 신갈나무는 각각 28년, 27년, 흉고직경 18cm인 박달나무는 44년생으로 나타났다.

대면적군상모수 시험구(시험구 번호 16~20)는 해발 604m, 경사 35°, 남동방향의 사면중·상부에 위치하였으며, 부식층 두께는 1~3cm를 나타내었다. 교목층은 수고 16~20m, 흉고직경 34~65cm인 소나무가 대부분 우점하였으며, 아교목층은 수고 6~15m, 흉고직경 16~28cm로 굴참나무, 신갈나무, 팔배나무가 생육하고 있었다. 관목층에서는 조록싸리, 생강나무, 신갈나무, 진달래, 병꽃나무, 당단풍 등의 우점도가 높았으며, 초본층에서는 조록싸리, 개암나무, 생강나무, 고사리, 큰기름새, 대사초, 실새풀, 맑은대쭉, 산거울 등이 출현하였다. 교목층의 식피율은 85%, 아교목층은 90%, 관목층과 초본층은 각각 50%와 20%로 초본층의 식피율은 낮게 나타났다. 본 조사구의 흉고직경 42cm인 소나무가 75년, 흉고직경 21.5cm, 17cm인 신갈나무는 각각 42년, 50년, 흉고직경 29cm인 굴참나무는 71년생으로 나타났다.

단목모수 시험구(시험구 번호 10, 11)는 해발 732m, 경사 30°, 북서방향의 사면 상부에 위치하였으며, 부식층 두께는 3~5cm를 나타내었다. 교목층은 수고 14~18m, 흉고직경 24~34cm인 소나무가 대부분 우점하였으며, 아교목층은 수고 8~12m, 흉고직경 10~20cm로 신갈나무가 우점하는 가운데 소나무, 음나무, 박달나무가 생육하고 있었다. 관목층에서는 당단풍, 쇠물푸레, 철쭉꽃, 신갈나무 등의 우점도가 높았으며, 초본층에서는 산앵도, 지리대사초, 생강나무, 단풍취, 처녀치마, 애기나리, 노랑제비꽃, 둥굴레, 미역줄나무 등이 출현하였다. 교목층의 식피율은 80%, 아교목층은 95%, 관목층과 초본층은 각각 75%와 40%로 초본층의 식피율은 낮게 나타났다. 본 조사구의 흉고직경 34cm인 소나무가 52년, 흉고직경 18cm, 16cm인 신갈나무는 각각 48년, 44년생으로 나타났다.

단목혼효림 시험구(시험구 번호 12, 13)는 해발 734m, 경사 30°, 남동방향의 사면중부에 위치하였으며, 부식층 두께는 2~5cm를 나타내었다. 교목층은 수고 17~20m, 흉고직경 28~47cm인 소나무, 신갈나무, 굴참나무가 경쟁관계에 있으며, 아교목층은 수고 8~14m, 흉고직경 14~26cm로 신갈나무와 굴참나무가 우점하고 있었다. 관목층에서는 신갈나무, 싸리, 쇠물푸레, 쪽동백나무, 생강나무 등의 우점도가 높

았으며, 초본층에서는 미역줄나무, 산거울, 노랑제비꽃, 세잎양지꽃, 고사리, 구절초, 맑은대쭉, 참취 등이 출현하였다. 교목층의 식피율은 80%, 아교목층은 70%, 관목층과 초본층은 각각 65%와 25%로 나타났다. 본 조사구의 흉고직경 47.5cm인 소나무가 66년, 흉고직경 28cm, 21.5cm인 굴참나무는 각각 45년, 23년, 흉고직경 21cm인 신갈나무는 47년생으로 나타났다.

능선부에 위치한 군상혼효림 시험구(시험구 번호 8)는 해발 730m, 경사 20°, 남쪽방향의 능선부에 위치하였으며, 부식층 두께는 2~4cm를 나타내었다. 교목층은 수고 20~24m, 흉고직경 58~71cm인 소나무가 우점하고 있으며, 아교목층은 수고 8~16m, 흉고직경 12~42cm로 신갈나무가 우점하는 가운데 굴참나무, 당단풍, 쪽동백나무, 박달나무가 생육하고 있었다. 관목층에서는 생강나무, 진달래, 신갈나무, 철쭉꽃, 쇠물푸레 등의 우점도가 높았으며, 초본층에서는 산거울, 큰기름새, 둥굴레, 노루발, 고사리, 세잎양지꽃, 미역줄나무 등이 출현하였다. 교목층의 식피율은 95%, 아교목층은 90%, 관목층과 초본층은 각각 55%와 20%로 나타났다. 본 조사구의 흉고직경 71cm인 소나무가 116년, 흉고직경 13cm인 소나무는 41년으로 나타났으며, 흉고직경 42cm인 신갈나무와 28cm인 굴참나무는 각각 56년, 52년생으로 나타났다.

계곡부에 위치한 군상혼효림 시험구(시험구 번호 9)는 해발 716m, 경사 10°, 남동방향의 계곡부에 위치하였으며, 부식층 두께는 6~10cm를 나타내었다. 교목층은 수고 20~26m, 흉고직경 36~70cm인 소나무와 굴참나무가 우점하고 있으며, 아교목층은 수고 10~18m, 흉고직경 17~28cm로 굴참나무가 우점하는 가운데 신갈나무, 당단풍이 생육하고 있었다. 관목층은 당단풍, 신갈나무, 굴참나무, 쇠물푸레, 생강나무 등의 우점도가 높았으며, 초본층에서는 미역줄나무, 큰기름새, 노랑제비꽃, 맑은대쭉, 개머루, 고사리 등이 출현하였다. 교목층과 아교목층의 식피율은 90%, 관목층과 초본층은 각각 70%와 30%로 나타났다. 본 조사구의 흉고직경 68cm인 소나무가 108년, 흉고직경 40cm인 굴참나무는 89년으로 나타났다.

중립시험구(시험구 번호 14, 15)는 해발 742m, 경사 25°, 남쪽방향의 사면상부에 위치하였으며, 부식층 두께는 2~4cm를 나타내었다. 교목층은 수고 13~17m, 흉고직경 26~45cm인 소나무가 우점하고 있으며, 아교목층은 수고 7~11m, 흉고직경 10~22cm로 소나무, 신갈나무, 굴참나무가 경쟁관계에 있었다. 관목층은 진달래, 쇠물푸레, 신갈나무, 싸리, 당단풍 등의 우점도가 높았으며, 초본층에서는 큰기름새, 산거울, 산애도, 삽주, 기름나물, 애기나리 등이 출현하였다. 교목층의 식피율은 90%, 아교목층의 식피율은 80%, 관목층과 초본층은 각각 80%와 35%로 나타났다. 본 조사구의 흉고직경 45cm인 소나무가 65년, 흉고직경 18.5cm와 14cm인 신갈나무는 각각 41년과 34년생으로 나타났다.

경북대학교 임학과		식생조사야장				삼림생태학 연구실		
시험구 번호 : 1-5 조 사 일 시 : 2004년 8 월 5 일			조사지 : 울진 소광리 (N 37°01' 26.2" E 129°12' 12.2") 조사지 면적: 10×10m					
지형: 사면중부	해발: 810m	경사: 25°	방위: 240°	낙엽층 두께: 2~4cm				
계층(표준<m>)	우점종	식피율(%)	높이(m)	흉고직경(cm)				
T ₁ 교목층	소나무	90	10~14	24~43				
T ₂ 아교목층	신갈나무	85	4~9	10~23				
S 저목층	신갈나무	80	1~3	2~4				
H 초본층	싸리	20	0.8이하	-				
	Tree layer		Subtree layer		Shrub layer		Herb layer	
	Species	D·S	Species	D·S	Species	D·S	Species	D·S
1	소나무	5.5	소나무	1.1	신갈나무	3.3	싸리	1.1
2			신갈나무	4.4	식물푸레	2.2	식물푸레	+
3			식물푸레	1.1	철쭉꽃	2.2	신갈나무	+
4					싸리	2.2	철쭉꽃	+
5					쪽동백나무	+	쪽동백나무	+
6					생강나무	+	삼주	+
7					진달래	+	산거울	+
8					물푸레나무	+	노랑제비꽃	+
9							큰기름새	+
10							맑은대속	+
11							생강나무	+
12							둥글레	+
13							기름나물	+
14							구절초	+
15							세잎양지꽃	+
16							개웃나무	+
17								
18								
19								
20								
기타 정보 :		수종		DBH(cm)		연륜(년)		
		소나무		43		44		
		신갈나무		14.5		44		
		신갈나무		14		82		

경북대학교 임학과		식생조사야장			삼림생태학 연구실			
시험구 번호 : 6-7 조사일시 : 2004년 8월 5일			조사지 : 울진 소광리 (N 37°01' 79.7" E 129°12' 33.4") 조사지 면적: 10×10m					
지형: 산등성이		해발: 737m	경사: 5°	방위: 118°	낙엽층 두께: 3~5cm			
계층(표준<m>)		우점종	식피율(%)	높이(m)	흉고직경(cm)			
T ₁ 교목층		소나무	90	13~17	22~54			
T ₂ 아교목층		신갈나무	50	5~12	7~21			
S 저목층		신갈나무	80	1~4	1~6			
H 초본층		산거울	40	0.6이하	-			
Tree layer		Subtree layer		Shrub layer		Herb layer		
	Species	D·S	Species	D·S	Species	D·S	Species	D·S
1	소나무	5.5	소나무	2.2	신갈나무	2.2	산양도	1.1
2			신갈나무	2.2	식물쭈레	1.1	삼주	+
3			박달나무	1.1	진달래	2.2	둥굴레	+
4					철쭉꽃	2.2	노랑제비꽃	+
5					꼬리진달래	1.1	애기나리	+
6							큰기름새	+
7							기름나물	+
8							줄참나무	r
9							굴참나무	r
10							신갈나무	+
11							철쭉꽃	+
12							싸리	+
13							세잎양지꽃	+
14							산거울	1.1
15							고사리	+
16							미역취	r
17							꽃머느리밥풀	+
18							맑은대썩	+
19							구절초	+
20							노루발	r
기타 정보 :		수종		DBH(cm)		연륜(년)		
		소나무		54		75		
		소나무		12		24		
		신갈나무		8.5		28		
		신갈나무		7		27		
		박달나무		18		44		

경북대학교 임학과		식생조사야장			삼림생태학 연구실			
시험구 번호 : 8 조 사 일 시 : 2004년 8 월 5 일			조사지 : 울진 소광리 (N 37°01' 85.2" E 129°12' 31.3") 조사지 면적: 10×10m					
지형: 산능선이	해발: 730m	경사: 20°	방위: 175°	낙엽층 두께: 2~4cm				
계층(표준<m>)	우점종	식피율(%)	높이(m)	흉고직경(cm)				
T ₁ 교목층	소나무	95	20~24	58~71				
T ₂ 아교목층	신갈나무	90	8~16	8~42				
S 저목층	신갈나무	55	1~3	1~4				
H 초본층	산거울	20	1이하	-				
	Tree layer		Subtree layer		Shrub layer		Herb layer	
	Species	D·S	Species	D·S	Species	D·S	Species	D·S
1	소나무	5.5	신갈나무	4.4	진달래	1.1	산거울	1.1
2			굴참나무	2.2	생강나무	2.2	큰기름새	+
3			당단풍	1.1	신갈나무	1.1	신갈나무	+
4			쪽동백나무	1.1	철쭉꽃	1.1	생강나무	+
5			박달나무	1.1	싸리	+	진달래	+
6			식물푸레	1.1	박달나무	+	둥굴레	+
7					식물푸레	1.1	식물푸레	+
8					쪽동백나무	+	싸리	+
9							노루발	+
10							맑은대속	r
11							고사리	+
12							세잎양지꽃	+
13							쪽동백나무	+
14							미역줄나무	+
15								
16								
17								
18								
19								
20								
기타 정보 :		수종		DBH(cm)		연륜(년)		
		소나무		71		116		
		소나무		13		41		
		신갈나무		42		56		
		굴참나무		28		52		

경북대학교 임학과		식생조사야장			삼림생태학 연구실			
시험구 번호 : 9 조 사 일 시 : 2004년 8 월 5 일			조사지 : 울진 소광리 (N 37°01' 85.6" E 129°12' 33.2") 조사지 면적: 10×10m					
지형: 계곡부	매밭: 716m	경사: 10°	방위: 120°	낙엽층 두께: 6~10cm				
계층(표준<m>)	우점종	식피율(%)	높이(m)	흉고직경(cm)				
T ₁ 교목층	소나무	90	20~26	36~70				
T ₂ 아교목층	굴참나무	90	10~18	17~28				
S 저목층	신갈나무	70	1~4	1~5				
H 초본층	미역줄나무	30	0.8이하	-				
	Tree layer		Subtree layer		Shrub layer		Herb layer	
	Species	D·S	Species	D·S	Species	D·S	Species	D·S
1	소나무	5.5	굴참나무	4.4	당단풍	2.2	미역줄나무	1.1
2	굴참나무	2.2	신갈나무	1.1	신갈나무	2.2	신갈나무	+
3			당단풍	1.1	노린재나무	+	생강나무	+
4					굴참나무	1.1	큰기름새	+
5					싸리	+	식물푸레	+
6					식물푸레	1.1	노랑제비꽃	+
7					생강나무	1.1	고깔제비꽃	r
8							삼주	r
9							맑은대속	+
10							굴참나무	r
11							개머루	+
12							고사리	+
13							산솜바귀	r
14							참취	r
15							세잎양지꽃	r
16							남산제비꽃	r
17								
18								
19								
20								
기타 정보 :	수종		DBH(cm)		연륜(년)			
	소나무		68		108			
	굴참나무		40		89			

경북대학교 임학과		식생조사야장				삼림생태학 연구실		
시험구 번호 : 10, 11 조 사 일 시 : 2004년 8 월 6 일			조사지 : 울진 소광리 (N 37°01' 88.9" E 129°12' 40.3") 조사지 면적: 10×10m					
지형: 사면상부	해발: 732m	경사: 30°	방위: 337°	낙엽층 두께: 3~6cm				
계층(표준<m>)	우점종	식피율(%)	높이(m)	흉고직경(cm)				
T ₁ 교목층	소나무	80	14~18	24~34				
T ₂ 아교목층	신갈나무	95	8~12	10~20				
S 저목층	쇠물푸레	75	1~4	1~4				
H 초본층	산앵도	40	1이하	-				
	Tree layer		Subtree layer		Shrub layer		Herb layer	
	Species	D·S	Species	D·S	Species	D·S	Species	D·S
1	소나무	5.5	신갈나무	5.5	당단풍	2.2	삼주	r
2	신갈나무	1.1	소나무	1.1	쇠물푸레	3.3	산앵도	2.2
3			옻나무	1.1	신갈나무	1.1	철쭉꽃	+
4			박달나무	1.1	철쭉꽃	2.2	지리대사초	+
5					고리진달래	+	생강나무	+
6					진달래	+	진달래	+
7							단풍취	+
8							저녁지마	r
9							애기나리	+
10							노랑제비꽃	+
11							둥글레	+
12							맑은대쑥	r
13							신갈나무	+
14							당단풍	+
15							개웃나무	r
16							쪽동백나무	+
17							싸리	+
18							미역줄나무	+
19								
20								
기타 정보 :		수종		DBH(cm)		연륜(년)		
		소나무		34		52		
		신갈나무		18		48		
		신갈나무		16		44		

경북대학교 임학과		식생조사야장				삼림생태학 연구실		
시험구 번호 : 12, 13 조 사 일 시 : 2004년 8 월 6 일			조사지 : 울진 소광리 (N 37°01' 90.4" E 129°12' 34.8") 조사지 면적: 10×10m					
지형: 사면중부	매밭: 734m	경사: 30°	방위: 120°	낙엽층 두께: 2~5cm				
계층(표준<m>)	우점종	식피율(%)	높이(m)	흉고직경(cm)				
T ₁ 교목층	소나무	80	17~20	28~47				
T ₂ 아교목층	신갈나무	70	8~14	14~26				
S 저목층	신갈나무	65	1~4	1~6				
H 초본층	미역줄나무	25	0.8이하	-				
	Tree layer		Subtree layer		Shrub layer		Herb layer	
	Species	D·S	Species	D·S	Species	D·S	Species	D·S
1	소나무	3.3	신갈나무	3.3	신갈나무	2.2	철쭉꽃	+
2	신갈나무	3.3	굴참나무	2.2	싸리	2.2	싸리	+
3	굴참나무	3.3			식물푸레	2.2	신갈나무	+
4					쪽동백나무	1.1	대사초	+
5					철쭉꽃	+	식물푸레	+
6					미역줄나무	+	미역줄나무	1.1
7					생강나무	1.1	생강나무	+
8					조특싸리	+	산거울	+
9							노랑제비꽃	+
10							싸리	+
11							큰기름새	+
12							세잎양지꽃	+
13							고사리	+
14							구절초	+
15							삼주	r
16					Herb layer		맑은대쑥	+
17					은대난초	r	선밀나물	r
18					둥굴레	r	노루발	r
19							굴참나무	r
20							참취	+
기타 정보 :		수종		DBH(cm)		연륜(년)		
		소나무		47.5		66		
		신갈나무		21		47		
		굴참나무		28		45		
		굴참나무		21.5		23		

경북대학교 임학과		식생조사야장			삼림생태학 연구실			
시범구 번호 : 14, 15 조 사 일 시 : 2004년 8 월 6 일			조사지 : 울진 소광리 (N 37°01' 92.2" E 129°12' 31.8") 조사지 면적: 10×10m					
지형: 사면상부	애발: 742m	경사: 25°	방위: 178°	낙엽층 두께: 2~4cm				
계층(표준<m>)	우점종	식피율(%)	높이(m)	흉고직경(cm)				
T ₁ 교목층	소나무	90	13~17	26~45				
T ₂ 아교목층	신갈나무	80	7~11	10~22				
S 저목층	진달래	80	1~3	1~4				
H 초본층	산거울	35	0.8이하	-				
	Tree layer		Subtree layer		Shrub layer		Herb layer	
	Species	D·S	Species	D·S	Species	D·S	Species	D·S
1	소나무	5.5	소나무	2.2	진달래	3.3	싸리	+
2			신갈나무	2.2	식물푸레	2.2	큰기름새	1.1
3			굴참나무	1.1	신갈나무	1.1	산거울	1.1
4					싸리	+	식물푸레	+
5					당단풍	+	진달래	1.1
6							신갈나무	+
7							삼주	+
8							산앵도	+
9							철쭉꽃	+
10							생강나무	+
11							기름나무	+
12							애기나리	+
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
기타 정보 :	수종		DBH(cm)		연륜(년)			
	소나무		45		65			
	신갈나무		18.5		41			
	신갈나무		14		34			

경북대학교 임학과		식생조사야장				삼림생태학 연구실		
시험구 번호 : 16-20 조 사 일 시 : 2004년 8 월 6 일			조사지 : 울진 소광리 (N 37°01' 92.2" E 129°12' 31.8") 조사지 면적: 10×10m					
지형: 사면중·상부	매밭: 604m	경사: 35°	방위: 116°	낙엽층 두께: 1~3cm				
계층(표준<m>)	우점종	식피율(%)	높이(m)	흉고직경(cm)				
T ₁ 교목층	소나무	85	16~20	34~65				
T ₂ 아교목층	신갈나무	90	7~14	16~28				
S 저목층	조록싸리	50	1~5	1~5				
H 초본층	조록싸리	20	0.8이하	-				
	Tree layer		Subtree layer		Shrub layer		Herb layer	
	Species	D·S	Species	D·S	Species	D·S	Species	D·S
1	소나무	4.4	굴참나무	3.3	조록싸리	2.2	조록싸리	1.1
2	굴참나무	1.1	신갈나무	4.4	생강나무	2.2	생강나무	+
3			팔배나무	1.1	신갈나무	1.1	개암나무	+
4					병꽃나무	+	고사리	+
5					팔배나무	+	큰기름새	+
6					진달래	1.1	대사초	+
7					당단풍	+	실새풀	+
8							맑은대쑥	+
9							산거울	+
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
기타 정보 :	수종		DBH(cm)		연륜(년)			
	소나무		42		75			
	신갈나무		21.5		42			
	신갈나무		17		50			
	굴참나무		29		71			

나. 기후

기후는 식물의 분포와 생장에 큰 영향을 끼친다. 육상생태계에서 위도나 해발과 관련하여 온도가 변화함으로써 기후대가 형성되며, 이와 같은 온도변화에 대하여 장기적으로 자연선택현상에 의하여 단기적으로는 기후순화에 의하여 적응할 수 있는 식물만 살아남아 독특한 식생형을 형성하게 된다. 특히, 온도는 강수량, 바람, 일사량 등에 의한 기상조건에 의해 변화할 뿐만 아니라 한 지역의 지리적 특성, 지형적 특성 그리고 산림식생의 존재 유무에 따라 변화하는 특성이 있다.

기후 조건이 식물 군락에 미치는 영향은 수분공급, 무기양료, 광도, 일장과 같은 다른 환경요인과의 상호작용으로 인하여 복잡하고 다르게 나타난다.

본 실험구의 자연환경과 입지조건을 밝히기 위해서는 온도 및 강수량을 비롯한 여러 가지 기후 조건을 살펴보아야 할 것이다.

소광리에 관한 미세기후 관측 자료가 존재하지 않으나, 이 지역이 울진에 포함되어 있어 울진기상대의 기후 자료를 대신하여 본 지역의 기후를 설명한다.

울진지방은 서쪽 태백산맥, 동쪽은 바다와 접하고 있어 연중 해류의 영향으로 대체로 온화하며, 한서(寒暑)의 차가 적다.

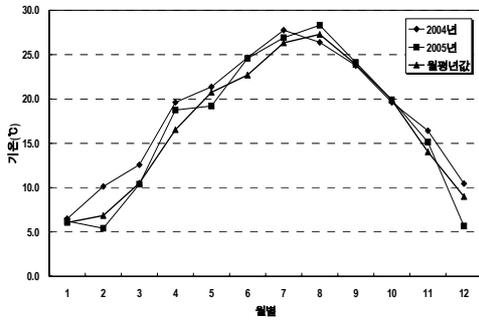
계절별로 초봄에는 이동성고기압 영향으로 서풍계열의 바람이 탁월하고 웬(FAN) 현상으로 따뜻하며 늦봄에서 초여름까지는 해양성 한대기단(Maritime polar air mass; MP기단)의 영향으로 한랭 다습한 동풍계열 바람으로 선선하며, 가을에는 북동기류의 영향으로 강수현상이 빈번하게 발생하며 겨울철은 극지적인 강풍현상이 자주 있다.

1) 기온

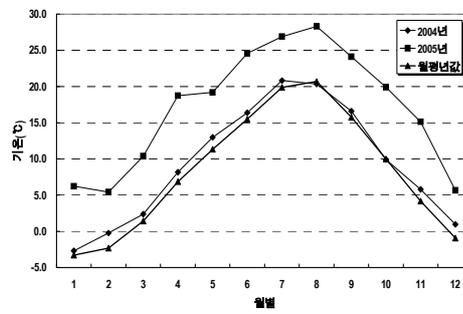
우리나라의 연평균 기온은 지역에 따라 차가 큰 편이며, 산악지대를 제외하면 대체로 평균 10~16℃정도이다. 울진지역의 30년간(1971~2000년) 연평균온도는 12.5℃, 최근 2년간은 13.0℃를 나타내었다. 위도가 비슷한 춘양은 10.1℃, 태백 8.4℃, 영주 11.2℃, 서산 12.0℃로 나타났다. 울진의 경우 기상 관측소가 내륙지방이 아닌 동해안에 인접해 있어, 산간지방 특성을 나타내는 춘양과 태백지역에 비하여 평균기온이 다소 높은 것으로 나타났다.

표 2-3. 실험구가 위치한 울진지역의 월별 기후자료

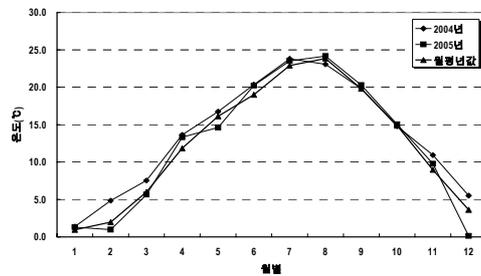
월별	월 평년값(1971-2000년)				월 자료(2004년 ~ 2005년)				
	최고기온	최저기온	평균기온	월 강수량	최고기온	최저기온	평균기온	월 강수량 (mm)	강수 일수 (>0.1mm)
1	6.1	-3.3	1.0	45.3	6.4	-2.8	1.3	57.4	3
2	6.8	-2.3	2.0	49.1	7.8	-1.7	2.9	23.5	4
3	10.5	1.4	6.0	66.7	11.5	1.7	6.6	61.8	5
4	16.5	6.9	11.9	74.3	19.2	8.0	13.5	66.4	8
5	20.7	11.3	16.1	17.5	20.3	11.7	15.7	16.5	10
6	22.7	15.5	19.0	105.8	24.6	16.5	20.3	62.5	8
7	26.3	19.9	22.9	153.6	27.3	20.8	23.7	220.2	13
8	27.3	20.7	23.9	191.5	27.4	20.7	23.6	268.4	13
9	23.9	15.8	19.8	169.2	23.9	16.9	20.1	273.5	15
10	19.9	10.0	14.9	77.0	19.8	10.3	14.9	54.6	7
11	14.0	4.2	9.0	61.1	15.8	5.1	10.4	8.9	3
12	9.0	-0.9	3.6	38.1	8.1	-1.8	2.8	7.5	3
계			12.5	1,049.2			13.0	1,121.2	92



최고기온



최저기온



평균기온

그림 2-2. 최고기온, 최저기온, 평균기온의 월별 변화 그래프.

2년간의 월 자료에서 울진지역의 최고기온은 8월에 27.4℃를 나타내었으며, 최저기온은 1월에 -2.8℃를 나타내었다(표 2-3). 30년간의 월 평년값과 최근 2년간의

월 자료를 비교하였을 때 최저기온에서 2005년에 다소 높은 값을 나타내었으나 최고기온, 평균기온은 비슷한 경향을 나타내었다.

2) 강수량

우리나라의 연강수량은 남부지방이 1,500mm, 중부지방이 1,300mm정도가 된다. 계절적으로 연강수량의 50~60%가 여름에 내리고, 5~10%가 겨울에 내린다. 또한 우리나라는 유라시아대륙의 동안에서 태평양을 연하고 있는 반도적 성질 때문에 시베리아, 몽고 등과 같은 대륙성 기후와 일본의 부근 도서들과 같은 해양성 기후의 점이적 성격을 띠고 있어서 여름은 덥고 겨울은 추우면서도 대륙에 비하여 강수량이 많다. 장마와 태풍기의 우기가 있고, 겨울에는 대설이 내리기도 하는데 장마에 의한 비는 주로 내륙에, 그리고 눈은 주로 영동과 호남지역에 많이 내린다. 각 지역에 거의 고르게 여름부터 겨울까지의 우기가 있어서 연강수량은 세계적으로 볼 때 비교적 습윤한 지역에 속한다.

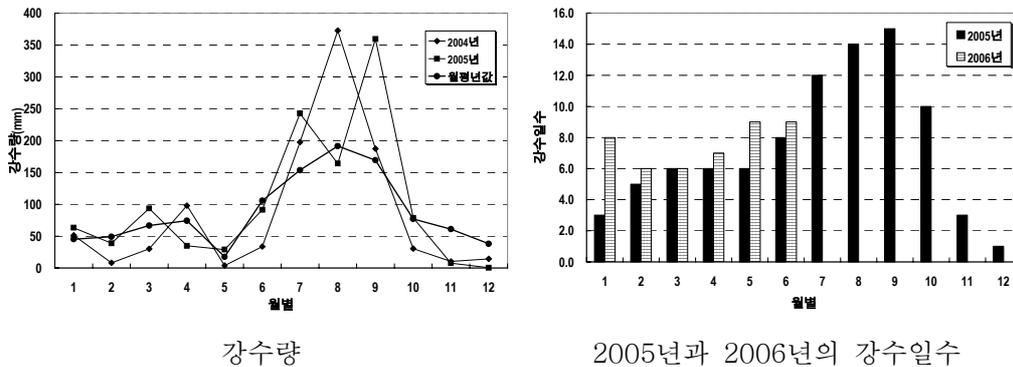


그림 2-3. 강수량의 월별 변화 그래프와 최근 2년간 강수일수.

울진지역의 30년간(1971~2000년) 연강수량은 1,049.2mm, 최근 2년간은 1,121.2mm와 92일의 강수일수를 나타내었으며, 7월, 8월, 9월에 각각 12회, 14회, 15회의 많은 강수일수를 나타내었다. 위도가 비슷한 춘양은 1,141.0mm와 100일, 태백 1,257.6mm와 120일, 영주 1,222.5mm와 93일, 서산 1,200.3mm와 109일로 나타났다. 울진지역은 산간지방의 특성을 나타내는 춘양과 태백에 비하여 강수량과 강수일수가 적은 경향을 나타내었다.

30년간의 월 평년값과 최근 2년간의 월 자료를 비교하였을 때 2004년은 8월에 2005년은 9월에 월평균 350mm이상의 강우량을 나타내어 월 평년값과 현격하게 차이가 나타남을 알 수 있었다. 따라서 최근 2년간의 집중 호우로 인하여 산지에 인공

과중한 중자의 유실을 발생 시키거나 치료의 생육에 큰 영향을 주었을 것으로 판단 되었다.

다. 지질 및 토양

1) 지질

본 시험구가 위치한 소광리 일대지역의 지질은 장성도폭(윤석규, 1967)에 의하면 지질도면의 남서쪽 절반 이상을 점하는 선캄브리아기의 분천화강편마암과 도면의 북서단쪽에서 본 암을 부정합으로 덮고 있는 캄브로오도비스기의 조선계 대석회암층 및 양 암석 사이를 관입 접촉하는 시대미상의 홍제사화강암으로 주로 구성되어 있으며 분천화강암내에는 이에 의하여 관입된 원남층 및 각석질암이 북동-남서 방향으로 길게 분포한다. 조선계는 캄브리아기의 묘봉층, 풍촌석회암층, 세송층, 화절층과 오드비스기의 동점규암층, 두무동층, 막동석회암층으로 구성되어 있다. 본 지역의 상기 주암인 분천화강편마암과 홍제사화강암내에는 백악기에 관입한 산성 및 염기성 암맥이 다수 분포한다. 제4기의 하성층은 분천화강편마암과 홍제사화강암내에 소규모로 분포한다. 조선계 대석회암통에는 북동-북서 방향의 단층이 발달한다. 본 지역 북서단의 홍제사화강암내에는 함금석영맥(금수광산)이 배태한다(그림 2-4).

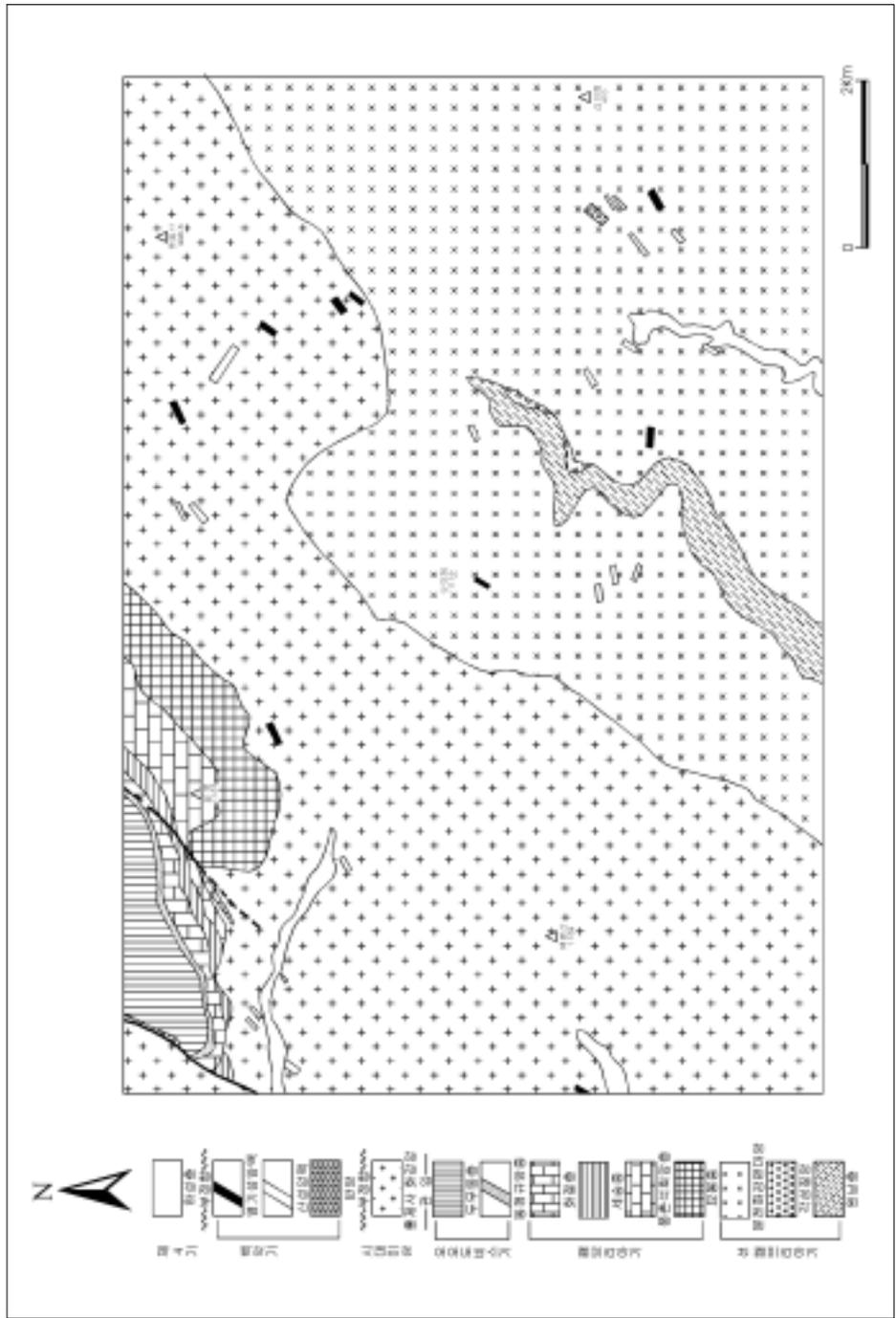


그림 2-4. 소광리 일대의 지질도.

2) 토양

표 2-4 는 본 조사지역이 위치한 소광리의 지형별 토양 이화학적 성질을 나타낸 것이다. 소광리의 능선부위·사면상부·사면하부의 토성은 사질양토와 사질식양토로, 사면중부는 사질식양토와 사질양토, 계곡부위는 사질양토로 나타났다. 모래의 함량은 계곡부위(79.0%)가 가장 높았으며, 사면중부에서 낮게 나타났다. 미사의 함량은 그와 반대로 계곡부위(8.9%)에서 가장 낮게 나타났다. 점토의 함량은 소광리 전 지역에서 비슷하게 나타났다. 소광리에서 소나무림이 분포하고 있는 입지의 토양산도는 pH 4.7 전후로 산성인 것으로 나타났으며, 지형별로는 큰 차이를 보이지 않았다.

표 2-4. 소광리 일대 금강소나무림 분포지의 토양 이화학적 성질

구 분	Sand (%)	Silt (%)	Clay (%)	pH (H ₂ O)	Available P ₂ O ₅ (ppm)	C (%)	N (%)	C/N	CEC (me/100g)	Exchangeable cation (me/100g)	
										Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺
능선부	74.3	11.3	14.4	4.61	16.31	4.38	0.32	13.54	10.12	1.30	0.56
사면상부	73.0	12.5	14.5	4.60	10.56	4.11	0.28	14.30	9.78	1.43	0.58
사면중부	71.2	13.6	15.2	4.70	8.78	3.13	0.23	13.21	11.59	1.56	0.69
사면하부	73.2	12.6	14.1	4.63	10.20	4.50	0.31	14.23	10.27	1.62	0.59
계곡부	79.0	8.9	12.1	4.58	12.40	3.77	0.26	13.84	9.52	1.79	0.78

3) 시험방법

2004년 9월 천연하중시험구를 설치하여 2006년 6월까지 각 종 하중상처리가 치묘수의 변화에 미치는 영향을 분석하였다. 한편 하중상 처리가 종자발아 및 치묘의 추이에 미치는 영향을 분석하기 위하여 사진 2-1에서와 같이 1m×1m의 치묘조사틀을 설치하여 치묘의 발아위치 및 추이를 추적하였다. 그리고 본 실험목적 달성을 시키기 위하여 자연낙하조사구외에 자연낙하+ 인공하중구(m²당 100립하중)를 설치하였다.

조사된 자료를 토대로 천연갱신방법별 각종 하중상처리가 치묘의 발아 및 생존에 미치는 영향을 통계 검증하였다.



사진 2-1. 1m×1m의 치묘조사 틀



사진 2-2. 대상개벌갱신 시험구 작업 전

사진 2-3. 대상개벌갱신 시험구 작업모습



사진 2-4. 대상개벌갱신 시험구 조성 모습



사진 2-5. 소면적군상모수갱신 시험구 조성 전후 모습



사진 2-6. 대면적군상모수 시험구 조성 모습



사진 2-7. 단목혼효림 시험구 조성 전후 모습

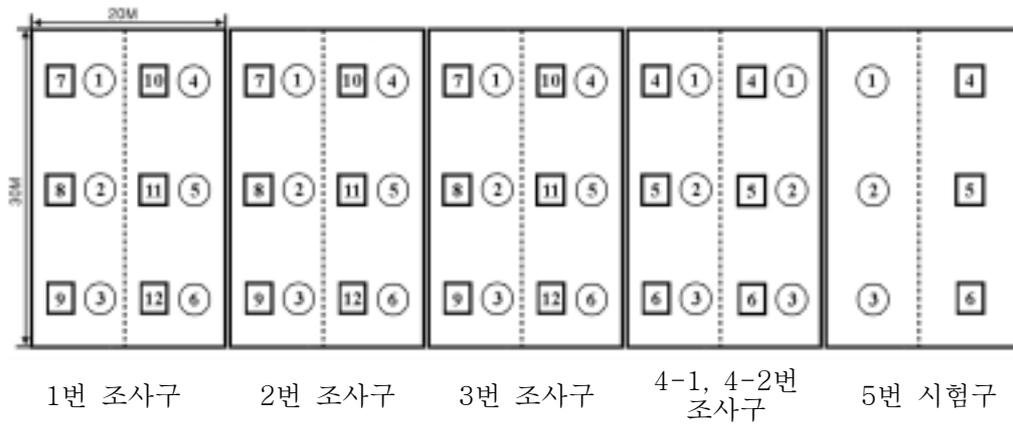


사진 2-8. 중립 시험구 조성 전후 모습

제 3 절 결과 및 고찰

1. 대상개별천연하중갱신

가. 대상개별시험구의 배치



1번 조사구 : 관목층제거구

2번 조사구 : 관목층제거+부식층제거구

3번 조사구 : 관목층제거+부식층제거+토양경운구

4-1번 조사구 : 관목층제거+부분부식층제거구

4-2번 조사구 : 관목층제거+부분부식층제거+부분토양경운구

5번 조사구 : 관목층·부식층 존치구(무처리구)

그림 2-5. 대상개별시험구의 배치도.

1) 관목층 제거구

가) 관목층 제거구의 조사구 배치와 조사구 번호(1×1m)

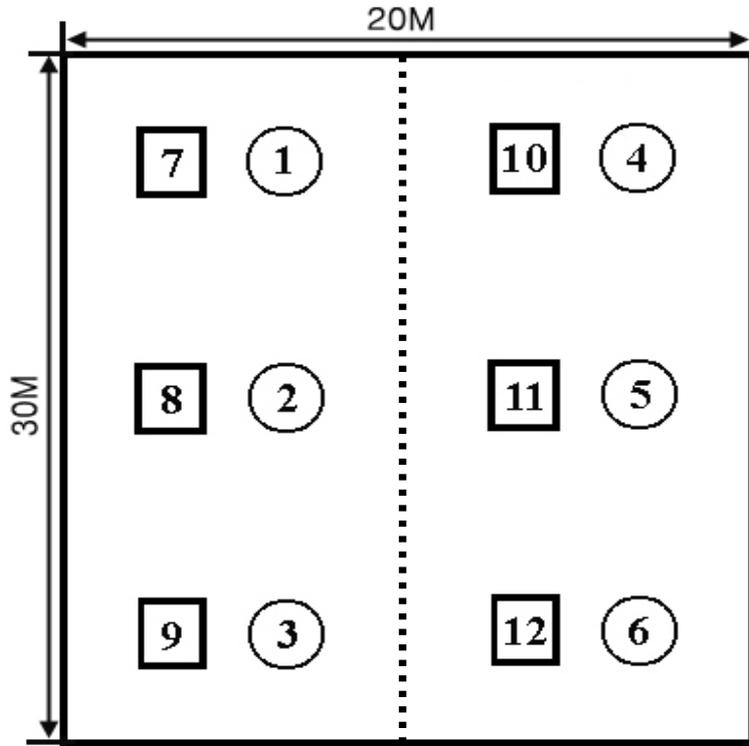
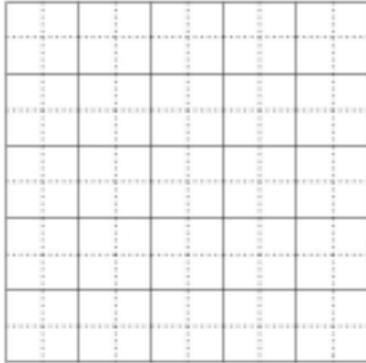


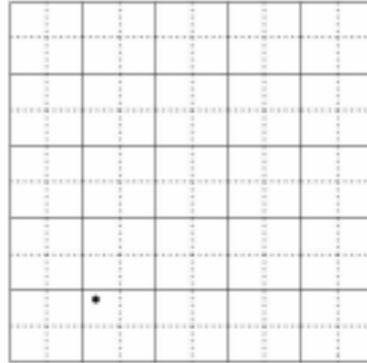
그림 2-6. 시험구번호-1(○:자연낙하조사구, □:자연낙하+ 인공하중조사구 : 1m²당 100립 파종).

나) 조사시기별, 처리구별 치묘 위치와 치묘 수

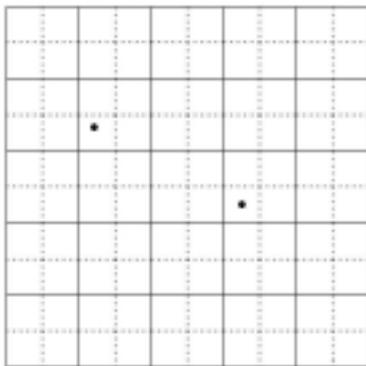
(1) 2005년 6월 조사 시의 치묘 위치와 치묘 수



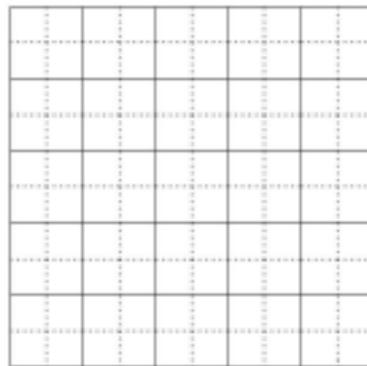
1-1(0)



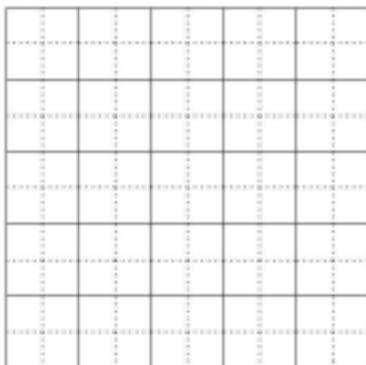
1-4(1)



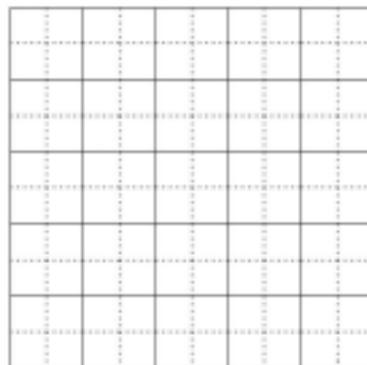
1-2(2)



1-5(0)

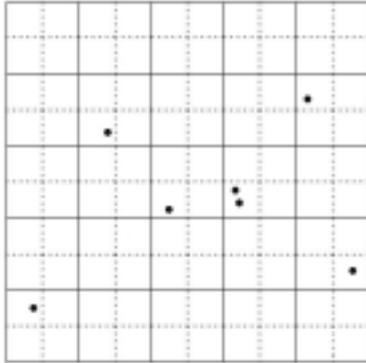


1-3(0)

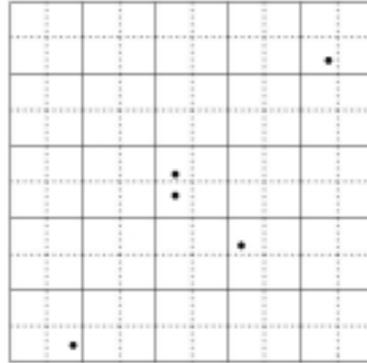


1-6(0)

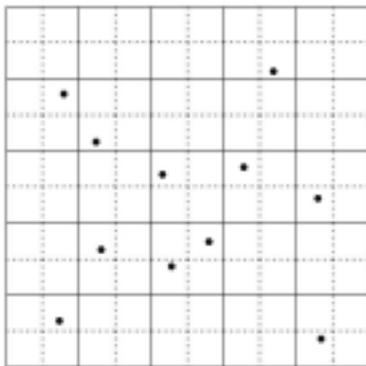
<자연낙하조사구> 1-1(시험구-조사구), ()는 발아수, ·은 치묘위치



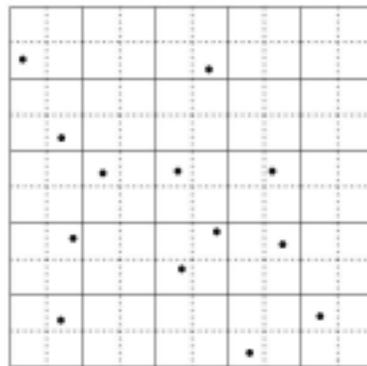
1-7(7)



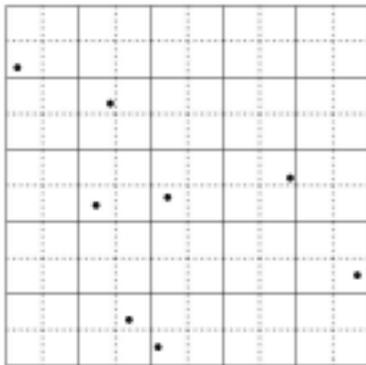
1-10(5)



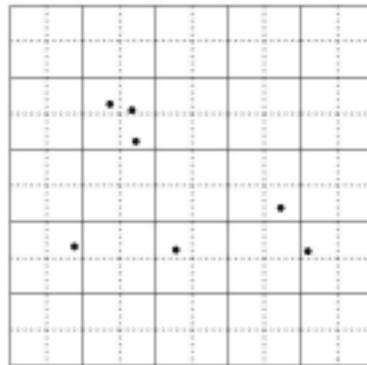
1-8(11)



1-11(13)



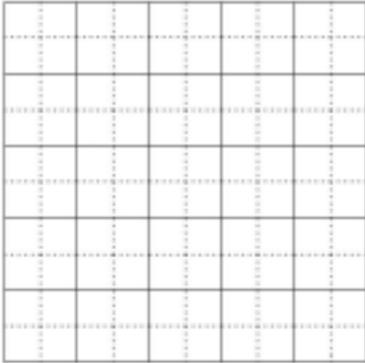
1-9(8)



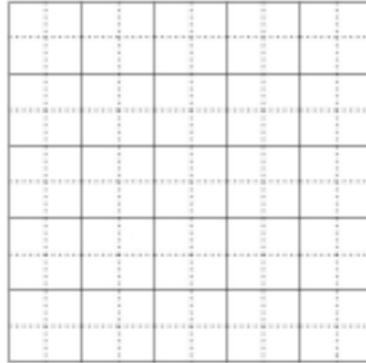
1-12(7)

<자연낙하+ 인공하중조사구> ○-○(시험구-조사구), ()는 발아수, ·은 치묘위치

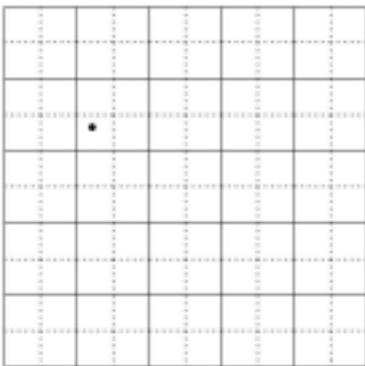
(2) 2005년 10월 조사 시의 치묘 위치와 치묘 수



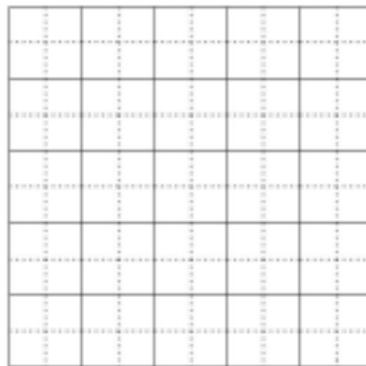
1-1(0)



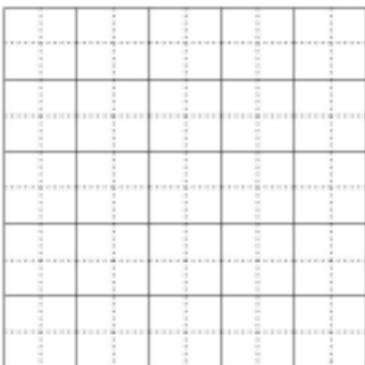
1-4(0)



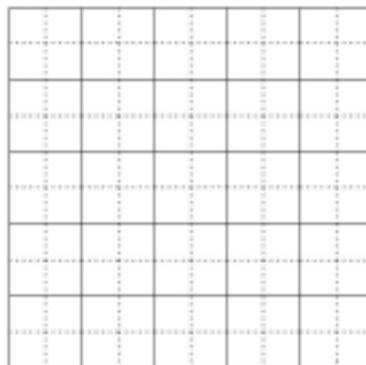
1-2(1)



1-5(0)

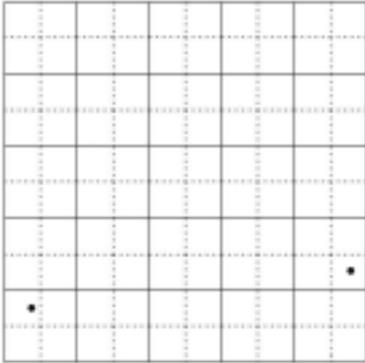


1-3(0)

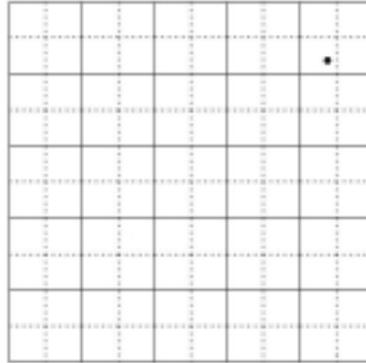


1-6(0)

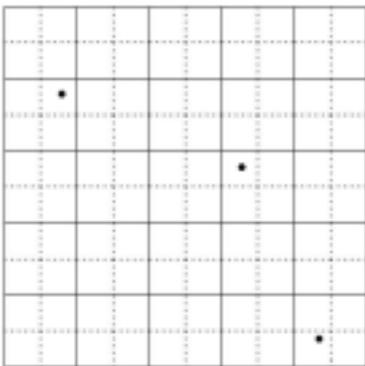
<자연낙하조사구> ○-○(시험구-조사구), ()는 발아수, ·은 치묘위치



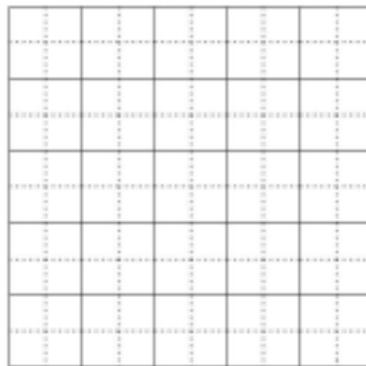
1-7(2)



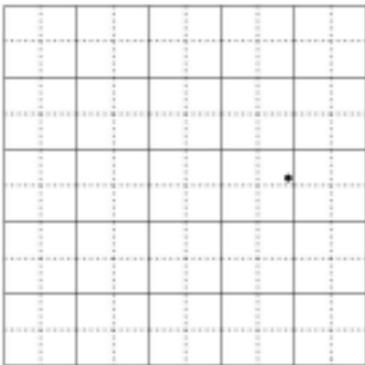
1-10(1)



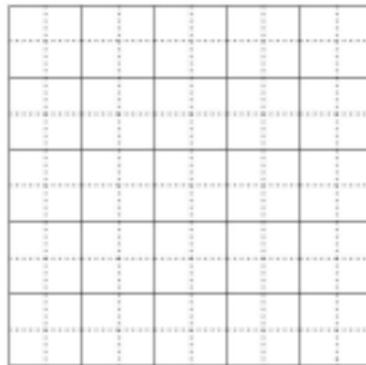
1-8(3)



1-11(0)



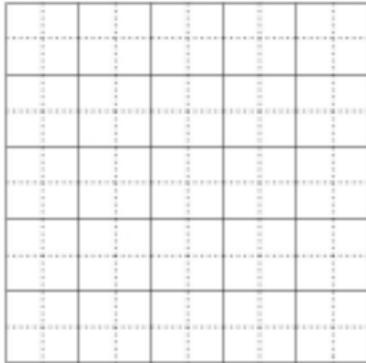
1-9(1)



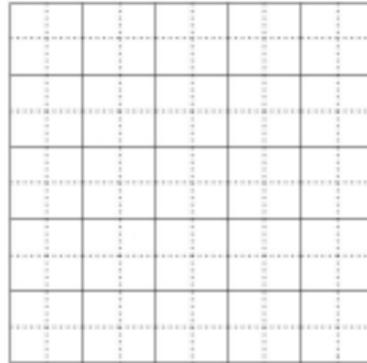
1-12(0)

<자연낙하+ 인공하중조사구> ○-○(시험구-조사구), ()는 발아수, ·은 치묘위치

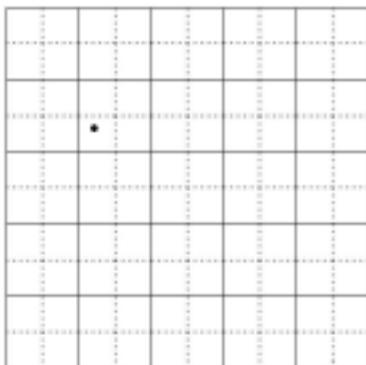
(3) 2006년 6월 조사 시의 치묘 위치와 치묘 수



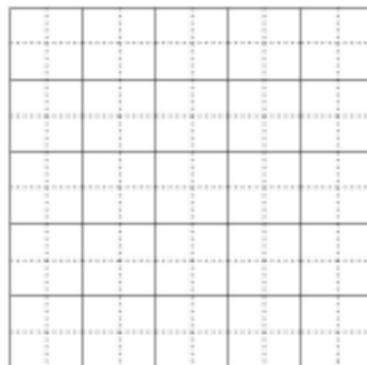
1-1(0)



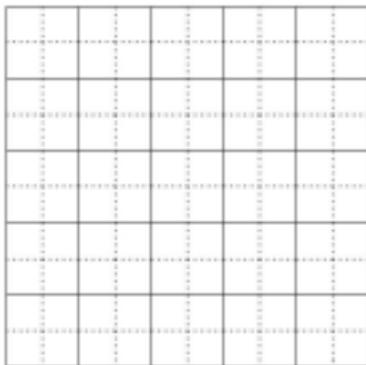
1-4(0)



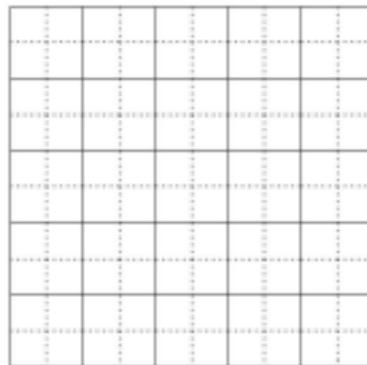
1-2(1)



1-5(0)

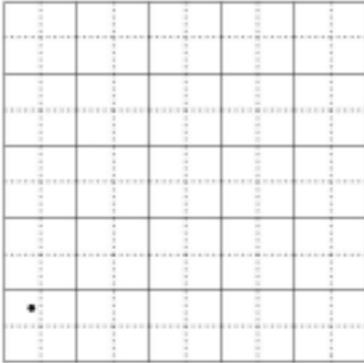


1-3(0)

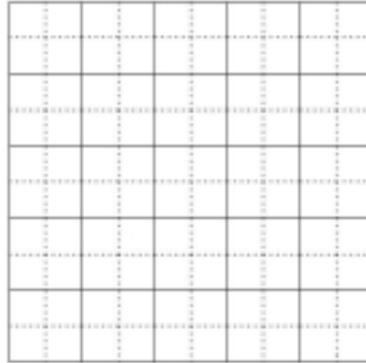


1-6(0)

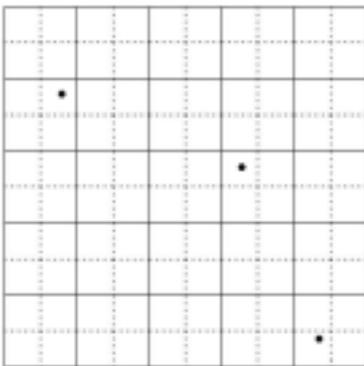
<자연낙하조사구> ○-○(시험구-조사구), ()는 발아수, ·은 치묘위치



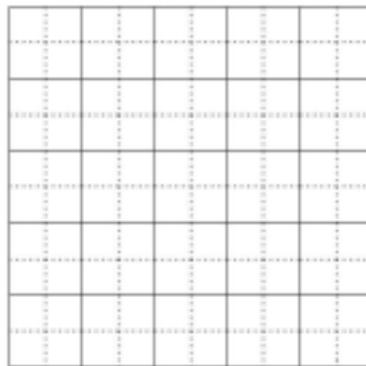
1-7(1)



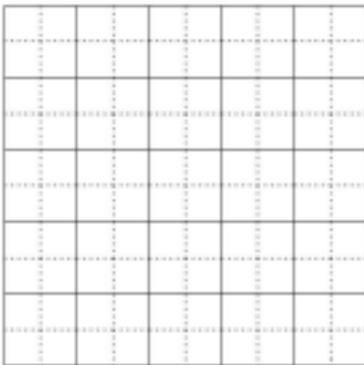
1-10(0)



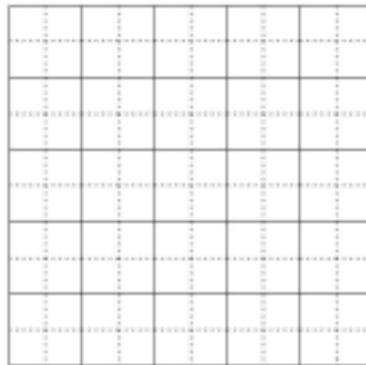
1-8(3)



1-11(0)



1-9(0)



1-12(0)

<자연낙하+ 인공하중조사구> ○-○(시험구-조사구), ()는 발아수, ·은 치묘위치

표 2-5. 관목층제거구의 조사구별, 처리별, 연도별 치묘 수

인공하종조사구 : 1㎡당 100립 하종

구분 조사시기 조사구번호	자연낙하조사구의 치묘 수			구분 조사시기 조사구번호	자연낙하+ 인공하종조사구의 치묘 수		
	2005년 6월	2005년 10월	2006년 6월		2005년 6월	2005년 10월	2006년 6월
1-1	0	0	0	1-7	7	2	1
1-2	2	1	1	1-8	11	3	3
1-3	0	0	0	1-9	8	1	0
1-4	1	0	0	1-10	5	1	0
1-5	0	0	0	1-11	13	0	0
1-6	0	0	0	1-12	7	0	0
계	3	1	1	계	51	7	4
평 균	0.5	0.2	0.2	평 균	8.5	1.1	0.6

2) 관목층 제거+ 부식층제거구

가) 관목층 제거+ 부식층제거구의 조사구 배치와 조사구번호

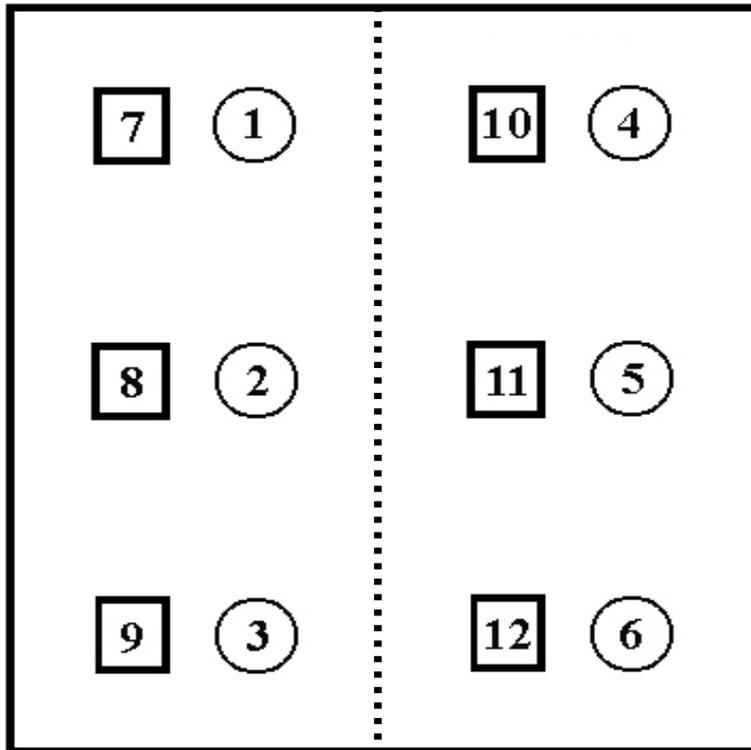
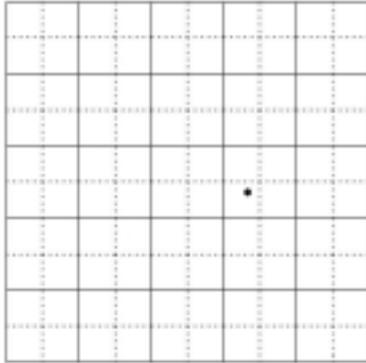


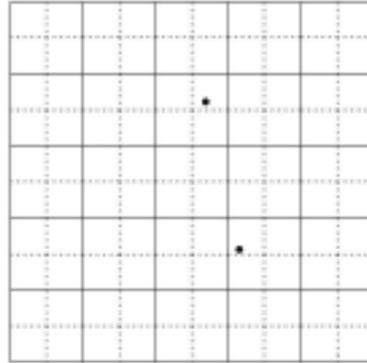
그림 2-7. 시험구번호-2 (○:자연낙하조사구, □:자연낙하+ 인공하중조사구 : 1㎡당 100립 파종).

나) 연도별, 처리구별 치묘 위치와 치묘 수

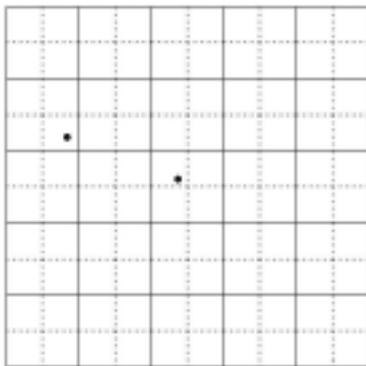
(1) 2005년 6월 조사 시의 치묘 위치와 치묘 수



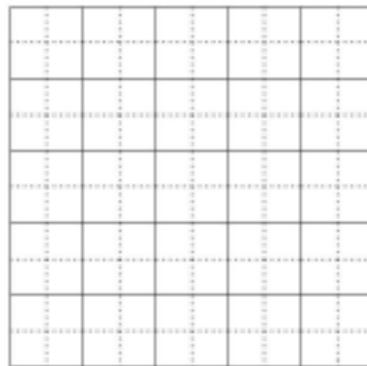
2-1(1)



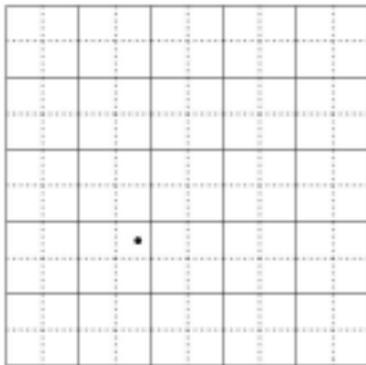
2-4(2)



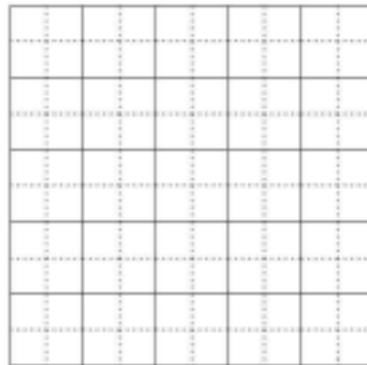
2-2(2)



2-5(0)

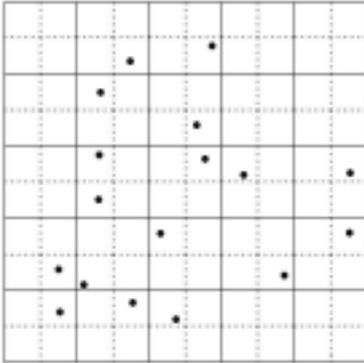


2-3(1)

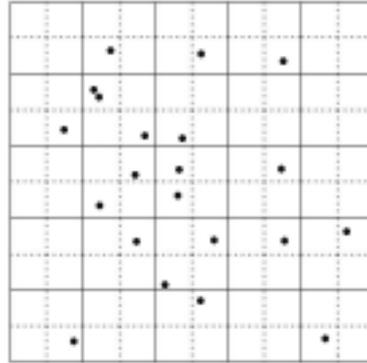


2-6(0)

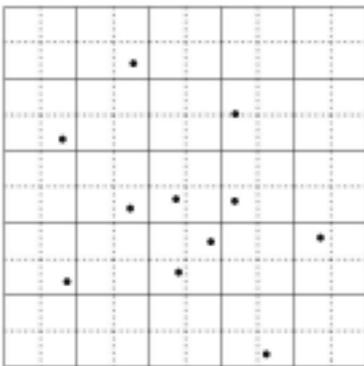
<자연낙하조사구>



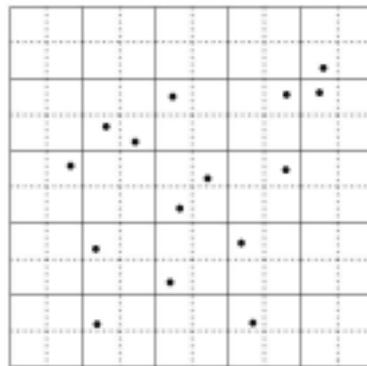
2-7(17)



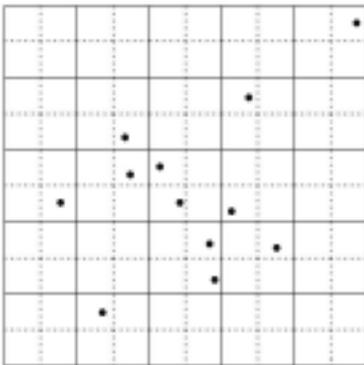
2-10(21)



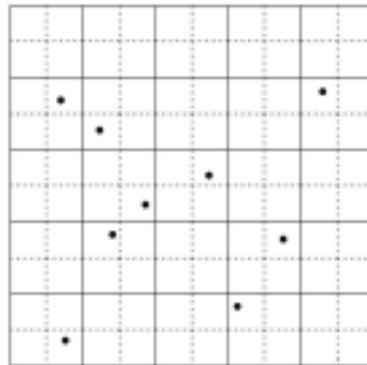
2-8(11)



2-11(15)



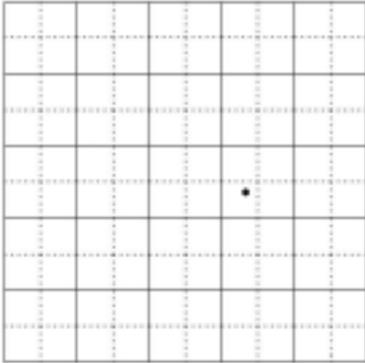
2-9(12)



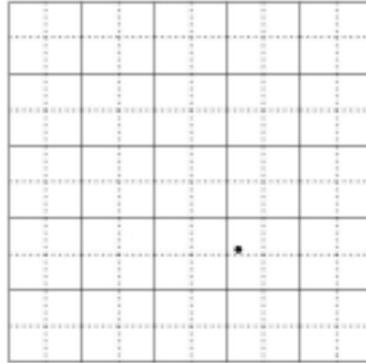
2-12(9)

<자연낙하+ 인공하중조사구>

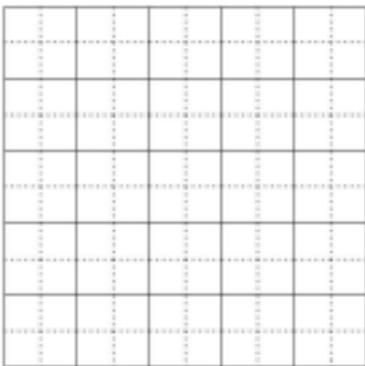
(2) 2005년 10월 조사 시의 치묘 위치와 치묘 수



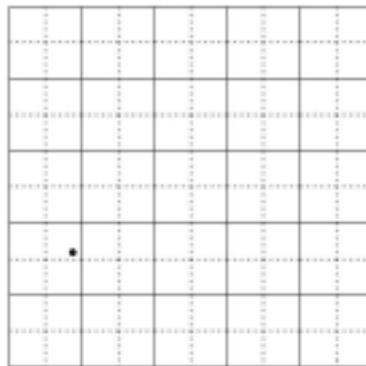
2-1(1)



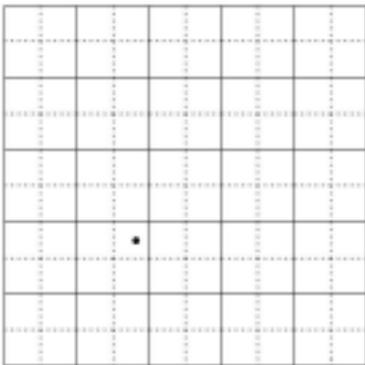
2-4(1)



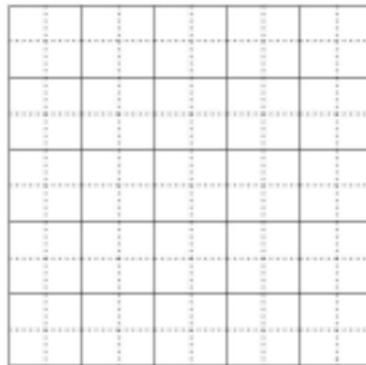
2-2(0)



2-5(1)

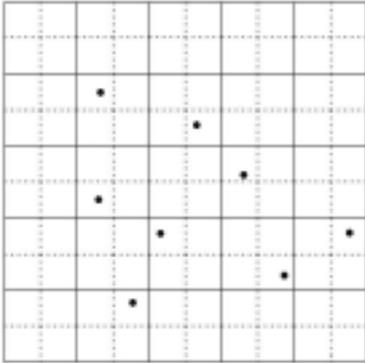


2-3(1)

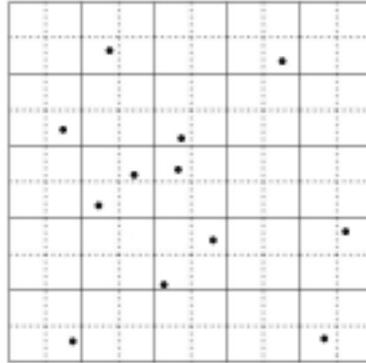


2-6(0)

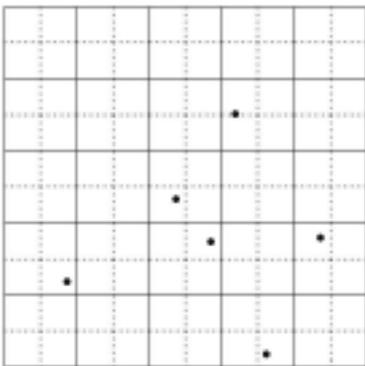
<자연낙하조사구>



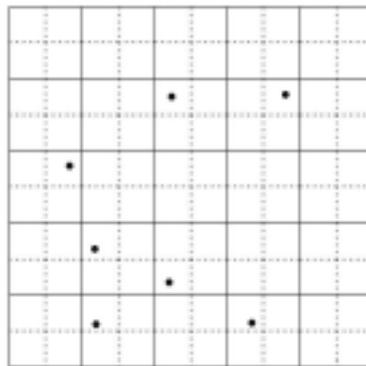
2-7(8)



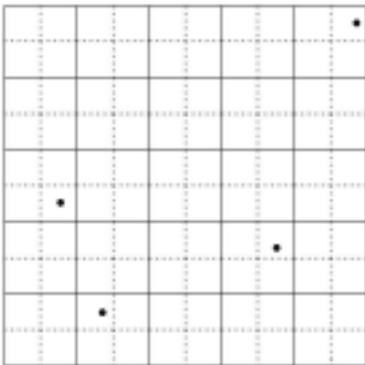
2-10(12)



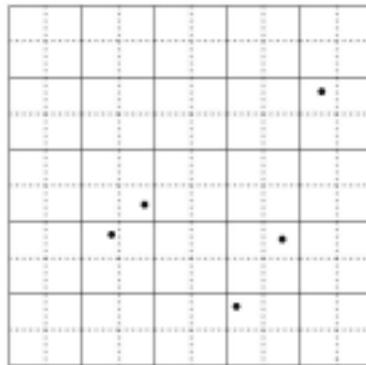
2-8(6)



2-11(7)



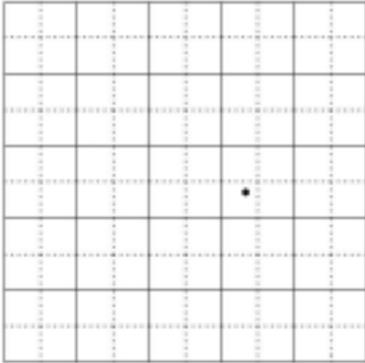
2-9(4)



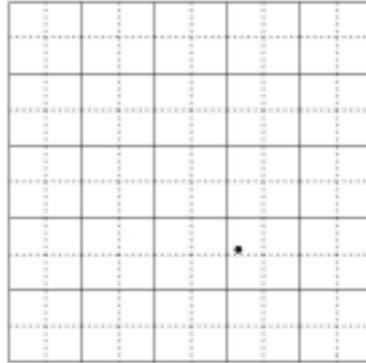
2-12(5)

<자연낙하+ 인공하중조사구>

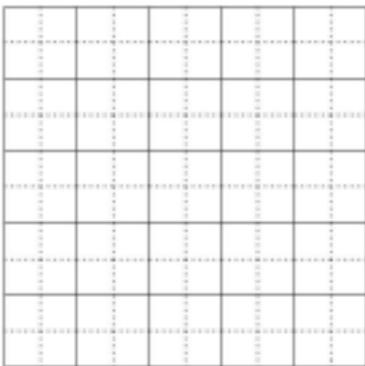
(3) 2006년 6월 조사 시의 치묘 위치와 치묘 수



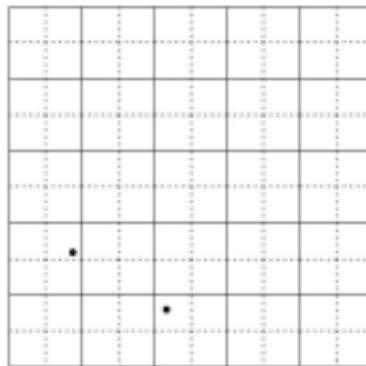
2-1(1)



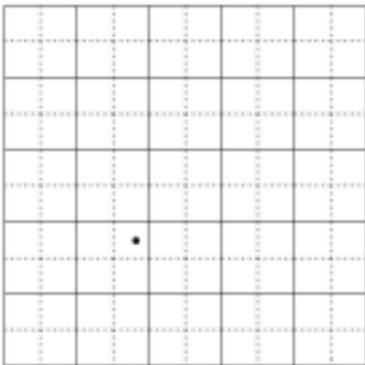
2-4(1)



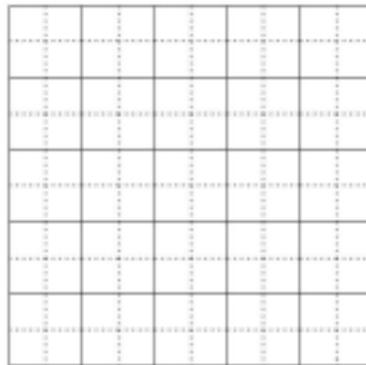
2-2(0)



2-5(2)

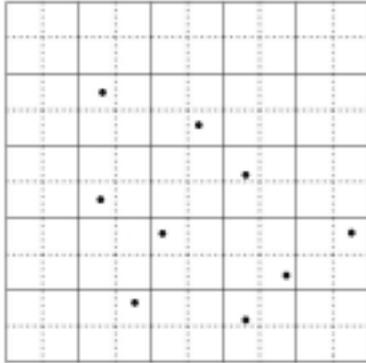


2-3(1)

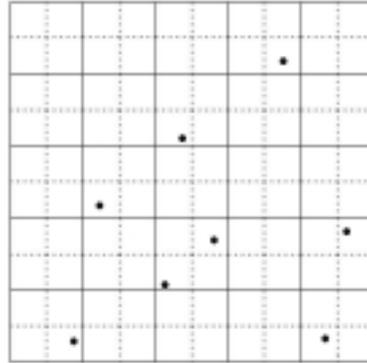


2-6(0)

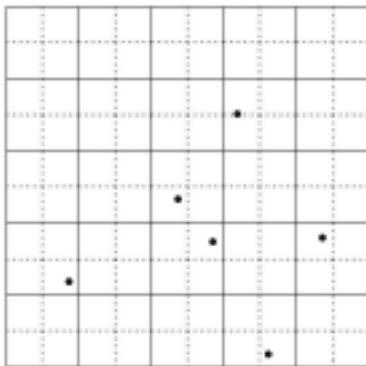
<자연낙하조사구>



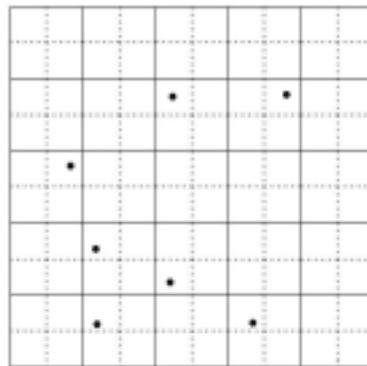
2-7(9)



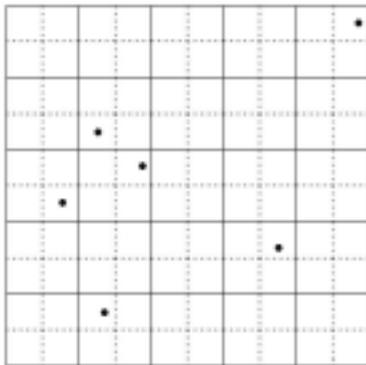
2-10(8)



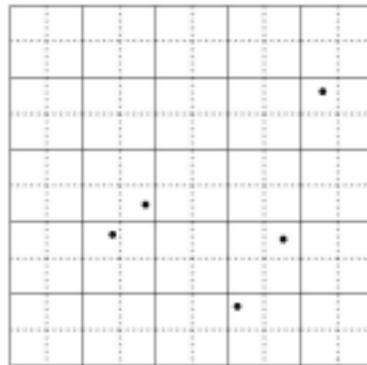
2-8(6)



2-11(7)



2-9(6)



2-12(5)

<자연낙하+ 인공하중조사구>

표 2-6. 관목층제거+ 부식층제거구의 조사구별, 처리별, 연도별 치묘 수

인공하중조사구 : 1㎡당 100립 하중

구분	자연낙하조사구의 치묘 수			구분	자연낙하+ 인공하중조사구의 치묘 수		
	조사시기 조사구번호	2005년 6월	2005년 10월		2006년 6월	조사시기 조사구번호	2005년 6월
2-1	1	1	1	2-7	17	8	9
2-2	2	0	0	2-8	11	6	6
2-3	1	1	1	2-9	12	4	6
2-4	2	1	1	2-10	21	12	8
2-5	0	1	2	2-11	15	7	7
2-6	0	0	0	2-12	9	5	5
계	6	4	5	계	85	42	41
평 균	1.0	0.6	0.8	평 균	14.1	7.0	7.0

3) 관목층제거+ 부식층제거+ 토양경운구

가) 관목층제거+ 부식층제거구의 조사구 배치와 조사구 번호

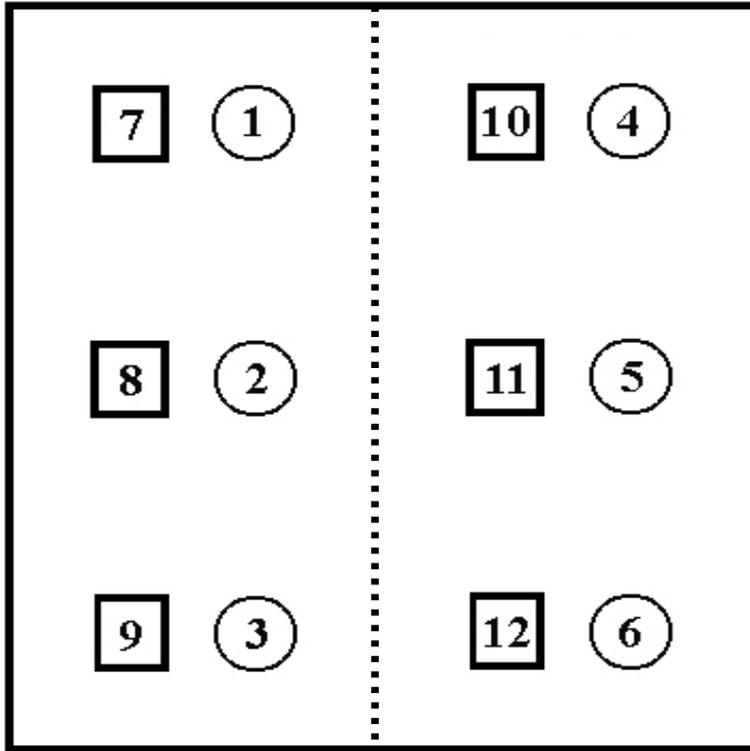
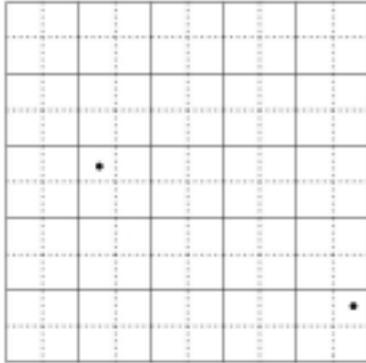


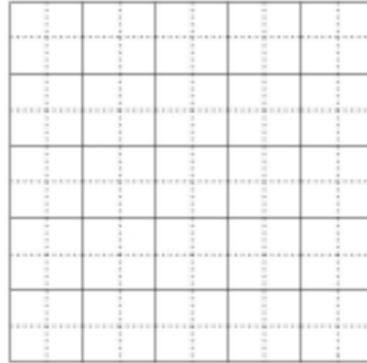
그림 2-8. 시험구번호-3 (○:자연낙하조사구, □:자연낙하+ 인공하중조사구 : 1㎡당 100립 파종).

나) 조사시기별, 처리구별 치묘 위치와 치묘 수

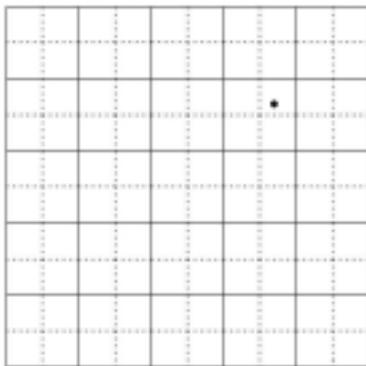
(1) 2005년 6월 조사 시의 치묘 위치와 치묘 수



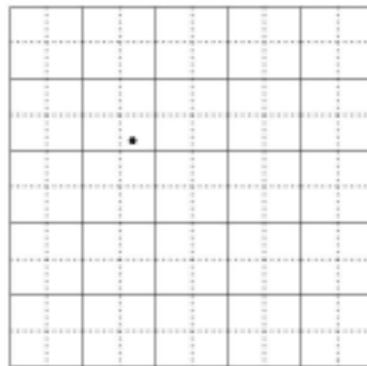
3-1(2)



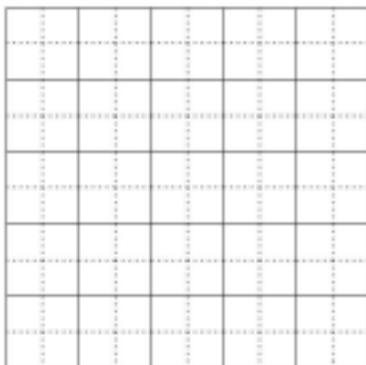
3-4(0)



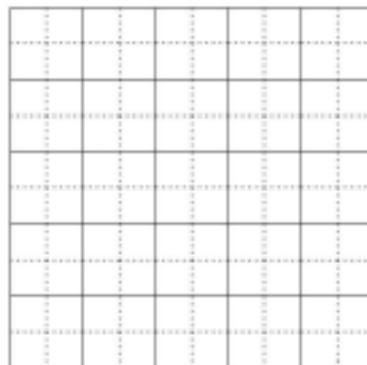
3-2(1)



3-5(1)

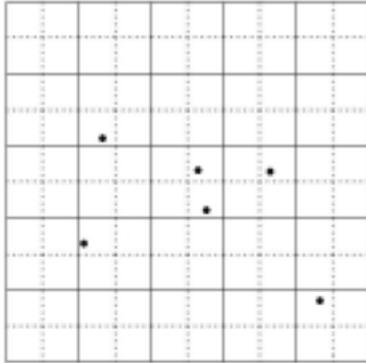


3-3(0)

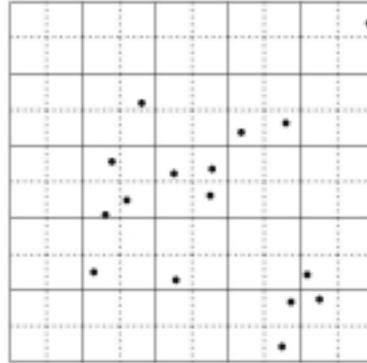


3-6(0)

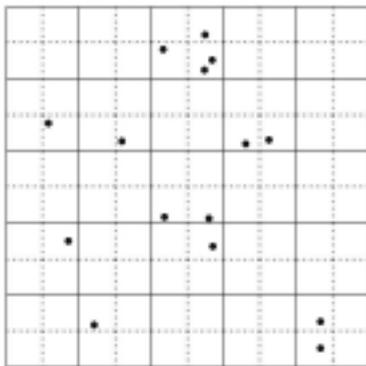
<자연낙하조사구>



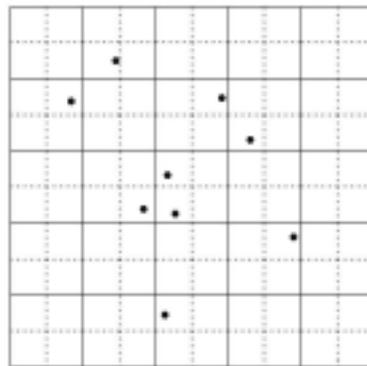
3-7(6)



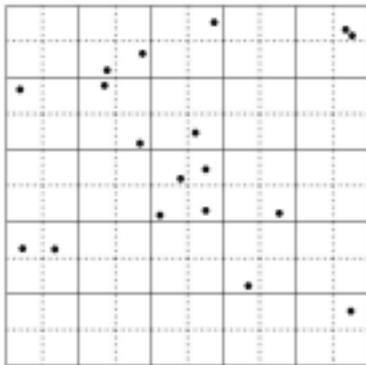
3-10(16)



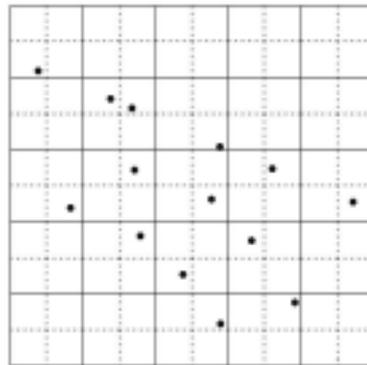
3-8(15)



3-11(9)



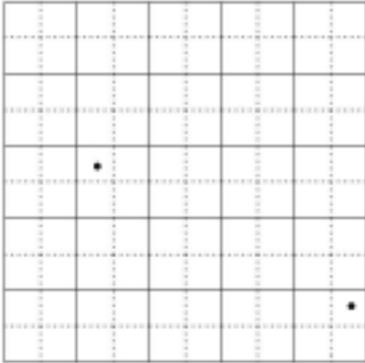
3-9(18)



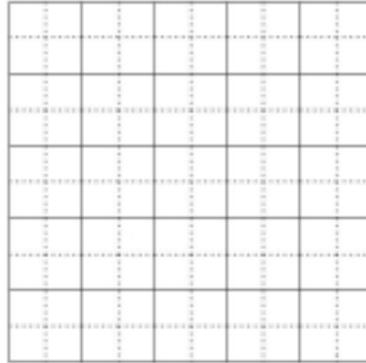
3-12(14)

<자연낙하+ 인공하중조사구>

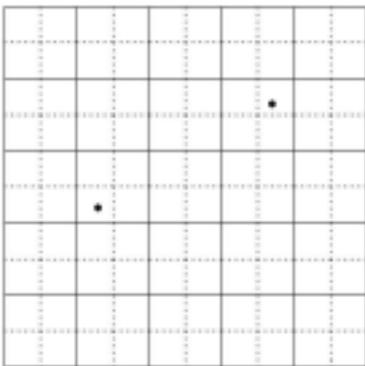
(2) 2005년 10월 조사 시의 치묘 위치와 치묘 수



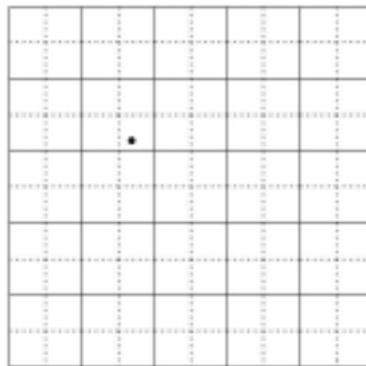
3-1(2)



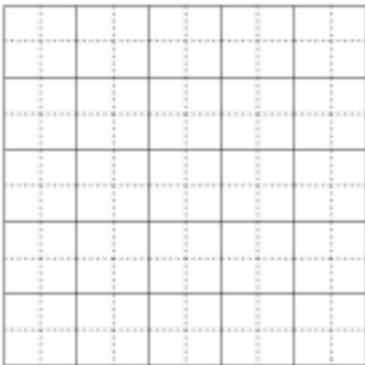
3-4(0)



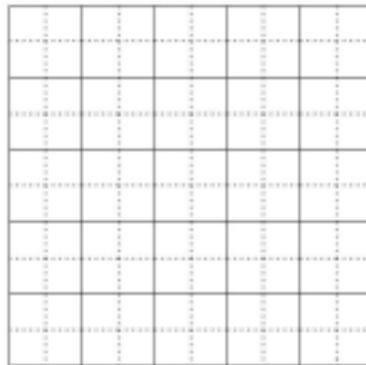
3-2(2)



3-5(1)

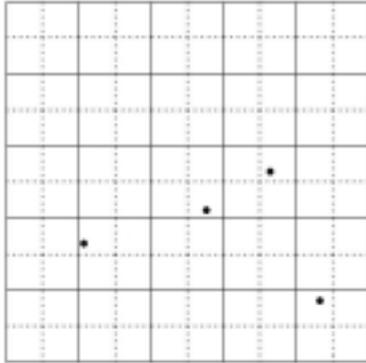


3-3(0)

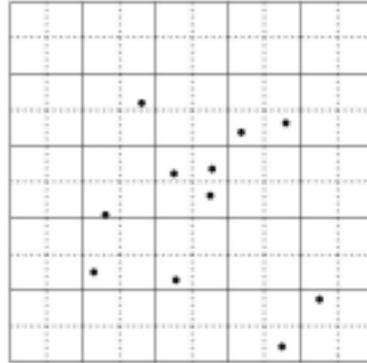


3-6(0)

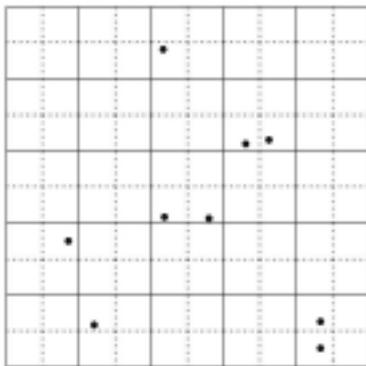
<자연낙하조사구>



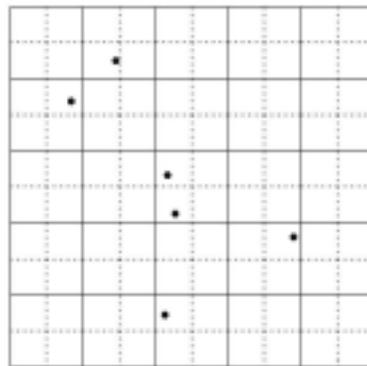
3-7(4)



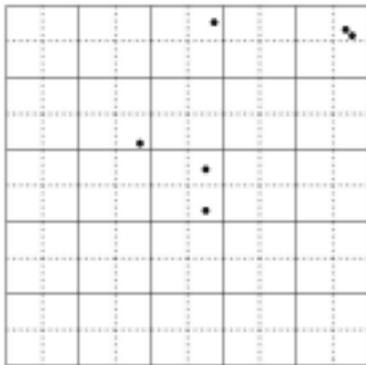
3-10(11)



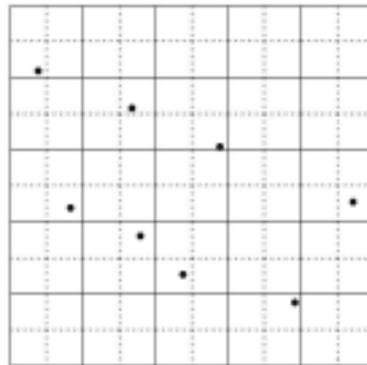
3-8(9)



3-11(6)



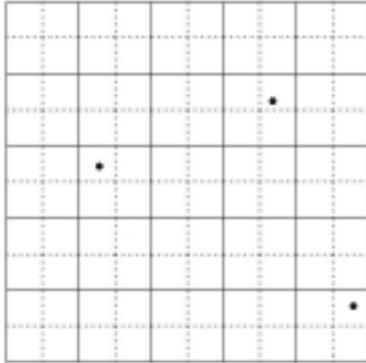
3-9(6)



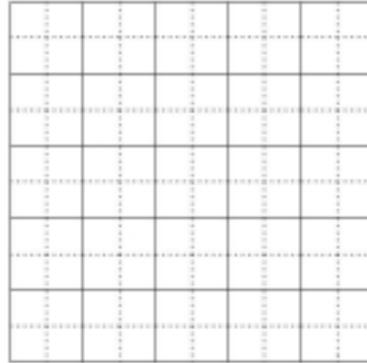
3-12(8)

<자연낙하+ 인공하중조사구>

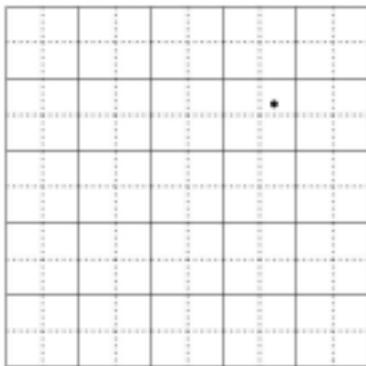
(3) 2006년 6월 조사 시의 치묘 위치와 치묘 수



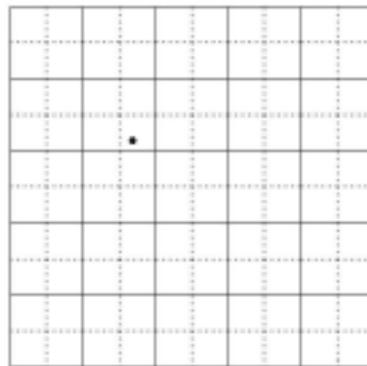
3-1(3)



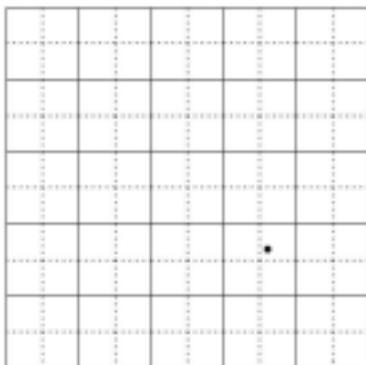
3-4(0)



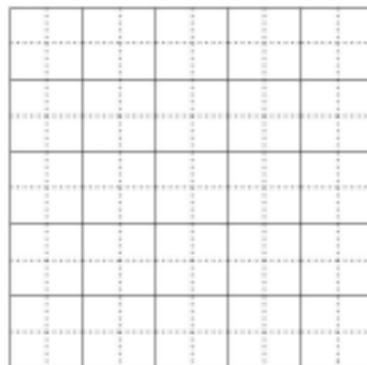
3-2(1)



3-5(1)

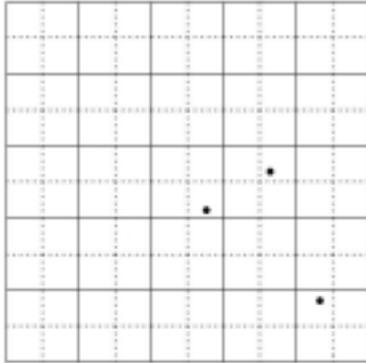


3-3(1)

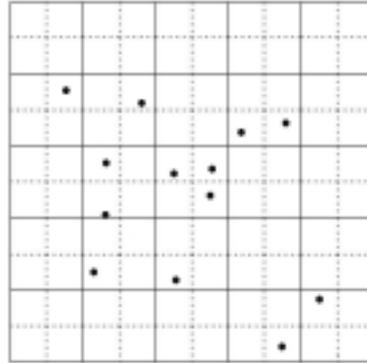


3-6(0)

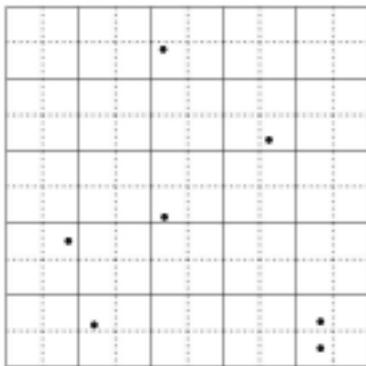
<자연낙하조사구>



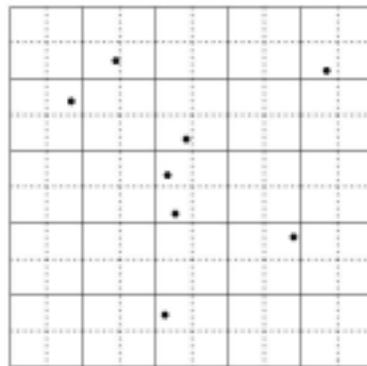
3-7(3)



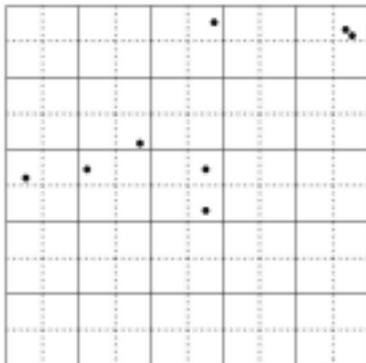
3-10(13)



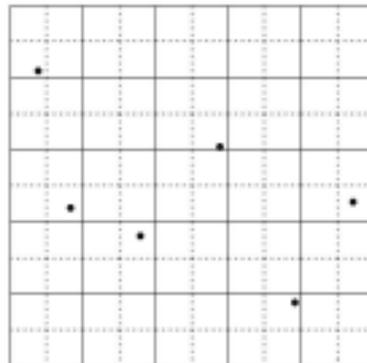
3-8(7)



3-11(8)



3-9(8)



3-12(6)

<자연낙하+ 인공하중조사구>

표 2-7. 관목층제거+ 부식층제거+ 토양경운구의 조사구별, 처리별, 연도별 치묘 수

인공하종조사구 : 1㎡당 100립 하종

구분 조사시기 조사구번호	자연낙하조사구의 치묘 수			구분 조사시기 조사구번호	자연낙하+ 인공하종조사구의 치묘 수		
	2005년 6월	2005년 10월	2006년 6월		2005년 6월	2005년 10월	2006년 6월
3-1	2	2	3	3-7	6	4	3
3-2	1	2	1	3-8	15	9	7
3-3	0	0	1	3-9	18	6	8
3-4	0	0	0	3-10	16	11	13
3-5	1	1	1	3-11	9	6	8
3-6	0	0	0	3-12	14	8	6
계	4	5	6	계	78	44	45
평 균	0.7	0.8	1.0	평 균	13.0	7.3	7.5

4) 관목층제거+ 부분부식층제거구와 관목층제거+ 부분부식층제거+ 부분토양경운구

가) 관목층제거+ 부분부식층제거구와 관목층제거+ 부분부식층제거+ 부분토양경운구의 조사구 배치와 조사구 번호

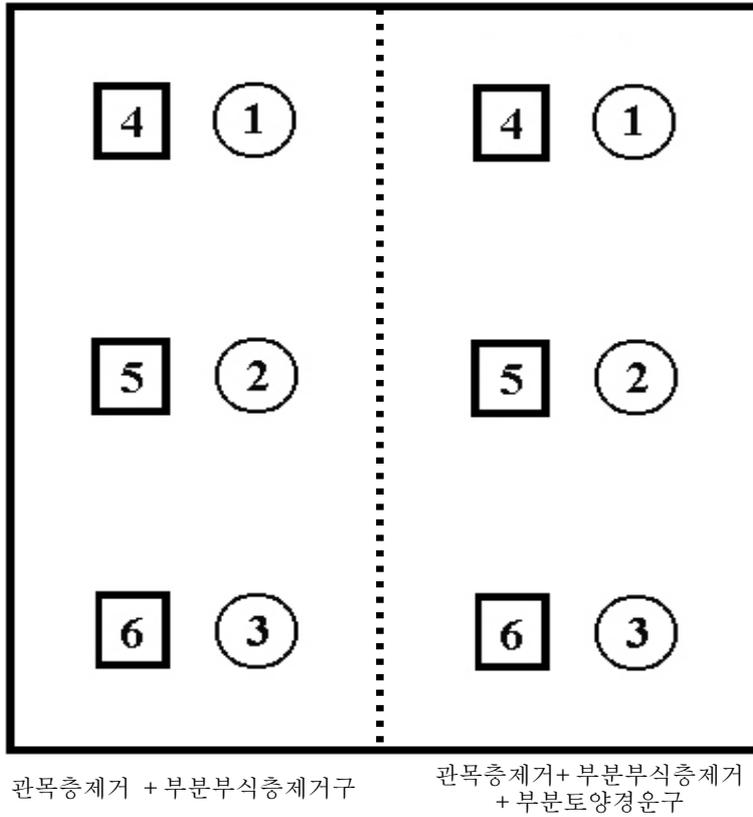
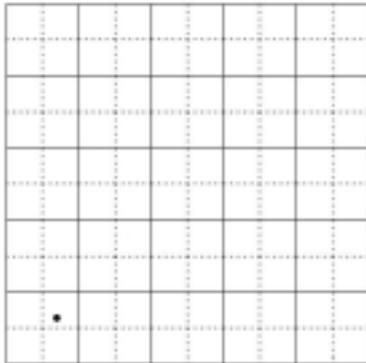


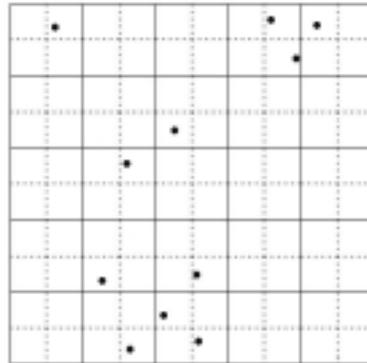
그림 2-9. 시험구번호 4-1(左)과 시험구번호 4-2(右) (○:자연낙하조사구, □:자연낙하+ 인공하중조사구 : 1㎡당 100립 파중).

나) 연도별, 처리구별 치묘 위치와 치묘 수(시험구번호 4-1)

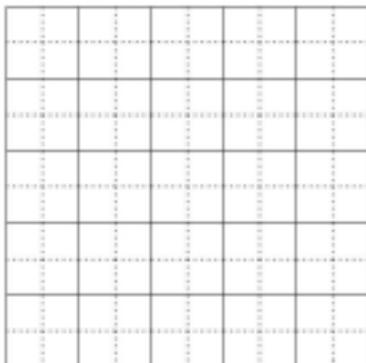
(1) 2005년 6월 조사 시의 치묘 위치와 치묘 수



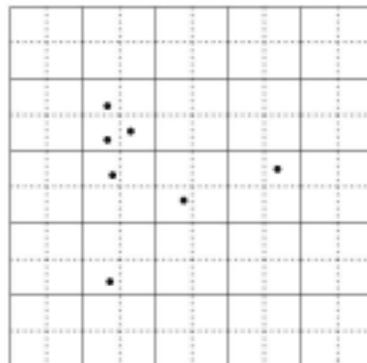
4-1-1(1)



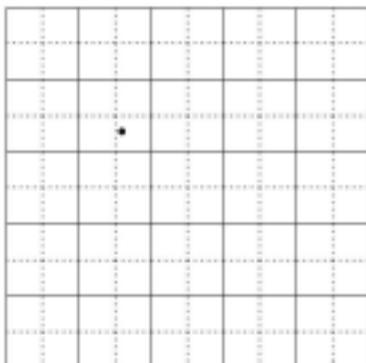
4-1-4(11)



4-1-2(0)

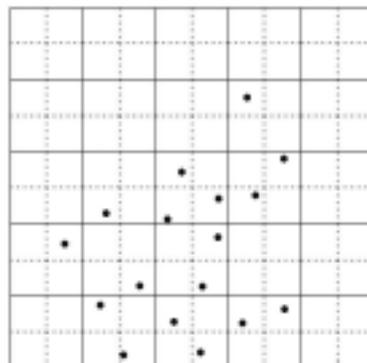


4-1-5(7)



4-1-3(1)

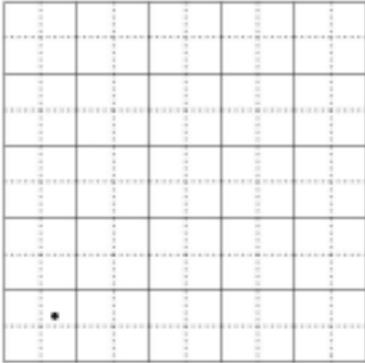
<자연낙하조사구>



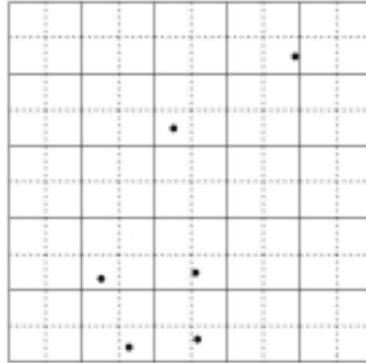
4-1-6(17)

<자연낙하+ 인공하종조사구>

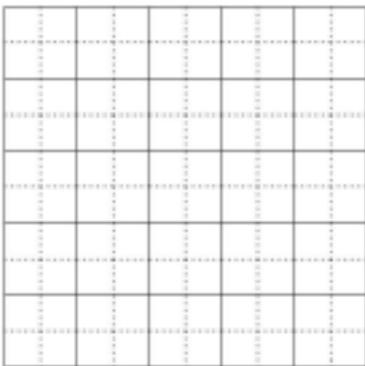
(2) 2005년 10월 조사 시의 치묘 위치와 치묘 수



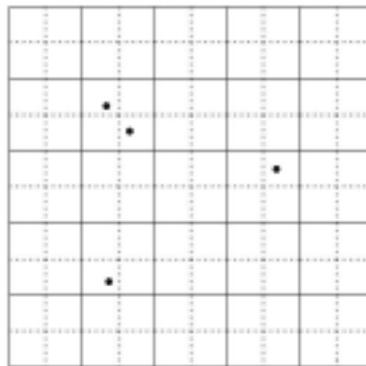
4-1-1(1)



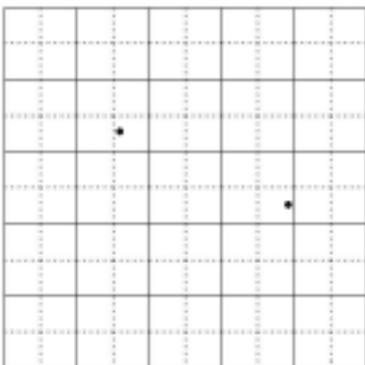
4-1-4(6)



4-1-2(0)

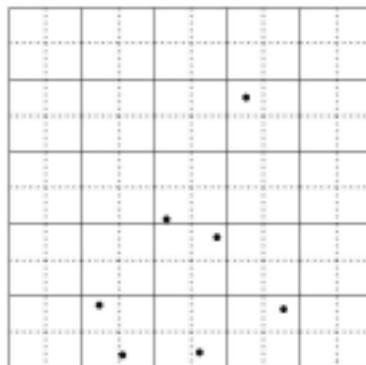


4-1-5(4)



4-1-3(2)

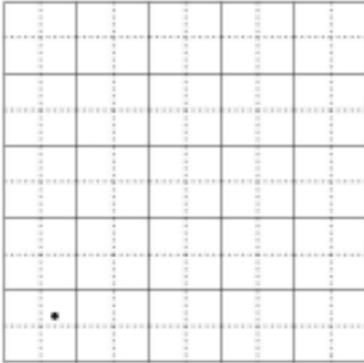
<자연낙하조사구>



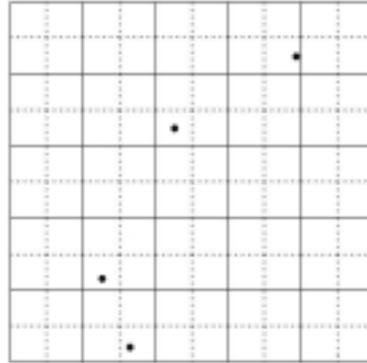
4-1-6(7)

<자연낙하+ 인공하중조사구>

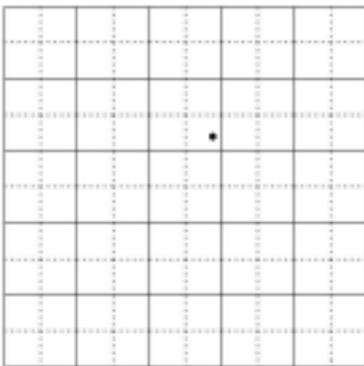
(3) 2006년 6월 조사 시의 치묘 위치와 치묘 수



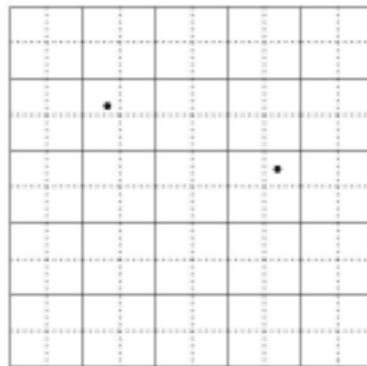
4-1-1(1)



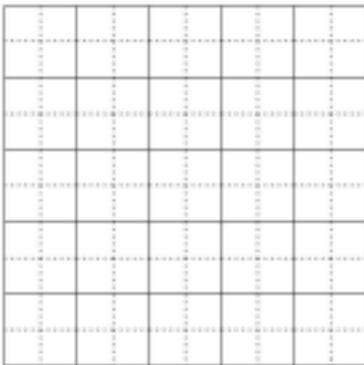
4-1-4(4)



4-1-2(1)

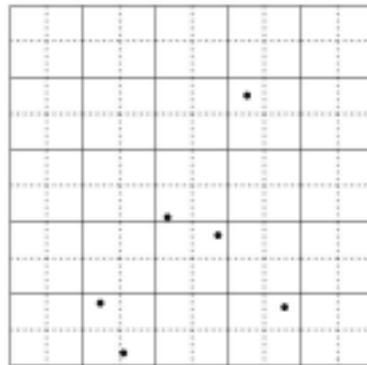


4-1-5(2)



4-1-3(0)

<자연낙하조사구>

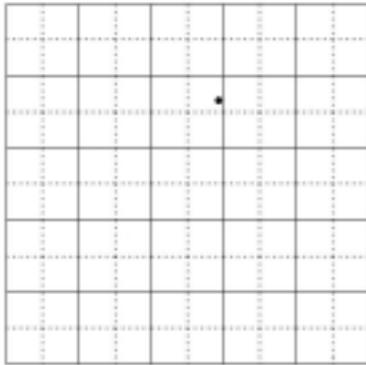


4-1-6(6)

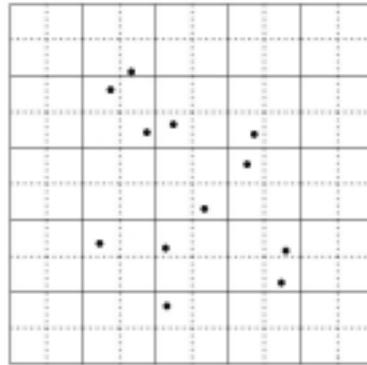
<자연낙하+ 인공하중조사구>

다) 연도별, 처리구별 치묘 위치와 치묘 수(시험구번호 4-2)

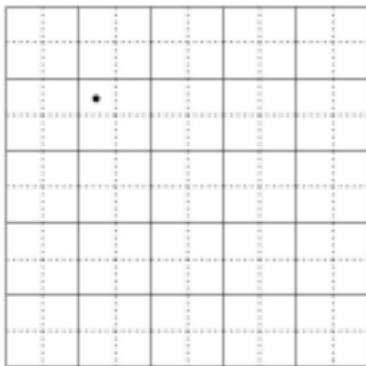
(1) 2005년 6월 조사 시의 치묘 위치와 치묘 수



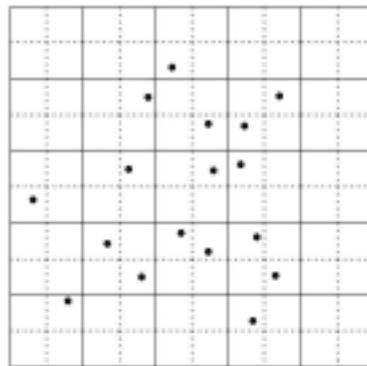
4-2-1(1)



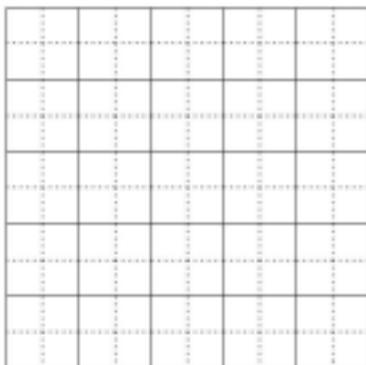
4-2-4(12)



4-2-2(1)

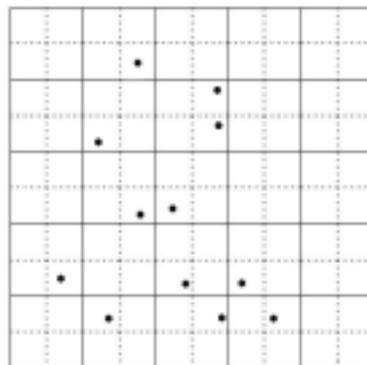


4-2-5(17)



4-2-3(0)

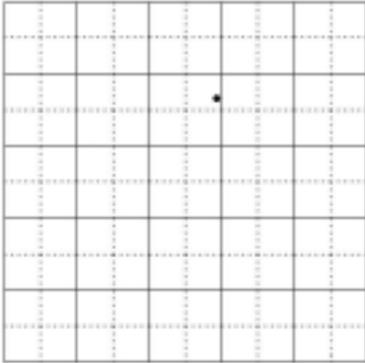
<자연낙하조사구>



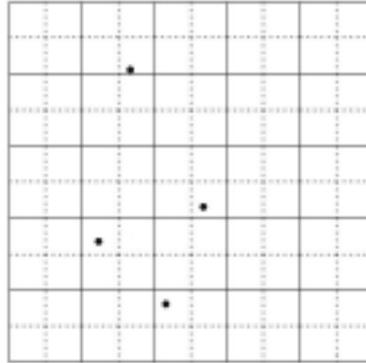
4-2-6(12)

<자연낙하+ 인공하중조사구>

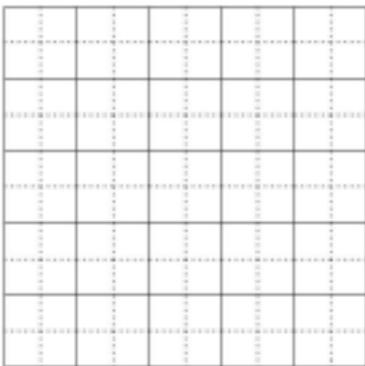
(2) 2005년 10월 조사 시의 치묘 위치와 치묘 수



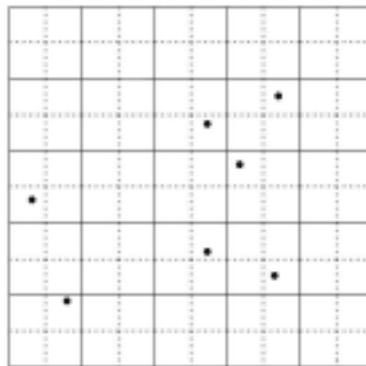
4-2-1(1)



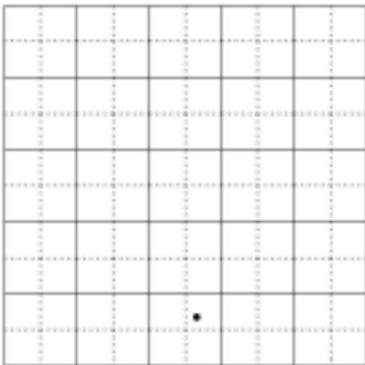
4-2-4(4)



4-2-2(0)

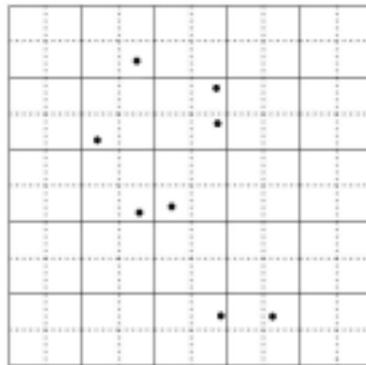


4-2-5(7)



4-2-3(1)

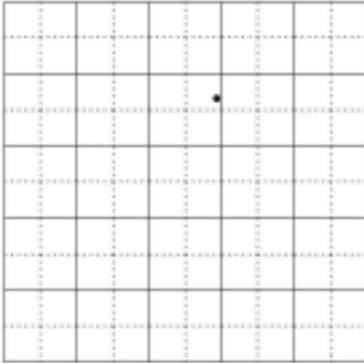
<자연낙하조사구>



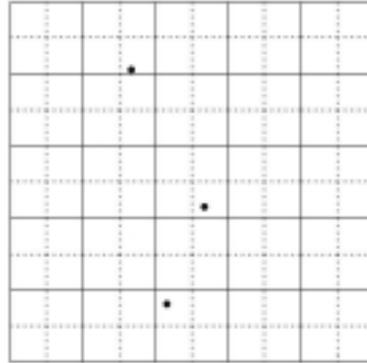
4-2-6(8)

<자연낙하+ 인공하중조사구>

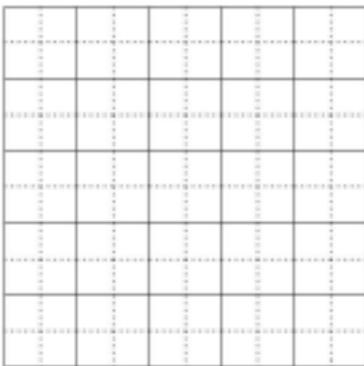
(3) 2006년 6월 조사 시의 치묘 위치와 치묘 수



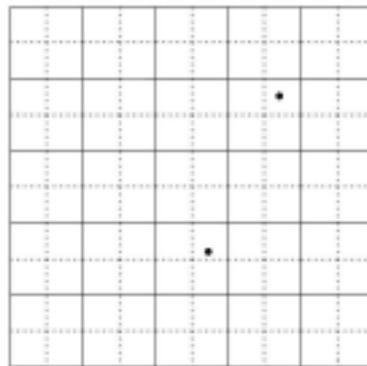
4-2-1(1)



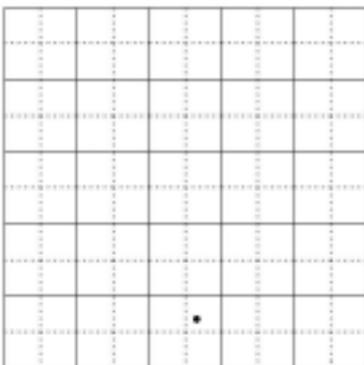
4-2-4(3)



4-2-2(0)

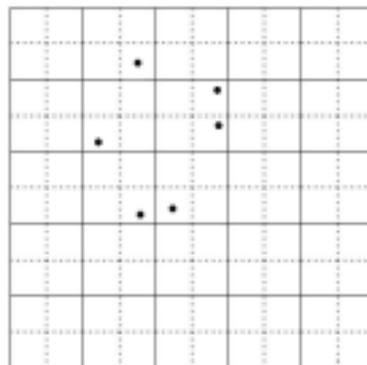


4-2-5(2)



4-2-3(1)

<자연낙하조사구>



4-2-6(6)

<자연낙하+ 인공하중조사구>

표 2-8-1. 관목층제거구+ 부분부식층제거구의 조사구별, 처리별, 연도별 치묘 수

인공하중조사구 : 1㎡당 100립 하중

구분 조사시기 조사구번호	자연낙하조사구의 치묘 수			구분 조사시기 조사구번호	자연낙하+ 인공하중조사구의 치묘 수		
	2005년 6월	2005년 10월	2006년 6월		2005년 6월	2005년 10월	2006년 6월
4-1-1	1	1	1	4-1-4	11	6	4
4-1-2	0	0	1	4-1-5	7	4	2
4-1-3	1	2	0	4-1-6	17	7	6
계	3	3	2	계	35	17	12
평 균	1.0	1.0	0.6	평 균	11.6	5.6	4.0

표 2-8-2. 관목층제거구+ 부분부식층제거+ 부분토양경운구의 조사구별, 처리별, 연도별 치묘 수

인공하중조사구 : 1㎡당 100립 하중

구분 조사시기 조사구번호	자연낙하조사구의 치묘 수			구분 조사시기 조사구번호	자연낙하+ 인공하중조사구의 치묘 수		
	2005년 6월	2005년 10월	2006년 6월		2005년 6월	2005년 10월	2006년 6월
4-2-1	1	1	1	4-2-4	12	4	3
4-2-2	1	0	0	4-2-5	17	7	2
4-2-3	0	1	1	4-2-6	12	8	6
계	2	2	2	계	41	19	11
평 균	0.6	0.6	0.6	평 균	13.6	6.3	3.6

5) 관목층·부식층 존치구(무처리구)

가) 관목층·부식층 존치구(무처리구)의 조사구 배치와 조사구 번호

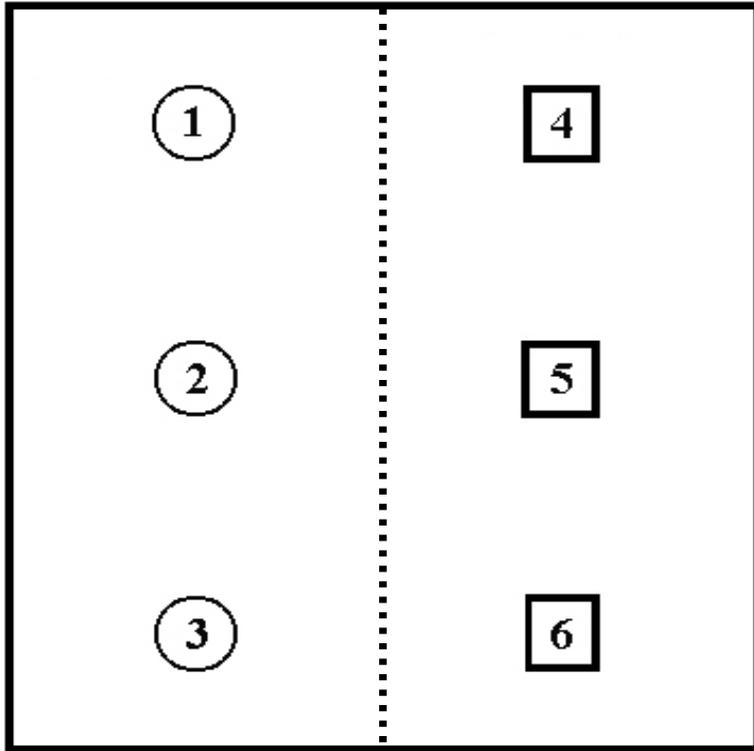
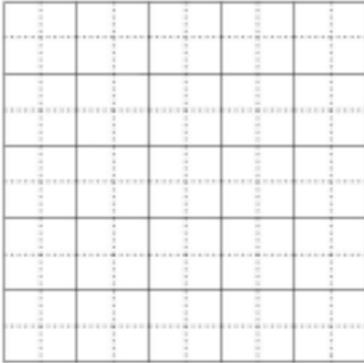


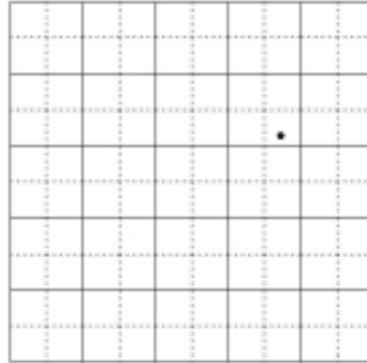
그림 2-10. 시험구번호-5 (○:자연낙하조사구, □:자연낙하+인공하중조사구 : 1m²당 100립 파종).

나) 조사시기별, 처리구별 치묘 위치와 치묘 수

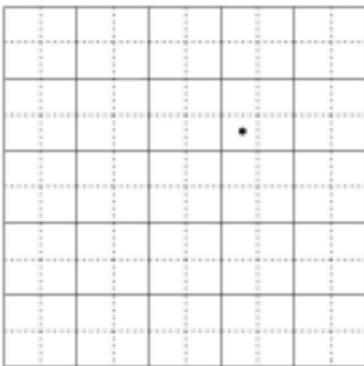
(1) 2005년 6월 조사 시의 치묘 위치와 치묘 수



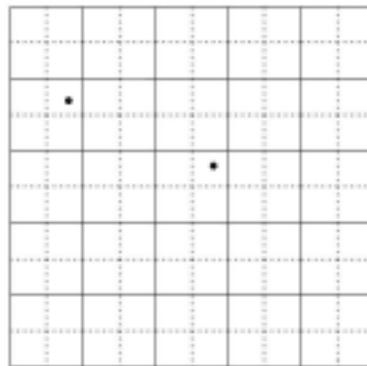
5-1(0)



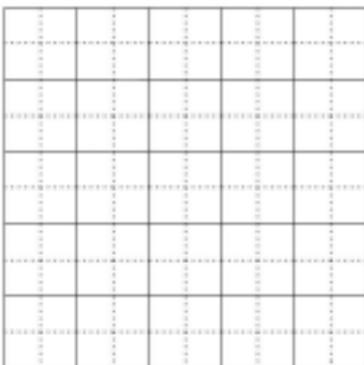
5-4(1)



5-2(1)

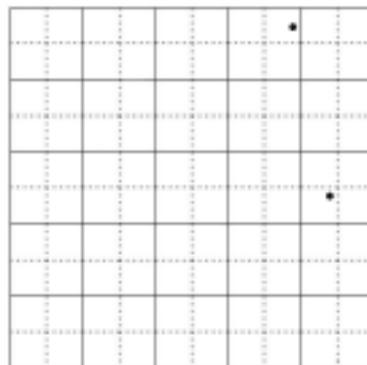


5-5(2)



5-3(0)

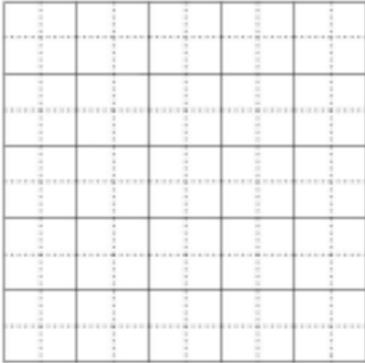
<자연낙하조사구>



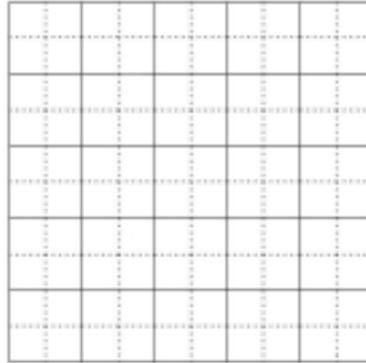
5-6(2)

<자연낙하+ 인공하종조사구>

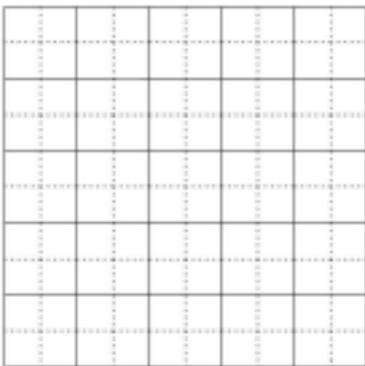
(2) 2005년 10월 조사 시의 치묘 위치와 치묘 수



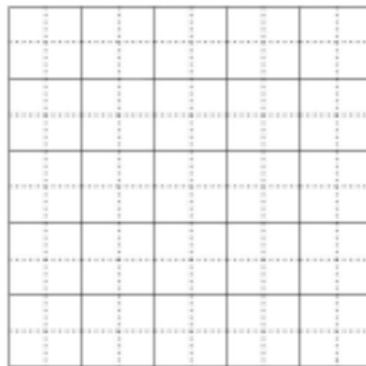
5-1(0)



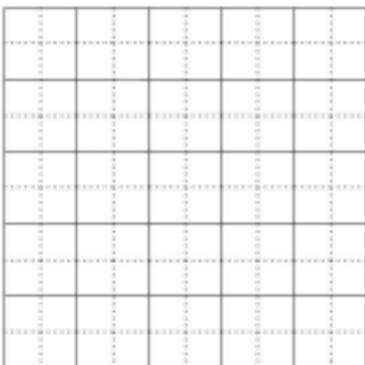
5-4(0)



5-2(0)

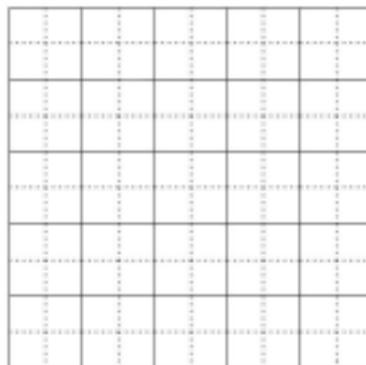


5-5(0)



5-3(0)

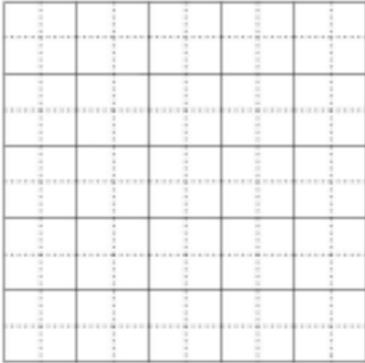
<자연낙하조사구>



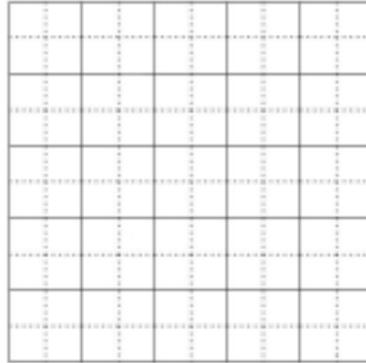
5-6(0)

<자연낙하+ 인공하중조사구>

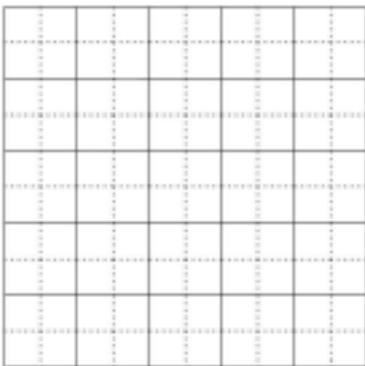
(3) 2006년 6월 조사 시의 치묘 위치와 치묘 수



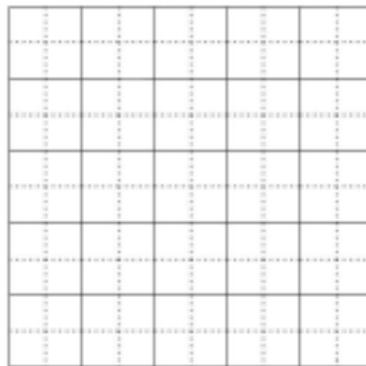
5-1(0)



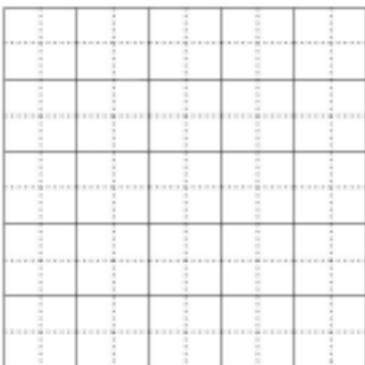
5-4(0)



5-2(0)

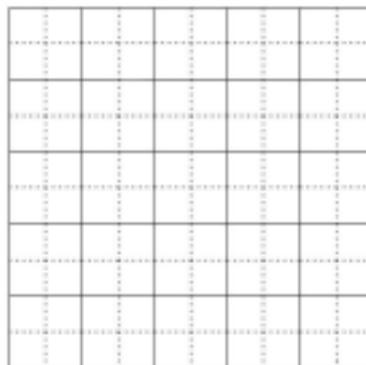


5-5(0)



5-3(0)

<자연낙하조사구>



5-6(0)

<자연낙하+ 인공하중조사구>

표 2-9. 관목층·부식층 존치구(무처리구)의 조사구별, 처리별, 연도별 치묘 수

인공하중조사구 : 1㎡당 100립 하중

구분	자연낙하조사구의 치묘 수			구분	자연낙하+ 인공하중조사구의 치묘 수		
	조사시기 조사구번호	2005년 6월	2005년 10월		2006년 6월	조사시기 조사구번호	2005년 6월
5-1	0	0	0	5-4	1	0	0
5-2	1	0	0	5-5	2	0	0
5-3	0	0	0	5-6	2	0	0
계	1	0	0	계	5	0	0
평 균	0.3	0.0	0.0	평 균	1.6	0.0	0.0

표 2-10. 대상개별갱신구의 처리구별 치묘 수 일람표

천연갱신방법	처리구별	조사시기			시험구 번호
		2005년6월	2005년10 월	2006년6월	
		자연낙하/ 자연낙하+ 인공하중 (m ² 당립수)	자연낙하/ 자연낙하+ 인공하중 (m ² 당립수)	자연낙하/ 자연낙하+ 인공하중 (m ² 당립수)	
대상개별갱신	관목층제거구	0.5/8.5	0.2/1.1	0.2/0.6	1
	관목층제거+ 부식층제거	1.0/14.1	0.6/7.0	0.8/7.0	2
	관목층제거+ 부식층제거 + 토양경운	0.7/13.0	0.8/7.3	1.0/7.5	3
	관목층제거+ 부분부식층제거	1.0/11.6	1.0/6.3	0.6/3.6	4
	관목층제거+ 부분부식층제거 + 부분토양경운	0.6/13.6	0.6/6.3	0.6/3.6	5
	관목층·부식층존치(무처리)	0.3/1.6	0.0/0.0	0.0/0.0	비교구

표 2-11-1. 대상개별갱신지의 처리구별 치묘 수 유의성 검정(자연낙하조사구)

조사시기	관목층제거	관목층제거 + 부식층제 거	관목층제거 + 부식층제거 + 토양경운	관목층제거 + 부분부식층제 거	관목층제거 + 부분부식층제거 + 부분토양경운	관목층·부식층 존치(무처리)	F-값
2005년 6월 (N)	.50 a 6	1.00 a 6	.67 a 6	.67 a 3	.37 a 3	.33 a 3	.382
2005년 10월 (N)	.17 a 6	.67 a 6	.83 a 6	1.00 a 3	.67 a 3	.00 a 3	1.303
2006년 6월 (N)	.17 a 6	.83 a 6	1.00 a 6	.67 a 3	.67 a 3	.00 a 3	1.343

^a Duncan Grouping.

표 2-11-2. 대상개별갱신지의 처리구별 치묘 수 유의성 검정(자연낙하+ 인공하중구)

조사시기	관목층제거	관목층제거 + 부식층제거	관목층제거 + 부식층제거 + 토양경운	관목층제거 + 부분부식층제 거	관목층제거 + 부분부식층제거 + 부분토양경운	관목층 + 부식층존치 (무처리)	F-값
2005년 6월 (N)	8.50 a 6	14.17 a 6	13.00 a 6	11.67 a 3	13.67 a 3	1.67 b 3	5.453**
2005년 10월 (N)	1.17 b 6	7.00 a 6	7.33 a 6	5.67 a 3	6.33 a 3	.00 b 3	10.336**
2006년 6월 (N)	.67 de 6	6.83 ab 6	7.50 a 6	4.00 bc 3	3.67 cd 3	.00 e 3	11.209**

a,b,c,d,e Duncan Grouping.

** .01 유의수준에서 유의함.

m²당 100립을 인공하중한 경우 2005년 6월 조사 시에는 관목층제거+부식층제거, 관목층제거+부식층제거+토양경운구, 관목층제거+부분부식층제거+부분토양경운구 간에는 m²당 100립을 하중한 자연낙하+인공하중구의 치묘 수에는 유의성이 없었으나 비교구인 관목층+부식층존치구와는 높은 유의성이 인정되었다.

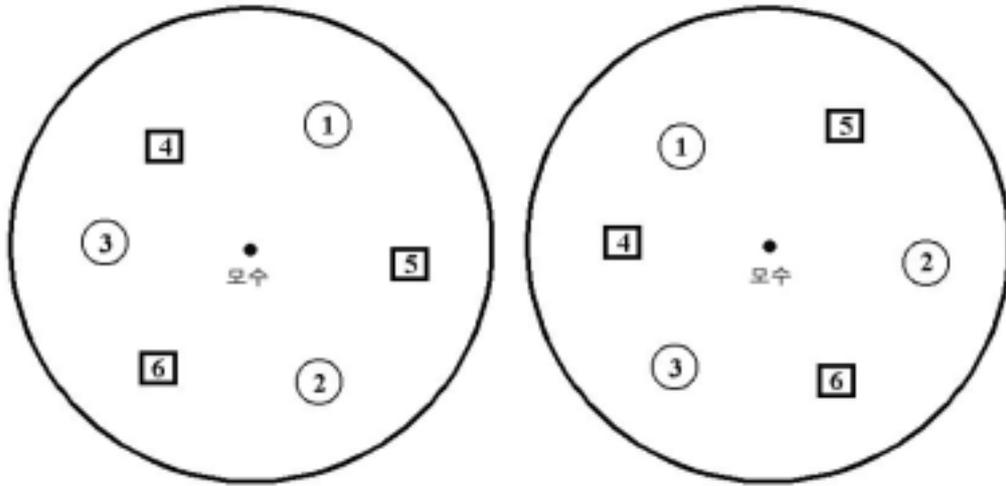
2005년 10월 조사 시에는 관목층제거+부식층제거, 관목층제거+부식층제거+토양경운구, 관목층제거+부분부식층제거, 관목층제거+부분부식층제거+부분토양경운구 간에는 유의성이 나타나지 않았으나 관목층만 제거한 시험구와 관목층+부식층존치구(비교구) 간에는 유의성이 인정되었다.

이러한 결과는 관목층만 제거한 시험구와 관목층+부식층존치구(비교)에서는 자연낙하+인공하중구의 경우라도 후계림 조성이 어렵다는 것을 의미한다.

관목층제거+부식층제거, 관목층제거+부식층제거+토양경운구, 관목층제거+부분부식층제거, 관목층제거+부분부식층제거+부분토양경운구간에 유의성이 없다는 의미는 대상개별천연하중갱신 시 관목층+부식층만 제거하여 주어도 후계림 조성이 가능하다는 것을 의미하는 한편 경비를 들여 토양경운까지 할 필요가 없다는 것이다.

2. 모수갱신법

가. 단목모수갱신법 시험구(330m²)의 배치와 조사구 번호



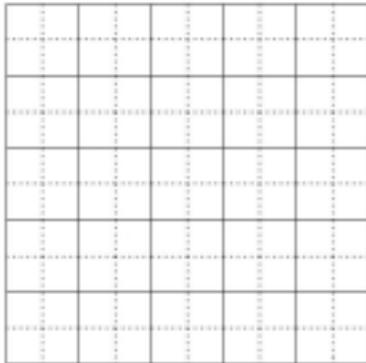
시험구번호 10
(관목층제거+ 부식층제거구)

시험구번호 11
(관목층제거+ 부식층제거+ 토양경운구)

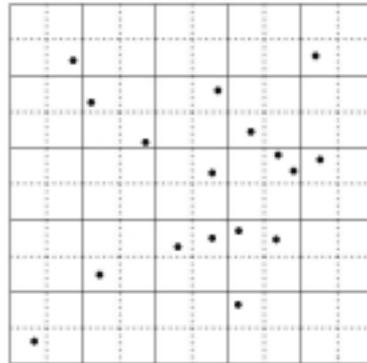
그림 2-11. 시험구번호-10(左)과 시험구번호-11(右)(○:자연낙하조사구, □:자연낙하+인공하중조사구 : 1m²당 100립 파종).

1) 연도별, 처리구별 치묘위치와 치묘 수(관목층제거+ 부식층제거구)

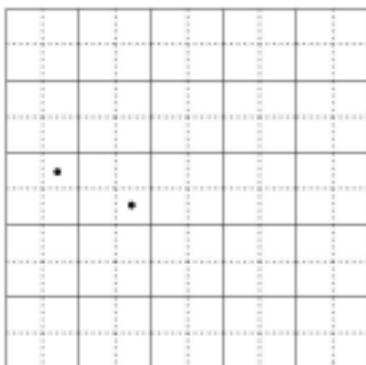
가) 2005년 6월 조사 시의 치묘위치와 치묘 수



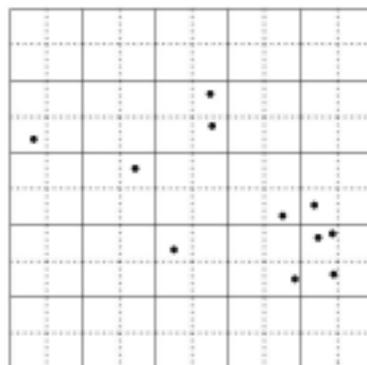
10-1(0)



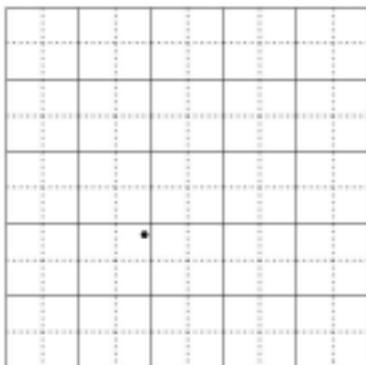
10-4(17)



10-2(2)

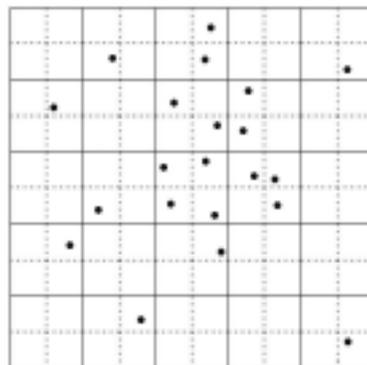


10-5(11)



10-3(1)

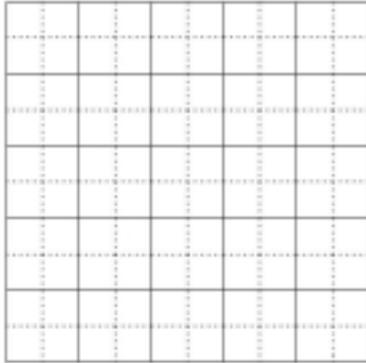
<자연낙하조사구>



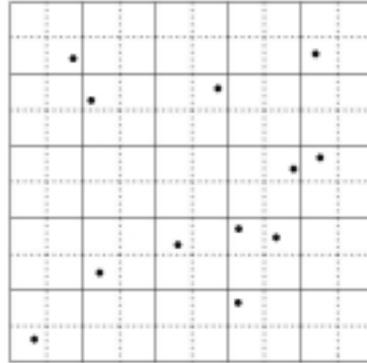
10-6(21)

<자연낙하+ 인공하종조사구>

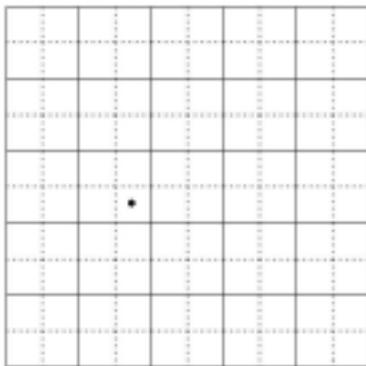
나) 2005년 10월 조사 시의 치묘위치와 치묘 수



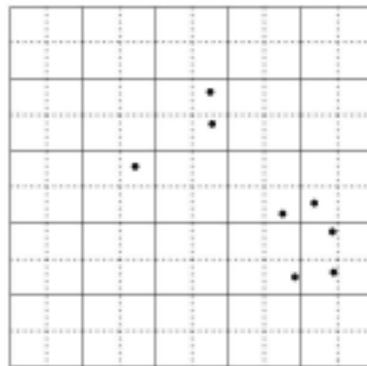
10-1(0)



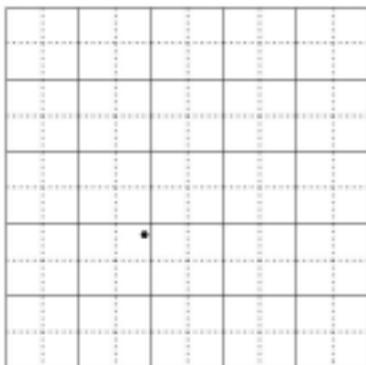
10-4(12)



10-2(1)

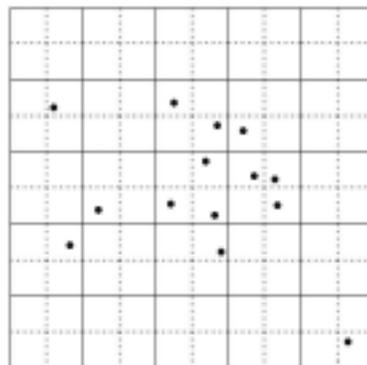


10-5(8)



10-3(1)

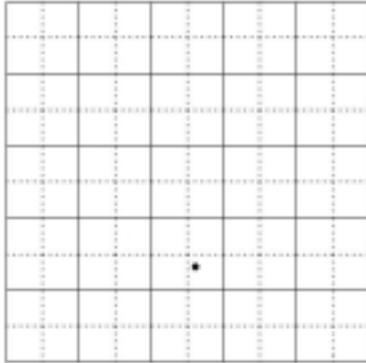
<자연낙하조사구>



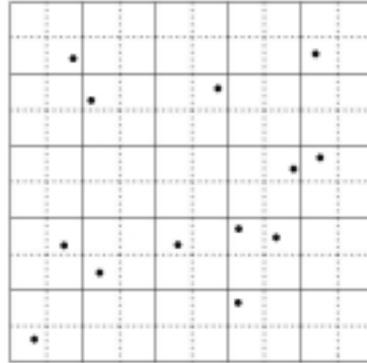
10-6(14)

<자연낙하+ 인공하중조사구>

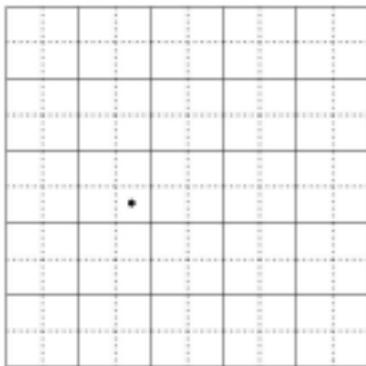
다) 2006년 6월 조사 시의 치묘위치와 치묘 수



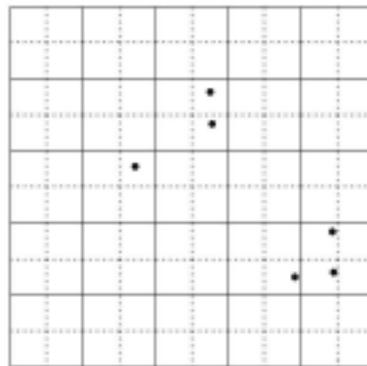
10-1(1)



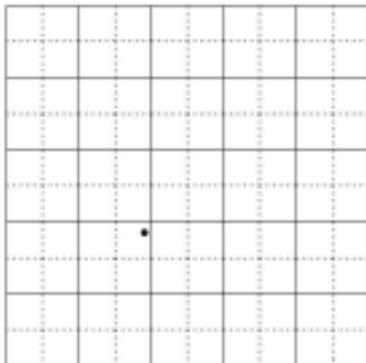
10-4(13)



10-2(1)

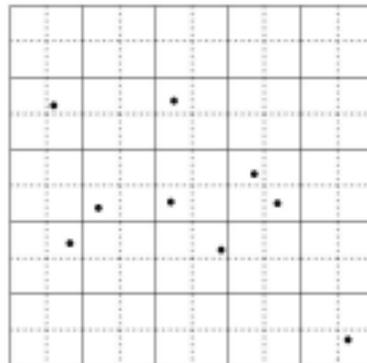


10-5(6)



10-3(1)

<자연낙하조사구>

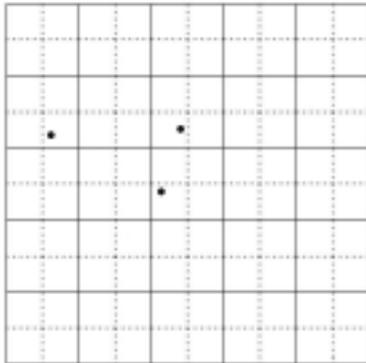


10-6(9)

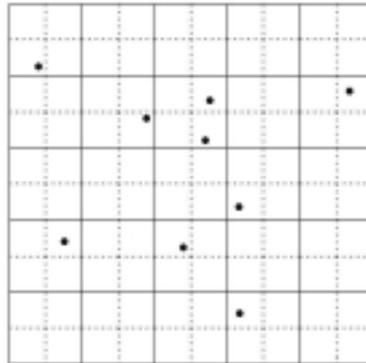
<자연낙하+ 인공하중조사구>

2) 연도별, 처리구별 치묘위치와 치묘 수(관목층제거+ 부식층제거+ 토양경운구)

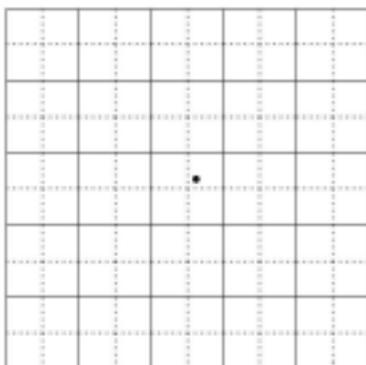
가) 2005년 6월 조사 시의 치묘위치와 치묘 수



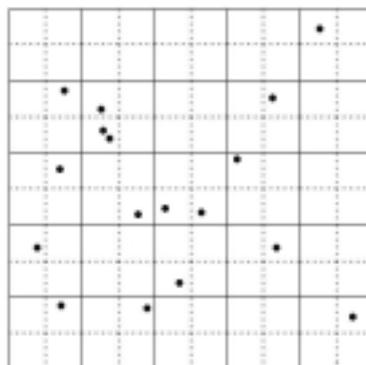
11-1(3)



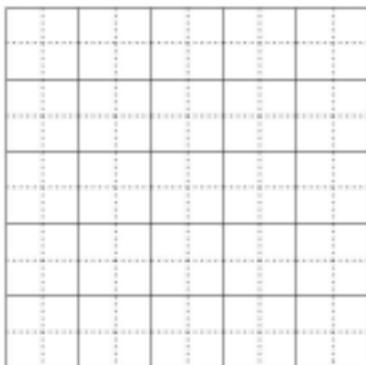
11-4(9)



11-2(1)

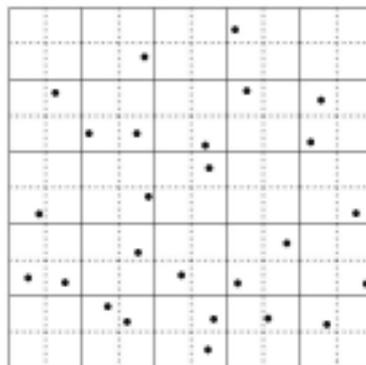


11-5(17)



11-3(0)

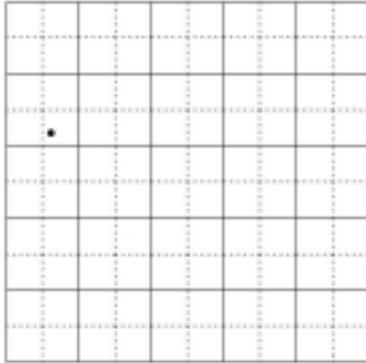
<자연낙하조사구>



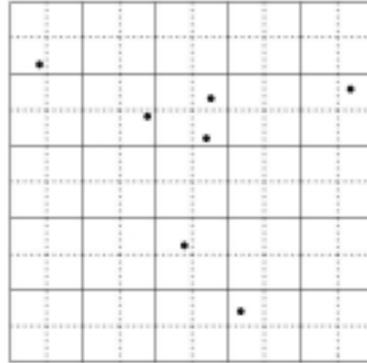
11-6(26)

<자연낙하+ 인공하종조사구>

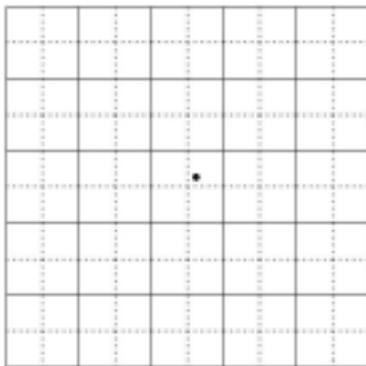
나) 2005년 10월 조사 시의 치묘위치와 치묘 수



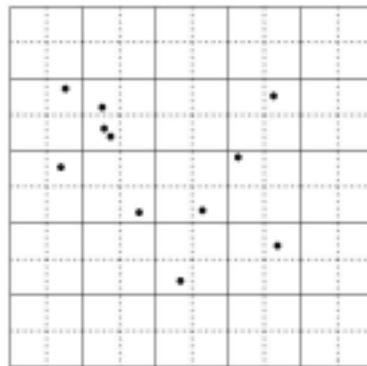
11-1(1)



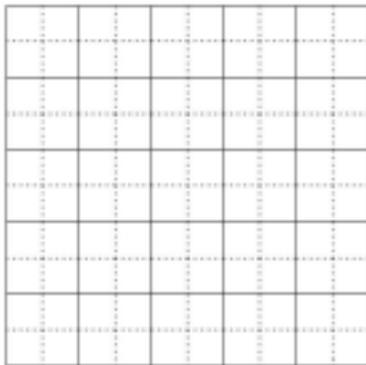
11-4(7)



11-2(1)

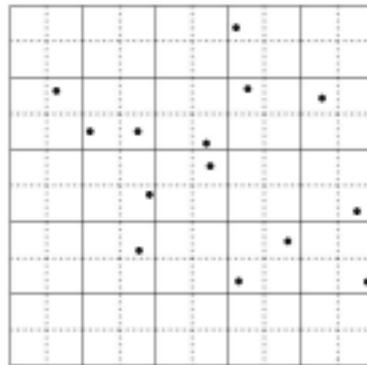


11-5(11)



11-3(0)

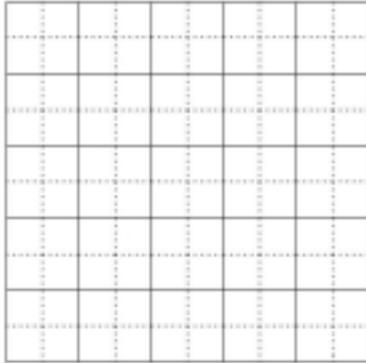
<자연낙하조사구>



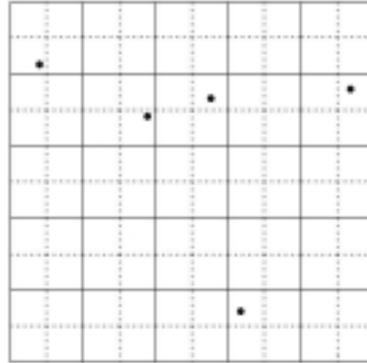
11-6(14)

<자연낙하+ 인공하중조사구>

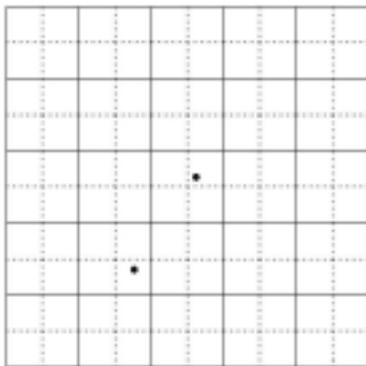
다) 2006년 6월 조사 시의 치묘위치와 치묘 수



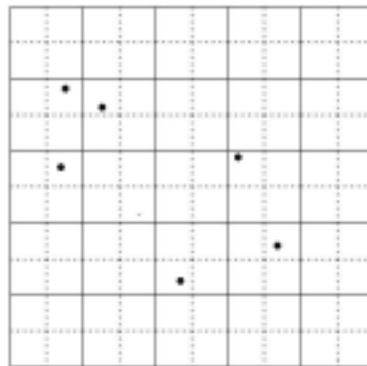
11-1(0)



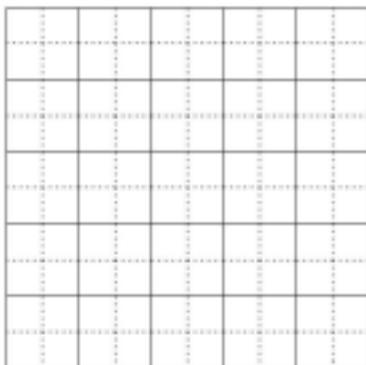
11-4(5)



11-2(2)

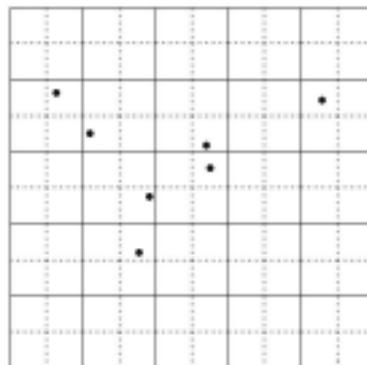


11-5(6)



11-3(0)

<자연낙하조사구>



11-6(7)

<자연낙하+ 인공하중조사구>

표 2-12. 단목모수림시험구(관목층제거+ 부식층제거구)의 조사구별, 처리별, 연도별 치묘 수

인공하중조사구 : 1m²당 100립 하중

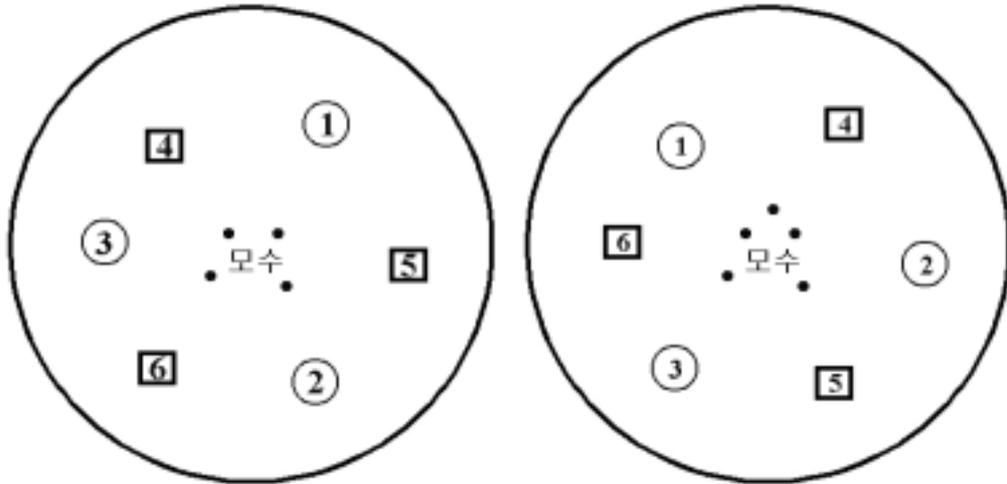
구분 조사시기 조사구번호	자연낙하조사구의 치묘 수			구분 조사시기 조사구번호	자연낙하+ 인공하중조사구의 치묘 수		
	2005년 6월	2005년 10월	2006년 6월		2005년 6월	2005년 10월	2006년 6월
10-1	0	0	1	10-4	17	12	13
10-2	2	1	1	10-5	11	8	6
10-3	1	1	1	10-6	21	14	9
계	3	2	3	계	49	34	28
평 균	1.0	0.7	1.0	평 균	16.3	11.3	9.3

표 2-13. 단목모수림시험구(관목층제거+ 부식층제거구+ 토양경운구)의 조사구별, 처리별, 연도별 치묘 수

인공하중조사구 : 1m²당 100립 하중

구분 조사시기 조사구번호	자연낙하조사구의 치묘 수			구분 조사시기 조사구번호	자연낙하+ 인공하중조사구의 치묘 수		
	2005년 6월	2005년 10월	2006년 6월		2005년 6월	2005년 10월	2006년 6월
11-1	0	0	1	11-4	9	7	5
11-2	2	1	1	11-5	17	11	6
11-3	1	1	1	11-6	26	14	7
계	3	2	3	계	52	32	18
평 균	1.0	0.7	1.0	평 균	17.3	10.6	6.0

나. 소면적균상모수립시험구(330m²)의 배치와 조사구번호



시험구번호 6

<관목층제거+ 부식층제거구>

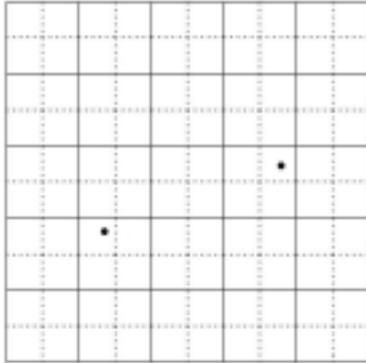
시험구번호 7

<관목층제거+ 부식층제거+ 토양경운구>

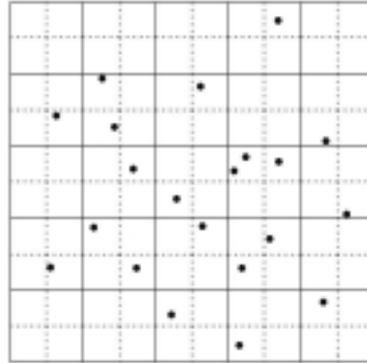
그림 2-12. 시험구번호-6(左)과 시험구번호-7(右)(○:자연낙하조사구, □:자연낙하+인공하중조사구 : 1m²당 100립 파종).

1) 연도별, 처리구별 치묘위치와 치묘 수(관목층제거+ 부식층제거구)

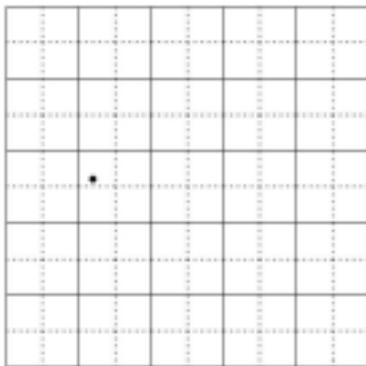
가) 2005년 6월 조사 시의 치묘위치와 치묘 수



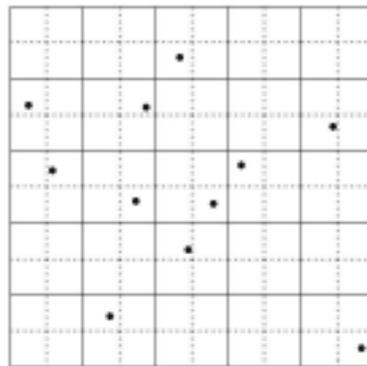
6-1(2)



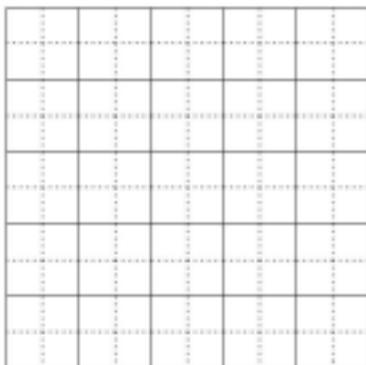
6-4(21)



6-2(1)

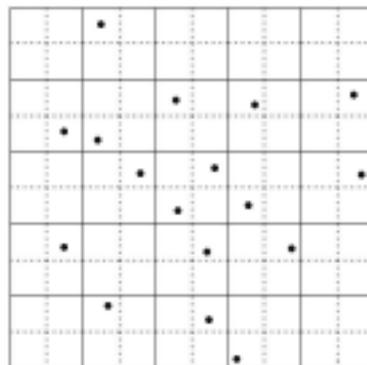


6-5(11)



6-3(0)

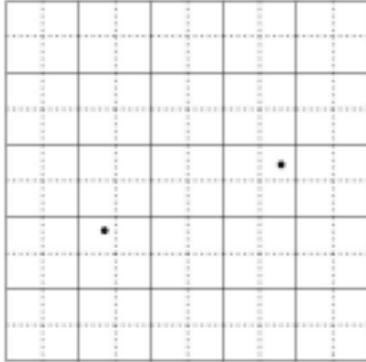
<자연낙하조사구>



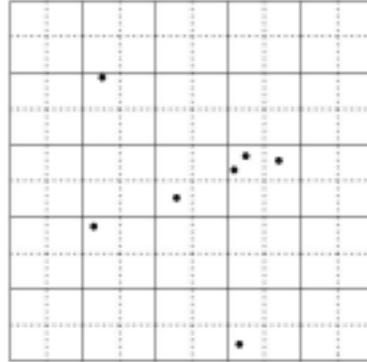
6-6(17)

<자연낙하+ 인공하종조사구>

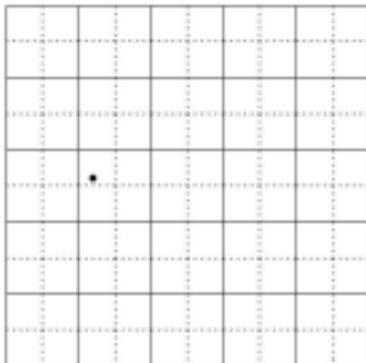
나) 2005년 10월 조사 시의 치묘위치와 치묘 수



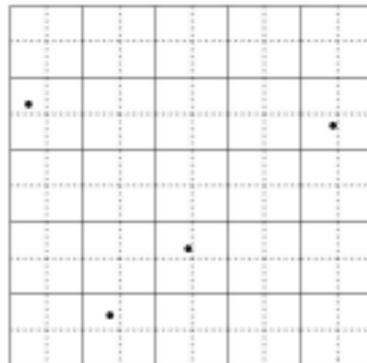
6-1(2)



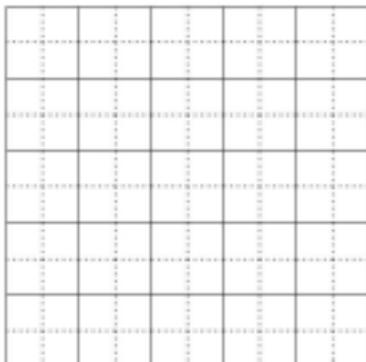
6-4(7)



6-2(1)

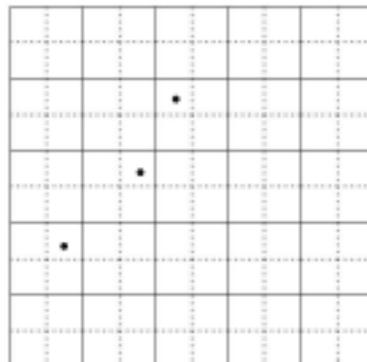


6-5(4)



6-3(0)

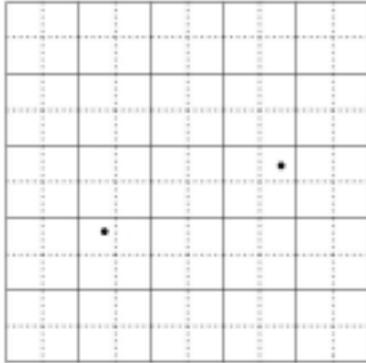
<자연낙하조사구>



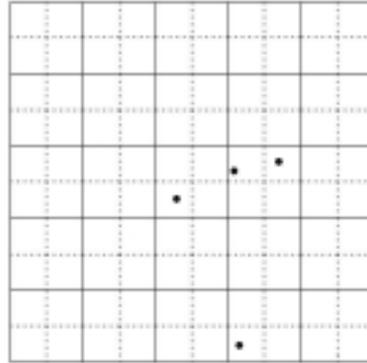
6-6(3)

<자연낙하+ 인공하중조사구>

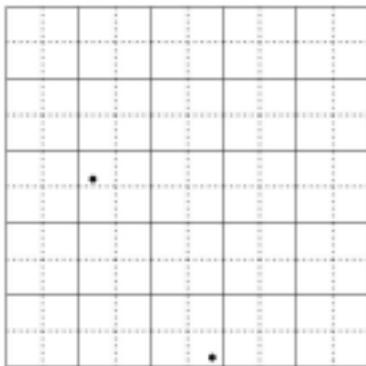
다) 2006년 6월 조사 시의 치묘위치와 치묘 수



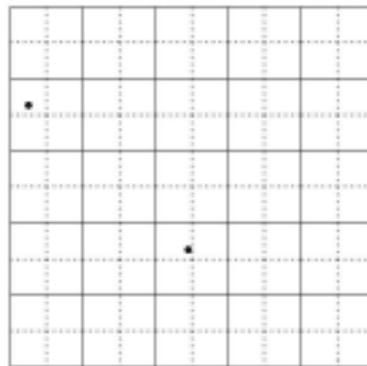
6-1(2)



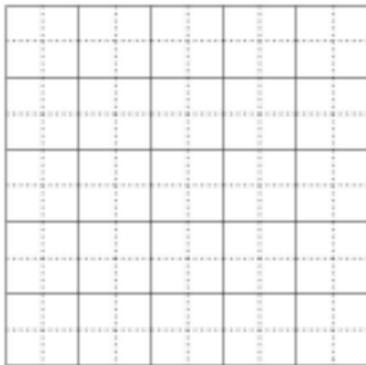
6-4(4)



6-2(2)

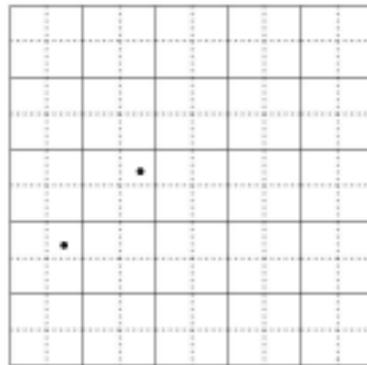


6-5(2)



6-3(0)

<자연낙하조사구>

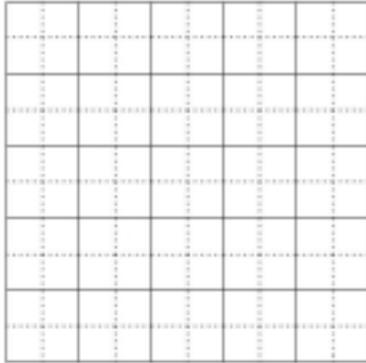


6-6(2)

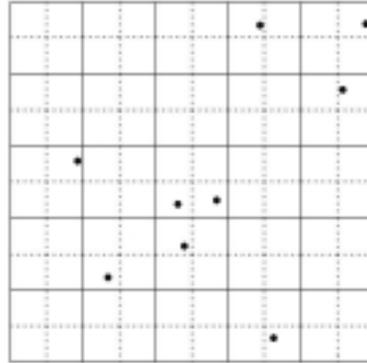
<자연낙하+ 인공하중조사구>

2) 연도별, 처리구별 치묘위치와 치묘 수(관목층제거+ 부식층제거+ 토양경운구)

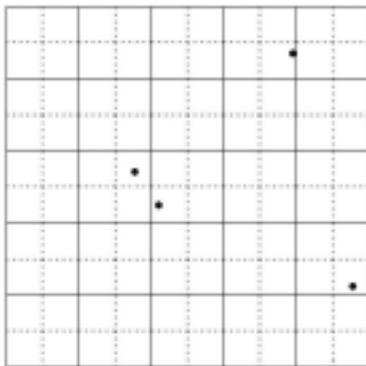
가) 2005년 6월 조사 시의 치묘위치와 치묘 수



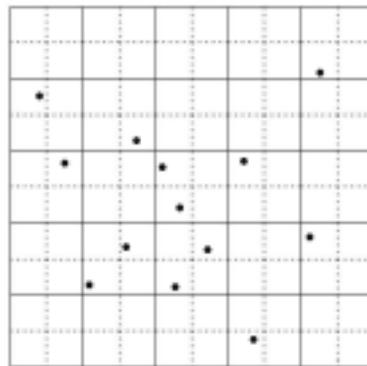
7-1(0)



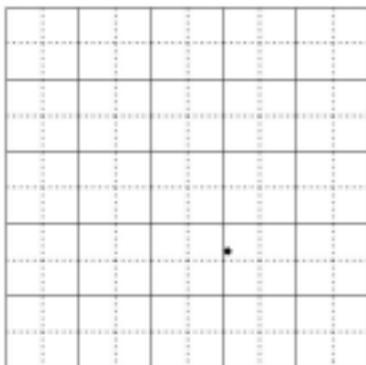
7-4(9)



7-2(4)

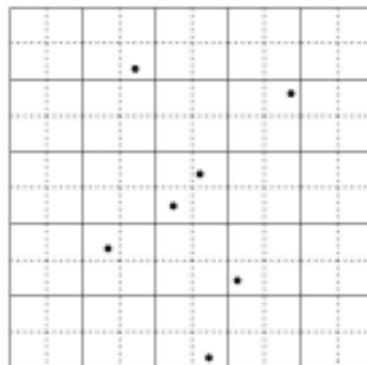


7-5(13)



7-3(1)

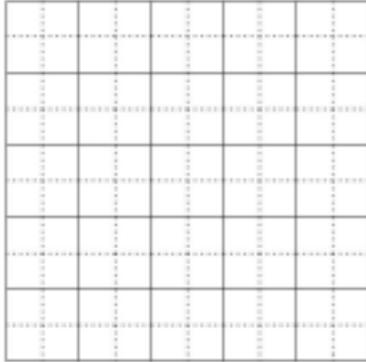
<자연낙하조사구>



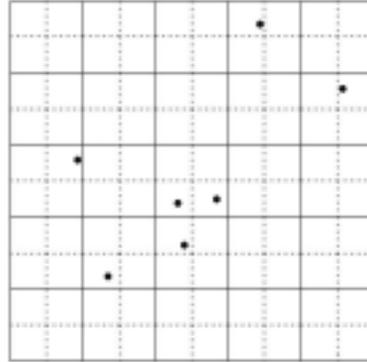
7-6(7)

<자연낙하+ 인공하종조사구>

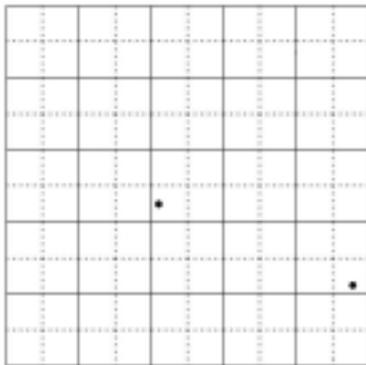
나) 2005년 10월 조사 시의 치묘위치와 치묘 수



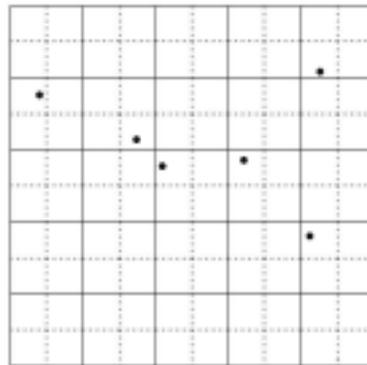
7-1(0)



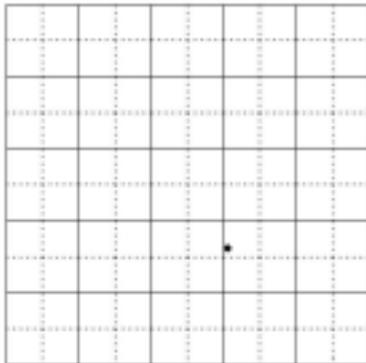
7-4(7)



7-2(2)

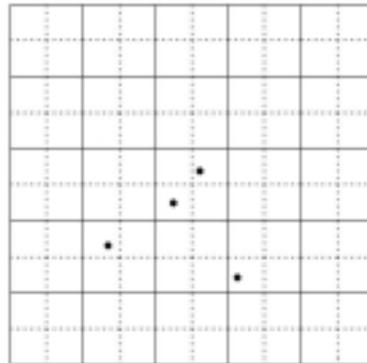


7-5(6)



7-3(1)

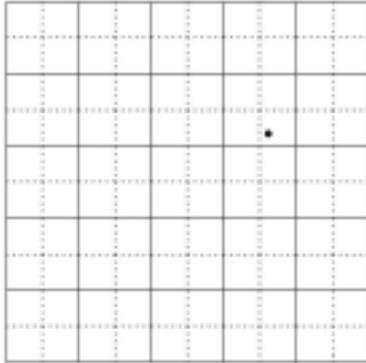
<자연낙하조사구>



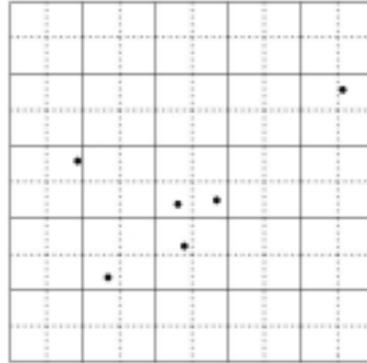
7-6(4)

<자연낙하+ 인공하중조사구>

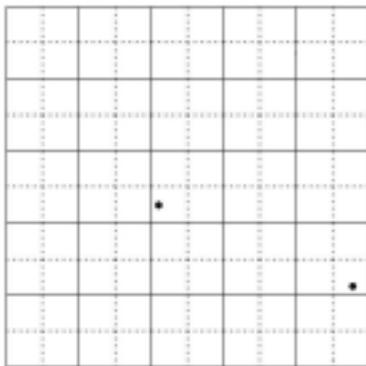
다) 2006년 6월 조사 시의 치묘위치와 치묘 수



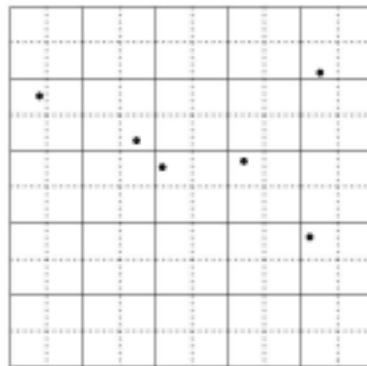
7-1(1)



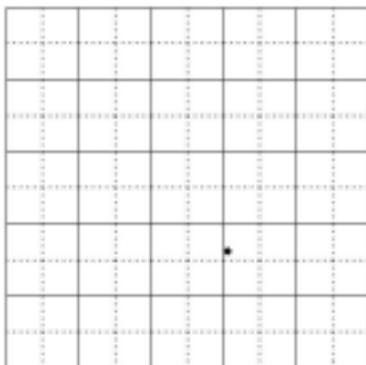
7-4(6)



7-2(2)

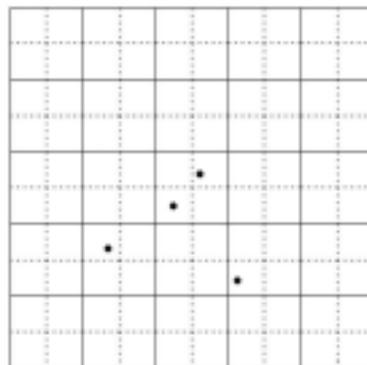


7-5(6)



7-3(1)

<자연낙하조사구>



7-6(4)

<자연낙하+ 인공하중조사구>

표 2-14. 소면적군상모수립시험구(관목층제거+ 부식층제거구)의 조사구별, 처리별, 연도별 치묘 수(330m²)

인공하중조사구 : 1m²당 100립 하중

구분 조사시기 조사구번호	자연낙하조사구의 치묘 수			구분 조사시기 조사구번호	자연낙하+ 인공하중조사구의 치묘 수		
	2005년 6월	2005년 10월	2006년 6월		2005년 6월	2005년 10월	2006년 6월
6-1	2	2	2	6-4	21	7	4
6-2	1	1	2	6-5	11	4	2
6-3	0	0	0	6-6	17	3	2
계	3	3	4	계	50	14	8
평 균	1.0	1.0	1.3	평 균	16.3	4.6	2.6

표 2-15. 소면적군상모수립시험구(관목층제거+ 부식층제거+ 토양경운구)의 조사구별, 처리별, 연도별 치묘 수(330m²)

인공하중조사구 : 1m²당 100립 하중

구분 조사시기 조사구번호	자연낙하조사구의 치묘 수			구분 조사시기 조사구번호	자연낙하+ 인공하중조사구의 치묘 수		
	2005년 6월	2005년 10월	2006년 6월		2005년 6월	2005년 10월	2006년 6월
7-1	0	0	1	7-4	9	7	6
7-2	4	2	2	7-5	13	6	6
7-3	1	1	1	7-6	7	4	4
계	5	3	4	계	29	17	16
평 균	1.7	1.0	1.3	평 균	9.6	5.6	5.3

다. 대면적군상모수림시험구(1ha)의 배치와 조사구번호

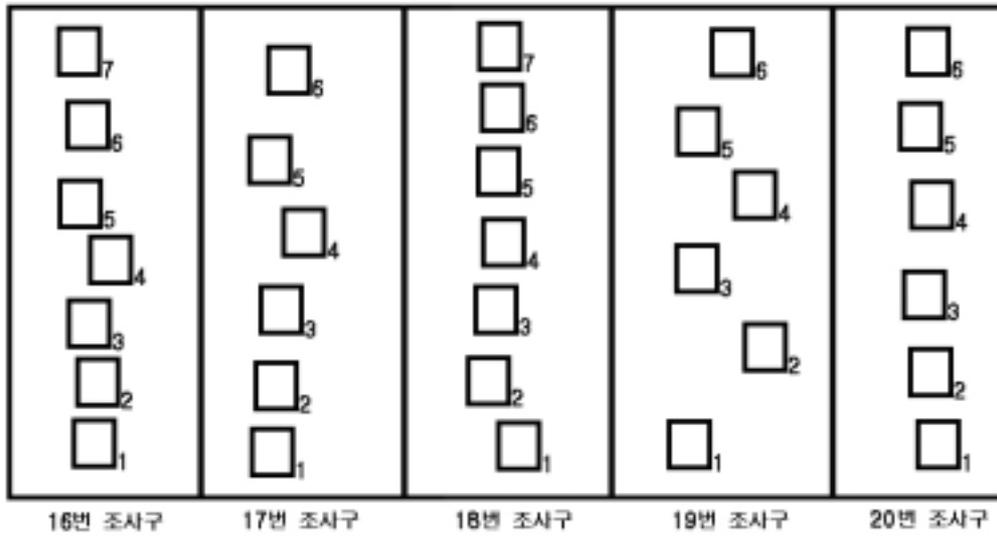
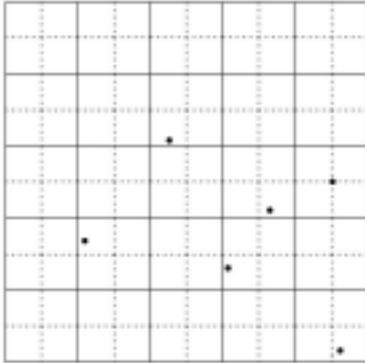


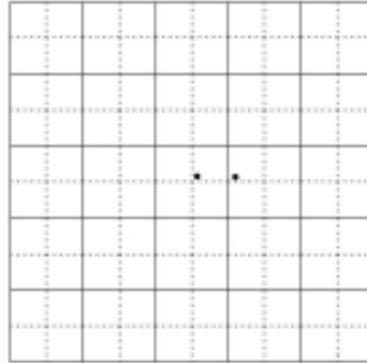
그림 2-13. 시험구번호 16, 17, 18, 19, 20.

1) 연도별 치묘위치와 치묘 수

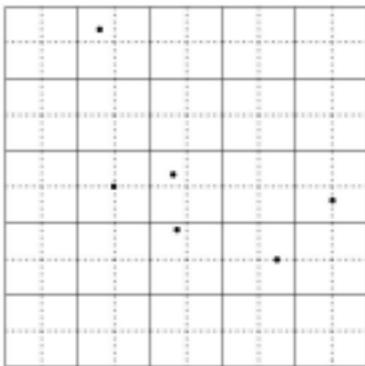
가) 2005년 6월 조사 시의 치묘 위치와 치묘 수



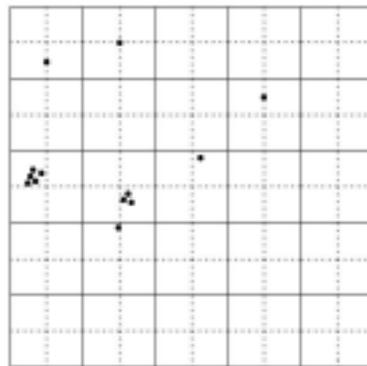
16-1(6)



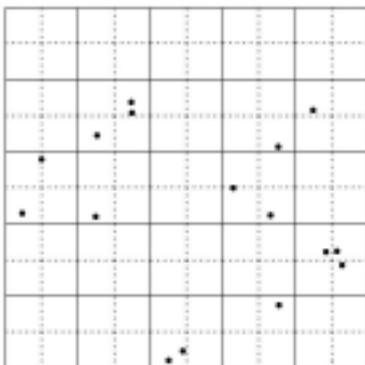
16-2(2)



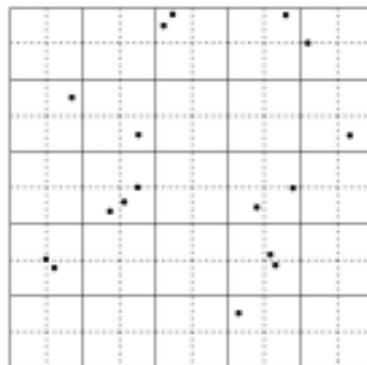
16-3(6)



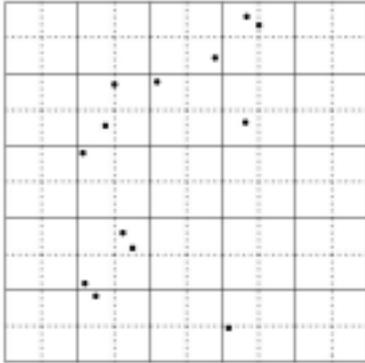
16-4(13)



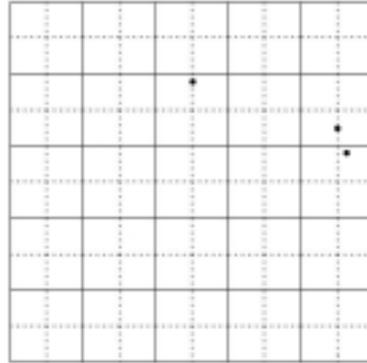
16-5(16)



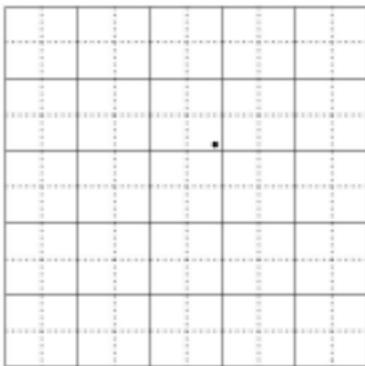
16-6(17)



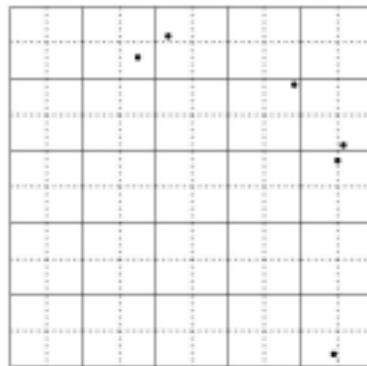
16-7(13)



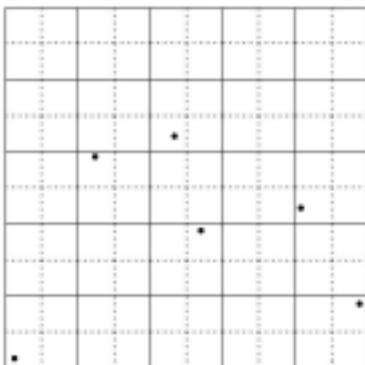
17-1(3)



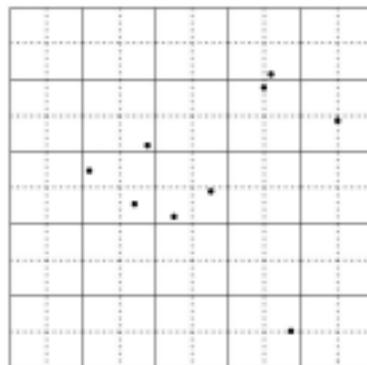
17-2(1)



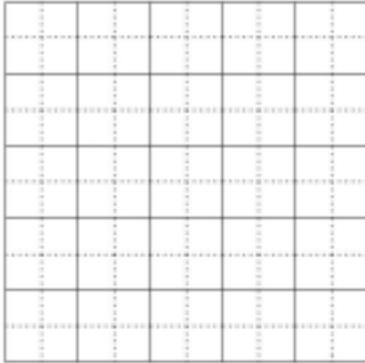
17-3(6)



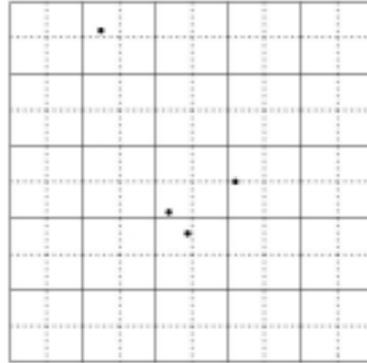
17-4(6)



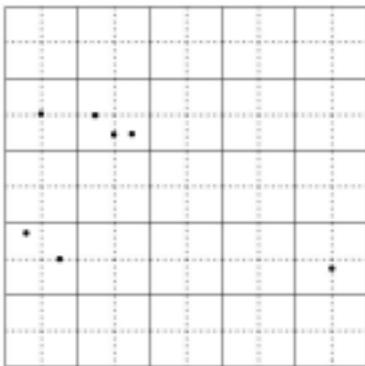
17-5(9)



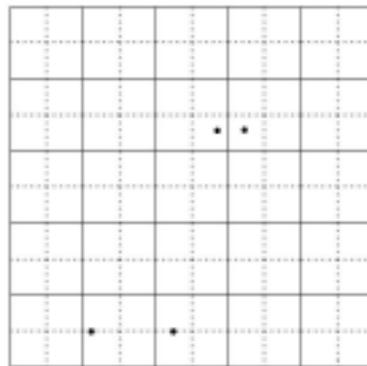
17-6(0)



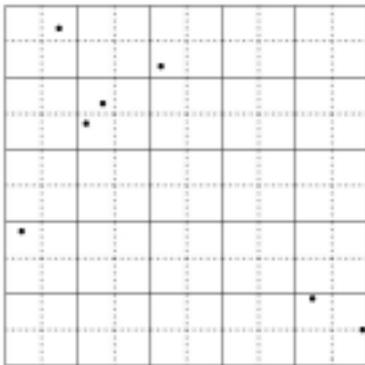
18-1(4)



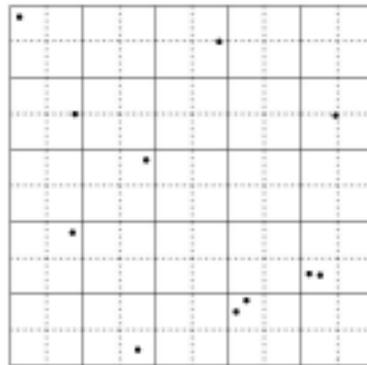
18-2(7)



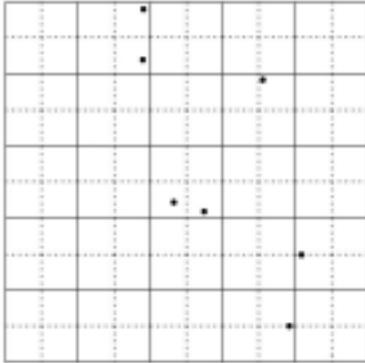
18-3(4)



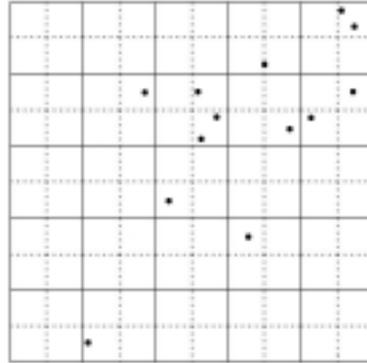
18-4(7)



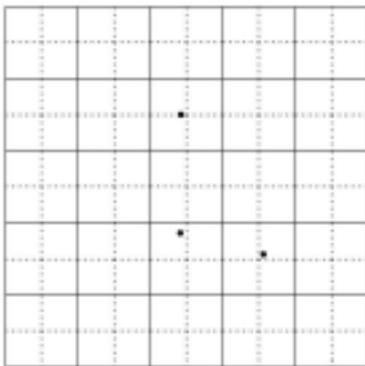
18-5(11)



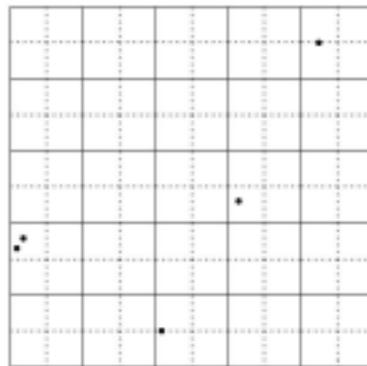
18-6(7)



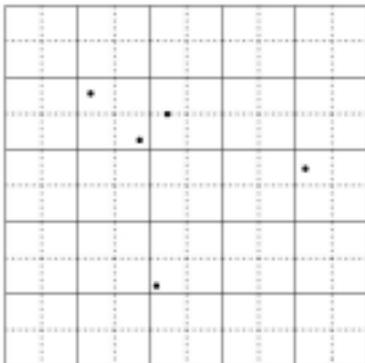
18-7(13)



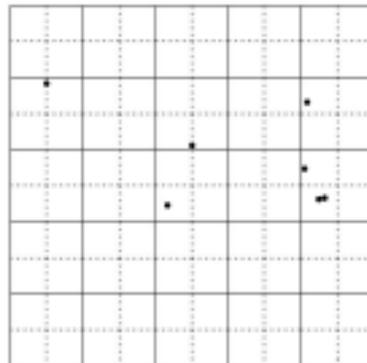
19-1(0)



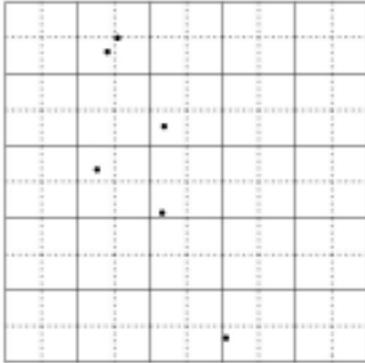
19-2(5)



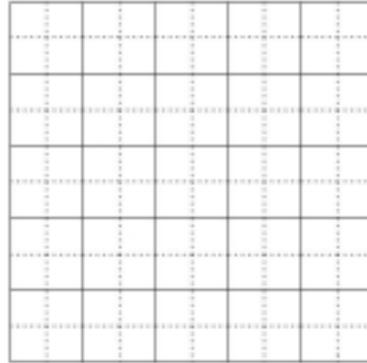
19-3(5)



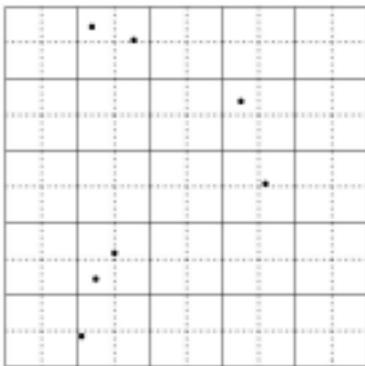
19-4(7)



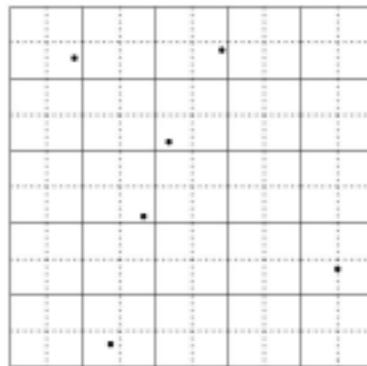
19-5(6)



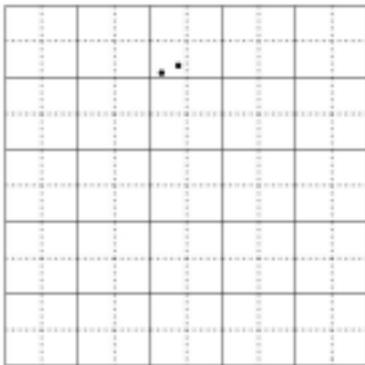
19-6(0)



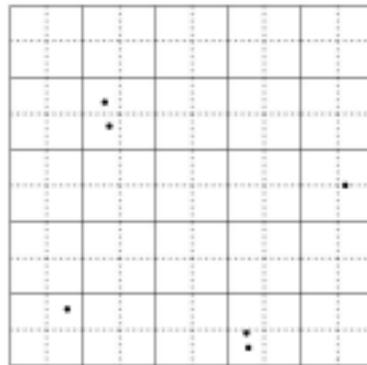
20-1(7)



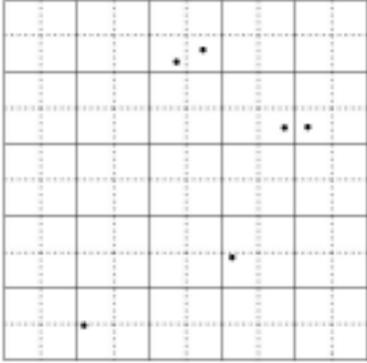
20-2(6)



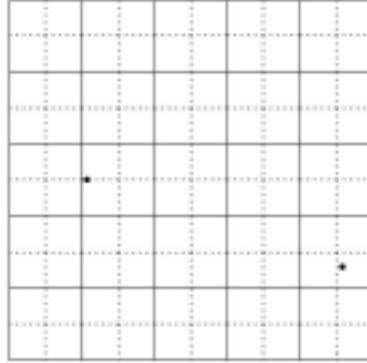
20-3(2)



20-4(6)

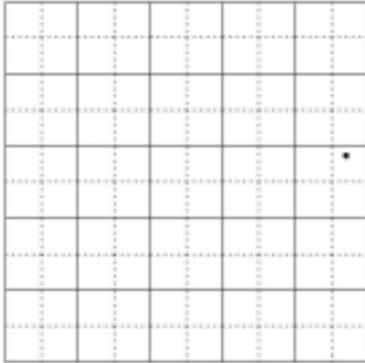


20-5(6)

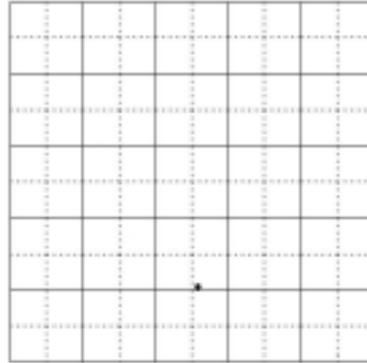


20-6(2)

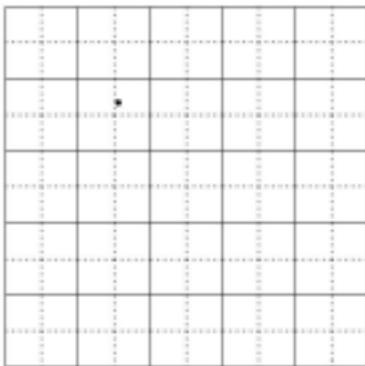
나) 2005년 10월 조사 시의 치묘 위치와 치묘 수



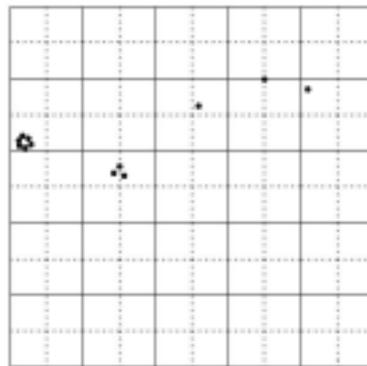
16-1(1)



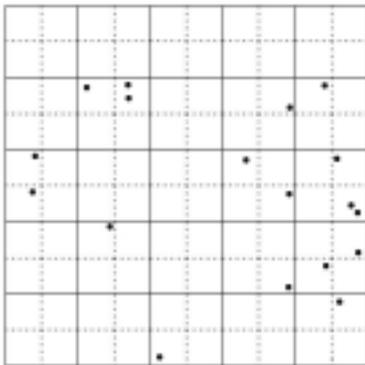
16-2(1)



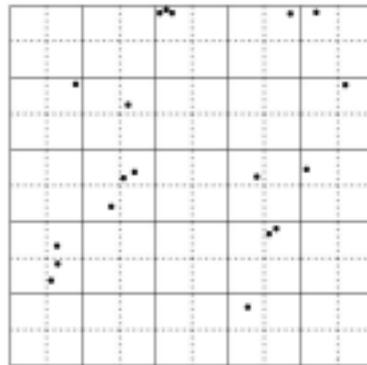
16-3(1)



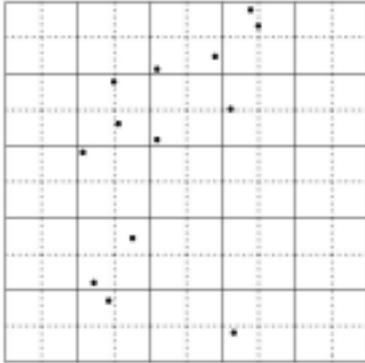
16-4(12)



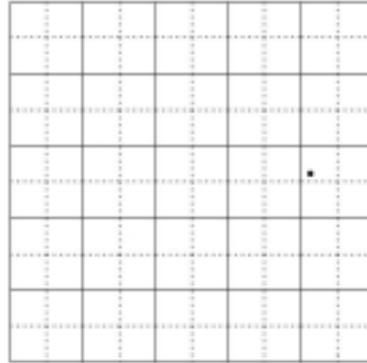
16-5(18)



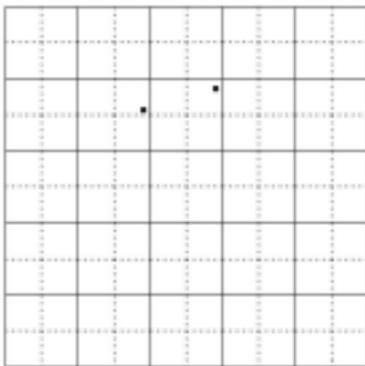
16-6(19)



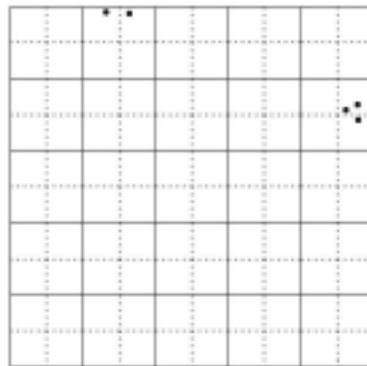
16-7(13)



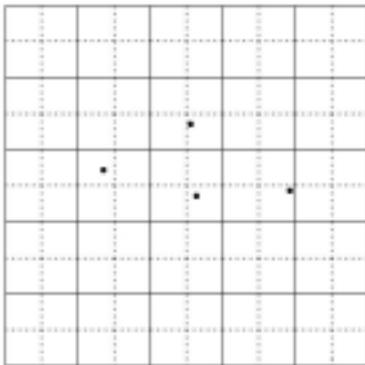
17-1(1)



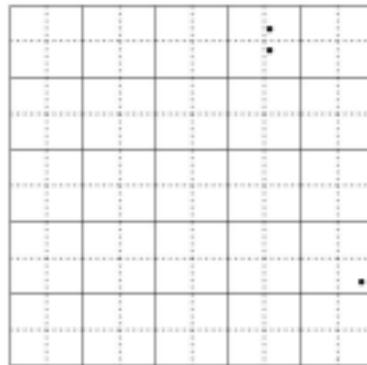
17-2(2)



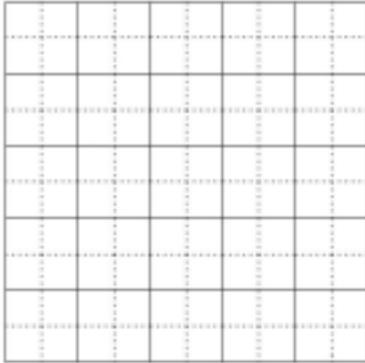
17-3(5)



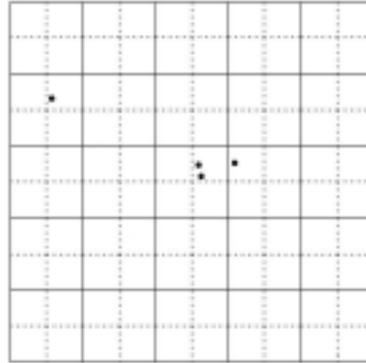
17-4(4)



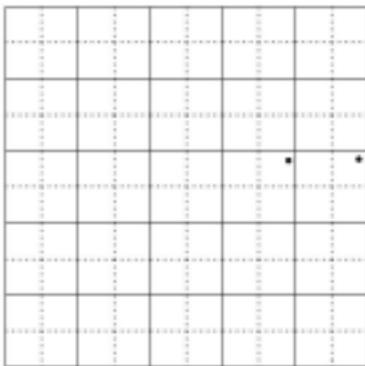
17-5(3)



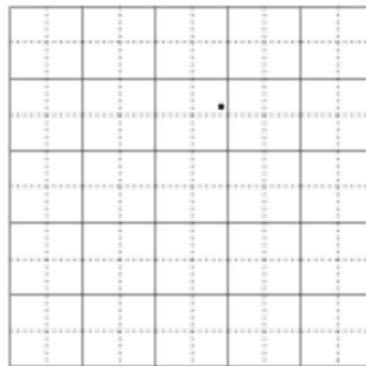
17-6(0)



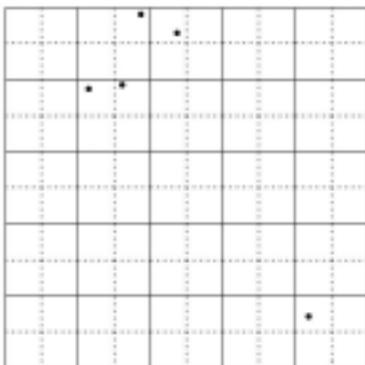
18-1(4)



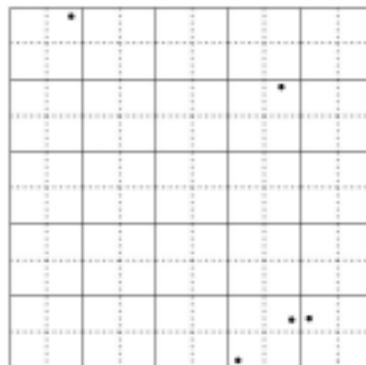
18-2(2)



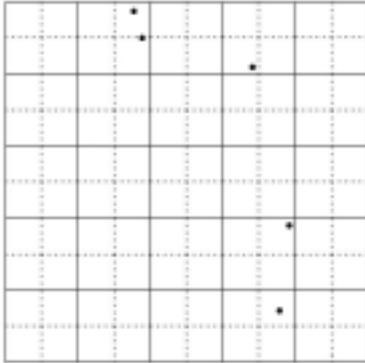
18-3(1)



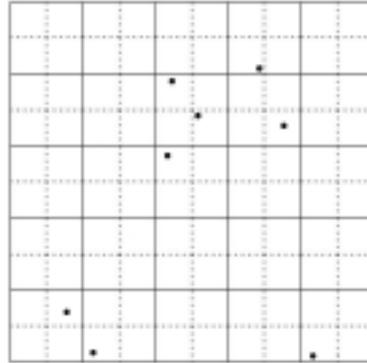
18-4(5)



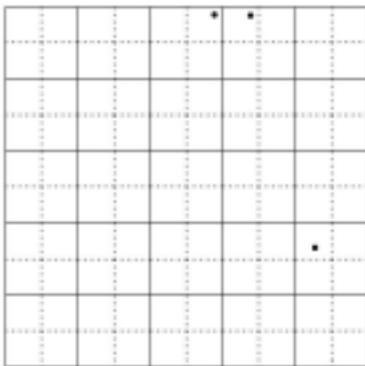
18-5(5)



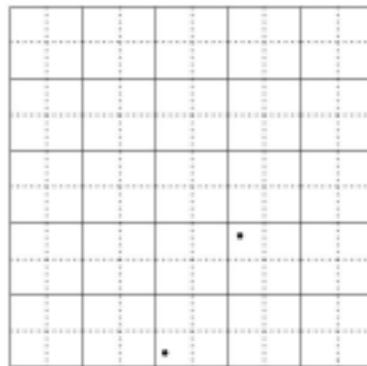
18-6(5)



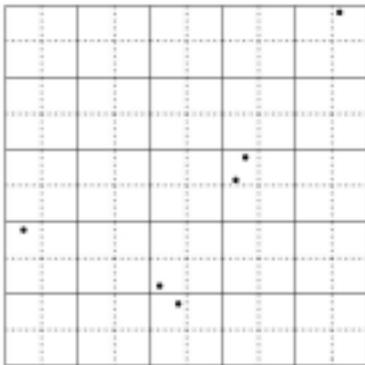
18-7(8)



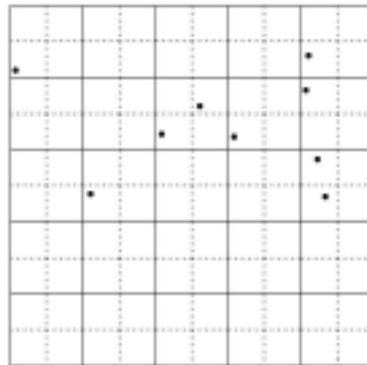
19-1(3)



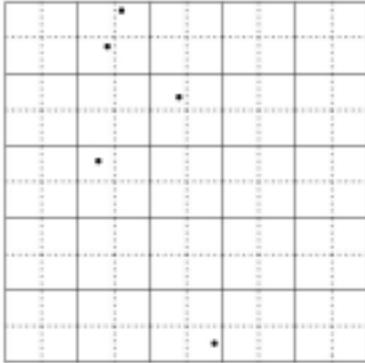
19-2(2)



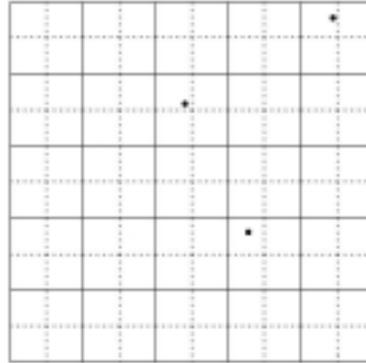
19-3(6)



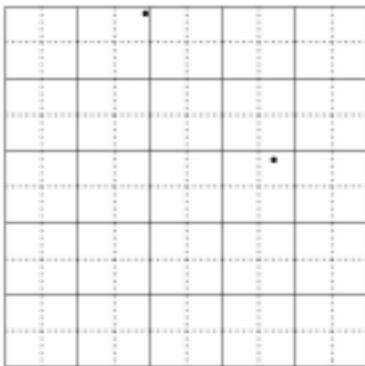
19-4(9)



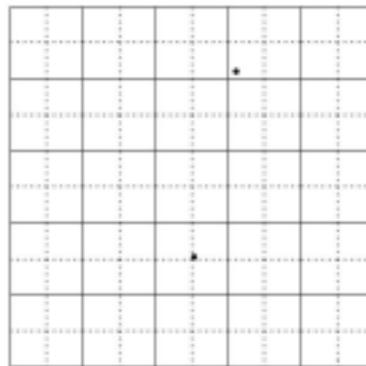
19-5(5)



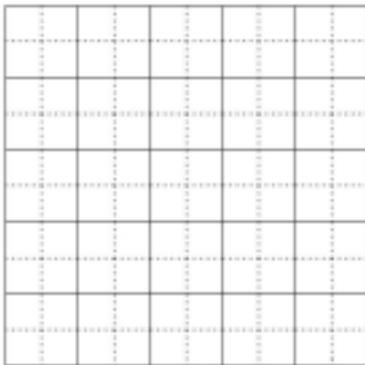
19-6(3)



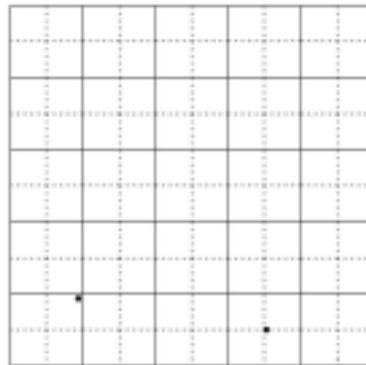
20-1(2)



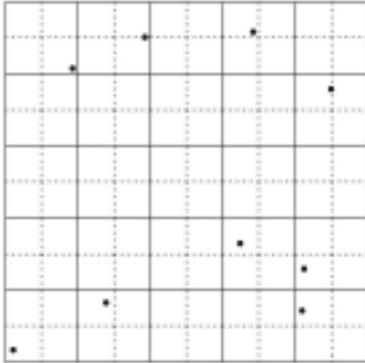
20-2(2)



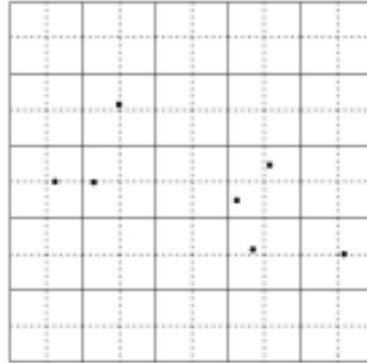
20-3(0)



20-4(2)

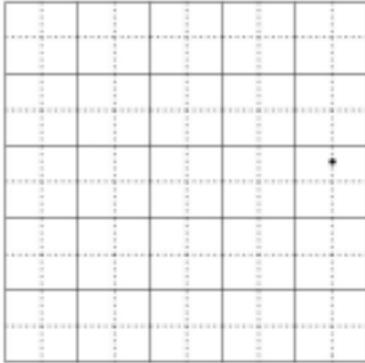


20-5(9)

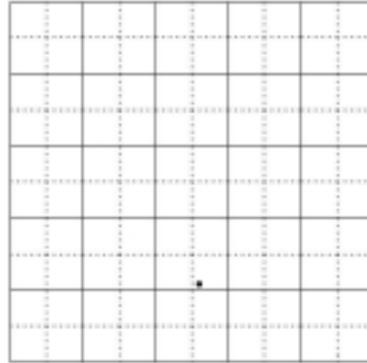


20-6(7)

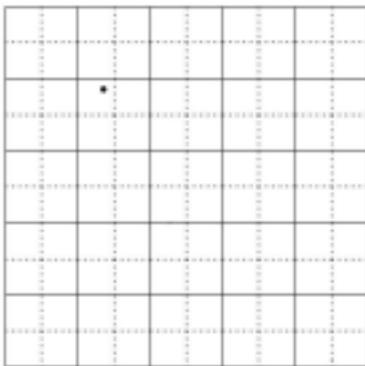
다) 2006년 6월 조사 시의 치묘 위치와 치묘 수



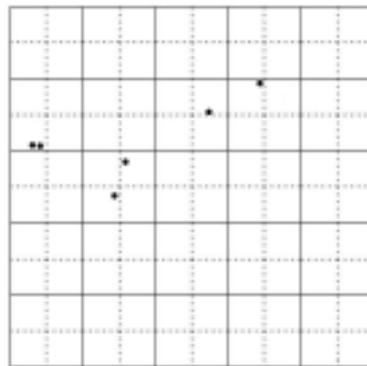
16-1(1)



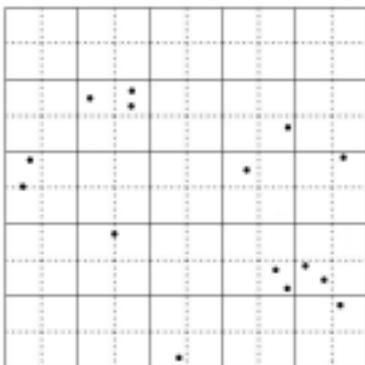
16-2(1)



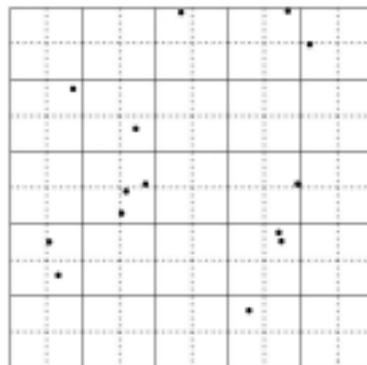
16-3(1)



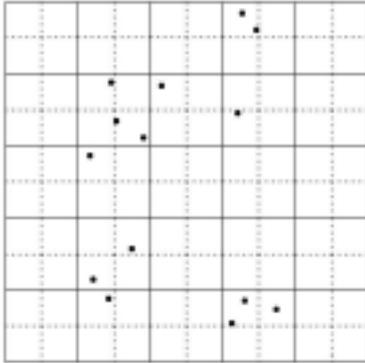
16-4(6)



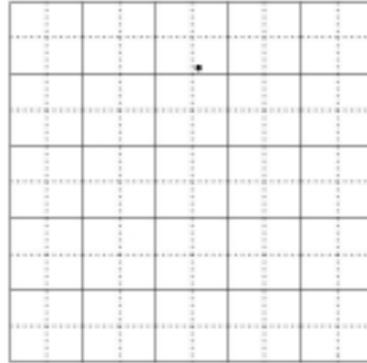
16-5(15)



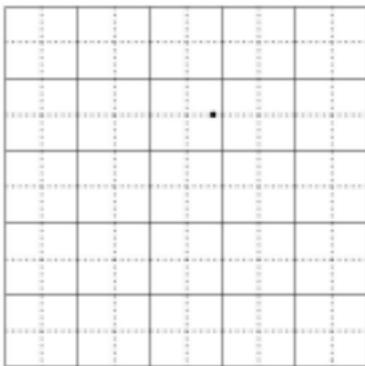
16-6(14)



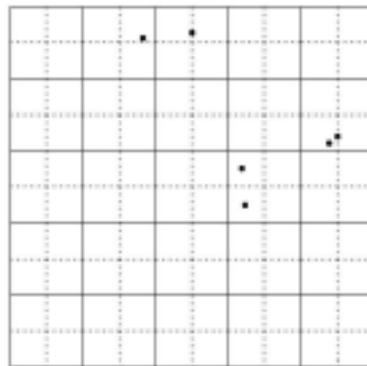
16-7(14)



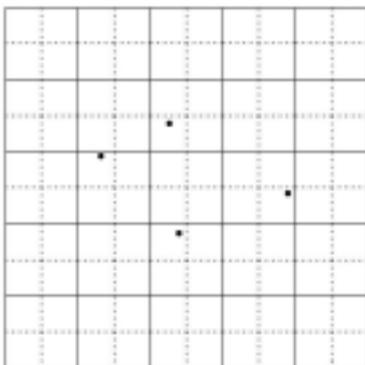
17-1(1)



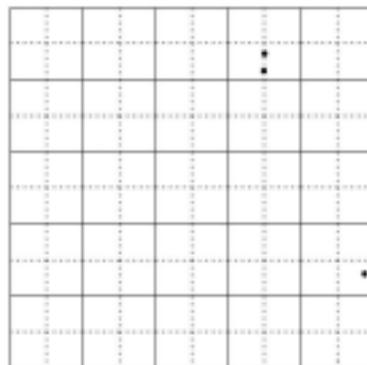
17-2(1)



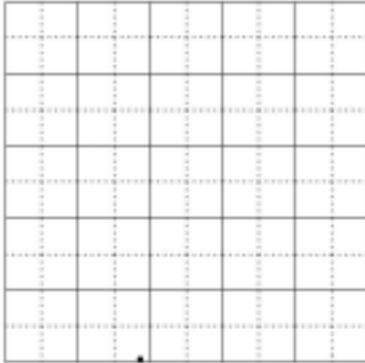
17-3(6)



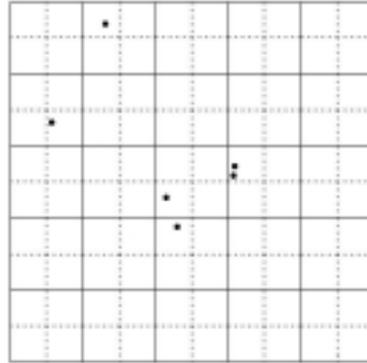
17-4(4)



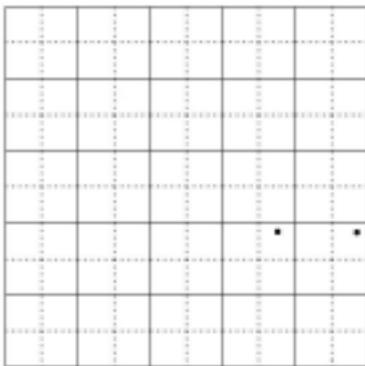
17-5(3)



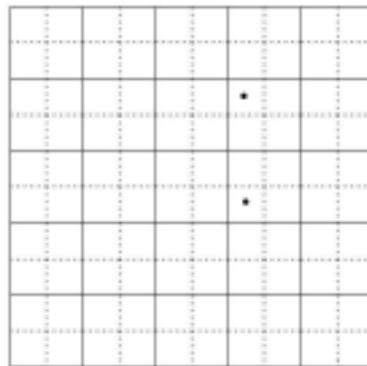
17-6(1)



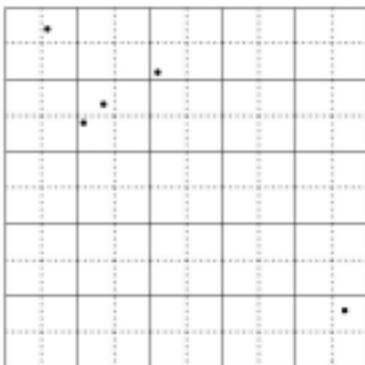
18-1(6)



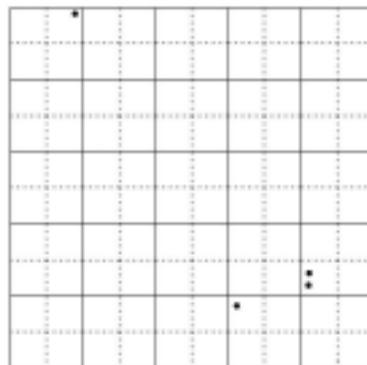
18-2(2)



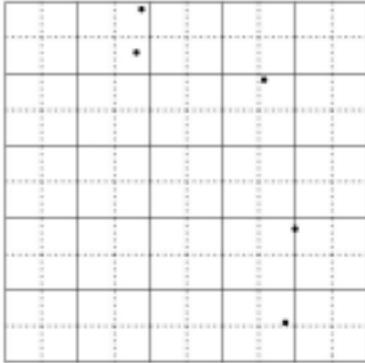
18-3(1)



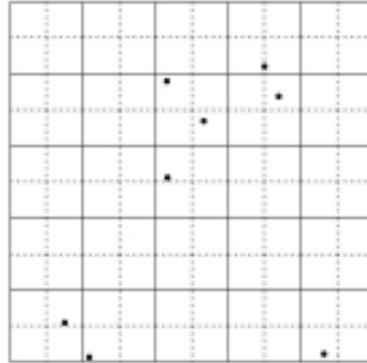
18-4(5)



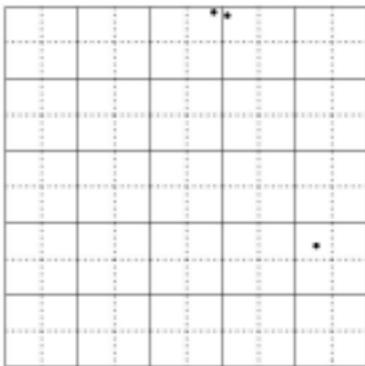
18-5(4)



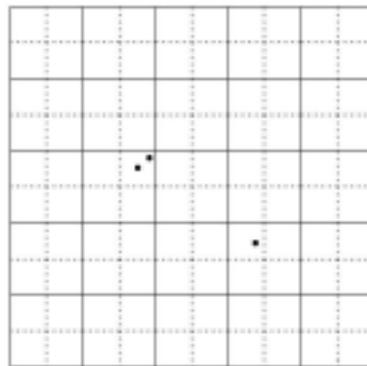
18-6(5)



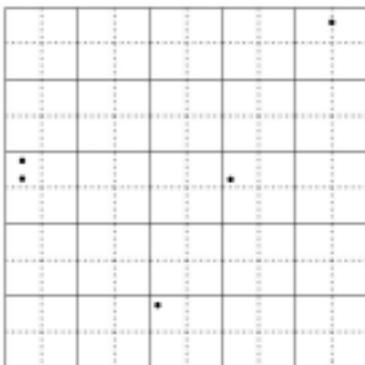
18-7(8)



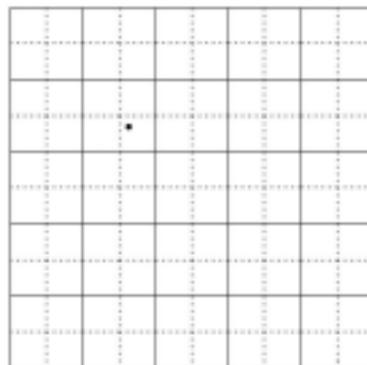
19-1(3)



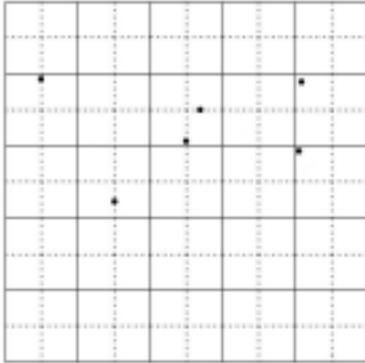
19-2(3)



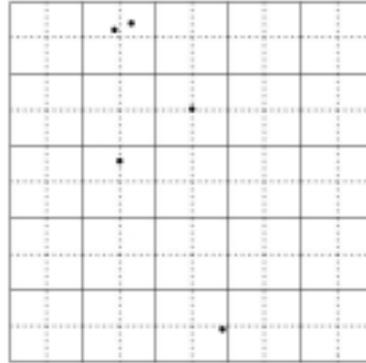
19-3(5)



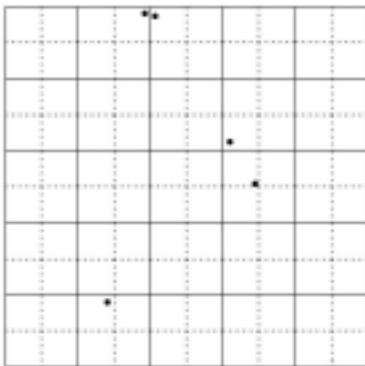
19-4(1)



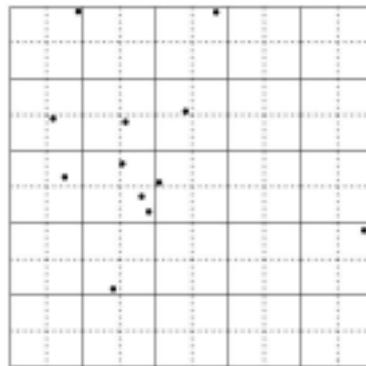
19-5(6)



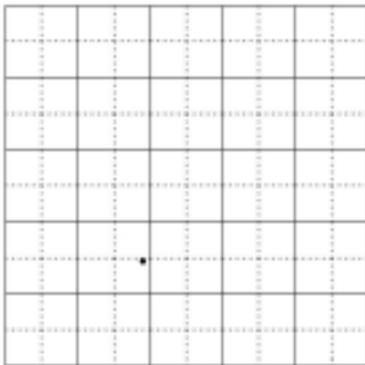
19-6(5)



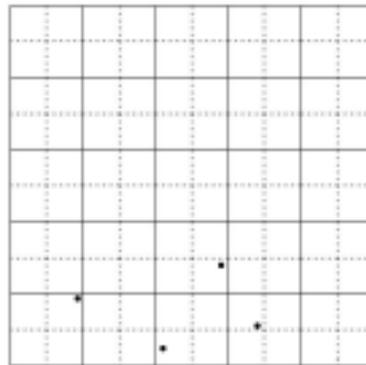
20-1(5)



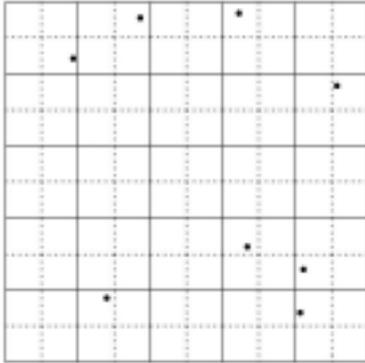
20-2(12)



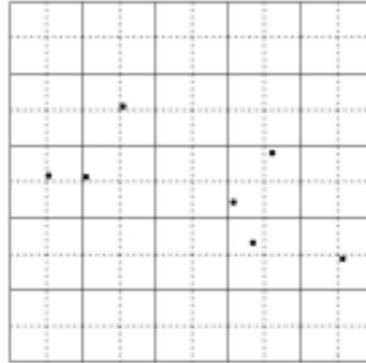
20-3(1)



20-4(4)



20-5(8)



20-6(7)

표 2-16. 대면적군상모수립시험구(관목층제거+ 부식층제거)의 조사구별, 처리별, 연도별 치묘 수(330m²)

조사시기 조사구번호	05 년 06 월	05 년 10 월	06 년 6월																
16-1	2	1	1	17-1	1	1	1	18-1	6	4	6	19-1	3	3	3	20-1	5	2	5
16-2	2	1	1	17-2	1	2	1	18-2	3	2	2	19-2	1	2	1	20-1	10	2	10
16-3	2	1	1	17-3	4	5	4	18-3	1	1	1	19-3	5	6	5	20-3	1	0	1
16-4	8	12	6	17-4	6	4	4	18-4	5	5	5	19-4	1	9	1	20-4	4	2	4
16-5	18	18	13	17-5	3	3	3	18-5	4	5	4	19-5	8	5	6	20-5	9	9	8
16-6	18	19	14	17-6	1	0	1	18-6	5	5	5	19-6	5	3	5	20-6	7	7	7
16-7	14	13	12	-	-	-	-	18-7	9	8	8	-				-	-	-	-
계	64	65	48	계	16	15	14	계	33	30	31	계	23	28	21	계	36	22	35
평 균	9.1	9.2	6.8	평 균	2.7	2.5	2.3	평 균	4.7	4.2	4.4	평 균	3.8	4.7	3.5	평 균	6.0	3.6	5.9

총 계	162	160	139
총평균	5.0	5.0	4.3

표 2-17. 모수갱신구의 처리구별 치묘 수 일람표

천연갱신방법		처리구별	조사시기			시험구 번호
			2005년6월	2005년10 월	2006년6월	
			자연낙하/ 자연낙하+ 인공하중 (m ² 당립수)	자연낙하/ 자연낙하+ 인공하중 (m ² 당립수)	자연낙하/ 자연낙하+ 인공하중 (m ² 당립수)	
모수 갱신	단목모수 시험구	관목층제거+ 부식층제거	1.0/16.3	0.7/11.3	1.0/9.3	10
		관목층제거+ 부식층제거 + 토양경운	1.3/17.3	0.7/10.6	0.7/6.0	11
	소면적 군상모수 시험구 (330m ²)	관목층제거+ 부식층제거	1.0/16.3	1.0/4.6	1.3/2.6	6
		관목층제거+ 부분부식층제거 + 토양경운	1.7/9.6	1.0/5.6	1.3/5.3	7
	대면적 군상모수 시험구 (1ha 당 모수 20번)	관목층제거+ 부식층제거	5.0/-	5.0/-	4.3/-	16 ~ 20

표 2-18-1. 모수갱신-단목모수시험구의 처리구별 치묘수 t-검정(자연낙하조사구)

조사시기	처리구별	N	평균값	t-값
2005년 6월	관목층제거+ 부식층제거	3	1	.000
	관목층제거+ 부식층제거+ 토양경운	3	1	
2005년 10월	관목층제거+ 부식층제거	3	.67	.000
	관목층제거+ 부식층제거+ 토양경운	3	.67	
2006년 6월	관목층제거+ 부식층제거	3	1	.000
	관목층제거+ 부식층제거+ 토양경운	3	1	

표 2-18-2. 모수갱신-단목모수시험구의 처리구별 치묘수 t-검정(자연낙하+ 인공하중구)

조사시기	처리구별	N	평균값	t-값
2005년 6월	관목층제거+ 부식층제거	3	16.33	-.175
	관목층제거+ 부식층제거+ 토양경운	3	17.33	
2005년 10월	관목층제거+ 부식층제거	3	11.33	.248
	관목층제거+ 부식층제거+ 토양경운	3	10.67	
2006년 6월	관목층제거+ 부식층제거	3	9.33	1.581
	관목층제거+ 부식층제거+ 토양경운	3	6.00	

표 2-19-1. 모수갱신-소면적군상모수시험구의 처리구별 치묘 수 t-검정(자연낙하조사

구)

조사시기	처리구별	N	평균값	t-값
2005년 6월	관목층제거+ 부식층제거	3	1.00	-.500
	관목층제거+ 부식층제거+ 토양경운	3	1.67	
2005년 10월	관목층제거+ 부식층제거	3	1.00	.000
	관목층제거+ 부식층제거+ 토양경운	3	1.00	
2006년 6월	관목층제거+ 부식층제거	3	1.33	.000
	관목층제거+ 부식층제거+ 토양경운	3	1.33	

표 2-19-2. 모수갱신-소면적군상모수림시험구의 처리구별 치묘 수 t-검정(자연낙하 + 인공하종구)

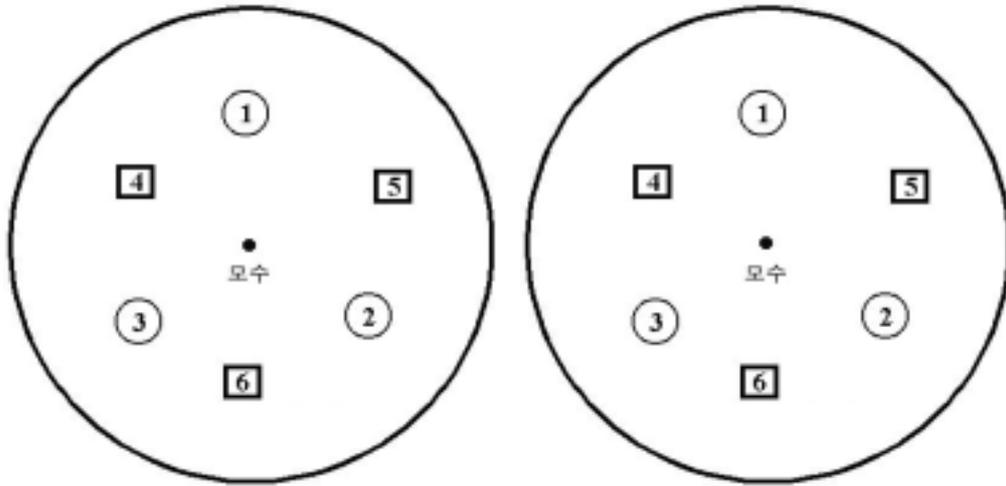
조사시기	처리구별	N	평균값	t-값
2005년 6월	관목층제거+ 부식층제거	3	16.33	1.961
	관목층제거+ 부식층제거+ 토양경운	3	9.67	
2005년 10월	관목층제거+ 부식층제거	3	4.67	-.671
	관목층제거+ 부식층제거+ 토양경운	3	5.67	
2006년 6월	관목층제거+ 부식층제거	3	2.67	-2.828*
	관목층제거+ 부식층제거+ 토양경운	3	5.33	

* .05 유의수준에서 유의함.

m²당 100립을 하종한 자연낙하+ 인공하종구의 경우 단목모수시험구와 소면적군상모수림시험구의 처리 간, 즉 관목층제거+ 부식층제거, 관목층제거+ 부식층제거+ 토양경운구 간에는 유의성이 나타나지 않았다. 자연낙하의 경우 단목모수시험구와 소면적군상모수시험구의 경우 m²당 1본 정도인 것에 비교하여 대면적 군상모수 시험구의 경우 m²당 5본 내외의 치묘가 생육하는 것으로 미루어 모수갱신의 경우 단목모수갱신법과 소면적군상모수갱신법 보다는 대면적군상모수갱신법이 후계림 조성에 바람직할 것으로 사료된다.

3. 혼효림갱신법

가. 단목혼효림시험구(소나무와 참나무류)의 배치와 조사구 번호



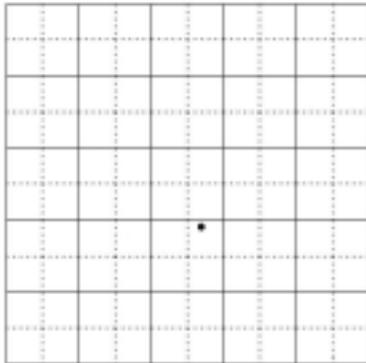
시험구번호 12
<관목층제거+ 부식층제거구>

시험구번호 13
<관목층제거+ 부식층제거+ 토양경운구>

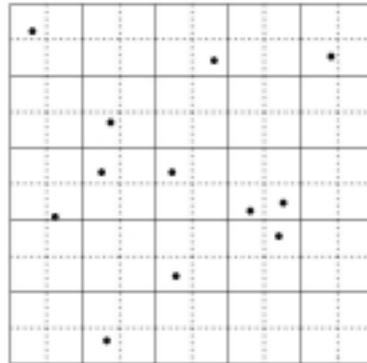
그림 2-14. 시험구번호-12(左)와 시험구번호-13(右)(○:자연낙하조사구, □:자연낙하
+ 인공하중조사구 : 1m²당 100립 파종).

1) 연도별, 처리구별 치묘 위치와 치묘 수(관목층제거+부식층제거구)

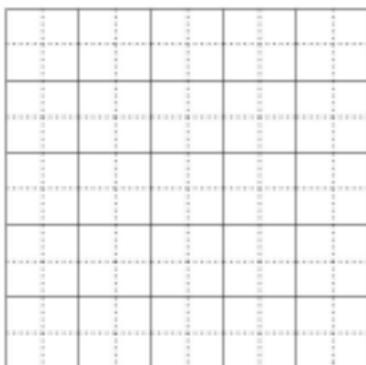
가) 2005년 6월 조사 시의 치묘 위치와 치묘 수



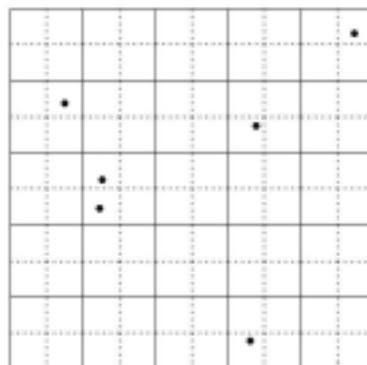
12-1(1)



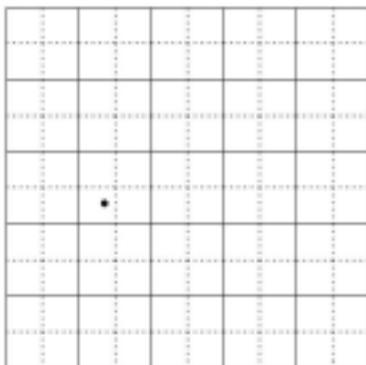
12-4(12)



12-2(0)

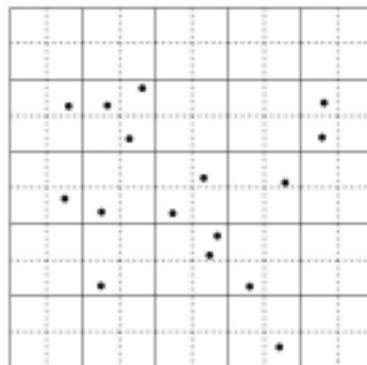


12-5(6)



12-3(1)

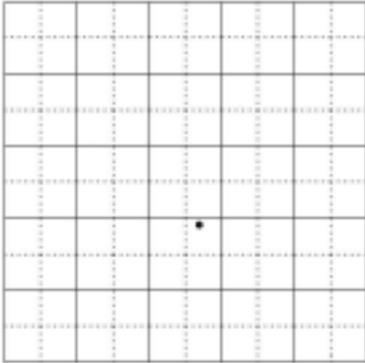
<자연낙하조사구>



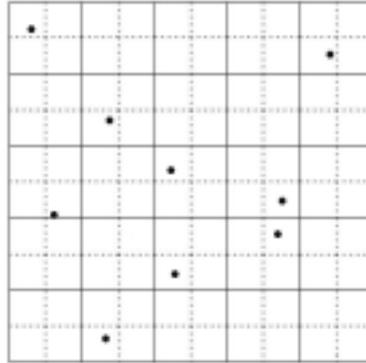
12-6(16)

<자연낙하+인공하종조사구>

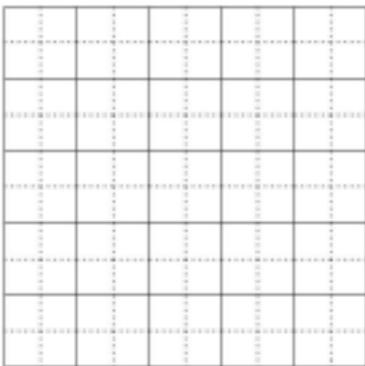
나) 2005년 10월 조사 시의 치묘 위치와 치묘 수



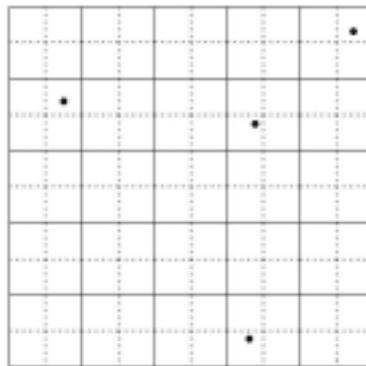
12-1(1)



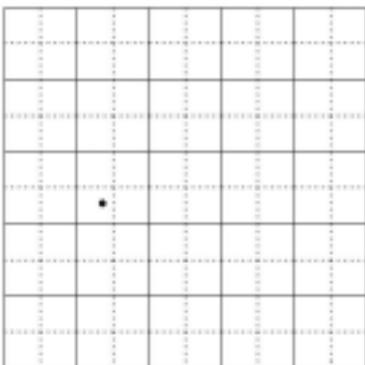
12-4(9)



12-2(0)

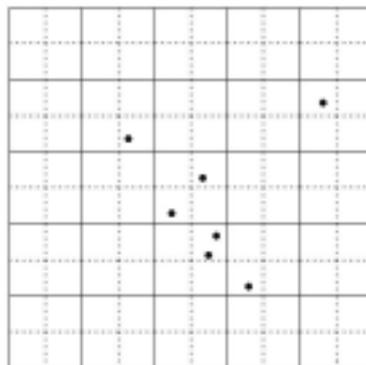


12-5(4)



12-3(1)

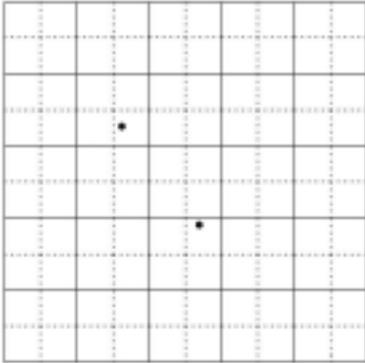
<자연낙하조사구>



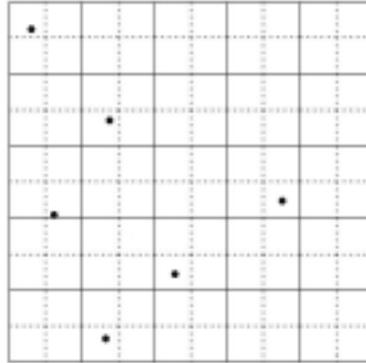
12-6(7)

<자연낙하+ 인공하중조사구>

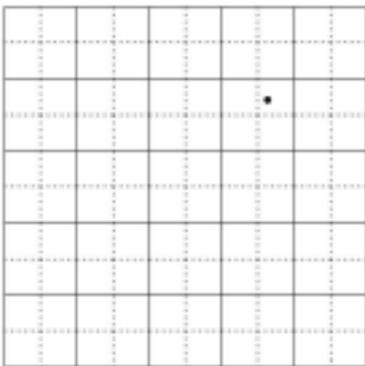
다) 2006년 6월 조사 시의 치묘 위치와 치묘 수



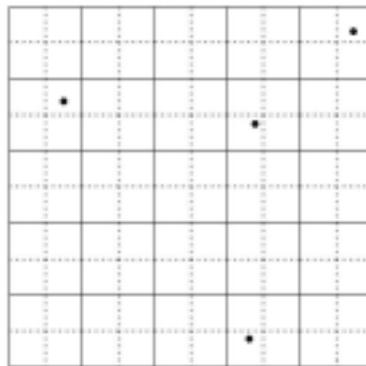
12-1(2)



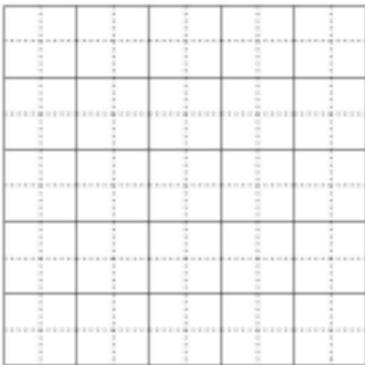
12-4(6)



12-2(1)

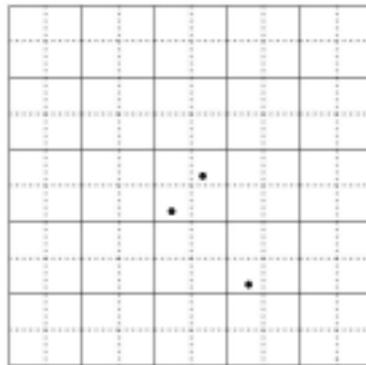


12-5(4)



12-3(0)

<자연낙하조사구>

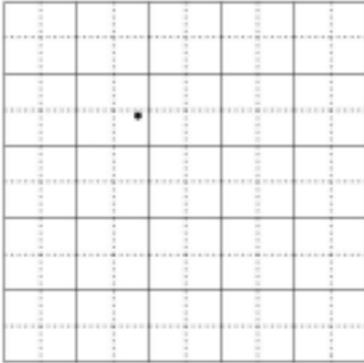


12-6(3)

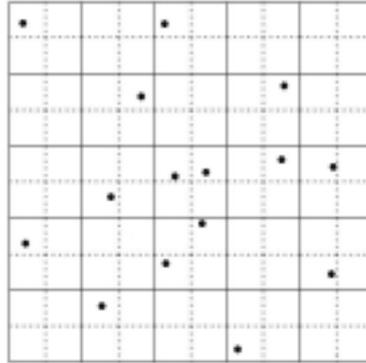
<자연낙하+ 인공하중조사구>

2) 연도별, 처리구별 치묘 위치와 치묘 수(관목층제거+부식층제거+토양경운구)

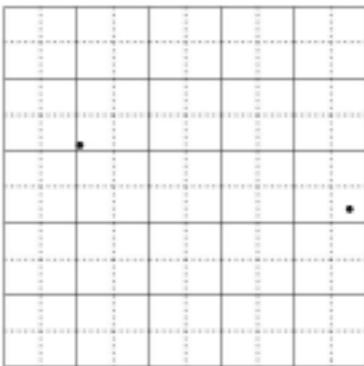
가) 2005년 6월 조사 시의 치묘 위치와 치묘 수



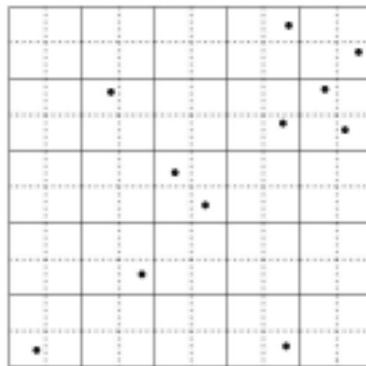
13-1(1)



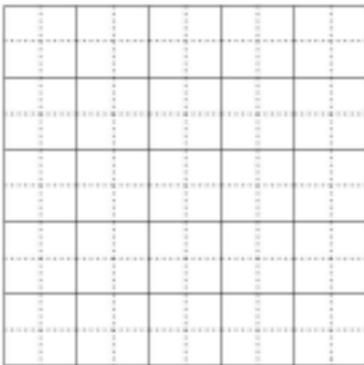
13-4(15)



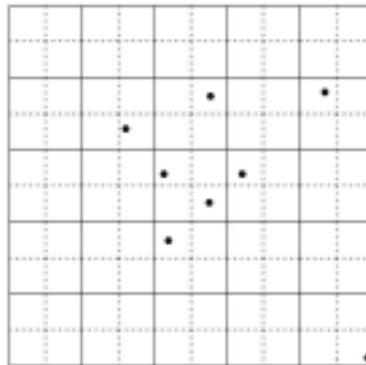
13-2(2)



13-5(11)

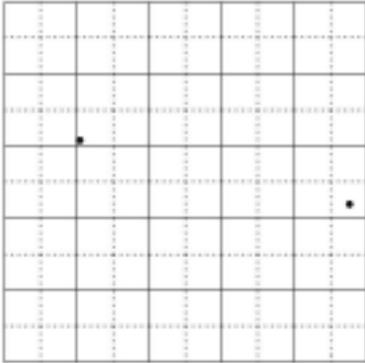


13-3(0)
<자연낙하조사구>

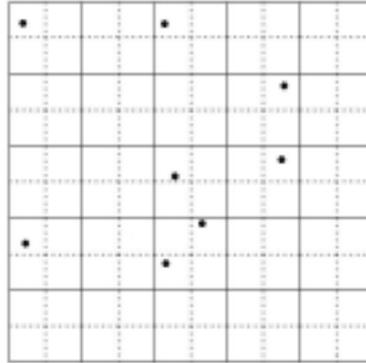


13-6(8)
<자연낙하+인공하종조사구>

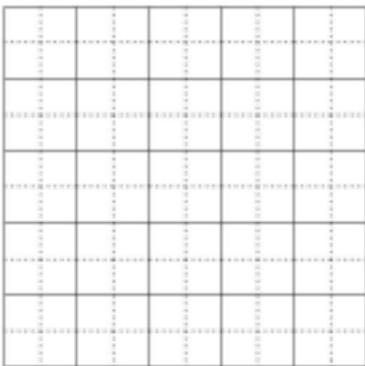
나) 2005년 10월 조사 시의 치묘 위치와 치묘 수



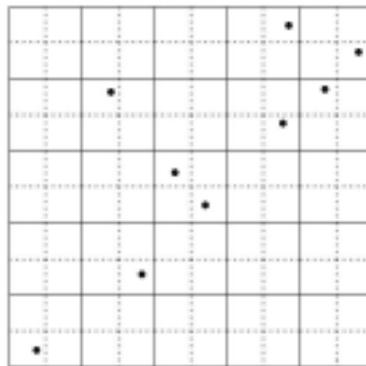
13-1(2)



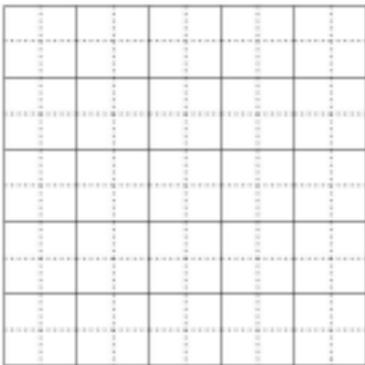
13-4(7)



13-2(0)

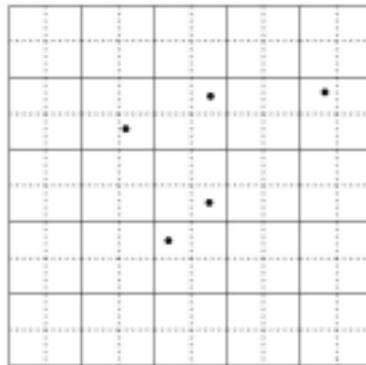


13-5(9)



13-3(0)

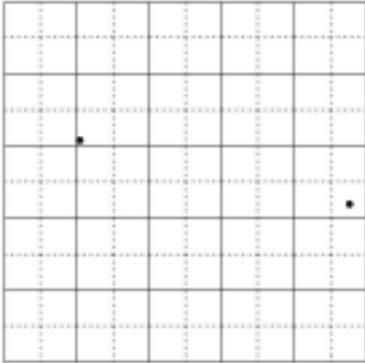
<자연낙하조사구>



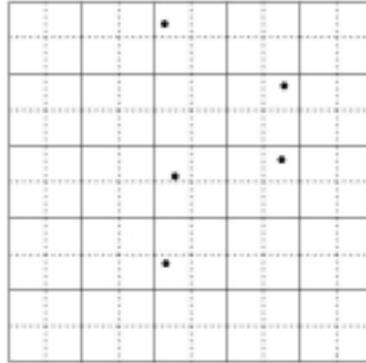
13-6(5)

<자연낙하+ 인공하중조사구>

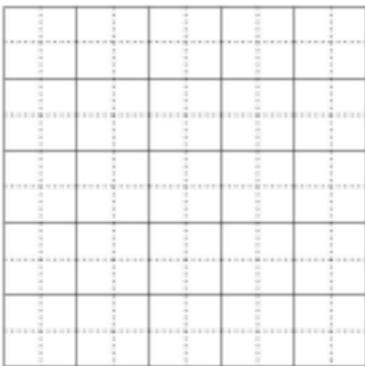
다) 2006년 6월 조사 시의 치묘 위치와 치묘 수



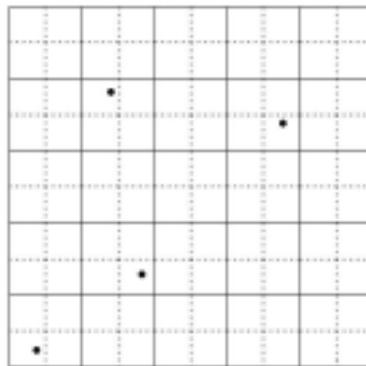
13-1(2)



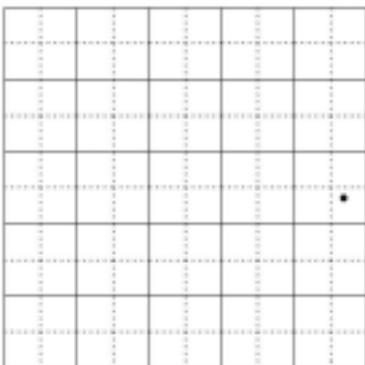
13-4(5)



13-2(0)

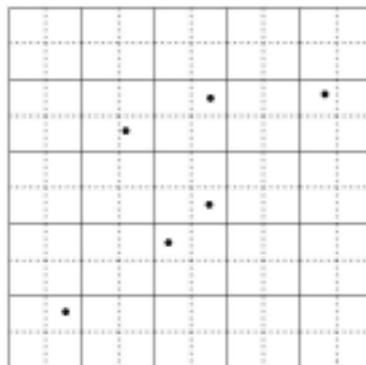


13-5(4)



13-3(1)

<자연낙하조사구>



13-6(6)

<자연낙하+ 인공하중조사구>

표 2-20. 단목혼효림시험구(관목층제거+ 부식층제거구)의 조사구별, 처리별, 연도별 치묘 수

인공하중조사구 : 1m²당 100립 하중

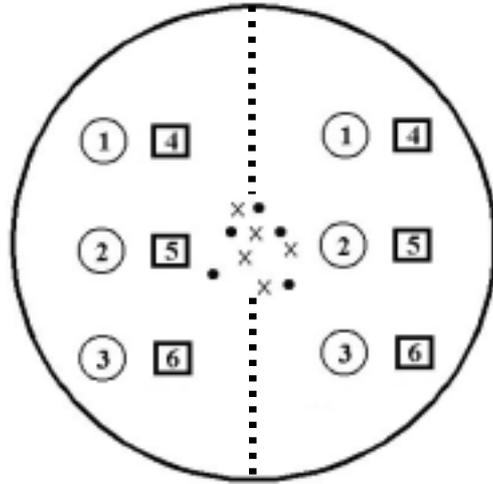
구분 조사시기 조사구번호	자연낙하조사구의 치묘 수			구분 조사시기 조사구번호	자연낙하+ 인공하중조사구의 치묘 수		
	2005년 6월	2005년 10월	2006년 6월		2005년 6월	2005년 10월	2006년 6월
12-1	1	1	2	12-4	12	9	6
12-2	0	0	1	12-5	6	4	4
12-3	1	1	0	12-6	16	7	3
계	2	2	3	계	34	20	13
평 균	0.7	0.7	1.0	평 균	11.3	6.6	4.3

표 2-21. 단목혼효림시험구(관목층제거+ 부식층제거+ 토양경운구)의 조사구별, 처리별, 연도별 치묘 수

인공하중조사구 : 1m²당 100립 하중

구분 조사시기 조사구번호	자연낙하조사구의 치묘 수			구분 조사시기 조사구번호	자연낙하+ 인공하중조사구의 치묘 수		
	2005년 6월	2005년 10월	2006년 6월		2005년 6월	2005년 10월	2006년 6월
13-1	2	2	2	13-4	15	7	5
13-2	1	0	0	13-5	11	9	4
13-3	0	0	1	13-6	8	5	6
계	3	2	3	계	34	21	15
평 균	1.0	0.7	1.0	평 균	11.3	7.0	5.0

나. 균상혼효립시험구(능선부)의 배치와 조사구 번호

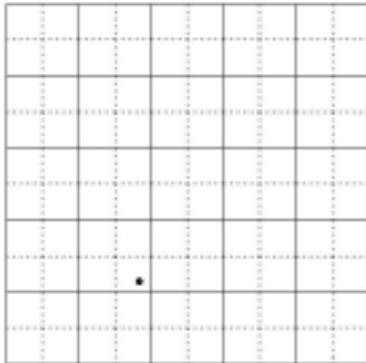


시험구번호 8-1(좌), 8-2(우)
 관목층제거 + 부식층제거구(좌)와
 관목층제거 + 부식층제거 + 토양경운구(우)

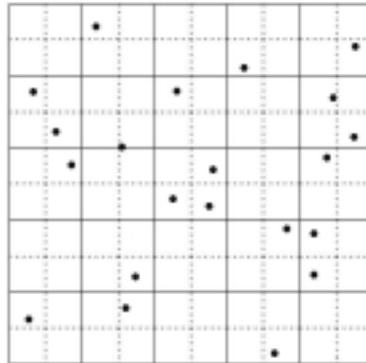
그림 2-15. 시험구번호 8-1(左)과 시험구번호 8-2(右)(○:자연낙하조사구, □:자연낙하+인공하중조사구 : 1m²당 100립 파종).

1) 연도별, 처리구별 치묘 위치와 치묘 수(관목층제거+부식층제거구)

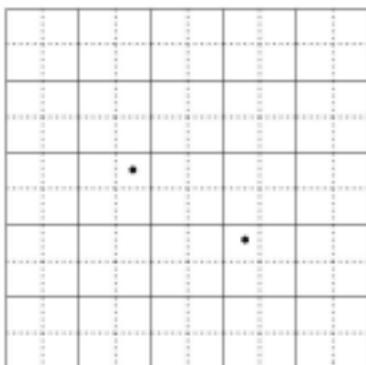
가) 2005년 6월 조사 시의 치묘 위치와 치묘 수



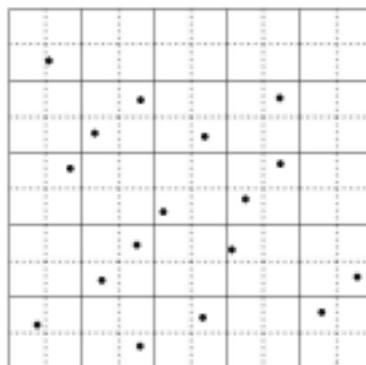
8-1-1(1)



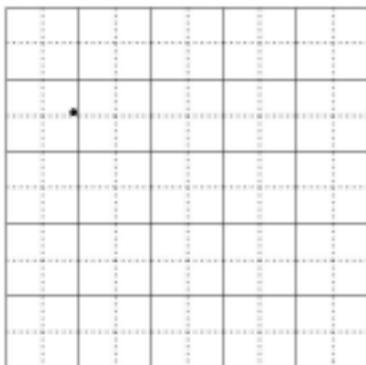
8-1-4(21)



8-1-2(2)

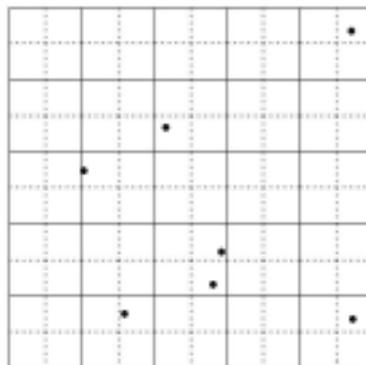


8-1-5(17)



8-1-3(1)

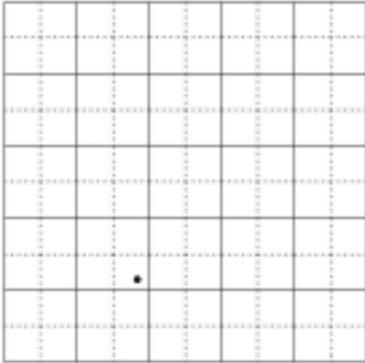
<자연낙하조사구>



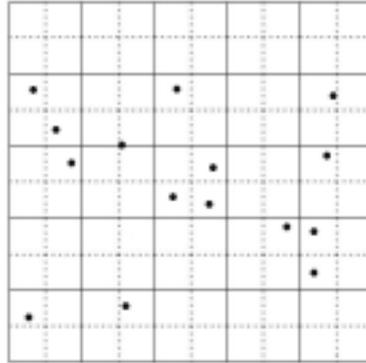
8-1-6(7)

<자연낙하+인공하종조사구>

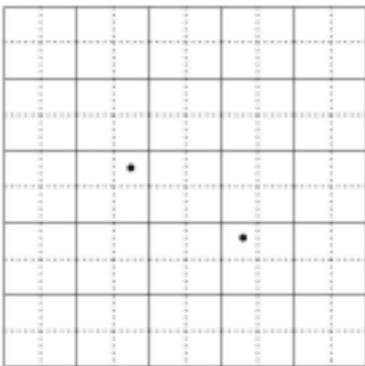
나) 2005년 10월 조사 시의 치묘 위치와 치묘 수



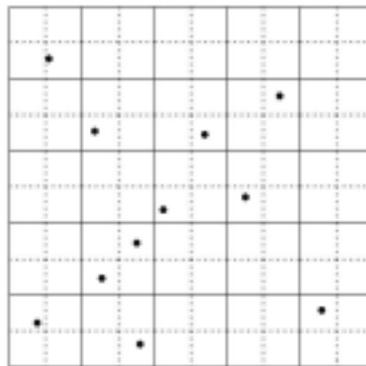
8-1-1(1)



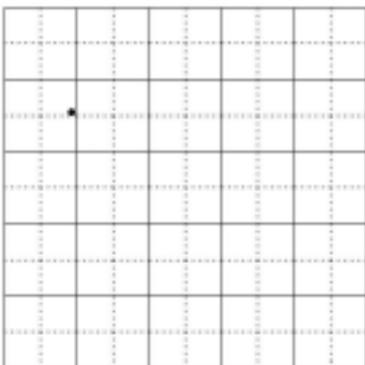
8-1-4(15)



8-1-2(2)

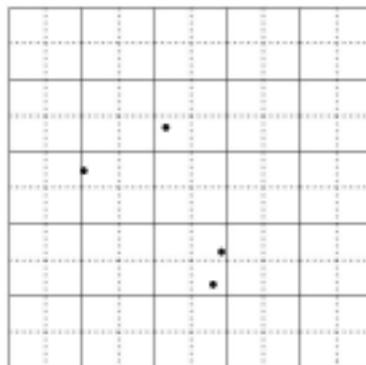


8-1-5(11)



8-1-3(1)

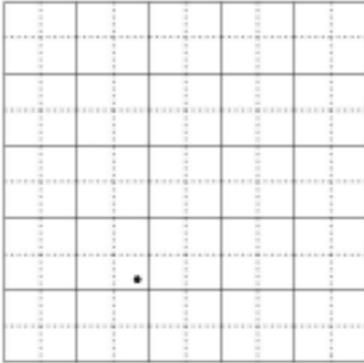
<자연낙하조사구>



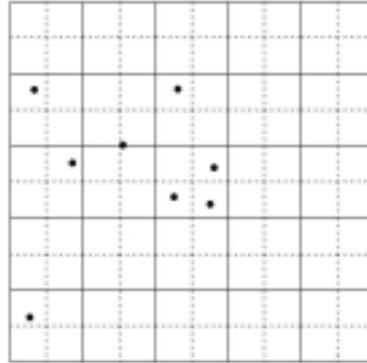
8-1-6(4)

<자연낙하+ 인공하중조사구>

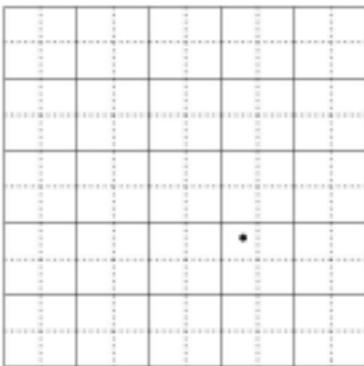
다) 2006년 6월 조사 시의 치묘 위치와 치묘 수



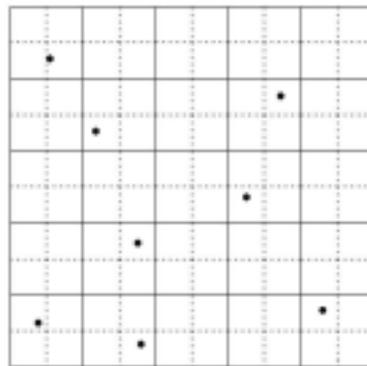
8-1-1(1)



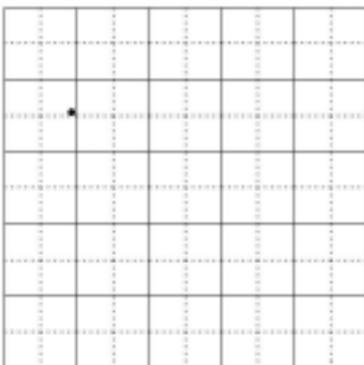
8-1-4(8)



8-1-2(1)

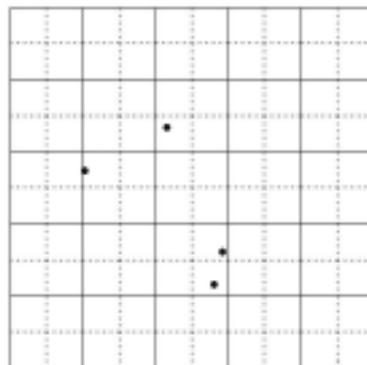


8-1-5(8)



8-1-3(1)

<자연낙하조사구>

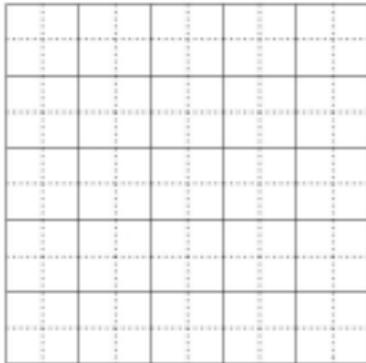


8-1-6(2)

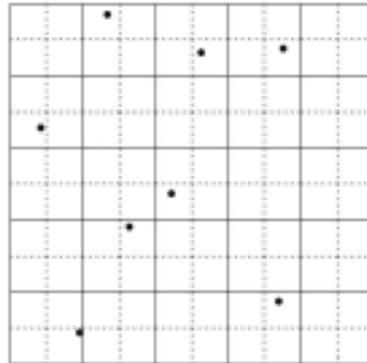
<자연낙하+ 인공하중조사구>

2) 연도별, 처리구별 치묘 위치와 치묘 수(관목층제거+부식층제거+토양경운구)

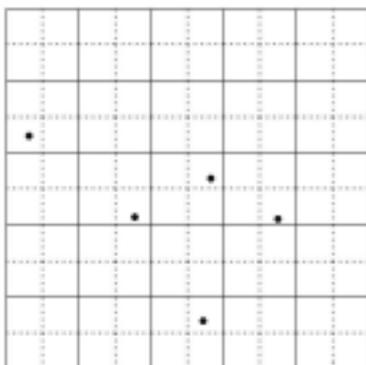
가) 2005년 6월 조사 시의 치묘 위치와 치묘 수



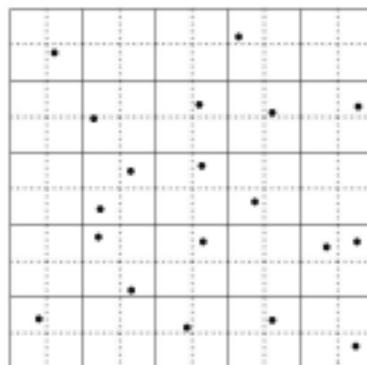
8-2-1(0)



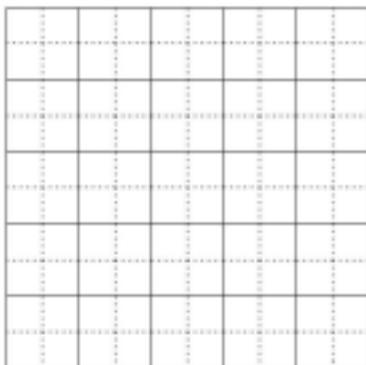
8-2-4(8)



8-2-2(5)

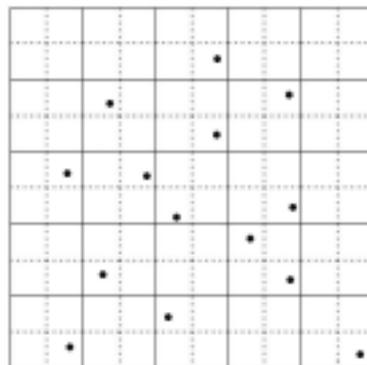


8-2-5(19)



8-2-3(0)

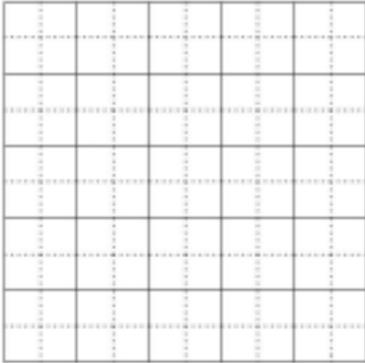
<자연낙하조사구>



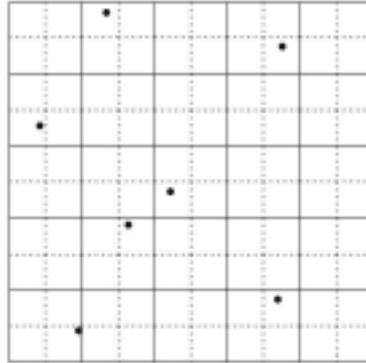
8-2-6(14)

<자연낙하+인공하종조사구>

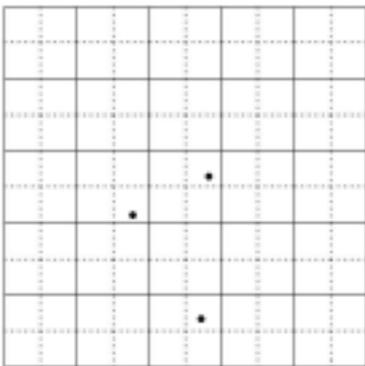
나) 2005년 10월 조사 시의 치묘 위치와 치묘 수



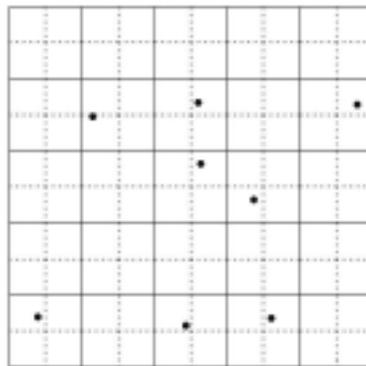
8-2-1(0)



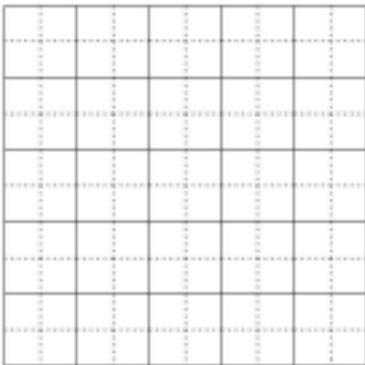
8-2-4(7)



8-2-2(3)

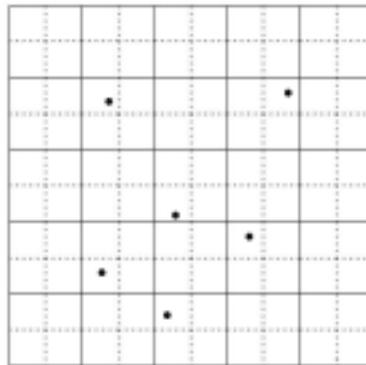


8-2-5(8)



8-2-3(0)

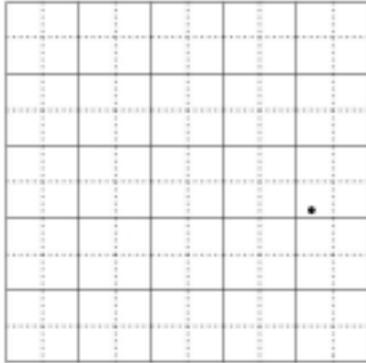
<자연낙하조사구>



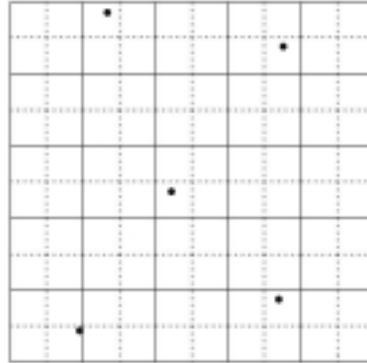
8-2-6(6)

<자연낙하+ 인공하중조사구>

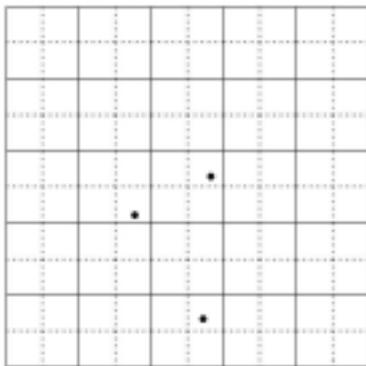
다) 2006년 6월 조사 시의 치묘 위치와 치묘 수



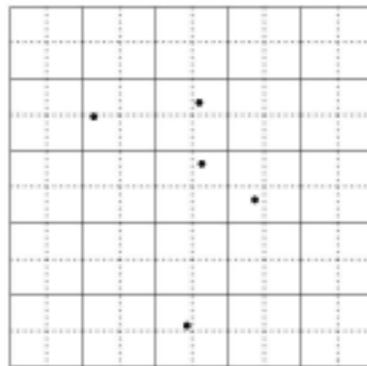
8-2-1(1)



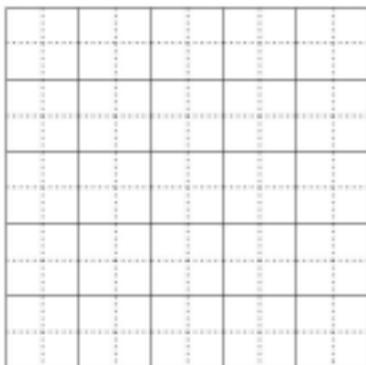
8-2-4(5)



8-2-2(3)

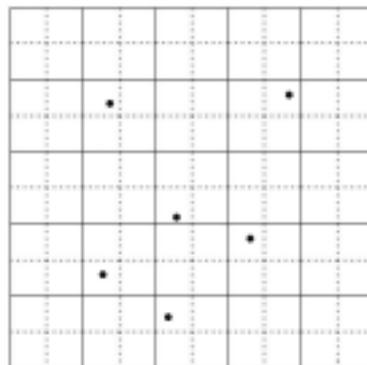


8-2-5(5)



8-2-3(0)

<자연낙하조사구>



8-2-6(6)

<자연낙하+ 인공하중조사구>

표 2-22-1. 군상혼효립시험구(관목층제거+ 부식층제거구)의 조사구별, 처리별, 연도별 치묘 수(능선부)

인공하중조사구 : 1m²당 100립 하중

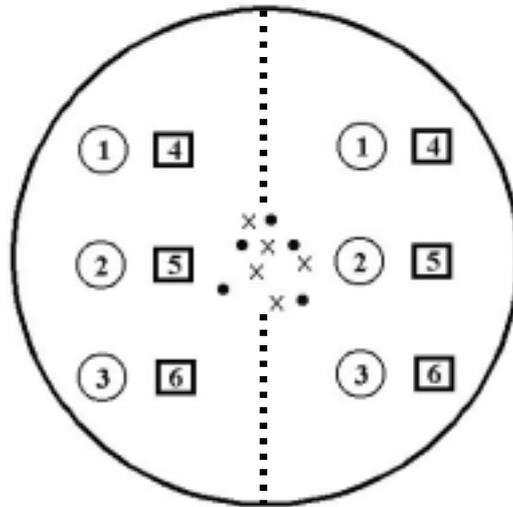
구분 조사시기 조사구번호	자연낙하조사구의 치묘 수			구분 조사시기 조사구번호	자연낙하+ 인공하중조사구의 치묘 수		
	2005년 6월	2005년 10월	2006년 6월		2005년 6월	2005년 10월	2006년 6월
8-1-1	1	1	1	8-1-4	21	15	8
8-1-2	2	2	1	8-1-5	17	11	8
8-1-3	1	1	1	8-1-6	7	4	2
계	4	4	3	계	45	30	18
평 균	1.3	1.3	1.0	평 균	15.0	7.6	6.0

표 2-22-2. 군상혼효립시험구(관목층제거+ 부식층제거+ 토양경운구)의 조사구별, 처리별, 연도별 치묘 수(능선부)

인공하중조사구 : 1m²당 100립 하중

구분 조사시기 조사구번호	자연낙하조사구의 치묘 수			구분 조사시기 조사구번호	자연낙하+ 인공하중조사구의 치묘 수		
	2005년 6월	2005년 10월	2006년 6월		2005년 6월	2005년 10월	2006년 6월
8-2-1	0	0	1	8-2-4	8	7	5
8-2-2	5	3	3	8-2-5	19	8	5
8-2-3	0	0	0	8-2-6	14	6	6
계	5	3	4	계	41	21	16
평 균	1.7	1.0	1.3	평 균	13.6	7.0	5.3

다. 균상혼효립시험구(계곡부)의 배치와 조사구 번호

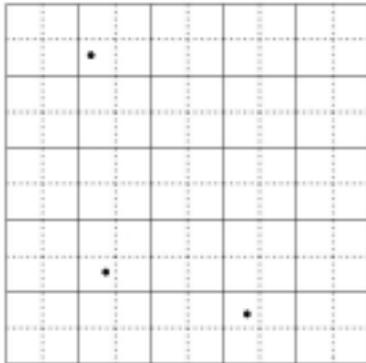


시험구번호 9-1(좌), 9-2(우)
관목층제거+ 부식층제거구(좌)와
관목층제거+ 부식층제거+ 토양경운구(우)

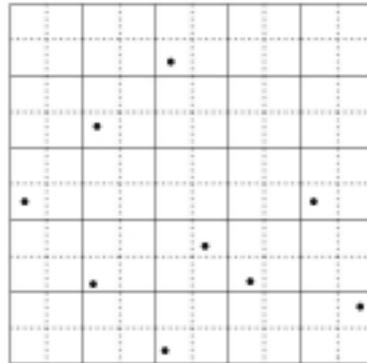
그림 2-16. 시험구번호 9-1(左)과 시험구
번호 9-2(右)(○:자연낙하조
사구, □:자연낙하+ 인공하중
조사구 : 1㎡당 100립 파종).

1) 연도별, 처리구별 치묘 위치와 치묘 수(관목층제거+부식층제거구)

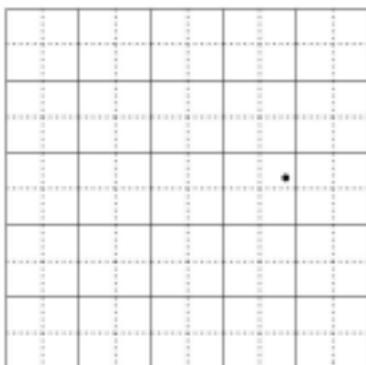
가) 2005년 6월 조사 시의 치묘 위치와 치묘 수



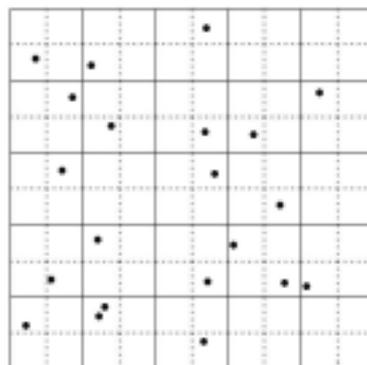
9-1-1(3)



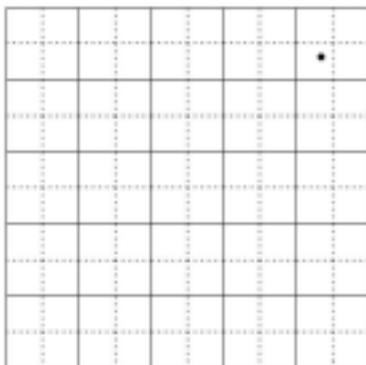
9-1-4(9)



9-1-2(1)

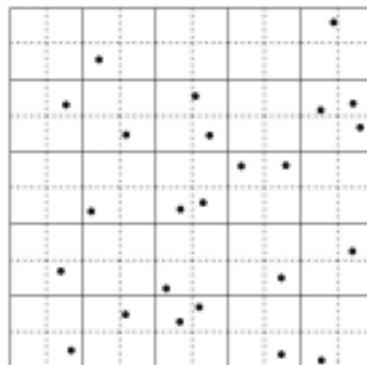


9-1-5(21)



9-1-3(1)

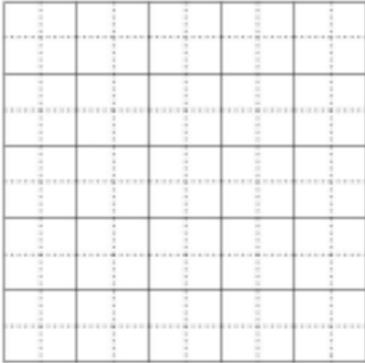
<자연낙하조사구>



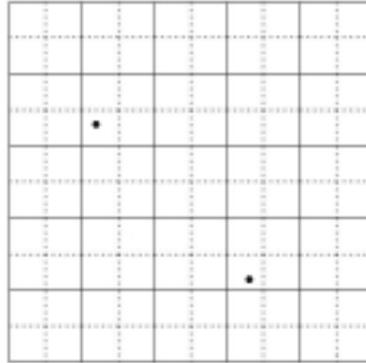
9-1-6(24)

<자연낙하+인공하종조사구>

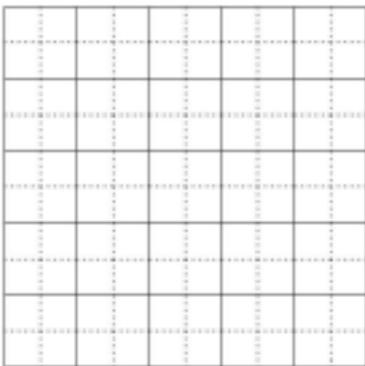
나) 2005년 10월 조사 시의 치묘 위치와 치묘 수



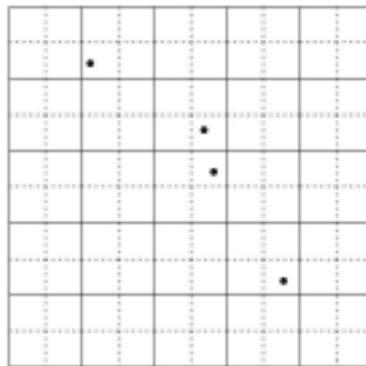
9-1-1(0)



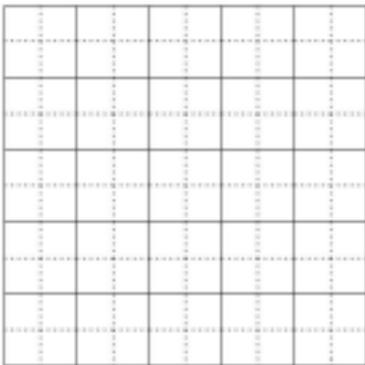
9-1-4(2)



9-1-2(0)

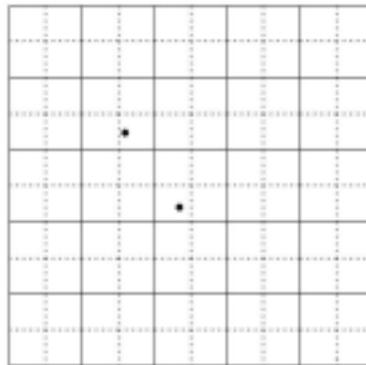


9-1-5(4)



9-1-3(0)

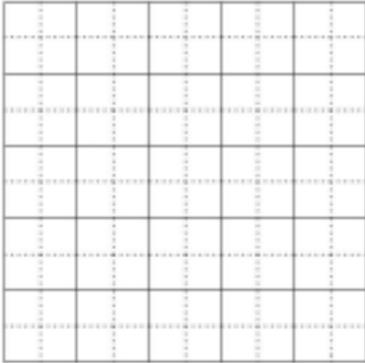
<자연낙하조사구>



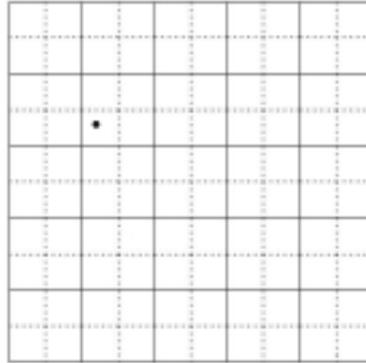
9-1-6(2)

<자연낙하+ 인공하중조사구>

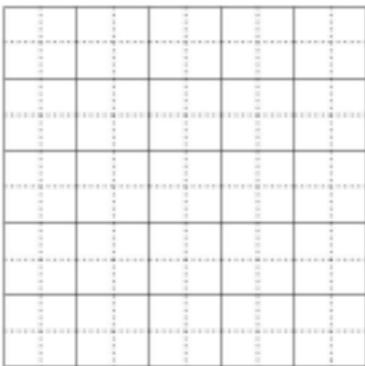
다) 2006년 6월 조사 시의 치묘 위치와 치묘 수



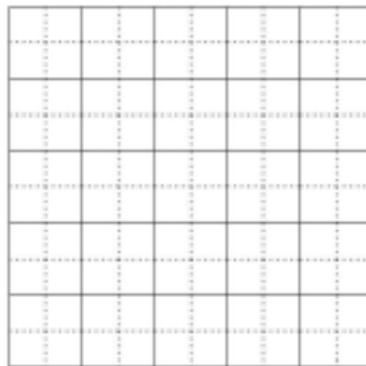
9-1-1(0)



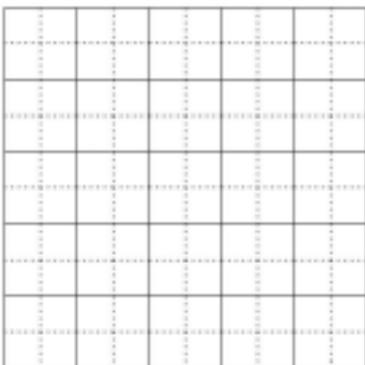
9-1-4(1)



9-1-2(0)

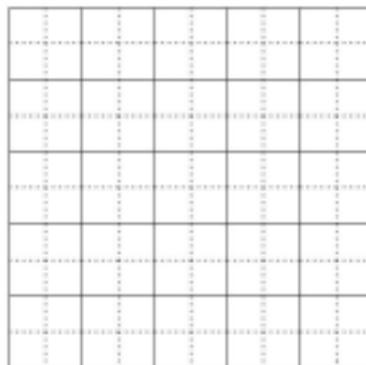


9-1-5(0)



9-1-3(0)

<자연낙하조사구>

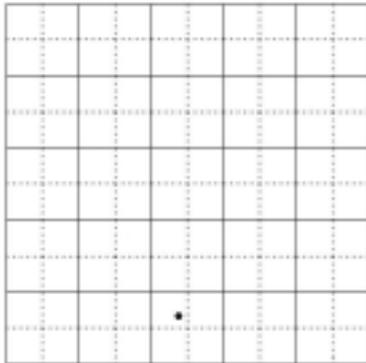


9-1-6(0)

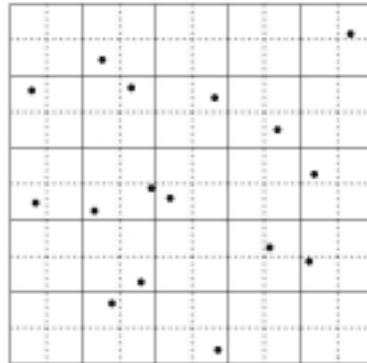
<자연낙하+ 인공하중조사구>

2) 연도별, 처리구별 치묘 위치와 치묘 수(관목층제거+부식층제거+토양경운구)

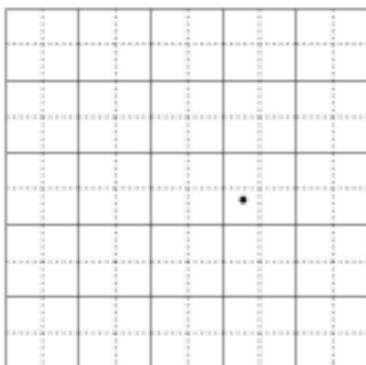
가) 2005년 6월 조사 시의 치묘 위치와 치묘 수



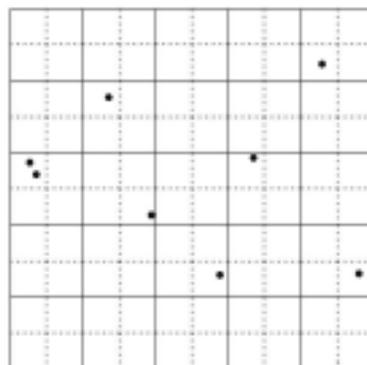
9-2-1(1)



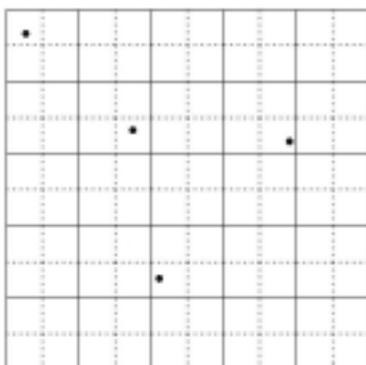
9-2-4(16)



9-2-2(1)

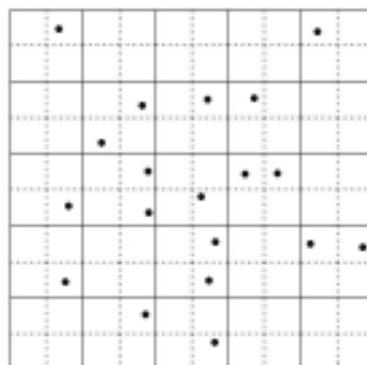


9-2-5(8)



9-2-3(4)

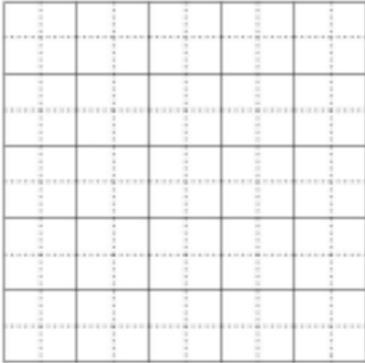
<자연낙하조사구>



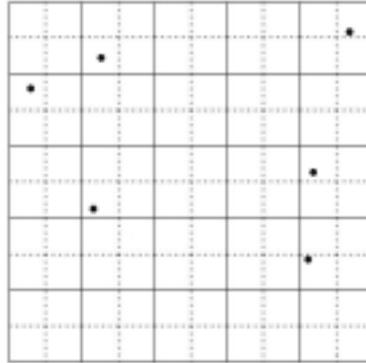
9-2-6(19)

<자연낙하+인공하종조사구>

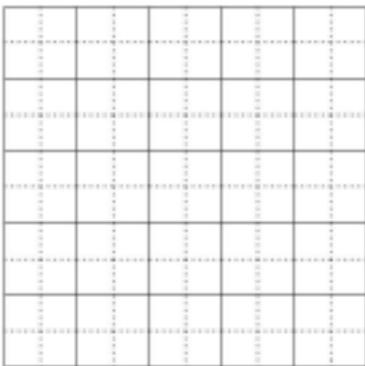
나) 2005년 10월 조사 시의 치묘 위치와 치묘 수



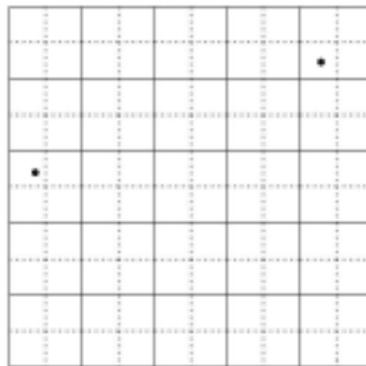
9-2-1(0)



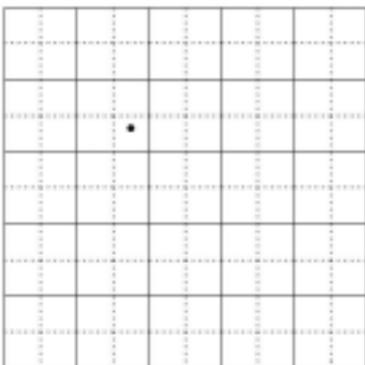
9-2-4(6)



9-2-2(0)

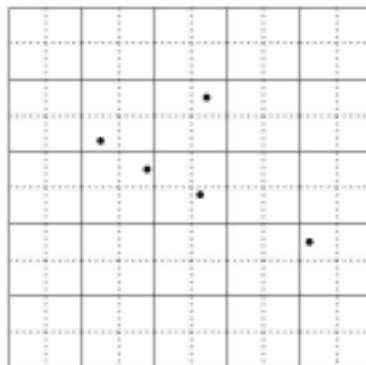


9-2-5(2)



9-2-3(1)

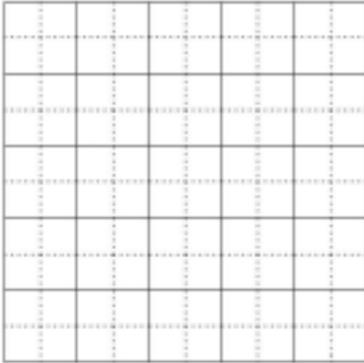
<자연낙하조사구>



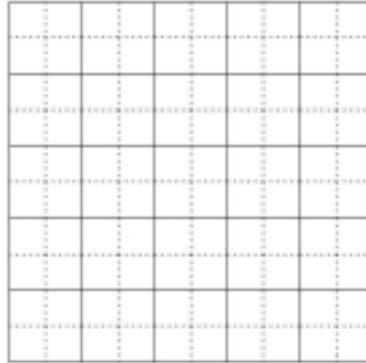
9-2-6(5)

<자연낙하+ 인공하중조사구>

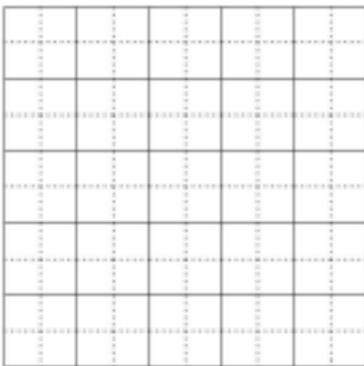
다) 2006년 6월 조사 시의 치묘 위치와 치묘 수



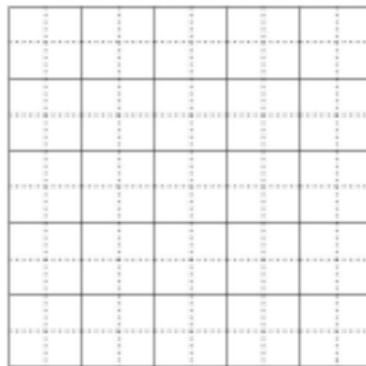
9-2-1(0)



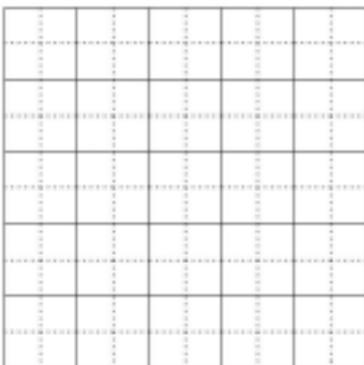
9-2-4(0)



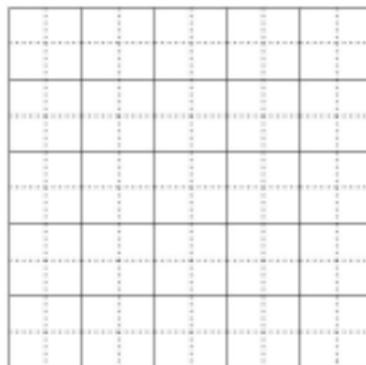
9-2-2(0)



9-2-5(0)



9-2-3(0)
<자연낙하조사구>



9-2-6(0)
<자연낙하+ 인공하중조사구>

표 2-23-1. 군상혼효립시험구(관목층제거+ 부식층제거구)의 조사구별, 처리별, 연도별 치묘 수(계곡부)

인공하중조사구 : 1㎡당 100립 하중

구분 조사시기 조사구번호	자연낙하조사구의 치묘 수			구분 조사시기 조사구번호	자연낙하+ 인공하중조사구의 치묘 수		
	2005년 6월	2005년 10월	2006년 6월		2005년 6월	2005년 10월	2006년 6월
9-1-1	3	0	0	9-1-4	9	2	1
9-1-2	1	0	0	9-1-5	21	4	0
9-1-3	1	0	0	9-1-6	24	2	0
계	5	0	0	계	54	8	1
평 균	1.7	0.0	0.0	평 균	18.0	2.6	0.6

표 2-23-2. 군상혼효립시험구(관목층제거+ 부식층제거+ 토양경운구)의 조사구별, 처리별, 연도별 치묘 수(계곡부)

인공하중조사구 : 1㎡당 100립 하중

구분 조사시기 조사구번호	자연낙하조사구의 치묘 수			구분 조사시기 조사구번호	자연낙하+ 인공하중조사구의 치묘 수		
	2005년 6월	2005년 10월	2006년 6월		2005년 6월	2005년 10월	2006년 6월
9-2-1	1	0	0	9-2-4	16	6	0
9-2-2	1	0	0	9-2-5	8	2	0
9-2-3	4	1	0	9-2-6	19	5	0
계	6	1	0	계	43	13	0
평 균	2.0	0.3	0.0	평 균	14.5	4.3	0.0

표 2-24. 혼효림갱신구의 처리구별 치묘 수 일람표

천연갱신방법	처리구별	조사시기			시험구 번호	
		2005년6월	2005년10 월	2006년6월		
		자연낙하/ 자연낙하+ 인공하중 (m ² 당립수)	자연낙하/ 자연낙하+ 인공하중 (m ² 당립수)	자연낙하/ 자연낙하+ 인공하중 (m ² 당립수)		
혼효림갱신 (소나무와 참나무류)	단목혼효림 시험구	관목층제거+ 부식층제거	0.7/11.3	0.7/6.6	1.0/4.3	12
		관목층제거+ 부식층제거 + 토양경운	1.0/11.3	0.7/7.0	1.0/5.0	13
	군상혼효림 시험구 (능선부)	관목층제거+ 부식층제거	1.3/15.0	1.3/7.6	1.0/6.0	8-1
		관목층제거+ 부식층제거 + 토양경운	1.7/13.6	1.0/7.0	1.3/5.3	8-2
	군상혼효림 시험구 (계곡부)	관목층제거+ 부식층제거	1.7/18.0	0.0/2.6	0.0/0.6	9-1
		관목층제거+ 부식층제거 + 토양경운	2.0/14.5	0.3/4.3	0.0/0.0	9-2

표 2-25-1. 혼효림갱신-단목혼효림시험구의 처리구별 치묘 수 t-검정(자연낙하조사구)

조사시기	처리구별	N	평균값	t-값
2005년 6월	관목층제거+ 부식층제거	3	.67	-.500
	관목층제거+ 부식층제거+ 토양경운	3	1.00	
2005년 10월	관목층제거+ 부식층제거	3	.67	.000
	관목층제거+ 부식층제거+ 토양경운	3	.67	
2006년 6월	관목층제거+ 부식층제거	3	1.00	.000
	관목층제거+ 부식층제거+ 토양경운	3	1.00	

표 2-25-2. 혼효림갱신-단목혼효림시험구의 처리구별 치묘 수 t-검정(자연낙하+인공하중구)

조사시기	처리구별	N	평균값	t-값
2005년 6월	관목층제거+ 부식층제거	3	11.33	.000
	관목층제거+ 부식층제거+ 토양경운	3	11.33	
2005년 10월	관목층제거+ 부식층제거	3	6.67	-.180
	관목층제거+ 부식층제거+ 토양경운	3	7.00	
2006년 6월	관목층제거+ 부식층제거	3	4.33	-.632
	관목층제거+ 부식층제거+ 토양경운	3	5.00	

표 2-26-1. 혼효림갱신-군상혼효림시험구(능선부)의 처리구별 치묘 수 t-검정(자연 낙하조사구)

조사시기	처리구별	N	평균값	t-값
2005년 6월	관목층제거+ 부식층제거	3	1.33	-.196
	관목층제거+ 부식층제거+ 토양경운	3	1.67	
2005년 10월	관목층제거+ 부식층제거	3	1.33	.316
	관목층제거+ 부식층제거+ 토양경운	3	1.00	
2006년 6월	관목층제거+ 부식층제거	3	1.00	-.378
	관목층제거+ 부식층제거+ 토양경운	3	1.33	

표 2-26-2. 혼효림갱신-군상혼효림시험구(능선부)의 처리구별 치묘 수 t-검정(자연 낙하+ 인공하중구)

조사시기	처리구별	N	평균값	t-값
2005년 6월	관목층제거+ 부식층제거	3	15.00	.255
	관목층제거+ 부식층제거+ 토양경운	3	13.67	
2005년 10월	관목층제거+ 부식층제거	3	10.00	.919
	관목층제거+ 부식층제거+ 토양경운	3	7.00	
2006년 6월	관목층제거+ 부식층제거	3	6.00	.329
	관목층제거+ 부식층제거+ 토양경운	3	5.33	

표 2-27-1. 혼효림갱신-군상혼효림시험구(계곡부)의 처리구별 치묘 수 t-검정(자연 낙하조사구)

조사시기	처리구별	N	평균값	t-값
2005년 6월	관목층제거+ 부식층제거	3	.00	.000
	관목층제거+ 부식층제거+ 토양경운	3	.00	
2005년 10월	관목층제거+ 부식층제거	3	.00	-1.000
	관목층제거+ 부식층제거+ 토양경운	3	.33	
2006년 6월	관목층제거+ 부식층제거	3	1.67	-.277
	관목층제거+ 부식층제거+ 토양경운	3	2.00	

표 2-27-2. 혼효림갱신-군상혼효림시험구(계곡부)의 처리구별 치묘 수 t-검정(자연낙하+ 인공하중구)

조사시기	처리구별	N	평균값	t-값
2005년 6월	관목층제거+ 부식층제거	3	.33	1.000
	관목층제거+ 부식층제거+ 토양경운	3	.00	
2005년 10월	관목층제거+ 부식층제거	3	2.67	-1.213
	관목층제거+ 부식층제거+ 토양경운	3	4.33	
2006년 6월	관목층제거+ 부식층제거	3	18.00	.650
	관목층제거+ 부식층제거+ 토양경운	3	14.33	

표 2-28-1. 혼효림갱신-군상혼효림시험구의 능선부와 계곡부의 치묘 수 t-검정(자연낙하조사구)

조사시기	처리구별	N	평균값	t-값
2005년 6월	군상혼효림시험구(능선부)	3	1.33	-.447
	군상혼효림시험구(계곡부)	3	1.67	
2005년 10월	군상혼효림시험구(능선부)	3	1.33	4.000*
	군상혼효림시험구(계곡부)	3	.00	

* .05 유의수준에서 유의함.
2006년 6월은 통계적으로 적용불가

표 2-28-2. 혼효림갱신-군상혼효림시험구의 능선부와 계곡부의 치묘 수 t-검정(자연낙하+ 인공하중구)

조사시기	처리구별	N	평균값	t-값
2005년 6월	군상혼효림시험구(능선부)	3	15.00	-.485
	군상혼효림시험구(계곡부)	3	18.00	
2005년 10월	군상혼효림시험구(능선부)	3	10.00	2.234
	군상혼효림시험구(계곡부)	3	2.67	
2006년 6월	군상혼효림시험구(능선부)	3	6.00	2.795*
	군상혼효림시험구(계곡부)	3	.33	

* .05 유의수준에서 유의함.

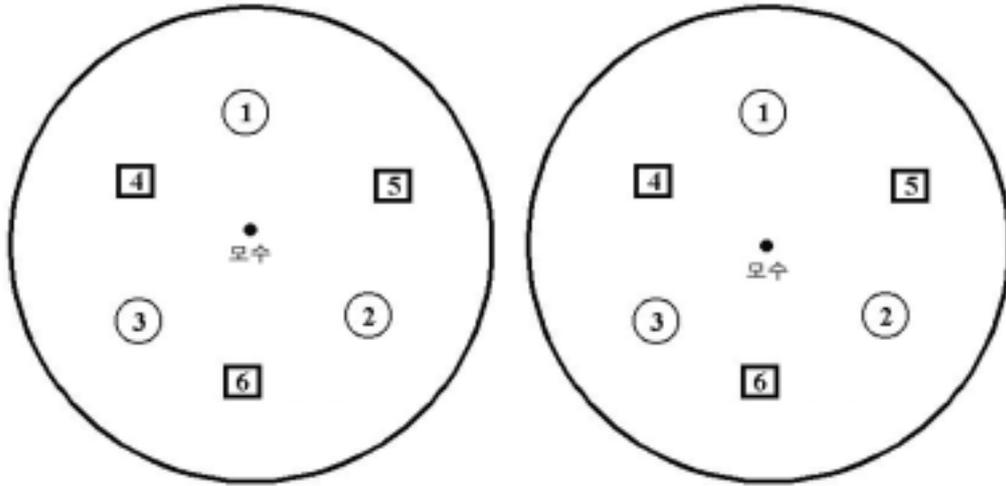
모수갱신 간 처리구, 즉 관목층제거+부식층제거구, 관목층제거+부식층제거+토양경운구 간에는 유의성이 나타나지 않았으며 단목갱신구와 소면적군상모수림시험구 간에도 지역낙하, 자연낙하+인공하중간의 m²당 치묘 수에는 유의성이 나타나지 않았다.

군상혼효림시험구의 경우 능선부에 설치한 시험구와 계곡부에 설치한 시험구 간에는 2006년 6월 조사 시에는 유의성이 나타나지 않았으나 2005년 10월 조사 시에는 고도의 유의성이 인정되었다.

이와 같은 결과는 소나무와 참나무류 혼효림의 경우 능선부에서는 천연갱신으로 후계림 조성이 가능하나 계곡부에서는 천연갱신으로 후계림 조성이 어려우며 인공조림으로 후계림을 조성하는 것이 효율적임을 의미한다.

4. 중립시험구

가. 중립시험구(상층 소나무, 하층 참나무류)의 배치와 조사구 번호



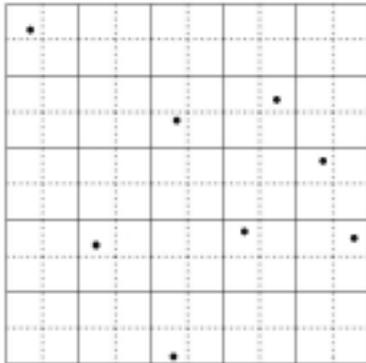
시험구번호 14
 <관목층제거+ 부식층제거구>

시험구번호 15
 <관목층제거+ 부식층제거+ 토양경운구>

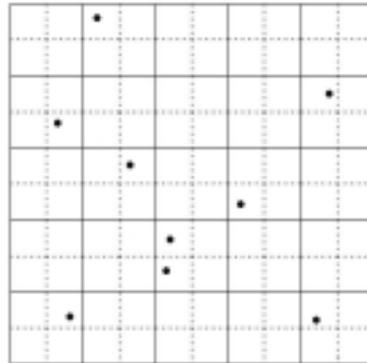
그림 2-17. 시험구번호-14(左)과 시험구번호-15(右)(○:자연낙하조사구, □:자연낙하
 + 인공하중조사구 : 1m²당 100립 파중).

1) 연도별, 처리구별 치묘 위치와 치묘 수(관목층제거+부식층제거구)

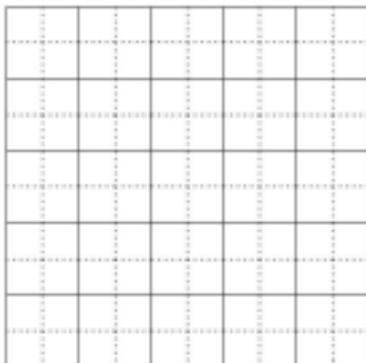
가) 2005년 6월 조사 시의 치묘 위치와 치묘 수



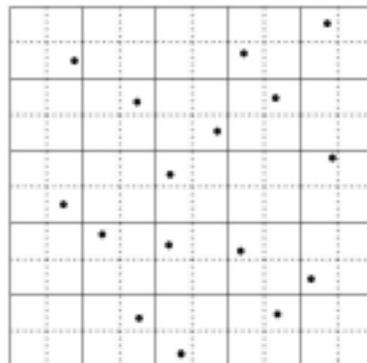
14-1(8)



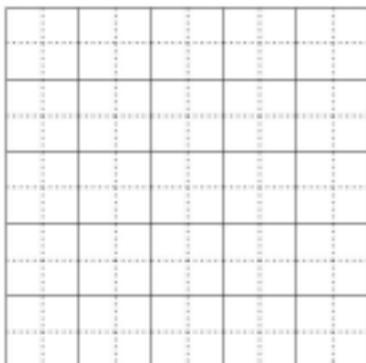
14-4(9)



14-2(0)

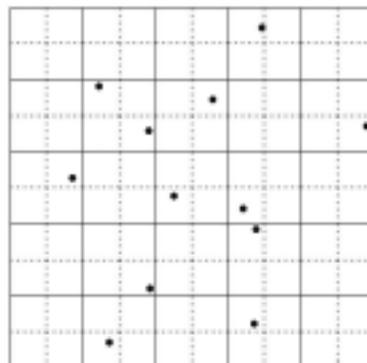


14-5(16)



14-3(0)

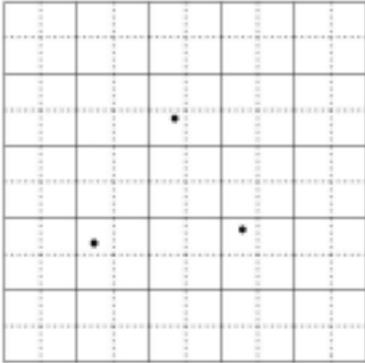
<자연낙하조사구>



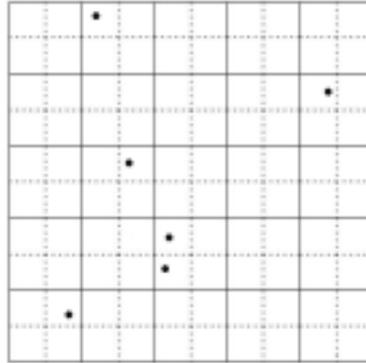
14-6(12)

<자연낙하+인공하종조사구>

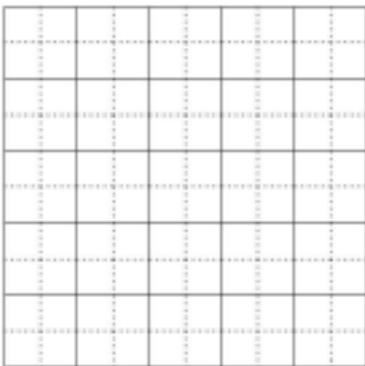
나) 2005년 10월 조사 시의 치묘 위치와 치묘 수



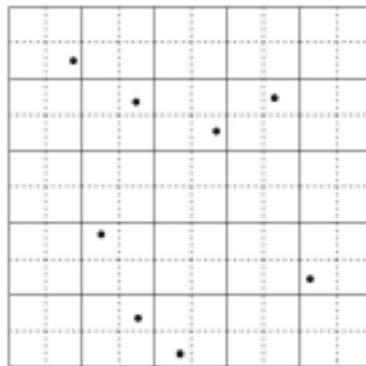
14-1(3)



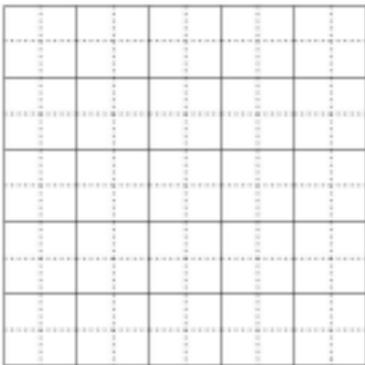
14-4(6)



14-2(0)

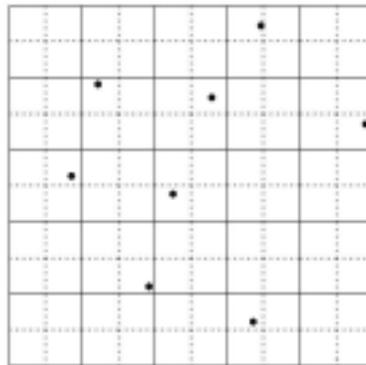


14-5(8)



14-3(0)

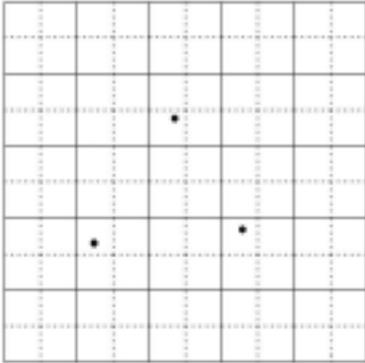
<자연낙하조사구>



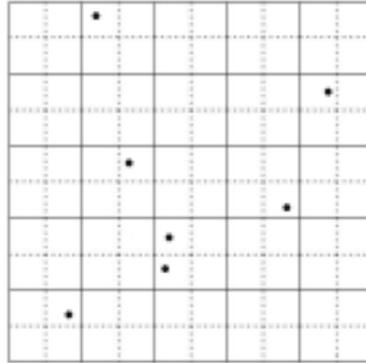
14-6(8)

<자연낙하+ 인공하중조사구>

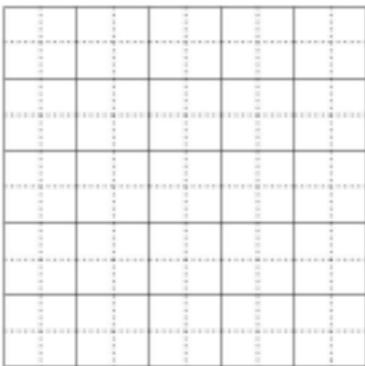
다) 2006년 6월 조사 시의 치묘 위치와 치묘 수



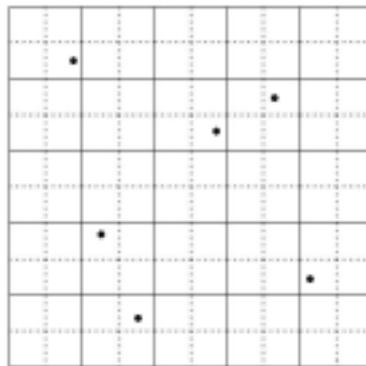
14-1(3)



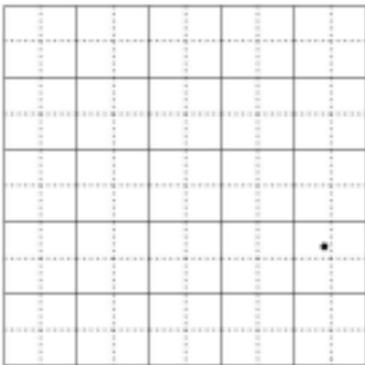
14-4(7)



14-2(0)

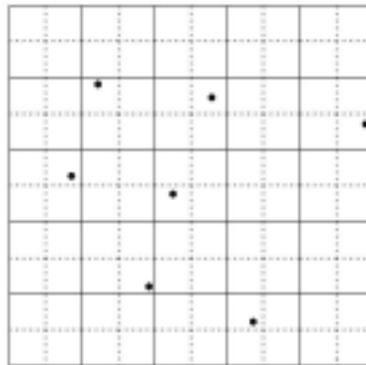


14-5(6)



14-3(1)

<자연낙하조사구>

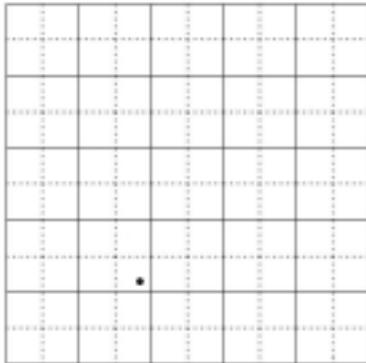


14-6(7)

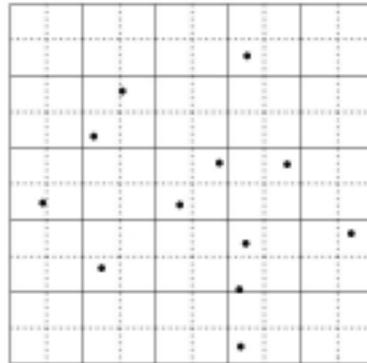
<자연낙하+ 인공하중조사구>

2) 연도별, 처리구별 치묘 위치와 치묘 수(관목층제거+부식층제거+토양경운구)

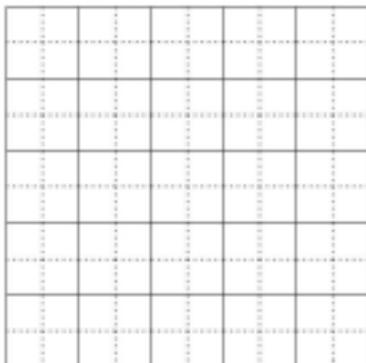
가) 2005년 6월 조사 시의 치묘 위치와 치묘 수



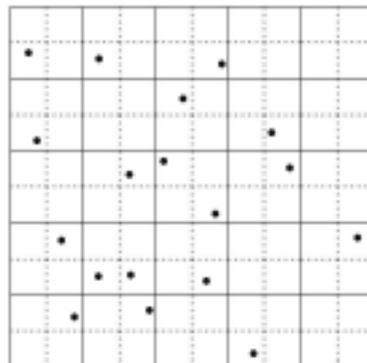
15-1(1)



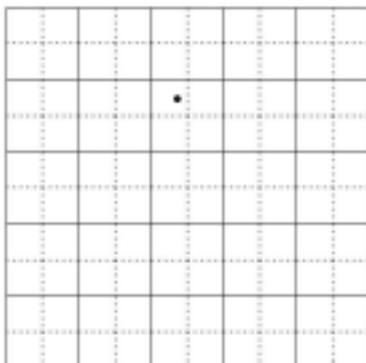
15-4(12)



15-2(0)

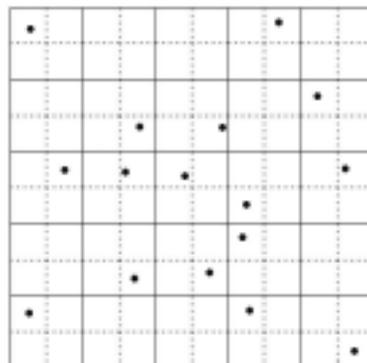


15-5(18)



15-3(1)

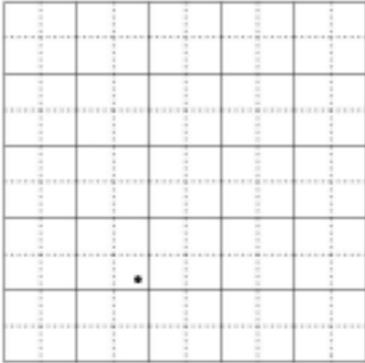
<자연낙하조사구>



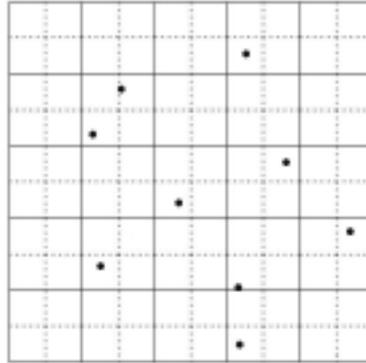
15-6(16)

<자연낙하+인공하종조사구>

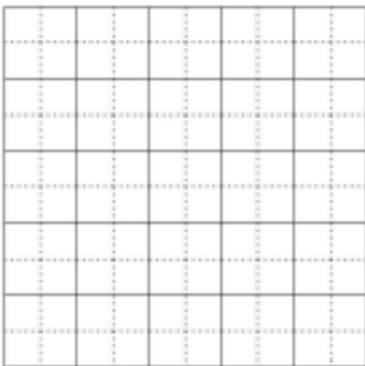
나) 2005년 10월 조사 시의 치묘 위치와 치묘 수



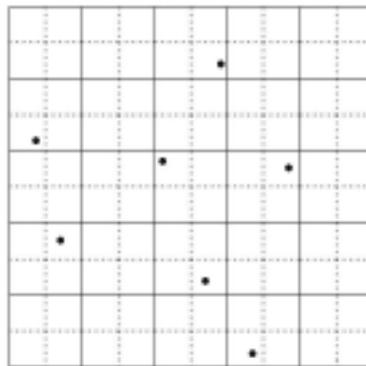
15-1(1)



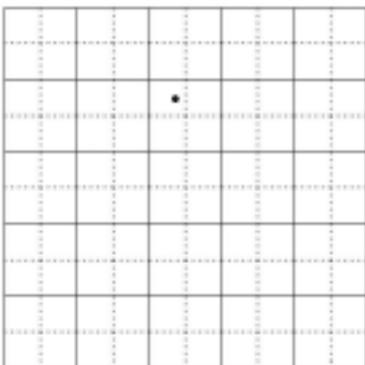
15-4(9)



15-2(0)

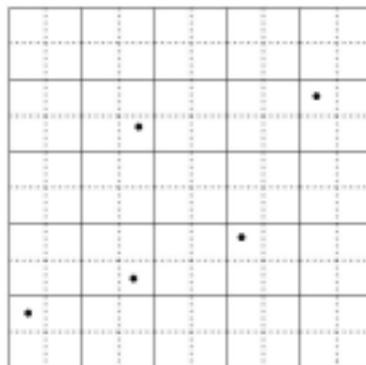


15-5(7)



15-3(1)

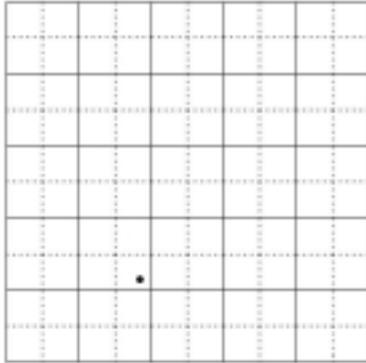
<자연낙하조사구>



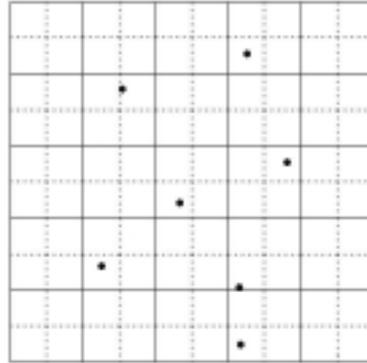
15-6(5)

<자연낙하+ 인공하중조사구>

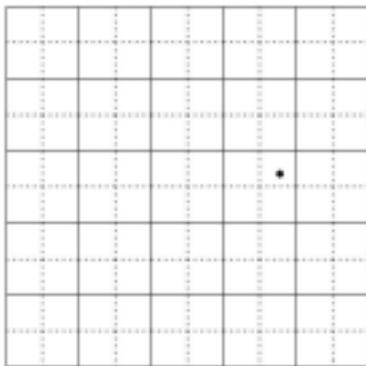
다) 2006년 6월 조사 시의 치묘 위치와 치묘 수



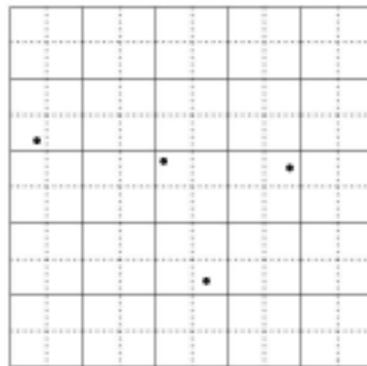
15-1(1)



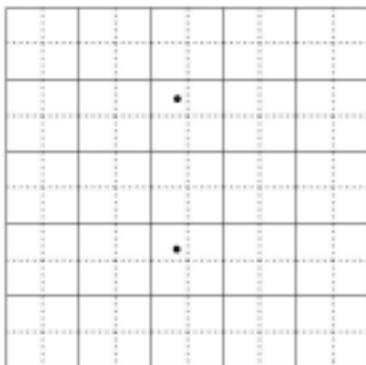
15-4(7)



15-2(1)

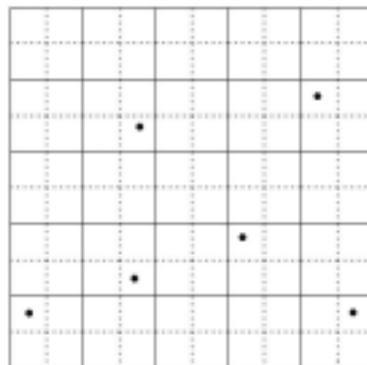


15-5(4)



15-3(2)

<자연낙하조사구>



15-6(6)

<자연낙하+ 인공하중조사구>

표 2-29. 중립시험구(관목층제거+ 부식층제거구)의 조사구별, 처리별, 연도별 치묘 수

인공하중조사구 : 1㎡당 100립 하중

구분 조사시기 조사구번호	자연낙하조사구의 치묘 수			구분 조사시기 조사구번호	자연낙하+ 인공하중조사구의 치묘 수		
	2005년 6월	2005년 10월	2006년 6월		2005년 6월	2005년 10월	2006년 6월
14-1	8	3	3	14-4	9	6	7
14-2	0	0	0	14-5	16	8	6
14-3	0	0	1	14-6	12	8	7
계	8	3	4	계	37	22	20
평 균	2.7	1.0	1.3	평 균	12.3	7.3	6.6

표 2-30. 중립시험구(관목층제거+ 부식층제거+ 토양경운구)의 조사구별, 처리별, 연도별 치묘 수

인공하중조사구 : 1㎡당 100립 하중

구분 조사시기 조사구번호	자연낙하조사구의 치묘 수			구분 조사시기 조사구번호	자연낙하+ 인공하중조사구의 치묘 수		
	2005년 6월	2005년 10월	2006년 6월		2005년 6월	2005년 10월	2006년 6월
15-1	1	1	1	15-4	12	9	7
15-2	0	0	1	15-5	18	7	4
15-3	0	1	2	15-6	16	5	6
계	2	2	4	계	46	21	17
평 균	0.7	0.7	1.3	평 균	15.3	7.0	5.8

표 2-31. 증립갱신구의 처리구별 치묘 수 일람표

천연갱신방법	처리구별	조사시기			시험구 번호
		2005년6월	2005년10 월	2006년6월	
		자연낙하/ 자연낙하+ 인공하중 (m ² 당립수)	자연낙하/ 자연낙하+ 인공하중 (m ² 당립수)	자연낙하/ 자연낙하+ 인공하중 (m ² 당립수)	
증립 시험구(상층-소나무, 하층-참나무류)	관목층제거+ 부식층제거	2.0/12.3	1.0/7.3	1.3/6.6	14
	관목층제거+ 부식층제거 + 토양경운	0.7/15.3	0.7/7.0	1.3/5.8	15

표 2-32-1. 증립시험구의 처리구별 치묘 수 t-검정(자연낙하조사구)

조사시기	처리구별	N	평균값	t-값
2005년 6월	관목층제거+ 부식층제거	3	2.67	.868
	관목층제거+ 부식층제거+ 토양경운	3	.33	
2005년 10월	관목층제거+ 부식층제거	3	1.00	.316
	관목층제거+ 부식층제거+ 토양경운	3	.67	
2006년 6월	관목층제거+ 부식층제거	3	1.33	.000
	관목층제거+ 부식층제거+ 토양경운	3	1.33	

표 2-32-2. 증립시험구의 처리구별 치묘 수 t-검정(자연낙하+ 인공하중구)

조사시기	처리구별	N	평균값	t-값
2005년 6월	관목층제거+ 부식층제거	3	12.33	-1.116
	관목층제거+ 부식층제거+ 토양경운	3	15.33	
2005년 10월	관목층제거+ 부식층제거	3	7.33	.250
	관목층제거+ 부식층제거+ 토양경운	3	7.00	
2006년 6월	관목층제거+ 부식층제거	3	6.67	1.061
	관목층제거+ 부식층제거+ 토양경운	3	5.67	

상층 소나무림, 하층 참나무류인 경우 관목층제거+ 부식층제거구와 관목층제거+ 부식층제거+ 토양경운구 간에 m²당 치묘 수에는 유의성이 나타나지 않았다. 천연갱신 방법 간(표 2-33-1, 표 2-33-2)에도 유의성이 나타나지 않았다.

표 2-33-1. 천연갱신방법별(관목층제거+ 부식층제거)의 치묘 수 유의성 검정 (자연 낙하조사구)

조사시기	대상개별	모수갱신	혼효립갱신	중립	F-값
2005년 6월 (N)	1.00 a 6	4.68 a 38	1.22 a 9	2.67 a 3	2.996*
2005년 10월 (N)	.67 a 6	4.34 a 38	.67 a 9	1.00 a 3	3.373*
2006년 6월 (N)	.83 a 6	4.11 a 38	.67 a 9	1.33 a 3	4.595**

^a Duncan Grouping.

* .05 유의수준에서 유의함. ** .01 유의수준에서 유의함.

표 2-33-2. 천연갱신방법별(관목층제거+부식층제거)의 치묘 수 유의성 검정 (자연 낙하+인공하종구)

조사시기	대상개별	모수갱신	혼효립갱신	중립	F-값
2005년 6월 (N)	14.17 a 6	16.33 a 6	14.78 a 9	12.33 a 3	.404
2005년 10월 (N)	7.00 a 6	8.00 a 6	6.44 a 9	7.33 a 3	.202
2006년 6월 (N)	6.83 a 6	6.00 a 6	3.56 a 9	6.67 a 3	1.791

^a Duncan Grouping.

이와 같은 결과는 소나무 임분의 여건과 입지조건에 따라 대상개별방법, 모수갱신 방법, 혼효립갱신, 중립갱신 어느 방법도 천연하종+인공하종 갱신이 가능하나 단, 계곡부에서는 천연하종, 천연하종+인공하종보다는 인공조림에 의존하는 것이 효과적인 것을 의미한다.

제 4 절 요약

1. 우리나라 소나무 임분의 특성을 고려할 때 대상개벌하중갱신, 모수갱신, 혼효림갱신, 중림갱신 시에는 반드시 관목층 제거와 동시에 부식층을 제거해 주는 작업이 필수적인 것으로 사료되었다.
2. 관목층제거+부식층제거 시험구와 관목층제거+부식층제거+토양경운구 간에는 치묘 발생 수와 생존율에 유의성이 없었다.
3. 대면적군상모수갱신 시험구가 단목모수갱신 및 소면적군상모수갱신(330m² : 3~4분)에 비교하여 1m²당 자연낙하 치묘 수가 4~5배 많은 경향이 있다.
4. 단목혼효림시험구와 군상혼효림시험구 간에는 1m²당 치묘 수에 유의성이 나타나지 않았다. 군상혼효림의 경우 능선부에 위치하는 시험구는 자역낙하+인공하중으로 후계림 조성이 가능하였으며 계곡부의 시험구에서는 연도가 지남에 따라 치묘가 대부분 고사하였다. 따라서 계곡부는 천연갱신보다는 인공조림으로 후계림을 조성하는 것이 바람직할 것으로 사료되었다.
5. 소나무와 참나무류의 혼효림시험구와 중림(상층 : 소나무, 하층 : 참나무류)의 후계림 조성이 관목층제거+부식층제거구와 관목층제거+부식층제거+토양경운구 간에는 유의성이 없었다. 따라서 관목층제거+부식층제거만으로 후계림 조성이 가능한 것으로 사료되었다.

표 2-34. 천연갱신방법별, 처리별, 연도별 치묘 수

천연갱신방법	처리구별	조사시기			시험구 번호	
		2005년6월	2005년10 월	2006년6월		
		자연낙하/ 자연낙하+ 인공하중 (m ² 당립수)	자연낙하/ 자연낙하+ 인공하중 (m ² 당립수)	자연낙하/ 자연낙하+ 인공하중 (m ² 당립수)		
대상개별갱신	관목층제거구	0.5/8.5	0.2/1.1	0.2/0.6	1	
	관목층제거+ 부식층제거	1.0/14.1	0.6/7.0	0.8/7.0	2	
	관목층제거+ 부식층제거 + 토양경운	0.7/13.0	0.8/7.3	1.0/7.5	3	
	관목층제거+ 부분부식층제거	1.0/11.6	1.0/6.3	0.6/3.6	4	
	관목층제거+ 부분부식층제거 + 부분토양경운	0.6/13.6	0.6/6.3	0.6/3.6	5	
	관목층·부식층존치(무처리)	0.3/1.6	0.0/0.0	0.0/0.0	비교구	
모수 갱신	단목모수 시험구	관목층제거+ 부식층제거	1.0/16.3	0.7/11.3	1.0/9.3	10
		관목층제거+ 부식층제거 + 토양경운	1.3/17.3	0.7/10.6	0.7/6.0	11
	소면적 군상모수 시험구 (330m ²)	관목층제거+ 부식층제거	1.0/16.3	1.0/4.6	1.3/2.6	6
		관목층제거+ 부분부식층제거 + 토양경운	1.7/9.6	1.0/5.6	1.3/5.3	7
	대면적 군상모수 시험구 (1ha 당 모수 20본)	관목층제거+ 부식층제거	5.0/-	5.0/-	4.3/-	16~20
혼효림갱신 (소나무와 참나무류)	단목혼효림 시험구	관목층제거+ 부식층제거	0.7/11.3	0.7/6.6	1.0/4.3	12
		관목층제거+ 부식층제거 + 토양경운	1.0/11.3	0.7/7.0	1.0/5.0	13
	군상혼효림 시험구 (능선부)	관목층제거+ 부식층제거	1.3/15.0	1.3/7.6	1.0/6.0	8-1
		관목층제거+ 부식층제거 + 토양경운	1.7/13.6	1.0/7.0	1.3/5.3	8-2
	군상혼효림 시험구 (계곡부)	관목층제거+ 부식층제거	1.7/18.0	0.0/2.6	0.0/0.6	9-1
		관목층제거+ 부식층제거 + 토양경운	2.0/14.5	0.3/4.3	0.0/0.0	9-2
중립 시험구(상층-소나무, 하층-참나무류)	관목층제거+ 부식층제거	2.0/12.3	1.0/7.3	1.3/6.6	14	
	관목층제거+ 부식층제거 + 토양경운	0.7/15.3	0.7/7.0	1.3/5.8	15	

제 5 절 참고문헌

- 경북대학교농업과학기술연구소. 2000. 울진 소나무림 보전을 위한 국제 심포지움. pp253
- 구영분 외 38명. 2000. 산림과 임업기술[Ⅱ]산림조성. pp506.
- 김갑덕외 5명. 1989. 임학개론. pp493.
- 김지문. 1980. 조림학. pp445
- 북부지방산림관리청. 유명산자연휴양림(팸플렛)
- 산림청. 2002. 2002 숲가꾸기 현지 연찬회. pp 121.
- 서부지방산림관리청. 2001. 편백(삼나무) 관리 방안에 관한 WORKSHOP. pp130.
- 오민영외 15명. 임업기술. pp1362.
- 울진기상대, 2006, <http://uljin.kma.go.kr>.
- 윤석규, 1967, 지질도폭설명서 작성, 국립지질조사소, 35pp.
- 임경빈 외 23명. 1991. 조림학 본론. pp347
- 한국임정연구회. 2001. 울진소나무림 보전을 위한 국제 심포지움. pp.236.
- 한국임학회, 한국임정연구회. 2002. 금강소나무림 경영전략과 특별법 제정에 대한 심포지움. pp144.
- Dennis E. Ferguson and Clinton E. Carlson : 1993, Predicting Regeneration Establishment With the Prognosis Model. pp 54.
- Raymond C. Shearer and Jack A. schmidt : 1998, Natural regeneration after harvest and residue treatment in a mixed conifer forest of northwestern Montana, USDA Forest Service, Rocky Mountain Research Station, Forestry Sciences Laboratory, Missoula, MT 59807, U.S.A. 274-278
- 稲富 繁生. 1986. 天然林施業と複層林施業. pp398.
- 北方林業会. 1985. 天然林を考える. pp128.
- 佐々木重行. 1974. アカマツ(*Pinus densiflora*)의 天然更新にする既往の研究の概要について. 信州大学農学部造林研究室業績第1号. pp15.

제 3 장 모수의 결과습성

제 1 절 실험목적

지속가능한 소나무 임분으로 유지하고 우량한 형질을 가진 생태적으로 건전하고 안정된, 또한 경제적으로 효용가치가 크고 경쟁력 있는 소나무 숲으로 가꾸어가기 위해서는 소나무 재선충 등의 각종 병해충 방제, 대형산불방제, 육림작업 등과 더불어 후계림 조성 또한 시급한 과제로 생각된다.

후계림 조성을 위해서는 인공조림을 시행할 지역도 있고 지황과 임황에 따라서는 인공조림보다는 천연갱신법을 도입하는 것이 생력적인 시업방법이 될 수도 있을 것이다.

본 연구에서는 소나무의 천연갱신에 필수적인 기초정보를 수립하고 제공하는데 필요한 임분 특성에 따른 모수림의 결과 습성을 구명하기 위하여 임형별, 임분 특성별, 연도별로 구과수와 구과 당 종자 수 및 비산거리를 조사하였다.

제 2 절 실험방법

시험구역의 소나무 임분의 종 구성상태에 따라 상층이 모두 소나무로 되어 있으면 소나무 단순림으로(사진 3-1), 상층은 소나무 및 중하층은 활엽수로 되어 있으면 중림으로(사진 3-2), 그리고 다른 임분에서 떨어져 독립하여 서식하는 소나무 개체는 고립목(사진 3-3)으로 시험구를 각각 구분하였다.

임분 특성별로 결과 습성을 구명하기 위하여 소나무 단순림은 소(疏), 밀(密), 소나무 단순림의 임연부(사진 3-4)로 구분하였고, 중림은 단목 중림과 군상 중림으로, 고립목은 수령 30~40년, 50~70년, 100년 이상 시험구로 각각 구분하였다. 고립목의 수령은 성장추를 이용하여 흉고에서 목편(core)을 채취하여 연륜수를 측정하였다.

그리고 소(疏), 밀(密)의 구분은 임상도에서 제공하는 수관밀도별 구분기준에 의하여 분류하였다. (疏:교목의 구관점유 면적이 50% 이상인 임분, 中:교목의 구관점유 면적이 51-70%인 임분, 密:교목의 구관점유 면적이 71% 이상인 임분)

지위가 결과 습성에 미치는 영향을 구명하기 위하여 수령 30~40년 된 고립목을 대상으로 지위 상(산록부에 자라는 소나무)과 지위 하(산 능선부에 자라는 소나무)로 구분하는 등 임분 특성별로 9개의 시험구로 구분한 다음 임분 특성마다 각 5개체의 시험목을 선정하였다. 그리고 난 다음 각 시험목에 대하여 수령, 흉고직경, 수고, 수관길이, 수관직경 등을 측정하였으며 측정한 값은 표 3-1에 각각 나타냈다.

각 시험목에 결실되어 있는 구과수의 측정은 2002년부터 4년 동안 매년 10월에 시험목에 올라가서 조사하거나 대나무사다리를 이용하기도 하였으며 높은 나무는 망원경을 이용하여 측정하였다. 2005년도 구과(cone)의 결실수는 2004년도의 가지에 달려있는 어린구과(conelet 또는 strobile)로 추정하였다.

구과 당 종자립수를 구명하기 각 시험목에서 평균으로 추정되는 구과를 10개씩 채취하여(사진 3-7) 자연 건조시킨(사진 3-8) 다음 탈립된 종자(사진 3-10) 중에서 삼립과 비립을 제거한 충실한 종자를 평균한 값으로 나타내었다.

그리고 야외 조사한 자료를 토대로 2002년부터 2005년까지 임형간, 임분 특성간, 연도별로 소나무의 구과수와 구과 간 종자립수의 유의성 분석은 Duncan의 다중 검정(Duncan's multiple range test : DMRT)으로 분석하였다.

종자의 낙하량과 비산거리 측정은 단목 중립의 시험목을 대상으로 하여 모수에서 부터 5m, 10m, 15m, 20m, 25m, 30m, 35m지점에 1m x 1m 크기의 조사틀(사진 3-5와 사진 3-6)을 각각 설치(총 7개소)하여 측정하였다.



사진 3-1 . 소나무 단순림의 임분 모습



사진 3-2. 중림의 임분 모습



사진 3-3. 고림목의 모습



사진 3-4 임연부의 임분 모습



사진 3-5. 조사틀 설치 모습



사진 3-6. 조사틀 모습



사진 3-7. 채취한 구과



사진 3-8. 채취한 구과



사진 3-9. 건조중인 구과



사진 3-10. 탈립된 종자

제 3 절 결과 및 고찰

1. 단목의 구과 수

표 3-1은 임형별(소나무 단순림, 중림, 고림목), 임분 특성별(소:疏, 밀:密, 소나무 단순림의 임연부와 단목 중림, 군상 중림 그리고 수령 30~40년<지위 上 및 지위 下>, 수령 50~70년, 수령 100년 이상)로 구분한 각 시험목에 대한 연도별 구과수를 측정한 자료와 각 시험목의 형상을 전체적으로 나타낸 것이다.

표 3-1. 임형별, 임분 특성별, 연도별 구과 수

임형	임분 특성	시험목 번호	시험목의 형상					연도별 구과수 (개)				
			수령 (년)	흉고 직경 (cm)	수고 (m)	수관 길이 (m)	수관 직경 (m)	2002	2003	2004	2005	평균
소(疏)		PS-1	37	19.2	17.5	9.0	5.5	97	22	47	41	51.8
		PS-2	37	20.2	17.0	9.0	4.7	101	17	36	47	50.3
		PS-3	41	22.4	17.0	9.0	5.2	37	2	27	20	21.5
		PS-4	37	18.7	17.0	9.0	4.7	81	18	41	46	46.5
		PS-5	35	18.0	17.0	9.0	6.0	75	21	31	35	40.5
		평균	37.4	19.7	17.1	9.0	5.2	78.2	16	36.4	37.8	42.1
소나무 단순림	밀(密)	PD-1	40	18.2	18.0	7.5	4.2	27	2	7	11	11.8
		PD-2	39	17.5	18.0	7.5	4.5	35	2	8	4	12.3
		PD-3	37	16.2	18.0	7.5	4.2	17	0	2	4	5.8
		PD-4	37	17.2	18.5	7.5	4.5	26	7	11	7	12.8
		PD-5	37	15.6	18.0	7.5	4.4	15	1	4	0	5
		평균	38	16.9	18.1	7.5	4.4	24	2.4	6.4	5.2	9.5
	소나무 단순림 임연부	PE-1	37	20.2	16.5	7.5	6.6	117	21	45	37	55
PE-2		37	23.4	16.0	8.5	7.0	115	17	75	85	73	
PE-3		40	24.3	16.0	8.0	7.5	100	25	41	45	52.8	
PE-4		37	19.7	16.5	7.5	6.6	98	8	37	40	45.8	
PE-5		38	19.7	17.5	9.0	6.5	125	32	52	60	67.3	
	총평균	37.8	21.5	16.5	8.1	6.8	111	20.6	50	53.4	58.8	
중림	단목 중림	SC-1	45	26.5	18.7	10.7	8.8	87	17	35	30	42.3
		SC-2	47	25.1	19.5	11.0	7.6	121	31	47	45	61
		SC-3	50	25.5	21.5	12.5	8.0	140	20	52	67	69.8
		SC-4	47	24.7	19.2	11.7	8.0	90	11	42	54	49.3
		SC-5	50	27.3	20.0	11.0	7.5	80	27	30	45	45.5
			평균	47.8	25.8	19.8	11.4	8.0	104	21.2	41.2	48.2
	군상 중림	GC-1	49	27.4	20.0	9.7	7.7	92	11	33	40	44
		GC-2	49	25.4	20.5	11.0	8.5	127	27	40	35	57.3
		GC-3	51	29.3	20.5	12.0	8.5	100	31	30	35	49
		GC-4	51	31.4	21.0	11.5	7.7	95	10	27	41	43.3
		GC-5	52	28.7	21.0	11.0	8.5	97	24	41	45	51.8
	평균	50.4	28.4	20.6	11.0	8.2	102	20.6	34.2	39.2	49.1	
	총평균	49.1	27.1	20.2	11.2	8.1	102.9	20.9	37.7	43.7	51.3	

표 3-1. 계속

임형	입분 특성	시험목 번호	시험목의 형상				연도별 구과수 (개)						
			수령 (년)	흉고 직경 (cm)	수고 (m)	수관 길이 (m)	수관 직경 (m)	2002	2003	2004	2005	평균	
30~40년 (지위하)		SY-1	37	19.0	14.5	7.5	7.0	96	27	62	47	58	
		SY-2	41	21.5	15.5	8.2	7.5	95	21	58	70	61	
		SY-3	39	18.7	16.5	9.5	8.0	125	41	71	65	75.5	
		SY-4	45	17.1	15.0	9.5	7.0	111	15	47	72	61.3	
		SY-5	40	19.5	17.0	10.0	7.5	105	23	71	67	66.5	
		평균	40.4	19.2	15.7	8.9	7.4	106	25.4	61.8	64.2	64.5	
	30~ 40년 (지위상)		SY-6	40	21.7	20.0	8.5	8.0	111	35	52	41	59.8
			SY-7	44	21.7	21.5	9.0	8.0	120	45	40	47	63
			SY-8	38	22.2	24.5	9.5	7.5	127	27	35	51	60
			SY-9	34	24.2	24.5	11.5	8.5	147	11	40	38	59
		SY-10	35	17.7	18.2	9.5	8.5	160	17	30	40	61.8	
	평균	38.2	21.5	21.7	9.6	8.1	133	27	39.4	43.4	60.7		
고 립 목		총평균	39.3	20.3	18.7	9.3	7.8	119.7	26.2	50.6	53.8	62.6	
	수령 50~ 70년	SM-1	72	37.5	27.5	8.7	10.5	245	60	95	87	122	
		SM-2	75	35.5	25.5	7.7	10.5	287	71	87	83	132	
		SM-3	80	40.1	27.5	7.7	12.5	185	55	70	60	92.5	
		SM-4	77	34.2	25.5	8.5	12.5	270	60	70	85	121	
		SM-5	71	34.5	30.5	7.5	14.0	300	75	85	80	135	
		평균	75	36.4	27.3	8.0	12.0	257.4	64.2	81.4	79	121	
	수령 100년 이상	SO-1	120	120.1	30.0	12.7	8.5	275	81	92	77	131	
		SO-2	117	90.7	29.0	12.5	10.5	325	77	86	100	147	
		SO-3	127	99.5	27.5	9.7	12.0	270	65	75	85	124	
SO-4		101	90.5	25.5	9.7	10.5	295	65	110	125	149		
SO-5		121	111.5	28.5	13.5	11.0	345	52	97	130	156		
	평균	117.2	102.5	28.1	11.6	10.5	302	68	92	103.4	141		
	총평균	67.7	44.9	23.2	9.5	9.5	200	46.2	68.7	72.5	96.8		
	전체평균(총45개체)	53.6	32.4	20.5	9.5	7.8	135	29.5	49.2	52.6	66.7		

표 3-2. 임형별 연도별 평균 구과 수

구 분	2002년	2003년	2004년	2005년	평균
소나무단순림	71.1	13.0	30.9	32.1	36.8
중 림	102.9	20.9	37.7	43.7	51.3
고립목	200	46.2	68.7	72.5	96.8

표 3-2에서 나타낸바와 같이 소나무 단순림의 경우 측정 1년차인 2002년도에는 시료목 15개체에 달린 평균 구과 수는 71.1개였고, 2003년도에는 13.0개, 2004년도에는 30.9개, 2005년도에는 32.1개였으며, 4년간(2002년~2005년) 평균 구과 수는 36.8개로 중림의 71.7%, 고립목의 38% 수준으로 가장 적었다.

중림의 경우 시료목 10개체에 달린 평균 구과 수는 2002년도에는 102.9개, 2003년도에는 20.9개, 2004년도에는 37.7개, 2005년도에는 43.7개였으며, 4

년간(2002년~2005년) 평균 구과 수는 51.3개로 소나무 단순림보다는 39.4%가 많고 고립목에 비해서는 53% 수준이었다.

고립목의 경우 시료목 20개체에 달린 평균 구과 수는 2002년도에는 200개, 2003년도에는 46.2개, 2004년도에는 68.7개, 2005년도에는 72.5개로 나타났으며, 4년간(2002년~2005년) 평균 구과 수는 96.8개로 소나무 단순림보다는 2.6배, 중립보다는 1.9배가 많았다.

각 임형별 공통으로 연도에 따라 결실수에서 뚜렷한 차이가 있음을 알 수 있었다. 각 임형별 모두 2002년도의 결실수가 가장 많았고, 2003년도에는 급격히 감소하였다가 2004년도부터는 다소 완만하게 증가하고 있는 것으로 나타났다. 구과 수는 소나무 단순림이 가장 적었고, 중립이 조금 더 많았으며, 고립목이 월등히 많았는데 고립목이 충분한 햇볕 및 생육공간으로 생장이 양호하여 구과가 더 많이 결실되는 것으로 사료되었다.

이노우에(井上)가 소나무의 결실주기를 풍작년, 흉작년, 평작년으로 구분한 것을 참고하면, 구과 수 측정 1년차인 2002년을 소나무 구과의 풍작년, 2003년을 흉작년, 2004년 및 2005년을 평작년으로 구분하더라도 무리가 없을 것으로 판단된다.

한편 수목의 결실은 체내에 축적되는 탄수화물(carbohydrate)의 탄소(carbon)와 질소(nitrogen)와의 비율관계 여하와 당해연도의 기상상태, 특히 햇볕을 받는 분산도에 따라 화아형성(formation of flower buds)·개화 및 결실상황이 좌우되며, 같은 수종이라도 결실년도에 따라 또는 지방에 따라 그 풍흉이 다르게 된다. 어느 년도에는 전연 결실이 되지 않는 현상이 나타나고 또 같은 수종이면서도 어느 지방에서는 전연 흉작인 경우도 있다. 그러나 개괄적으로 보면 같은 수종의 결실년도(seed year)는 대략 지방적으로 일정하고 결실년도는 일정한 간격으로 순환되고 결실의 풍작(good crops)의 해(seed year)는 비교적 규칙적으로 순환된다(權雷澤, 1982)라고 하는 결과와 유사한 것으로 사료되었다.

임형 간 구과수의 유의성을 검정한 결과 표 3-3의 임형별 평균 구과수의 Duncan 다중 검정에서 나타낸바와 같이 소나무 단순림과 중립 간에는 구과수에 유의성이 인정되지 않았으나 고립목의 구과 수는 소나무 단순림과 중립의 구과수에 비하여 높은 유의성이 있었다.

표 3-3. 임형별 평균 구과수의 Duncan 다중 검정

임 형	소나무 단순림	중 립	고립목	F-값
평균 구과수	36.78 b	51.30 b	96.75 a	20.587**
N	60	40	80	

^{a,b} Duncan Grouping.
 ** .01 유의수준에서 유의함.

표 3-4. 소나무 단순림의 임분 특성별 평균 구과 수

구 분	2002년	2003년	2004년	2005년	평균
소(疏)	78.2	16	36.4	37.8	42.1
밀(密)	24	2.4	6.4	5.2	9.5
임연부	111	20.6	50	53.4	58.8

소나무 단순림의 경우 임분 특성별, 즉 밀도가 소(疏)한 경우와 밀(密)한 경우, 그리고 소나무 단순림의 임연부에서 자라고 있는 시험목을 대상으로 구과 수를 측정한 결과 표 3-4에서 나타낸바와 같이 소(疏)한 경우에 있어서 2002년도에는 시험목 평균 구과 수가 78.2개, 2003년도에는 16개, 2004년도에는 36.4개, 2005년도에는 37.8개로 나타났으며, 4년간(2002~2005) 평균 구과 수는 42.1개로 밀(密)한 경우보다는 4.4배가 많았고, 임연부에 비해서는 71.6% 수준이었다.

밀(密)한 경우에 있어서는 2002년도에는 24개, 2003년도에는 2.4개, 2004년도에는 6.4개, 2005년도에는 5.2개로 나타났는데 소(疏)한 경우가 밀(密)한 경우에 비해 구과수가 년도별로는 3~7배 이상 많았으며, 4년간(2002~2005) 평균 구과 수는 9.5개로 소(疏)한 경우에 비해서 22.6%, 임연부에 비해서는 16.2% 수준으로 가장 적었다.

소나무 단순림의 임연부의 경우 2002년도에는 111개, 2003년도에는 20.6개, 2004년도에는 50개, 2005년도에는 53.4개로 나타났다. 임연부의 경우 구과수가 소(疏) 및 밀(密)한 경우에 비해 1.3~21배 정도 많았다.

임연부의 경우 4년간(2002~2005) 평균 구과 수는 58.8개로 (소)疏한 경우보다는 1.4배, 밀(密)한 경우보다는 6.2배가 많았다.

소나무 단순림의 경우에는 소(疏), 밀(密), 임연부별의 연도별 구과 수에 있어서 상호간에 다소의 패턴(pattern)은 유사하게 나타났으나 밀(密)한 시험목의 평균 구과 수는 9.5개로 소(疏)한 시험목과 임연부의 시험목의 평균 구과 수 42.1개 및 58.8개에 비하여 구과수가 1/4~1/6 수준으로 상당히 적은 것으로 나타났다.

표 3-5. 소나무 단순림 임분 특성에 따른 평균 구과수의 Duncan 다중 검정

임분 특성	소(疏)	밀(密)	林緣部	F-값
평균 구과수	42.10 a	9.50 b	58.75 a	17.71**
N	20	20	20	

^{a,b} Duncan Grouping.

** .01 유의수준에서 유의함.

표 3-5에서 알 수 있듯이 소(疏)한 시험목과 임연부 시험목간에는 구과 수에 유의성이 없었으나 밀(密)한 시험목은 소(疏)한 시험목과 임연부의 시험목간에 유의성이 있었다. 이와 같은 결과는 임연부의 시험목과 소(疏)한 임분의 시험목은 충분한 햇빛과 생육공간이 있는 반면, 밀(密)한 임분의 시험목은 햇빛부족, 좁은 생육공간으로 인한 영양분의 불균형으로 생장이 저조하기 때문인 것으로 생각된다.

고립목의 경우 수령 30~40년, 50~70년, 100년 이상으로 각각 구분하여 측정한 연도별 구과 수는 표 3-6에서 나타낸바와 같이 임령 30~40년의 경우 2002년도에는 119.7개, 2003년도에는 26.2개, 2004년도에는 50.6개, 2005년도에는 53.8개였으며, 4년간(2002~2005년) 평균 구과 수는 62.6개로 수령 50~70년에 비해 51.7%, 수령 100년 이상에 비해서는 44.4% 수준으로 가장 적었다.

수령 50~70년의 경우 2002년도에는 257.4개, 2003년도에는 64.2개, 2004년도에는 81.4개, 2005년도에는 79개로 나타났으며, 4년간(2002~2005년) 평균 구과 수는 121개로 수령 30~40년 보다는 1.93배가 많았고, 수령 100년에 비해서는 85.8% 수준이었다.

수령 100년 이상 된 시험목의 경우 2002년도에는 302개, 2003년도에는 68개, 2004년도에는 92개, 2005년도에는 103.4개였으며, 4년간(2002~2005년) 평균 구과 수는 141개로 수령 30~40년 보다 2.25배, 수령 50~70년 보다는 1.17배로 가장 많았다.

고립목의 경우에는 수령이 높아짐에 따라 구과수가 많이 달리는 경향이였다.

표 3-6. 고립목의 임분 특성별 평균 구과 수

구 분	2002년	2003년	2004년	2005년	평균
수령 30~40년	119.7	26.2	50.6	53.8	62.6
수령 50~70년	257.4	64.2	81.4	79	121
수령 100년 이상	302	68	92	103.4	141

수령 30~40년의 시험목과 수령 50~70년 및 100년 이상의 시험목간에는 유의성이 있었으나 수령 50~70년과 100년 이상의 시험목간에는 유의성이 없었다(표 3-7). 특히 수령 50~70년 및 100년 이상 시험목의 경우 흉작년으로 간주되는 2003년도의 경우 평균 구과수가 각각 64.2개 및 68개로서 30~40년의 시험목의 평균 구과 수 26.2개와 비교하여 2배 이상 많이 결실하는 것으로 나타났다.

표 3-7. 고립목 임분 특성에 따른 평균 구과수의 Duncan 다중 검정

임분 특성	30~40년생	50~70년생	100년 이상	F-값
평균 구과수	62.58 b	120.50 a	141.35 a	10.04**
N	40	20	20	

^{a,b} Duncan Grouping.

** .01 유의수준에서 유의함.

지위가 구과 수에 미치는 영향을 구명하기 위하여 수령 30~40년생의 고립목을 대상으로 지위 상의 임분(산록부에 자라는 소나무)과 지위下の 임분(산능선부에 자라는 소나무)으로 구분하여 구과수를 측정된 결과를 보면, 표 3-8에서 나타낸바와 같이 지위 상의 경우 시험목당 평균 구과 수는 2002년도에는 133개, 2003년도에는 27개, 2004년도에는 39.4개, 2005년도에는 43.4개였으며, 4년간(2002~2005년) 평균 구과 수는 60.7개로 지위 下에 비해 94.1% 수준이었다. 지위 下의 경우 시험목당 평균 구과 수는 2002년도에는 106개, 2003년도 25.4개, 2004년도 61.8개, 2005년도에는 64.2개였으며, 4년간(2002~2005년) 평균 구과 수는 64.5개로 지위 上보다는 1.06배가 많았다.

흉작년인 2002년도에는 지위 上의 시험목이 지위 下의 시험목보다 구과수가 많았으나 흉작년이 2003년도에는 지위 간에 차이가 거의 없었으며, 평작년인 2004년도와 2005년도에는 반대로 지위 下의 시험목이 지위 上의 시험목에 비하여 구과수가 더 많이 달리는 경향이었다.

표 3-8. 고립목의 지위별 평균 구과 수

구 분	2002년	2003년	2004년	2005년	평균
수령 30~40년(上)	133	27	39.4	43.4	60.7
수령 30~40년(下)	106	25.4	61.8	64.2	64.5

이노우에(井上)가 풍작년의 경우에는 지위 上에 생육하는 소나무의 구과수가, 흉작년에는 지위 下에서 생육하는 소나무의 구과수가 많은 경향이라는 내용과는 일치하지는 않았다.

이러한 결과는 재검토할 가치가 있다고 생각된다.

중립의 경우 임분 특성별, 즉 단목 중립과 군상 중립으로 구분하여 측정한 연도별 구과 수는 표 3-9에서 나타낸바와 같이 단목 중립의 경우 2002년도에는 시험목의 평균 구과 수는 104개, 2003년도에는 21.2개, 2004년도에는 41.2개, 2005년도에는 48.2개였으며, 4년간(2002~2005년) 평균 구과 수는 53.6개로 군상 중립보다는 1.09배로 조금 많았다. 군상 중립의 경우 2002년도에는 시험목의 평균 구과 수는 102개, 2003년도에는 20.6개, 2004년도에는 34.2개, 2005년도에는 39.2개였으며, 4년간(2002~2005년) 평균 구과 수는 49.1개로 단목 중립에 비해 91.6% 수준으로 조금 적었다.

중립의 경우 풍작년, 흉작년, 평작년의 패턴(pattern)은 소나무 단순림과 고립목의 패턴(pattern)과 유사하였으나 단목 중립과 군상 중립 간에는 유의성이 없는 것으로 나타났다.

표 3-9. 중립의 임분 특성별 평균 구과 수

구 분	2002년	2003년	2004년	2005년	평균
단목 중립	104	21.2	41.2	48.2	53.6
군상 중립	102	20.6	34.2	39.2	49.1

이상의 임형과 임분 특성에 따른 구과수를 측정한 자료는 천연갱신작업시 벌채년도의 결정과 밀(密)한 임분의 경우 임경빈이 지적하고 있는 것처럼 C/N 율을 높일 수 있도록 벌채 2~3년 전에 수관의 소개작업(疏開作業) 또는 간벌작업이 선행되어야 함을 예시하고 있다.

표 3-10은 4년간 시험목 45개체에 달린 총구과수 11,999개를 계층별로 구분한 것으로 시험목 1개체 당 평균 66.66개가 결실한 것으로 나타났다.

표 3-10. 4년간(2002~2005년) 평균 구과 수의 계층별 점유 비율 (단위:%)

구분	0-20	21-40	41-60	61-80	81-100	101-120	121-140	141-160	161-180	181-200	201-220	221-240	241-260	261-280	281-300	300 이상
비율	17.2	23.3	18.3	11.7	13.9	4.4	4.4	1.1	0.0	0.6	0.0	0.0	0.6	1.7	1.7	1.1

표 3-10에서 나타낸바와 같이 각 시험목에 달리는 구과 수는 0에서부터 최대 345개까지의 범위 내에 다양하게 분포하고 있으나 전체의 84.4% 이상의 시험목에서 100개 미만의 구과가 달리고 있는 것으로 나타났는데 그 중에서 21-40개의 범위가 23.3%로 가장 높은 분포를 보이고 있었고, 다음으로 41-60개 범위가 18.3%, 0-20개 범위가 17.2%, 81-100개 범위가 13.9%, 61-80개 범위가 11.7% 순으로 분포하고 있었으며, 전체의 20% 이내인 100개 이상의 경우 101-120개 범위 및 121-140개 범위가 각각 4.4%를 차지하고 있었고, 261-280개 범위 및 281개-300개 범위에서도 각각 1.7%가 분포하고 있었으며, 300개 이상 범위에서도 1.1% 정도로 나타났다.

표 3-11. 연도별 구과 수의 계층별 점유 비율 (단위:%)

구 분	0-20	21-40	41-60	61-80	81-100	101-120	121-140	141-160	161-180	181-200	201-220	221-240	241-260	261-280	281-300	300 이상
2002년	4.4	8.9	0.0	4.4	26.8	15.6	13.3	4.4	0.0	2.2	0.0	0.0	2.2	6.7	6.7	4.4
2003년	40.0	33.4	13.3	11.1	2.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2004년	11.1	31.1	26.7	15.6	13.3	2.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2005년	13.3	20.0	33.4	15.6	13.3	0.0	4.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

표 3-11은 풍작년(2002년), 흉작년(2003년), 평작년(2004년 및 2005년)의 경우의 구과 수 분포를 계층별로 나타낸 것으로 풍작년인 2002년은 흉작년인 2003년에 비하여 계층별 구과 수의 분포가 다양한 경향이었으며, 81-100개의 범위가 전체 구과수의 26.8% 이상으로서 가장 많았고, 다음으로 101-120개 범위가 15.6%, 21-140개 범위가 13.3% 순으로 미미하게 감소하다가 261-280개 및 281-300개 범위에서는 조금 늘어나서 각각 약 6.7% 정도, 300개 이상의 범위에서는 약 4.4% 정도로 분포하고 있었고, 흉작년에 비해서는 개체목당 구과 수가 월등하게 많은 것으로 나타났다.

흉작년인 2003년에는 0-20개 범위의 구과 수가 전체 구과 수의 40% 이상으로서 가장 많은 분포를 나타내고 있었으며, 40개 이하의 범위가 전체의 약 73.4%를 차지하고 있었고, 41-60개 범위가 13.3%, 61-80개 범위가 11.1%, 81-100개 범위가 나머지부분인 2.2%를 차지하고 있었으며, 141개 범위 이상에서는 없었고, 개체목당 구과 수는 풍작년에 비해서 현저하게 적은 것으로 나타났다.

평작년인 2004년에는 21-40개 범위가 전체의 31.1%로 가장 많은 분포를 나타냈고, 다음으로 41-60개 범위가 26.7% 순이었으며, 121개 범위 이상에

서는 없었다. 그리고 2005년에는 41-60개 범위가 33.4%로 가장 많은 분포였고, 21-40개 범위가 20% 순이었으며, 141개 범위 이상에서는 없는 것으로 나타났다.

표 3-12. 소나무 단순림의 임분 특성별 구과 수 계층별 점유 비율 (단위:%)

구분	0-20	21-40	41-60	61-80	81-100	101-120	121-140	141-160	161-180	181-200	201-220	221-240	241-260	261-280	281-300	300이상
소(疏)	20.0	35.0	25.0	5.0	10.0	5.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
밀(密)	85.0	15.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
임연부	15.0	30.0	25.0	5.0	10.0	10.0	5.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

표 3-12는 소나무 단순림의 경우 임분 특성별로 달리는 구과 수 분포를 계층별로 나타낸 것으로 밀(密)한 시험목은 0-20개의 범위가 전체 구과 수의 85%를, 21-40개의 범위가 나머지 15%를 점유하고 있었고, 41개 범위 이상은 없는 것으로 나타나 개체목당 구과 수가 아주 적어 분포가 제한되어 있었으며, 소(疏)한 시험목과 임연부의 시험목은 최대 140개 범위 내에서 계층별로 고르게 분포를 하고 있었는데 밀(密)한 시험목에 비해 개체목당 구과 수가 더 많았다. 소(疏)한 시험목에서는 21-40개 범위가 35%로 가장 많았으며, 다음으로 41-60개 범위가 25% 순이었고, 100개 이상에서는 5%를 차지하고 있었으며, 임연부에서는 21-40개 범위가 30%로 가장 많았고, 다음으로 41-60개 범위가 25% 순이었던, 100개 이상에서는 15%를 차지하고 있었다. 소나무 단순림의 경우 개체목당 구과 수는 다른 임형에 비해서 가장 적은 것으로 나타났다.

표 3-13. 고립목의 임분 특성별 구과 수 계층별 점유 비율 (단위:%)

구분	0-20	21-40	41-60	61-80	81-100	101-120	121-140	141-160	161-180	181-200	201-220	221-240	241-260	261-280	281-300	300이상
30~40년	7.5	27.5	22.5	17.5	5.0	10.0	5.0	5.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
50~70년	0.0	0.0	20.0	25.0	30.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.0	0.0	0.0	5.0	5.0	10.0	0.0
100년상	0.0	0.0	5.0	25.0	30.0	5.0	10.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.0	5.0	10.0

표 3-13은 수령에 따른 구과 수의 계층별 분포를 구명하기 위하여 고립목을 대상으로 분석한 자료로서 수령 30~40년의 시험목은 21-40개의 범위가 27.5%로 가장 많았으며, 다음으로는 41-60개 범위가 22.5%, 61-80개 범위가 17.5%의 순으로 많았으나 161개 이상 범위에서는 없었다. 수령 50~70년

의 시험목은 81-100개 범위가 30%로 가장 많았고, 다음으로 61-80개 범위가 25%, 41-60개 범위가 20% 순으로 많았으며, 241-300개 범위에서도 20%를 차지하고 있었으나 40개 범위 이하와 101-180개 범위 및 201-240개 범위, 그리고 300개 이상 범위에서는 없었다. 수령 100년 이상의 시험목에서는 81-100개의 범위가 30%로 가장 많았으며, 다음으로 61-80개 범위가 25% 순으로 많았고, 261-300개 이상 범위에서는 15%가 분포하고 있었으며, 300개 범위 이상에서는 10%를 차지하고 있었으나 40개 범위 이하 및 141-260개 범위에서는 없는 것으로 나타났다.

개체목당 구과 수는 수령 30~40년의 시험목이 가장 적었고, 수령 50~70년의 시험목은 다소 많은 수준이었으며, 수령 100년 이상의 시험목에서 가장 많았다. 고립목의 경우 다른 임형에 비해서 개체목당 구과 수가 가장 많은 것으로 나타났다.

표 3-14. 중립의 임분 특성별 구과 수 계층별 점유 비율 (단위:%)

구분	0-20	21-40	41-60	61-80	81-100	101-120	121-140	141-160	161-180	181-200	201-220	221-240	241-260	261-280	281-300	300 이상
단목 중립	15.0	25.0	30.0	10.0	10.0	0.0	10.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
군상 중립	10.0	50.0	15.0	0.0	20.0	0.0	5.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

표 3-14는 단목 중립과 군상 중립의 계층별 구과 수 분포를 나타낸 것으로 21-100개의 범위가 고르게 점유하고 있었고, 141개 범위 이상에서는 없는 것으로 나타났다.

단목 중립의 경우 41-60개의 범위가 30%로 가장 많았으며, 다음으로 21-40개 범위가 25%, 0-20개 범위가 15% 순으로 많았고, 61-140개 범위까지 비교적 고르게 분포하고 있었다.

군상 중립의 경우 21-40개 범위가 50%로 가장 많았으며, 다음으로 81-100개 범위가 20% 및 41-60개 범위가 15% 순으로 많았고, 61-80개 범위 및 101-120개 범위에서는 없었으나 121-140개 범위에서는 5% 정도가 분포하고 있었다. 中林의 경우 개체목당 구과 수는 다른 임형인 소나무 단순림보다는 다소 많았으나 고립목에 비해서는 상당히 적은 것으로 나타났다.

이상 금강소나무의 구과를 조사한 것을 종합하여 분석, 판단한 결과 습성에 대한 견해는 소나무의 격년결실현상은 다른 수종에 비하여 기복이 심하지는 않으나 일반적으로 풍흉이 해마다 반복되고 또한 꽃이 많이 피었어도 수분 후

성숙기간까지 기상 및 각종 피해로 흉년이 나타나기도 하고 구과의 결실은 어느 해에는 풍작이 되고 탄수화물의 고갈 등 체내의 양료 소비로 그 다음해부터는 결실량이 점차 줄어들어 완전히 흉작이 되고 그 이후에는 탄수화물의 비축 등 체내의 충분한 양료 축적으로 다시 풍작이 되는 현상이 발생할 것으로 예상되어 풍흉이 일정한 간격으로 순환이 되는 것으로 추정할 수가 있었다. 즉 결실량이 점차 줄어들다가 어느 해에 이르러서야 완전히 흉작이 되고 난 다음해에는 풍작이 될 것으로 전망되어 단순하게 격년단위로 결실하는 것으로 단정하기 보다는 적어도 3~4년 주기로 풍흉이 반복, 순환되는 결과 습성이 있는 것으로 사료되었지만 이를 단정하기에는 향후 더 많은 경시적인 연구 검토가 필요할 것으로 판단되었다.

2. 구과 당 종자 수

표 3-15는 임형별(소나무 단순림, 중림, 고림목) 그리고 임분 특성별(疏, 密, 소나무 단순림의 임연부와 단목 중림 및 고림목)로 구분한 각 시험목에서 채취한 총 750개의 구과에서 탈립한 구과 당 평균 종자립수를 연도별로 나타낸 것이다.

표 3-15. 임형별, 임분 특성별의 구과 당 평균 종자 수

임 형	임분 특성	시험목 번호	연도별, 개체별, 평균 粒수				비고	
			2002	2003	2004	평균		
소나무 단순림	소(疏)	PS-1	43.7	40.7	42.1	42.167		
		PS-2	40.5	41.3	39.7	40.500		
		PS-3	45.0	44.5	40.2	43.233		
		PS-4	40.8	40.8	41.1	40.903		
		PS-5	41.2	40.1	39.2	40.167		
		평균	42.2	41.5	40.5	41.394		
	밀(密)	PD-1	36.4	34.4	37.0	35.933		
		PD-2	37.6	35.7	37.2	36.833		
		PD-3	38.1	35.6	38.6	37.433		
		PD-4	38.4	36.1	38.8	37.767		
		PD-5	36.8	34.2	38.0	36.333		
		평균	37.5	35.2	37.9	36.860		
	소나무 단순림 임연부	PE-1	48.8	49.6	50.4	49.600		
		PE-2	45.3	47.0	44.9	45.733		
		PE-3	42.2	43.7	45.4	43.767		
		PE-4	41.6	41.9	44.6	42.700		
		PE-5	45.5	42.5	46.0	44.667		
		평균	44.7	44.9	46.3	45.293		
	총평균			41.5	40.5	41.5	41.182	
	중림	단목 중림	SC-1	42.6	43.9	45.0	43.833	
SC-2			44.0	43.1	44.3	43.800		
SC-3			42.4	40.4	43.8	42.200		
SC-4			41.6	41.0	42.8	41.800		
SC-5			43.7	45.2	42.6	43.833		
평균			42.8	42.7	43.7	43.093		
고림목	지위 上	SY-1	43.1	41.8	44.6	43.167		
		SY-2	42.6	43.1	43.9	43.200		
		SY-3	43.7	42.1	41.8	42.533		
		SY-4	42.8	41.8	42.4	42.333		
		SY-5	41.9	42.9	41.7	42.167		
		평균	42.8	42.3	42.9	42.680		
전체평균 (총25개체)			42.8	42.5	43.3	42.887		

소나무 단순림의 경우 구과 당 평균 종자수가 풍작년인 2002년도에는 41.5립, 흉작년인 2003년도에는 40.5립, 평작년인 2004년도에는 41.5립이었으며, 중림의 경우 구과 당 평균 종자수가 2002년도에는 42.8립, 2003년도에는 42.7립, 2004년도에는 43.7립이었다.

지위 上의 임분(산록부에 자라는 소나무)에서 자라는 고림목의 경우 구과 당 평균종자수가 2002년도에는 42.8립, 2003년도에는 42.3립, 2004년도에는 42.9립으로 각각 나타났다.

임형별(소나무 단순림, 중림, 고림목)간에 있어서 구과 당 평균종자수와 풍작년, 흉작년, 평작년 간에는 유의성이 없었다.

그러나 표 3-16에서 나타낸바와 같이 소나무 단순림의 경우 임분 특성(疏, 密, 임연부)간에는 유의성이 있었다.

표 3-16. 소나무 단순림의 임분 특성에 따른 구과 당 평균 종자수의 Duncan

다중 검정

임분 특성	소(疏)	밀(密)	임연부	F-값
평균 종자수	41.4 b	36.9 c	45.3 a	36.28**
N	150	150	150	

^{a,b,c} Duncan Grouping.

** .01 유의수준에서 유의함.

밀(密)한 시험목의 구과 당 평균 종자 수는 36.9립으로 소(疏)한 시험목의 41.4립과 임연부의 시험목의 45.3립과 비교하여 각각 11.2% 및 18.5% 정도 적은 경향이였다.

이는 구과 수에서도 나타난바와 같이 소(疏)한 시험목은 충분한 햇빛과 생육공간이 있는 반면, 밀(密)한 임분의 시험목은 햇빛부족 및 좁은 생육공간으로 인한 영양분의 불균형으로 생장이 상대적으로 저조하기 때문인 것으로 생각된다.

표 3-17은 750개의 구과 당 들어있는 종자수의 계층별 분포를 나타낸 것으로 구과 당 41-60립이 들어있는 구과가 전체의 약 56.7%로서 가장 많았고, 21-40립이 들어있는 구과가 전체의 약 39.8%를 차지하고 있는 것으로 나타났다. 구과 당 충실한 종자가 80립 이상 들어있는 구과는 없는 것으로 나타났으며, 61-80립이 들어있는 구과 수는 21개(약 2.8%)와 20립 이하가 들어있는 구과 수는 5개(약 0.7%)에 불과하여 종자의 결실상태는 비교적 양호한 것으로 판단되었다.

구과 당 종자생산은 평균 42.9립으로 소나무 채종원에서 조사한 자료에 의한 구과 당 종자생산 58립(임업연구원, 1999)보다는 적은 것으로 나타났는데 자연 상태에서 성숙한 것과 채종원에서 성숙한 것과는 생육여건이 다르기 때문인 것으로 판단된다.

표 3-17. 전체 구과 당 종자수의 계층별 점유 비율

구분	20 이하	21-40	41-60	61-80	계
비율(%)	0.7	39.8	56.7	2.8	100%

표 3-18은 소나무 단순림의 경우 임분 특성별로 구과 당 종자 수가 어떤 계층으로 점유하고 있는지를 나타낸 것이다.

임연부의 시험목과 소(疏)한 임분의 시험목은 구과 당 21-60립이 들어있는 것이 전체의 약 94.7% 및 96%로 가장 많은 경향이였으며, 20립 이하가 들어

있는 것은 없었고, 61-80립이 들어있는 것은 각각 약 5.3% 및 약 4%로 비교적 적게 점유하고 있는 것으로 나타났다. 밀(密)한 임분의 시험목은 구과 당 21-40립이 들어있는 것이 약 56.7%로 가장 많은 경향이었고, 20립 이하가 들어있는 것이 약 3.3%이었으며, 61-80립이 들어 있는 것은 0.7%로 극히 소량이였다. 이는 임연부의 시험목과 소(疏)한 시험목은 충분한 햇볕과 생육공간이 있는 반면, 밀(密)한 임분의 시험목은 햇볕부족 및 좁은 생육공간으로 인한 영양분의 불균형으로 생장이 저조하기 때문인 것으로 생각되었다.

표 3-18. 소나무 단순림의 임분 특성별 구과 당 종자수의 계층별 점유 비율(단위:%)

구 분	20 이하	21-40	41-60	61-80	계
소(疏)	0.0	45.0	51.0	4.0	100%
밀(密)	3.3	56.7	39.3	0.7	100%
林緣部	0.0	30.0	64.7	5.3	100%

그리고 단목 중림과 고립목(지위 상의 임분)의 구과 당 종자수의 계층별 점유비율은 표 3-19에서 나타낸바와 같이 소나무 단순림의 소(疏)한 시험목과 임연부의 시험목과 유사하게 나타나서 단목 중림의 경우 구과 당 41-60립이 들어 있는 것이 65.3%로 가장 많았으며, 21-40립이 들어 있는 것이 33.3%로 그 다음으로 많았고, 61-80립이 들어 있는 것은 1.4%로 적게 점유하고 있었으며, 20립 이하가 들어 있는 구과는 없었다. 고립목(지위 상의 임분)의 경우에도 거의 유사한 패턴(pattern)으로 구과 당 41-60립이 들어 있는 것이 63.3%로 가장 많았으며, 21-40립이 들어 있는 것이 34%로 그 다음이었고, 61-80립이 들어 있는 것은 2.7%로 적게 차지하고 있었으며, 20립 이하가 들어 있는 구과는 없는 것으로 나타났다.

표 3-19. 단목 중림과 고립목(지위상)의 구과 당 종자수의 계층별 점유 비율(단위:%)

구 분	20 이하	21-40	41-60	61-80	계
단목 중림	0.0	33.3	65.3	1.4	100%
고립목(지위상)	0.0	34	63.3	2.7	100%

3.종자 낙하량과 비산거리

표 3-20은 단목 중립의 한 개체목(수령:41년, 흉고직경:27.5cm, 수고:20m, 수관길이:7m, 수관직경:8m)을 대상으로 시험목의 수간으로부터 거리별로 설치한 종자 조사틀(1m x 1m 크기) 7개소에 낙하한 월별 종자 낙하수를 나타낸 것이다.

종자는 10월부터 다음해 3월에 걸쳐 낙하하는데 풍작년인 2002년에는 낙하한 종자수의 4,807립 중에서 약 77.4%인 3,720립이 11월과 12월에 집중적으로 낙하하였다. 흉작년인 2003년에는 낙하한 총 1,131립 중에서 84.1%인 951립이 11월 및 12월에 집중하여 낙하한 것으로 나타났다.

표 3-20. 월별 종자 낙하 수(粒)

월별 년도	10월	11월	12월	1월	2월	3월	계
풍작년 (2002년)	255 5.3%	2,119 44.1%	1,601 33.3%	706 14.7%	117 2.4%	9 0.2%	4,807립 100%
흉작년 (2003년)	45 3.9%	487 43.1%	464 41.0%	124 11.0%	11 1.0%	0 0%	1,131립 100%

표 3-21은 표 21과 같은 방식으로 시험목의 수간으로부터 거리별로 설치한 종자 조사틀(1m × 1m 크기) 7개소에 낙하한 종자수를 면적으로 환산한 값을 나타낸 것으로 풍작년인 2002년도에는 수간으로부터 20m 이내에 전체 낙하한 4,807립 중에서 약 95%인 4,566립이 낙하하였다.

이 숫자는 m²당 약 3.63립이 낙하하는 것으로 ha당으로 환산하면 낙하하는 종자 수는 약 36,300립이 되는 셈이다.

수간으로부터 25m 떨어진 경우에는 전체 낙하한 4,807립 중에서 약 4%인 192립이 낙하하여 m²당 약 0.27립이 낙하하고 있으며 ha당 낙하하는 종자수로 환산하면 약 2,700립의 종자가 낙하하는 셈이다.

그러므로 수고 20m인 중립작업지의 경우에는 수간거리 20m까지는 천연갱신에 필요한 종자를 충분히 공급할 수 있을 것으로 판단되고 수간으로부터 20m가 초과되는 지점에서는 천연갱신을 위해서는 어느 정도의 추가적인 인공하종이 필요할 것으로 예상된다.

표 3-21. 시험목 수간으로부터의 거리별 종자 낙하량

년도 \ 거리	5m	10m	15m	20m	25m	30m	35m	계
	풍작년 (2002년)	240 5%	961 20%	2,019 42%	1,346 28%	192 4%	49 1%	0 0%
흉작년 (2003년)	68 6%	170 15%	431 38%	361 32%	79 7%	11 1%	11 1%	1,131립 100%

흉작년인 2003년도의 경우에는 수간으로부터 20m 이내에 전체 낙하한 1,131립 중에서 약 91%인 1,030립이 낙하하였다.

이 숫자는 m^2 당 약 0.82립이 낙하하는 것으로 ha당으로 환산하면 약 8,200립이 낙하한 것이다. 낙하한 종자의 60%가 발아한다고 가정하면 약 4,920개의 치묘가 발생하는 셈이다.

그러므로 천연갱신이 성공하기 위해서는 자연소모율을 감안하여 ha당 치묘가 6,000본 이상 발생되어야 하는 점을 감안하면 흉작년인 경우에 천연갱신을 시행하고자 한다면 천연하종 외에 추가적인 인공하종이 필수적임을 예측할 수 있다.

그리고 수간으로부터 25m 떨어진 경우 전체 낙하한 1,131립 중에서 약 7%인 79립이 낙하하여 m^2 당 약 0.11립이 낙하하고 있으며 ha당 낙하하는 종자수로 환산하면 약 1,100립의 종자가 낙하하는 것으로 나타났는바 수간으로부터 25m 떨어진 경우에는 인공하종이 절대적으로 필요할 것으로 판단된다.

제 4 절 요 약

환경적, 인위적, 그리고 생물적 요인에 의하여 점차 사라질 위기에 처해 있는 금강소나무(*Pinus densiflora* for. *erecta*)의 천연갱신과 조림에 필요한 기초정보를 수집하고 제공하기 위하여 경상북도 울진군 서면 소광리에 분포하고 있는 금강소나무림을 대상으로 결과 습성에 관한 연구를 수행하였던바 다음과 같이 요약되었다.

1. 각 임형별(소나무 단순림, 중림, 고림목) 모두 연도에 따라 결실수에 있어서 뚜렷한 차이가 있었다.

조사기간인 2002년도의 결실수가 가장 많아 풍작년으로, 2003년도는 가장 적어 흉작년으로, 2004년 및 2005년도는 평작년으로 구분할 수 있었다.

2. 소나무 단순림의 임분 특성별(疏, 密, 임연부)의 연도별 구과 수에 있어서 결과 습성의 패턴(pattern)은 비슷하였고 밀(密)한 시험목의 구과 수는 소(疏) 및 임연부의 시험목에 비하여 훨씬 적었다. 소(疏) 및 임연부의 시험목은 충분한 햇볕과 생육공간이 있는 반면 밀(密)한 임분의 시험목은 햇볕부족, 좁은 생육공간으로 인한 영양분의 불균형으로 생장이 저조하기 때문인 것으로 생각된다.
3. 고림목의 임분 특성별(수령 30~40년, 50~70년, 100년 이상)의 연도별 구과 수에 있어서 패턴(pattern)은 비슷하였다.
수령이 높아짐에 따라 구과수가 많이 달리는 경향이였다.
4. 풍작년에는 지위 上の 시험목이 지위 下の 시험목 보다 구과수가 많았고, 흉작년에는 지위 간에 차이가 없었으며, 평작년에는 지위 下の 시험목이 지위 上の 시험목에 비하여 구과수가 많았다.
5. 중림의 경우에는 풍작년, 흉작년, 평작년의 패턴(pattern)은 단순림과 고림목의 유형과 유사하였으나, 단목 중림과 군상 중림 간에는 유의성이 없었다.
6. 임형별(소나무 단순림, 중림, 고림목)간에 있어서 구과 당 평균종자 수와 풍작년, 흉작년, 평작년간에는 유의성이 없었으나 소나무 단순림의 경우 임분 특성(疏, 密, 임연부)간에는 유의성이 있었다.
소나무 단순림의 경우 밀(密)한 시험목의 구과 당 종자 수는 소(疏) 및 임연부에 비하여 10% 이상 더 적었다. 이는 햇볕과 생육공간 등 생육조건이 차이 때문인 것으로 판단되었다.
7. 구과 당 종자 수는 41-60립이 들어있는 구과가 전체의 56.7%로 가장 많았다.
8. 종자의 낙하시기는 풍작년, 흉작년 모두 11월과 12월에 집중하여 전체 낙하량의 상당부분인 77~84%가 낙하하고, 수간으로부터 20m이내에서 전체 낙하량의 대부분인 91~95%가 낙하하는 것으로 확인되었는바 천연하종갱신은 수간거리 20m이내에서 실시하는 것이 효율적이라 판단되었다.
9. 풍작년에는 천연갱신에 필요한 종자를 충분히 공급할 수 있을 것으로 판단되었으나 흉작년에는 천연갱신을 시행하고자 하려면 종자의 발아율 및 자

연소실율을 감안하여 천연하종외에 추가적으로 인공하종이 필수적인 것으로 판단되었다.

제 5 절 참고문헌

- 권퇴택, 정운수, 이상식, 1982, 임업종묘학, 학우사, p. 47-51, 103.
- 김용원, 박재홍, 홍성천, 최경, 윤충원, 오승환, 2002, 원색경북식물도감, 경상북도, 동아문화사 p. 521.
- 농림부, 2000, 강송림의 생태종 개발에 관한 연구, p. 286.
- 배규용, 1972, 松類에 있어서 毬果의 크기와 種子 收量間의 相關 關係, 상주농참고등전문학교 논문집 5집 111-113.
- 이재선, 송정호, 한상섭, 박완근, 1998, 강원도 지역의 소나무 천연집단의 변이에 관한 연구-침엽과 구과의 형태적 특성을 중심으로 - 한국임학회 98년 하계총회 및 학술연구발표회.
- 임동옥, 김철환, 2002, 소나무 구과의 열개 현상에 대한 비교형태학적 연구, Korean J. Environ. Biol. 20(4) : 386-390.
- 佐々木重行, 1974, *Pinus densiflora* の 天然更新に 關する 既往の研究の 概要について, 信州大學農學部造林研究室業績 第1号, p. 2.
- 한상익, 최완용, 장경환, 1999, 소나무 채종원에서 클론간 개화, 구과 및 종자 생산량의 변이, 산림과학논문집 61 : 18-26.
- 한상익, 최완용, 장경환, 1999, 소나무 채종원에서 개화특성의 클론간 및 연간 변이, 산림과학논문집 62 : 17-24.
- 홍성천 등, 1987, 원색한국수목도감, 계명사, p. 320.
- 홍성천, 이중효, 2003, 소나무림의 생태와 육성전략, 산림포럼 소나무 심포지움.

제 4 장 토양수분, 광량, 하종상처리가 종자발아율과 치묘의 생존율 및 치묘의 형질에 미치는 영 향

제 1 절 실험목적

소나무천연갱신 지침을 마련하기 위하여 실내포장실험을 통하여 소나무천연 하중에 영향을 미치는 토양수분, 광량, 하중상처리가 종자발아, 생존율 및 치묘의 형질에 미치는 영향을 분석하기로 하였다.

제 2 절 실험방법

1. 시험구 배치

사진에서 나타낸바와 같이 비닐하우스 내에서 토양수분, 광량, 하중상을 조합한 시험구를 설치하였다. 토양수분은 건조구, 적윤구, 과습구로 구분 설치하였으며, 건조구는 스프링쿨러로 21일에 1회 관수하였으며, 적윤구는 3일에 1회, 과습구는 1일 4회 관수로 조절하였다.

광량은 차광망으로 10%, 30%, 70%, 100%로 조절하였으며, 배양토를 사용한 하중상처리는 부식층 0cm, 부식층 2cm 교란구, 부식층 2cm 비교란구, 부식층 5cm 비교란구로 조정하였으며, 3회 반복 시험구를 설치하였다.

2. 조사항목

시험구 설치 후 5월에는 발아율을, 6월, 10월에는 치묘의 생존율 및 치묘의 T/R율을 조사하였고, 익년 6월에는 T/R율을 조사하였다.



사진 4-1. 비닐하우스 내의 시험구 설치



사진 4-2. 비닐하우스 내의 처리구별 치묘발아의 모습

제 3 절 결과 및 고찰

1. 토양수분, 광량, 부식층 두께의 차이가 발아율에 미치는 영향

표 4-1, 표 4-2, 표 4-3 은 토양수분의 차이, 즉 토양수분건조구, 토양수분 적윤구, 토양수분과습구의 경우 광량과 부식층의 두께가 발아율에 미치는 영향을 나타낸 것이다.

표 4-1. 토양건조구의 경우 광량, 부식층두께가 발아율, 생존율, T/R율에 미치는 영향

부식층두께	조사항목	광량			
		10%	30%	70%	100%
0cm	발아율	11.90	11.83	14.33	12.17
	생존율(6월)	1.23	6.83	10.50	11.50
	생존율(10월)	0.13	6.17	10.50	11.00
	T/R율	-	0.74	1.17	0.86
2cm 교란구	발아율	12.17	11.17	12.67	11.50
	생존율(6월)	1.17	5.23	10.50	9.83
	생존율(10월)	0.00	3.27	8.17	9.33
	T/R율	-	0.37	1.26	0.58
2cm 비교란구	발아율	8.17	8.00	13.17	6.17
	생존율(6월)	1.83	2.67	8.77	6.00
	생존율(10월)	0.67	1.00	4.67	6.00
	T/R율	0.34	0.42	1.13	0.51
5cm 비교란구	발아율	9.83	10.00	10.83	7.57
	생존율(6월)	0.50	1.33	3.50	6.47
	생존율(10월)	0.00	0.17	0.33	6.13
	T/R율	-	0.46	8.47	1.04

표 4-2. 토양적운구의 경우 광량, 부식층두께가 발아율, 생존율, T/R율에 미치는 영향

부식층두께	조사항목	광량			
		10%	30%	70%	100%
0cm	발아율	85.83	87.17	88.50	89.83
	생존율(6월)	76.97	79.33	83.50	84.33
	생존율(10월)	0.53	37.50	79.83	81.17
	T/R율	0.37	1.05	1.96	2.30
2cm 교란구	발아율	84.33	84.77	89.50	89.17
	생존율(6월)	72.17	74.20	82.83	84.00
	생존율(10월)	0.33	30.60	77.83	80.17
	T/R율	-	1.69	2.22	2.26
2cm 비교란구	발아율	88.50	87.17	88.57	88.67
	생존율(6월)	81.50	72.00	81.17	81.50
	생존율(10월)	0.50	26.33	73.73	74.50
	T/R율	-	0.81	2.12	3.25
5cm 비교란구	발아율	84.00	86.17	87.50	88.73
	생존율(6월)	70.83	63.00	78.83	79.37
	생존율(10월)	0.17	22.83	69.33	69.70
	T/R율	-	0.97	1.39	1.16

표 4-3. 토양과습구의 경우 광량, 부식층두께가 발아율, 생존율, T/R율에 미치는 영향

부식층두께	조사항목	광량			
		10%	30%	70%	100%
0cm	발아율	69.03	60.17	85.17	85.17
	생존율(6월)	4.40	23.33	41.00	38.17
	생존율(10월)	0.17	10.33	33.17	23.33
	T/R율	-	1.38	0.87	1.00
2cm 교란구	발아율	66.83	61.37	86.83	84.33
	생존율(6월)	5.33	19.03	39.50	32.00
	생존율(10월)	0.17	8.33	28.00	22.67
	T/R율	-	1.13	0.53	0.85
2cm 비교란구	발아율	65.67	63.17	85.23	86.67
	생존율(6월)	3.33	19.67	36.17	36.83
	생존율(10월)	0.00	11.00	24.53	21.83
	T/R율	-	1.09	0.53	0.54
5cm 비교란구	발아율	50.67	59.50	83.83	85.17
	생존율(6월)	0.00	5.50	17.33	33.93
	생존율(10월)	0.00	2.00	8.83	17.57
	T/R율	-	1.19	0.40	0.40

표 4-4, 표 4-5, 표 4-6 은 토양수분과 광도의 차이, 토양수분과 부식층의 차이, 부식층과 광도의 차이에 따른 소나무 발아율을 다중검정한 것이고 표 4-6-1은 일반 선형분석(GLM)에 의한 소나무 발아율의 효과검정 자료를 나타낸 것이다.

표 4-4. 토양습도와 광도의 차이에 따른 소나무 발아율의 다중검정

광도 토양습도	10%	30%	70%	100%	F-값
건조구 (N)	11.20 ab 8	10.71 ab 8	12.95 a 8	8.46 a 8	2.190
적윤구 (N)	85.76 b 8	85.52 b 8	88.55 a 8	88.91 a 8	7.534**
과습구 (N)	66.05 b 8	61.21 b 8	85.23 a 8	85.62 a 8	22.959**
전 체 (N)	54.33 a 24	52.48 a 24	62.24 a 24	61.00 a 24	.461

^{a,b} Duncan Grouping.

** .01 유의수준에서 유의함.

표 4-5. 토양습도와 부식층의 차이에 따른 소나무 발아율의 다중검정

부식층두께 토양습도	0cm	2cm 교란구	2cm 비교란구	5cm 비교란구	F-값
건조구 (N)	13.26 a 8	12.33 ab 8	9.07 bc 8	8.65 c 8	3.945*
적윤구 (N)	87.92 a 8	86.16 a 8	88.25 a 8	86.41 a 8	1.702
과습구 (N)	77.86 a 8	75.38 a 8	75.16 a 8	69.71 a 8	.509
전 체	59.68 a 24	57.96 a 24	57.49 a 24	54.92 a 24	.076

^{a,b,c} Duncan Grouping.

* .05 유의수준에서 유의함.

표 4-6. 부식층과 광도의 차이에 따른 소나무 발아율의 다중검정

광도 부식층두께	10%	30%	70%	100%	F-값
0cm (N)	60.63 a 6	53.05 a 6	62.65 a 6	60.63 a 6	.091
2cm 교란구 (N)	54.45 a 6	52.21 a 6	63.01 a 6	62.16 a 6	.135
2cm 비교란구 (N)	54.10 a 6	52.78 a 6	62.61 a 6	60.48 a 6	.963
5cm 비교란구 (N)	48.16 a 6	51.88 a 6	60.70 a 6	58.95 a 6	.148
전체 (N)	54.33 a 24	52.48 a 24	62.24 a 24	61.00 a 24	.461

^a Duncan Grouping.

표 4-7. 일반선형분석(GLM)에 의한 소나무 발아율의 효과검정

소스	제 III 유형 제공합	자유도	평균제곱	F
수정 모형	668707.756	47	14227.825	336.329**
절편	1180495.069	1	1180495.069	27905.519**
습도	401298.439	2	200649.219	4743.112**
광	7197.592	3	2399.197	56.714**
부식층	499.849	3	166.616	3.939**
습도×광	9516.600	6	1586.100	37.494**
습도×부식층	441.010	6	73.502	1.737
광×부식층	415.319	9	46.147	1.091
습도×광×부식층	1029.770	18	57.209	1.352
오차	22336.133	528	42.303	
합계	2594524.000	576		
수정 합계	691043.889	575		

$R^2=.968$ (수정된 $R^2=.965$)

** .01 유의수준에서 유의함.

토양수분건조구의 경우 부식층의 두께와 광량의 차이에 관계없이 평균 10.7% 내외의 발아율을 나타내었으며 부식층의 두께와 광량 간에는 유의성이 나타나

지 않았다.

토양수분적윤구의 경우 부식층의 두께와 광량의 차이에 관계없이 평균 87.4% 내외의 발아율을 나타내었으며 부식층의 두께와 광량 간에는 유의성이 나타나지 않았다.

토양수분과습구의 경우 부식층의 두께와 광량의 차이에 관계없이 평균 73.7% 내외의 발아율을 나타내었으며 부식층의 두께와 광량 간에는 유의성이 나타나지 않았다.

그러나 토양수분적윤구와 토양수분과습구 간에는 발아율에 유의성이 나타나지 않았으나 토양수분건조구와 토양수분적윤구 및 토양수분과습구 간에는 고도의 유의성이 있었다.

2. 토양수분, 광량, 부식층의 두께의 차이가 치묘의 생존율에 미치는 영향

토양수분건조구의 경우 평균 생존율은 4.9% 내외였으나 6월 조사 시에는 생존율이 평균 5.5%를 나타내었으며 10월 조사 시에는 4.2%를 나타내었다. 광량 10% 시험구에서는 부식층의 두께에 관계없이 생존율이 가장 낮은 경향이었다. 부식층 두께 0cm, 2cm 교란구와 광량 30%, 70% 100% 시험구 간에는 유의성이 없었다.

토양수분적윤구의 경우 6월 조사 시 평균 생존율은 77.9%였으며 부식층과 광량 간에는 유의성이 나타나지 않았으며 10월 조사 시에는 광량 70%, 100% 구에서는 부식층의 두께와 광량 간에는 생존율에 유의성이 나타나지 않았고 광량 10%, 30%구에서는 부식층 두께에 관계없이 고도의 유의성이 있었다.

표 4-8. 토양습도와 광도의 차이에 따른 소나무 치묘의 생존율 다중검정 (2005. 6)

광도 토양습도	10%	30%	70%	100%	F-값
건조구 (N)	1.27 c 8	4.63 b 8	8.53 a 8	7.45 ab 8	9.230**
적윤구 (N)	76.17 ab 8	71.16 b 8	81.35 a 8	80.83 a 8	3.854*
과습구 (N)	3.83 c 8	17.97 b 8	34.83 a 8	34.58 a 8	31.413**
전 체 (N)	27.09 a 24	31.92 a 24	41.57 a 24	40.95 a 24	1.144

^{a,b,c} Duncan Grouping.

* .05 유의수준에서 유의함. ** .01 유의수준에서 유의함.

표 4-9. 토양습도와 부식층의 차이에 따른 소나무 치묘의 생존율 다중검정 (2005. 6)

부식층두께 토양습도	0cm	2cm 교란구	2cm 비교란구	5cm 비교란구	F-값
건조구 (N)	7.55 a 8	7.28 a 8	5.05 ab 8	7.55 a 8	4.207*
적윤구 (N)	81.83 a 8	79.32 a 8	78.82 a 8	71.53 b 8	5.586**
과습구 (N)	27.28 a 8	25.05 a 8	25.35 a 8	13.55 a 8	1.464
전 체 (N)	29.03 a 24	36.40 a 24	37.22 a 24	38.89 a 24	.425

^{a,b} Duncan Grouping.

* .05 유의수준에서 유의함. ** .01 유의수준에서 유의함.

표 4-10. 부식층과 광도의 차이에 따른 소나무 치묘의 생존율 다중검정 (2005. 6)

광도 부식층두께	10%	30%	70%	100%	F-값
0cm (N)	29.40 a 6	36.50 a 6	45.00 a 6	44.66 a 6	.272
2cm 교란구 (N)	26.23 a 6	36.45 a 6	44.26 a 6	41.93 a 6	.336
2cm 비교란구 (N)	28.90 a 6	31.46 a 6	43.81 a 6	41.45 a 6	.265
5cm 비교란구 (N)	23.85 a 6	23.28 a 6	33.21 a 6	35.78 a 6	.213
전체 (N)	27.09 a 24	31.92 a 24	41.57 a 24	40.95 a 24	1.144

^a Duncan Grouping.

표 4-11. 토양습도와 광도의 차이에 따른 소나무 치묘의 생존율 다중검정 (2005. 10)

광도 토양습도	10%	30%	70%	100%	F-값
건조구 (N)	0.16 c 8	2.95 bc 8	5.28 ab 8	7.12 a 8	26.617**
적윤구 (N)	.45 c 8	29.93 b 8	74.46 a 8	73.03 a 8	211.197**
과습구 (N)	0.11 c 8	8.12 b 8	24.45 a 8	19.45 a 8	20.111**
전 체 (N)	.24 c 24	13.67 b 24	34.60 a 24	33.20 a 24	12.969**

^{a,b,c} Duncan Grouping.
** .01 유의수준에서 유의함.

표 4-12. 토양습도와 부식층의 차이에 따른 소나무 치묘의 생존율 다중검정 (2005. 10)

부식층두께 토양습도	0cm	2cm 교란구	2cm 비교란구	5cm 비교란구	F-값
건조구 (N)	6.91 a 8	5.48 ab 8	2.45 bc 8	.67 c 8	5.428**
적윤구 (N)	49.85 a 8	47.86 a 8	43.02 a 8	37.15 a 8	.228
과습구 (N)	16.76 a 8	15.00 a 8	14.78 a 8	5.21 a 8	1.753
전 체 (N)	24.50 a 24	22.78 a 24	20.08 a 24	14.34 a 24	.676

^{a,b,c} Duncan Grouping.
** .01 유의수준에서 유의함.

표 4-13. 부식층과 광도의 차이에 따른 소나무 치묘의 생존율 다중검정 (2005. 10)

광도 부식층 두께	10%	30%	70%	100%	F-값
0cm (N)	.38 b 6	17.98 ab 6	41.16 a 6	38.50 a 6	3.706*
2cm 교란구 (N)	.15 b 6	15.61 ab 6	38.00 a 6	37.36 a 6	3.363*
2cm 비교란구 (N)	.38 b 6	12.76 ab 6	33.08 a 6	34.11 a 6	2.999
5cm 비교란구 (N)	.05 a 6	8.31 a 6	26.18 a 6	22.83 a 6	1.852
전체 (N)	.24 c 24	13.67 b 24	33.20 a 24	34.60 a 24	12.969**

^{a,b,c} Duncan Grouping.
* .05 유의수준에서 유의함. ** .01 유의수준에서 유의함.

표 4-14. 일반선형분석(GLM)에 의한 소나무 치묘의 생존율 효과검정(2005. 6)

소스	제 III 유형 제공합	자유도	평균제공	F
수정 모형	590743.972	47	12569.021	344.214**
절편	445702.469	1	445702.469	12205.960**
습도	344365.243	2	172182.622	4715.375**
광	15550.147	3	5183.382	141.952**
부식층	3486.237	3	1162.079	31.825**
습도×광	8280.390	6	1380.065	37.794**
습도×부식층	671.842	6	111.974	3.066**
광×부식층	1320.061	9	146.673	4.017**
습도×광×부식층	1352.564	18	75.142	2.058**
오차	19280.000	528	36.515	
합계	1331108.000	576		
수정 합계	610023.972	575		

$R^2=.968$ (수정된 $R^2=.966$)

** .01 유의수준에서 유의함.

표 4-15. 일반선형분석(GLM)에 의한 소나무 치묘의 생존율 효과검정(2005. 10)

소스	제 III 유형 제공합	자유도	평균제공	F
수정 모형	383536.950	47	8160.361	237.513**
절편	157669.878	1	157669.878	4589.086**
습도	111954.260	2	55977.130	1629.251**
광	79974.306	3	26658.102	775.902**
부식층	3188.438	3	1062.813	30.934**
습도×광	56348.007	6	9391.334	273.341**
습도×부식층	376.063	6	62.677	1.824
광×부식층	1522.961	9	169.218	4.925**
습도×광×부식층	694.281	18	38.571	1.123
오차	18140.800	528	34.358	
합계	642268.000	576		
수정 합계	401677.750	575		

$R^2=.955$ (수정된 $R^2=.951$)

** .01 유의수준에서 유의함.

3. 토양수분, 광량, 부식층 두께의 차이가 치묘의 T/R율에 미치는 영향

토양수분건조구의 경우 평균 T/R율이 1.3 이었으며 부식층 두께와 광량 간에는 유의성이 없었다.

토양수분적윤구의 경우 평균 T/T율이 1.7 이었으며 부식층 두께 0cm, 2cm 교란구와 광량 70%, 100%구의 T/R율이 2.2 로서 가장 건전한 생육을 하고 있었다.

토양수분과습구의 경우 광량 10%의 경우에는 부식층의 두께에 관계없이 치묘가 전부 고사하였다. 부식층 두께와 광량 간에는 T/R율에 유의성이 나타나지 않았다.

표 4-16. 토양습도와 광도의 차이에 따른 소나무 치묘의 T/R 다중검정

광도 토양습도	10%	30%	70%	100%	F-값
건조구 (N) 20	.03 b	.34 b	2.16 a	.64 b	8.652**
적윤구 (N) 20	.03 c	1.13 b	1.92 a	2.24 a	45.347**
과습구 (N) 20	.00 b	.65 a	.58 a	.69 a	15.884**
전 체 (N) 60	.02 c	.71 b	1.55 a	1.19 a	23.263**

^{a,b,c} Duncan Grouping.

** .01 유의수준에서 유의함.

표 4-17. 토양습도와 부식층의 차이에 따른 소나무 치묘의 T/R 다중검정

부식층 두께 토양습도	0cm	2cm 교란구	2cm 비교란구	5cm 비교란구	F-값
건조구 (N) 20	.69 a	.55 a	.48 a	1.44 a	1.512
적윤구 (N) 20	1.36 a	1.54 a	1.54 a	.88 a	1.762
과습구 (N) 20	.67 a	.51 ab	.43 ab	.31 a	2.218
전 체 (N) 60	.91 a	.87 a	.82 a	.88 a	.058

^{a,b} Duncan Grouping.

표 4-18. 부식층과 광도의 차이에 따른 금강소나무 치묘의 T/R 다중검정

광도 부식층두께	10%	30%	70%	100%	F-값
0cm (N)	1.38 a 15	1.33 a 15	.87 b 15	.04 c 15	18.934**
2cm 교란구 (N)	1.23 a 15	1.33 a 15	.91 a 15	.00 b 15	12.716**
2cm 비교란구 (N)	1.43 a 15	1.25 a 15	.54 b 15	.04 b 15	7.179**
5cm 비교란구 (N)	.72 b 15	2.29 a 15	.51 b 15	.00 b 15	5.122**
전체 (N)	1.19 a 60	1.55 a 60	.71 b 60	.02 c 60	23.263**

^{a,b,c} Duncan Grouping.

** .01 유의수준에서 유의함.

표 4-19. 일반선형분석(GLM)에 의한 소나무 T/R율의 효과검정(2005. 6)

소스	제 III 유형 제곱합	자유도	평균제곱	F
수정 모형	237.728	37	6.425	29.724**
절편	110.028	1	110.028	509.006**
습도	23.240	2	11.620	53.756**
광	22.953	3	7.651	35.395**
부식층	5.674	3	1.891	8.749**
습도×광	54.256	4	13.564	62.750**
습도×부식층	39.960	6	6.660	30.810**
광×부식층	36.415	6	6.069	28.077**
습도×광×부식층	56.423	12	4.702	21.752**
오차	28.317	131	.216	
합계	642268.000	576		
수정 합계	401677.750	575		

$R^2=.894$ (수정된 $R^2=.864$)

** .01 유의수준에서 유의함.

표 4-20 ~ 4-22는 치료 2년생의 T/R율에 미치는 영향을 분석한 자료이며 표 4-23 ~ 4-25는 T/R율의 다중검정 결과이다. 표 4-26은 일반선형분석(GLM)에 의한 T/R율의 효과검정치를 나타낸 것이다.

토양수분건조구의 경우 광량 70%구와 30%구에서는 T/R율에 유의성이 인정되지 않았으나 광량 70%구와 100%구 간에는 유의성이 인정되었다.

부식층 두께 간에는 유의성이 인정되지 않았다. 부식층 두께와 광량 간에는 광량 70%구 및 100%구와 광량 70%구 간에는 고도의 유의성이 인정되었다.

표 4-20. 토양건조구의 광량, 부식층두께가 치묘의 T/R율에 미치는 영향
(2006. 6)

부식층의 두께	조사항목	광 량(%)			
		10	30	70	100
0cm	지상부묘고(cm)	-	19.1	21.9	20.1
	뿌리길이(cm)	-	16.7	27.5	26.8
	지상부중량(g)	-	1.1	1.8	1.6
	지하부중량(g)	-	0.9	0.8	1.0
	T/R율	-	1.2	2.3	1.6
2cm교란구	지상부묘고(cm)	-	18.7	15.1	19.4
	뿌리길이(cm)	-	16.5	17.6	27.5
	지상부중량(g)	-	1.0	1.7	2.2
	지하부중량(g)	-	0.8	0.9	1.1
	T/R율	-	1.3	1.9	2.0
2cm비교란구	지상부묘고(cm)	-	13.8	19.3	26.2
	뿌리길이(cm)	-	20.1	26.2	36.2
	지상부중량(g)	-	0.7	1.3	1.7
	지하부중량(g)	-	1.0	0.9	1.2
	T/R율	-	0.7	1.4	1.4
5cm비교란구	지상부묘고(cm)	-	-	-	-
	뿌리길이(cm)	-	-	-	-
	지상부중량(g)	-	-	-	-
	지하부중량(g)	-	-	-	-
	T/R율	-	-	-	-

표 4-21. 토양적운구의 광량, 부식층두께가 치묘의 T/R율에 미치는 영향
(2006. 6)

부식층의 두께	조사항목	광 량(%)			
		10	30	70	100
0cm	지상부묘고(cm)	-	10.5	19.2	15.0
	뿌리길이(cm)	-	11.5	24.3	28.7
	지상부중량(g)	-	0.3	1.2	1.4
	지하부중량(g)	-	0.3	0.5	0.7
	T/R율	-	1.0	2.4	2.0
2cm교란구	지상부묘고(cm)	-	13.5	20.3	14.4
	뿌리길이(cm)	-	9.7	25.2	25.9
	지상부중량(g)	-	0.4	1.3	1.0
	지하부중량(g)	-	0.3	0.5	0.6
	T/R율	-	1.3	2.8	2.1
2cm비교란구	지상부묘고(cm)	-	8.5	15.1	17.0
	뿌리길이(cm)	-	10.7	22.8	33.5
	지상부중량(g)	-	0.4	1.7	2.0
	지하부중량(g)	-	0.4	0.7	0.9
	T/R율	-	1.0	2.5	2.2
5cm비교란구	지상부묘고(cm)	-	-	-	-
	뿌리길이(cm)	-	-	-	-
	지상부중량(g)	-	-	-	-
	지하부중량(g)	-	-	-	-
	T/R율	-	-	-	-

표 4-22. 토양과습구의 광량, 부식층두께가 치묘의 T/R율에 미치는 영향

(2006. 6)

부식층의 두께	조사항목	광 량(%)			
		10	30	70	100
0cm	지상부묘고(cm)	-	13.7	20.8	19.2
	뿌리길이(cm)	-	23.0	29.5	28.5
	지상부중량(g)	-	0.8	1.4	2.8
	지하부중량(g)	-	0.7	0.4	0.7
	T/R율	-	1.1	3.5	3.9
2cm교란구	지상부묘고(cm)	-	13.7	22.7	19.5
	뿌리길이(cm)	-	23.0	25.4	25.0
	지상부중량(g)	-	0.8	2.0	1.9
	지하부중량(g)	-	0.7	0.6	0.5
	T/R율	-	1.1	3.3	3.8
2cm비교란구	지상부묘고(cm)	-	-	18.9	16.5
	뿌리길이(cm)	-	-	21.7	30.7
	지상부중량(g)	-	-	1.8	1.1
	지하부중량(g)	-	-	0.6	0.4
	T/R율	-	-	3.0	3.6
5cm비교란구	지상부묘고(cm)	-	-	-	-
	뿌리길이(cm)	-	-	-	-
	지상부중량(g)	-	-	-	-
	지하부중량(g)	-	-	-	-
	T/R율	-	-	-	-

표 4-23. 토양습도와 광도의 차이에 따른 소나무 T/R율의 다중검정 (2006. 6)

광도 토양습도	30%	70%	100%	F-값
건조구 (N)	0.79 b 40	1.05 b 40	3.02 a 40	28.964**
적윤구 (N)	1.53 b 20	3.92 a 40	4.32 a 40	24.451**
과습구 (N)	1.05 a 30	.85 b 30	.82 b 40	7.524**
전 체 (N)	1.04 c 90	2.04 b 110	2.72 a 120	24.252**

^{a,b,c} Duncan Grouping.

** .01 유의수준에서 유의함.

표 4-24. 토양습도와 부식층의 차이에 따른 소나무 T/R율의 다중검정 (2006.

6)

부식층두께 토양습도	0cm	2cm 교란구	2cm 비교란구	5cm 비교란구	F-값
건조구 (N)	1.19 a 30	1.33 a 30	1.80 a 30	1.44 a 30	0.516
적윤구 (N)	3.02 b 30	3.17 b 30	3.49 b 20	5.24 a 20	8.567**
과습구 (N)	.95 a 30	.96 a 30	.76 b 30	.98 a 10	4.011*
전 체 (N)	1.96 b 90	1.82 b 90	1.83 b 80	2.63 a 60	2.885**

^{a,b,c} Duncan Grouping.

* .05 유의수준에서 유의함. ** .01 유의수준에서 유의함.

표 4-25. 부식층과 광도의 차이에 따른 소나무 T/R율의 다중검정 (2006. 6)

광도 부식층두께	30%	70%	100%	F-값
0cm (N)	1.02 b 30	2.31 a 30	2.55 a 30	5.668**
2cm 교란구 (N)	1.35 b 30	1.75 ab 30	2.35 a 30	4.760*
2cm 비교란구 (N)	.72 c 20	1.63 b 30	2.78 a 30	13.994**
5cm 비교란구 (N)	.81 b 10	2.69 a 20	3.19 a 30	3.891*
전체 (N)	1.04 c 90	2.04 b 110	2.72 a 90	24.252**

^{a,b,c} Duncan Grouping.

* .05 유의수준에서 유의함. ** .01 유의수준에서 유의함.

표 4-26. 일반선형분석(GLM)에 의한 소나무 T/R율의 효과검정

소스	제 III 유형 제공합	자유도	평균제공	F
수정 모형	702.292	31	22.655	16.772**
절편	1098.094	1	1098.094	812.974**
습도	282.665	2	141.332	104.635**
광	94.758	2	47.379	35.077**
부식층	10.041	3	3.347	2.478**
습도×광	96.118	4	24.030	17.790**
습도×부식층	36.255	6	6.042	4.474**
광×부식층	16.444	6	2.741	2.029
습도×광×부식층	16.452	8	2.056	1.523
오차	389.005	288	1.351	
합계	2387.609	320		
수정 합계	1091.297	319		

R²=.644 (수정된 R²=.605)

** .01 유의수준에서 유의함.

제 4 절 요약

1. 토양수분건조구의 경우 평균 발아율은 10.7%로서 부식층 두께와 광량 간에는 유의성이 나타나지 않았다.
2. 토양수분적윤구의 경우 평균 발아율은 87.4%로서 부식층 두께와 광량 간에는 유의성이 나타나지 않았다.
3. 토양수분과습구의 경우 평균 발아율은 73.7%로서 부식층 두께와 광량 간에는 유의성이 나타나지 않았다.
4. 토양수분건조구의 경우 광량 70%, 100%구와 부식층 두께 0cm, 2cm 교란구 간에 생존율은 10.2%로서 가장 높았다.
5. 토양수분적윤구의 경우 광량 70%, 100%구와 부식층 두께 0cm, 2cm 교란구 간에 생존율은 81.7%로서 가장 높았다.
6. 토양수분과습구의 경우 광량 70%, 100%구와 부식층 두께 0cm, 2cm 교란구 간에 생존율은 32.2%로서 가장 높았다.

7. 토양수분건조구의 경우 광량 70%, 100%구와 부식층 두께 0cm, 2cm 교란구의 평균 T/R율은 1이었다.

8. 토양수분적윤구의 경우 광량 70%, 100%구와 부식층 두께 0cm, 2cm 교란구의 평균 T/R율은 2.2로 가장 건전한 생육을 하고 있었다.

이상의 결과를 종합해 보면 토양수분적윤구의 광량 70%, 100%, 부식층 두께 0cm, 부식층두께 2cm 교란구에서 발아율, 치묘의 생존율이 가장 높았고 T/R율이 가장 건진하였다.

제 5 절 참고문헌

경북대학교농업과학기술연구소. 2000. 울진 소나무림 보전을 위한 국제 심포지움. pp253

산림청. 2002. 2002 숲가꾸기 현지 연찬회. pp 121.

한국임정연구회. 2001. 울진소나무림 보전을 위한 국제 심포지움. pp.236.

한국임학회, 한국임정연구회. 2002. 금강소나무림 경영전략과 특별법 제정에 대한 심포지움. pp144.

Dennis E. Ferguson and Clinton E. Carlson : 1993, Predicting Regeneration Establishment With the Prognosis Model. pp 54.

Raymond C. Shearer and Jack A. schmidt : 1998, Natural regeneration after harvest and residue treatment in a mixed conifer forest of northwestern Montana, USDA Forest Service, Rocky Mountain Research Station, Forestry Sciences Laboratory, Missoula, MT 59807, U.S.A. 274-278

稲富 繁生. 1986. 天然林施業と複層林施業. pp398.

北方林業會. 1985. 天然林を考える. pp128.

佐々木重行. 1974. アカマツ(*Pinus densiflora*)의 天然更新にする既往の研究の概要について. 信州大学農学部造林研究室業績第1号. pp15.

제 5 장 소나무 천연갱신법에 따른 작업공정 및 단비조사 분석

제 1 절 실험목적

천연갱신의 장점은 모수와 유전형질이 같은 임분을 조성할 수 있고, 적은 면적에도 적용이 가능하며, 치묘의 지속적인 생장 등이 있지만 그중에 빼놓을 수 없는 것이 경제적으로 인건비가 적게 든다는 것이다. 인공갱신을 위해서는 종자를 채취하여 묘포장에서 몇 년간 키워야 하며, 다시 이것을 인공식재 해야 하는 과정을 거쳐야 하기 인건비가 많이 드는 것으로 알려져 있다. 반면 천연갱신은 그런 과정은 생략이 되지만 천연갱신을 유도하기 위해서는 중·하층목의 제거작업, 부식층제거 작업, 경운작업을 해 주어야 한다. 우리나라에서는 이런 작업공정이 나와 있지 않기 때문에 천연갱신작업이 얼마나 경제적인지, 천연갱신작업에 드는 인건비는 얼마인지에 대한 자료가 전무한 실정이다. 따라서 본 연구는 소나무의 천연갱신을 위한 상(床)조성작업에 드는 작업공정 조사와 갱신 후 1, 2년차의 풀베기 공정조사를 실시하였다.

제 2 절 실험방법

1. 작업대상지

작업대상지는 경북 울진군 서면에 있는 유전자 보존림에 대상개별시험구 5개소(20m×30m), 군상모수 시험구 2개(100평), 군상혼효시험구 2개소(100평), 단목모수시험구 2개소(100평), 단목혼효 시험구 2개소(100평), 중림시험구 2개소(100평)의 총 6작업종 15조사구에 대하여 시험구를 설치하였다

2. 작업공정 조사의 흐름

천연갱신을 위한 상만들기의 작업공정조사는 두 과정으로 나누어 조사를 실시하였는데 첫째는 갱신상 만들기 공정으로 그림 5-1과 같은 과정을 거쳐 ha당 소요인원을 산출하였다. 먼저 상층목인 소나무림의 제거 작업공정은 매목 조사를 실시한 후, 벌채작업에서 적용하고 있는 국유 임산물 매각 규칙을 적용하였다. 이 때 소나무림과 참나무림의 생장차이가 심해 혼효림으로 적용하지 않고 침엽수림, 활엽수림공정을 더해서 ha당 공정을 산출하였다. 인공조림을 위해서는 조림예정지정리작업(지존작업)을 해 주는 것처럼, 천연갱신이 잘 이루어지고, 치묘가 자랄 수 있도록 중·하층목 제거작업을 해 주어야 한다. 중·하층목 제거 작업은 중하층에 있는 참나무류를 제거한 후 일정한 장소에 모우는 것으로 대상개별 시험구에 대하여 직접 작업하여 작업시간과 작업에 영향을 미치는 제거물의 무게를 측정하여 제거물 무게에 따른 작업공정표를 만들었다. 소나무종자는 가볍고 건조에 약하여 부식층이 쌓여있을 경우 천연갱신에 방해받을 수 있어 부식층 제거작업을 실시하였다. 천연갱신을 유도

를 위한 부식층제거작업의 공정조사는 역시 대상개별 시험구에서 시험구를 설정하고 부식층무게에 따른 부식층의 제거공정을 조사하였다. 또한 토양 경운을 통하여 종자가 부드러운 토양에 떨어질 때 소나무치묘의 발생이 더 좋을 것으로 판단되어 인력으로 토양경운작업을 실시하였으며 역시 대상개별구를 대상으로 하여 시험구를 만들어 작업공정을 조사하여 인/ha로 환산하였다.



그림 5-527. 작업공정 조사의 흐름.



<사진 5-1> 작업과정별 작업 모습

제 3 절 결과 및 고찰

1. 상층목 제거 작업

가. 대상개별 작업지

상층목제거 작업의 공정조사를 위해 20×30m의 표준지 설치하여 매목조사한 결과 표 5-1과 같은 결과를 얻었다. 이 지역을 우점하고 있는 소나무의 경우 평균수고는 13.7m였으며, 평균흉고직경은 22.7cm, ha당 본수는 730본 이었다. 조사구내에 참나무 대경목도 분포하고 있었는데 평균수고가 18.2m, 평균흉고 직경은 36.8cm, ha당본수는 54본 이었다. 아래의 임분을 국유임산물 매각규칙에 따라 벌목작업과 산지집재에 대한 공정을 산출한 결과 ha당 62.8명이 소요되었다.

표 5-1. 대상개별 작업지 임분 현황

해발(m)	경사(°)	방위	수종	수고(m)	흉고직경(cm)	본/ha
740	17	W	소나무	$\frac{13.7}{6.4-21.0}$	$\frac{22.7}{9.5-52.1}$	730
740	17	W	참나무류	$\frac{18.2}{16.9-20.4}$	$\frac{36.8}{30.8-43.8}$	54

나. 군상모수작업지

군상모수작업지는 울진 유전자보전림의 해발 700m의 남동쪽 사면에 위치는 시험구로서 반경 10m조사구의 매목조사 결과 표 5-2와 같은 결과를 얻었다. 소나무의 경우 평균수고는 대상개별지보다 낮은 11.0m이었으며, 평균흉고직경은 18.5cm, ha당 본수는 590본 이었다. 조사구내에 참나무가 소나무층 아래에 분포하고 있었는데 평균수고가 7.7m, 평균흉고 직경은 11.1cm, ha당 본수는 490본 이었다. 아래의 임분을 국유임산물 매각규칙에 따라 벌목작업과 산지집재에 대한 공정을 산출한 결과 ha당 26.7명이 소요되었다.

표 5-2. 군상모수작업지 임분 현황

해발(m)	경사(°)	방위	수종	수고(m)	흉고직경(cm)	본/ha
700	25	SE	소나무	$\frac{11.0}{7.0-17.5}$	$\frac{18.5}{9.1-46.2}$	590
700	25	SE	참나무류	$\frac{7.7}{4.6-10.9}$	$\frac{11.1}{6.5-16.6}$	490

다. 군상혼효작업지

군상혼효작업지는 군상모수작업지와 가까이 위치하여 입지적으로는 군상모수작업지와 유사하였다. 반경 10m조사구의 매목조사 결과 표 5-3과 같은 결과를 얻었다. 소나무의 경우 평균수고는 군상모수작업지보다 높은 21.4m이었으며, 평균흉고직경은 49.0cm, ha당 본수는 151본으로 소나무의 밀도는 낮은 편이었다. 조사구내에 역시 참나무가 소나무층 아래에 분포하고 있었는데 평균수고가 10.6m, 평균흉고 직경은 14.5cm, ha당본수는 447본 이었다. 아래의 임분을 국유임산물 매각규칙에 따라 벌목작업과 산지집재에 대한 공정을 산출한 결과 ha당 68.7명이 소요되었다.

표 5-3. 군상혼효작업지 임분 현황

해발(m)	경사(°)	방위	수종	수고(m)	흉고직경(cm)	본/ha
700	30	SE	소나무	$\frac{21.4}{7.4-29.1}$	$\frac{49.0}{7.9-69.7}$	151
700	30	SE	참나무류	$\frac{10.6}{4.7-17.9}$	$\frac{14.5}{7.0-46.8}$	447

라. 단목모수 작업지

단목모수 작업지는 방위와 경사는 단목혼효작업지와 비슷하나 사면이 북서사면을 향하고 있어 참나무류가 소나무를 피압하면서 우점을 하고 있었으며, 소나무는 조사구내에 단지 2본만 대경목으로 존재하였다. 반경 10m조사구의 매목조사한 결과 표 5-4와 같은 결과를 얻었다. 소나무의 경우 평균수고는 17.3m이었으며, 평균흉고직경은 42.9cm, ha당 본수는 30이었다. 조사구내에 역시 참나무가 소나무층 아래에 분포하고 있었는데 평균수고가 8.9m, 평균흉고직경은 11.2cm, ha당 본수는 418본 이었다. 아래의 임분을 국유임산물 매각규칙에 따라 벌목작업과 산지집재에 대한 공정을 산출한 결과 ha당 22.7명이 소요되었다.

표 5-4. 단목모수 작업지 임분 현황

해발(m)	경사(°)	방위	수종	수고(m)	흉고직경(cm)	본/ha
705	30	NW	소나무	$\frac{17.3}{15.3-19.3}$	$\frac{42.9}{35.0-50.8}$	30
705	30	NW	참나무류	$\frac{8.9}{5.2-13.4}$	$\frac{11.2}{6.8-22.2}$	418

마. 단목혼효 작업지

단목혼효작업지 역시 소나무보다 참나무류가 우점하는 조사지로서 반경 10m조사구의 매목조사한 결과 표 5-5와 같은 결과를 얻었다. 소나무는 분수가 적었지만 평균수고는 15.9m, 평균흉고직경은 42.7cm, ha당 분수는 60분으로 참나무류에 의해 쇠퇴되고 있는 임분이었다. 조사구내에 역시 참나무의 평균수고는 9.8m, 평균흉고직경은 13.8cm, ha당 분수는 1151분 이었다. 아래의 임분을 국유임산물 매각규칙에 따라 벌목작업과 산지집재에 대한 공정을 산출한 결과 ha당 31.8명이 소요되었다.

표 5-5. 단목혼효 작업지 임분 현황

해발(m)	경사(°)	방위	수종	수고(m)	흉고직경(cm)	본/ha
730	24	SE	소나무	$\frac{15.9}{7.4-22.3}$	$\frac{42.7}{10.0-82.6}$	60
730	24	SE	참나무류	$\frac{9.8}{4.1-17.2}$	$\frac{13.3}{6.8-20.8}$	1151

바. 중립 작업지

중립작업지는 소나무와 참나무류의 분수비율이 비슷하나 하층에 참나무류가 우점을 하여 소나무가 점차 쇠퇴될 것으로 보이는 시험구이다. 반경 10m조사구의 매목조사한 결과 표 5-6과 같은 결과를 얻었다. 소나무의 경우 평균수고는 13.5m이었으며, 평균흉고직경은 24.9cm, ha당 분수는 652분으로 소나무의 밀도는 낮은 편 이었다. 조사구내에 역시 참나무가 소나무층 아래에 분포하고 있었는데 평균수고가 8.9m, 평균흉고 직경은 11.3cm, ha당 분수는 590분 이었다. 아래의 임분을 국유임산물 매각규칙에 따라 벌목작업과 산지집재에 대한 공정을 산출한 결과 ha당 42.2명이 소요되었다.

표 5-6. 중립 작업지 임분 현황

해발(m)	경사(°)	방위	수종	수고(m)	흉고직경(cm)	본/ha
730	25	SE	소나무	$\frac{13.5}{6.0-25.6}$	$\frac{24.9}{8.9-44.0}$	652
730	25	SE	참나무류	$\frac{8.9}{5.2-16.0}$	$\frac{11.3}{6.9-20.1}$	590

2. 중·하층목 제거작업

중·하층 제거작업은 기계톱으로 벌목작업을 하는 작업수 1명과 벌목작업이 끝난 지조물을 이동하여 정리하는 작업에 2명을 배치하여 600㎡의 표준지에 대해서 작업을 하였으며 이를 ha당 소요인원으로 환산하였다. 작업의 요소시간은 준비 및 휴식시간과 순수작업시간으로 나눌 수 있으며, 순수작업시간은 다시 기계톱작업과 정리작업으로 나눌 수 있다. 울진 표준지 조사에서 휴식 및 준비시간이 48분으로 전체 작업시간의 9%를 차지하였으며, 순수정리작업은 기계톱작업이 106분으로 19%를 차지하였고 정리작업이 398분으로 72%를 차지하여 지조물정리작업이 가장 오래 걸리는 것으로 조사되었다(표 5-7).

표 5-7. 요소작업시간

제거산물량 (t/ha)	준비 및 휴식(분)	순수작업시간(분)			계(분)
		기계톱작업	정리작업	계	
50	48 (9%)	106 (19%)	398 (72%)	504	552 (100%)

위의 중·하층목 표준지 제거작업에 대해서 이를 ha로 환산한 결과 표 5-8과 같은 결과를 얻었다. 1인 1일 할 수 있는 작업량은 428.6㎡로 조사되었으며 1일 6시간을 기준으로 하여 ha로 환산하면 23.3명/ha로 소요되는 것으로 조사되었다. 이는 조림예정지 정리작업 ha당 24명과 유사한 작업량을 보였다.

표 5-8. ha당 작업시간

작업면적(㎡)	순수작업 시간(분)	1인 1일 작업량(㎡)	ha당 소요인원	계	계(분)
600	504	428.6	23.3	504	55

산림작업에 영향을 미치는 인자는 작업자의 숙련도, 기온, 장비 등 많은 요인에 영향을 받지만 중·하층 제거작업의 경우 제거 산물의 양에 가장 많은 영향을 받는다. 제거산물의 양을 차이를 두어 조사한 결과 R^2 값이 0.8094가 나와 높은 유의값을 보였다.

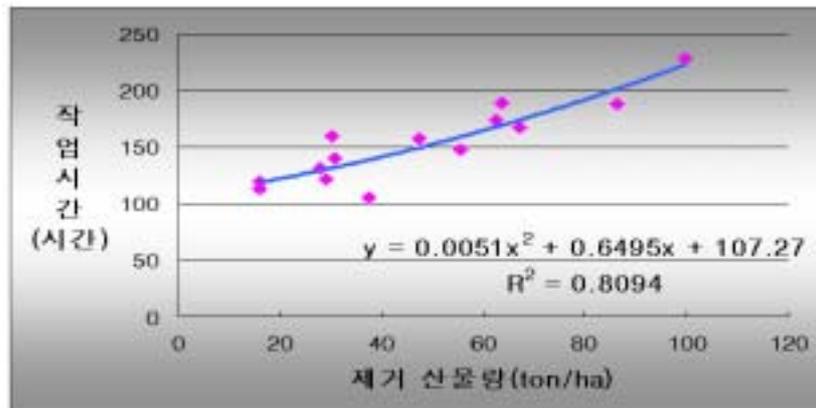


그림 5-2. 제거 산물량에 따른 작업시간.

표 5-9는 위의 통계치를 이용한 ha당 소요인원을 나타낸 것으로 제거물량이 ha당 10톤일 경우 19명이 소요되고, 20t의 경우 20.4명, 30t의 경우 21.9명이 소요된다.

표 5-9. 제거 산물량에 대한 소요인원

제거산물량(t/ha)	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55
소요인원(인/ha)	19	19.7	20.4	21.1	21.9	22.7	23.6	24.5	25.4	26.4

3. 부식층 제거작업

부식층제거 작업은 갈퀴를 이용하여 지표면에 있는 솔잎과 잔가지를 모아서 정리하는 작업으로 표준지조사를 실시하였다. 부식층제거작업 역시 부식층의 양에 따라서 많은 영향을 받음으로 부식층의 양에 따라 작업 공정을 산출하였다. 부식층양의 증가에 따른 R^2 값이 0.8697로 높은 유의도 값을 보였다.

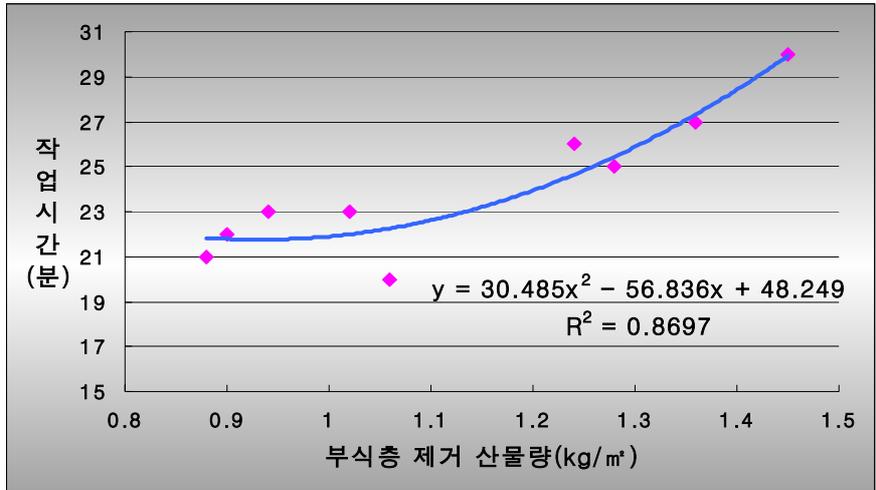


그림 5-3. 부식층의 량의 증가에 따른 작업시간.

위의 식을 이용하여 부식층 량의 증가에 따른 작업량을 조사한바 다음과 같은 결과가 나왔다. 제거 물량이 ha당 8.0t일 경우 4.3명이 소요되고, 9.0t일 경우 5.6명, 10.0t일 경우 7.0명, 11.0t일 경우 8.6명이 소요되는 것으로 조사되었다.

표 5-10. 부식층 제거량에 따른 작업 공정

제거산물량(t/ha)	8.0	8.5	9.0	9.5	10.0	10.5	11.0	11.5	12.0	12.5
소요인원(인/ha)	4.3	4.9	5.6	6.3	7.0	7.8	8.6	9.5	10.4	11.4

4. 토양 경운작업

토양 경운은 부식층 제거작업이 끝난 후 팽이를 이용하여 경운하여 소나무 치수의 정착을 도와주는 것으로, 작업은 일정한 면적의 표준지 조사를 위하여 1일 6시간 ha 당 소요인원을 환산하는 방식으로 조사를 실시하였다. 작업실시 결과 1인 평균작업량은 683.5m²이었으며, ha 당 소요인원은 14.6명으로 조사되었다.

5. 인공조림과 천연갱신의 소요인원의 차이

위에서 우리는 천연갱신상 유도를 위한 상층목제거작업, 중·하층목제거작

업, 부식층제거작업, 토양경운작업에 대해 각 각의 소요인원을 조사하였다. 그러면 이 소요인원이 인공갱신에 들어가는 인건비와 어떤 차이가 나는 지를 살펴보고자 한다. 먼저 인공갱신의 경우 상층목을 제거하고, 그 다음해에 조림예정지 정리를 하고, 그곳에 조림을 하게 된다. 각 작업과정별로 공정은 다음 표 5-11과 같다.

표 5-11. 인공조림지에서의 소요 경비

상층목제거작업	조림예정지정리작업 (지존작업)	조림작업 (3000본/ha)	묘목값
국유임산물매각 규칙	24인/ha	18인/ha	고시묘목 가격

천연갱신의 경우는 입지에 따라 다르지만 이번 울진지역 조사에서 중·하층목제거, 부식층제거, 토양경운작업에서 44인/ha 소요되어, 42인/ha소요된 인공조림지보다 2명이 더 들어가는 것으로 조사되었다. 하지만 묘목 값이 따로 들어가지 않고, 입지에 따라 부식층제거작업이나, 토양경운작업을 생략할 수 있기 때문에 들어가는 소요인원은 천연갱신작업이 적게 들어간다고 할 수 있다. 하지만 인공갱신과 천연갱신이 여러 가지 장단점이 있기 때문에 입지에 맞게 잘 결정을 해야 할 것이다.

표 5-12. 천연갱신지의 소요경비

상층목제거작업	중·하층목제거작업	부식층제거 작업	토양경운작업
국유임산물매각 규칙	23인/ha	7인/ha	14인/ha

6. 풀베기 작업

풀베기 작업은 원하는 수종을 키우는데 방해가 되는 다른 수종을 제거하는 작업으로 천연갱신지, 인공갱신지 모두 중요한 작업이다. 본 연구에서는 울진소광리 천연갱신시험지의 풀베기 작업 공정조사를 실시하였다.

2003년 가을에 조사구를 설치하고 그 2004년 7월에 치묘생육상황조사와 풀베기 작업을 위한 시험구를 조사한 결과 초본층 식생의 피도가 30%로 미만이고 자라는 치묘에 영향을 줄 만큼 왕성한 발달을 보여 주지 못하고 있었다. 오히려 소나무치묘가 어려 풀베기작업을 할 경우 오히려 소나무치묘를 해칠 우려가 있어 작업을 실시하지 않았다.



사진 531-2. 식생의 발달이 적음
(2004년)



사진 5-3. 소나무치묘의 상태(2004년)

2005년에는 설치한 시험구에 초본과 맹아림이 소나무 천연치수에 그늘을 드리워 생장을 방해할 수 있고, 직접적인 경쟁으로 소나무치묘를 피압할 것으로 보여 조사구별로 풀베기 작업을 실시하였다. 풀베기작업은 초본이 아직 어려 참나무류 맹아지 중심으로 풀베기작업을 실시하였다.

가. 대상개별 작업구

풀베기작업도 제거 식생량에 따라 많은 차이가 있으므로 먼저 대상개별구 600m²에 대해 식생량을 조사한 다음 낮으로 제거작업을 실시하였다. 그 결과 표 5-13과 같이 식생량이 1.1t/ha이었으며, 작업시간은 66분이 소요되었다. 이 작업량을 하루 6시간을 작업시간으로 했을 때 1인 1일 작업량은 3,300m²이었으며, 이를 ha로 환산하면 ha당 소요인원은 3.1인으로 조사되었다.

표 5-13. 요소작업별 시간 구성비

작업규모(m ²)	식생량(t/ha)	순수작업시간(분)	계(분)
		낮	
600	1.1	66	66

표 5-14. ha당 소요인원 산출

작업면적(m ²)	순수작업시간(분)	1인 1일 작업량(m ²)	ha당 소요인원
600	66	3,300	3.1

나. 군상모수 작업구

군상모수 작업구는 시험구가 300m²이며 식생량은 3.2t/ha으로 대상개발시험구 보다는 식생량이 3배 가량 많았으며, 작업시간은 46분이 소요되었다. 이 작업량 하루 6시간을 작업시간으로 했을 때 1인 1일 작업량은 2,400m²이었으며, 이를 ha로 환산하면 ha당 소요인원은 4.3인으로 조사되었다. 이는 대상개발시험구 3.1인/ha보다 높아 식생량이 증가 할수록 작업시간이 증가함을 보여 준다.

표 5-15. 요소작업별 시간 구성비

작업규모(m ²)	식생량(t/ha)	순수작업시간(분)	계(분)
		낮	
300	3.2	46	46

표 5-16. ha당 소요인원 산출

작업면적(m ²)	순수작업 시간(분)	1인 1일 작업량(m ²)	ha당 소요인원
300	46	2,400	4.3

다. 단목모수 작업지

단목모수 작업지도 시험구가 300m²이며 식생량은 1.5t/ha으로 대상개별시험구와 비슷한 양상을 보였으며, 작업시간은 30분이 소요되었다. 이를 하루 6시간을 작업시간으로 했을 때 1인 1일 작업량은 3,600m²이었으며, 이를 ha로 환산하면 ha당 소요인원은 2.7인으로 조사되었다.

표 5-17. 요소작업별 시간 구성비

작업규모(m ²)	식생량(t/ha)	순수작업시간(분)	계(분)
		낮	
300	1.5	30	30

표 5-18. ha당 소요인원 산출

작업면적(m ²)	순수작업 시간(분)	1인 1일 작업량(m ²)	ha당 소요인원
300	30	3,600	2.7

라. 중립 작업지

중립작업지는 300m²이며 식생량은 5.1t/ha으로 본 조사구중에 가장 많은 식생무게 값을 보였으며, 작업시간은 48분이 소요되었다. 이를 하루 6시간을 작업시간으로 했을 때 1인 1일 작업량은 2,272m²이었으며, 이를 ha로 환산하면 ha당 소요인원은 4.4인으로 조사되었다.

표 5-19. 요소작업별 시간 구성비

작업규모(m ²)	식생량(t/ha)	순수작업시간(분)	계(분)
		낮	
300	5.1	48	48

표 5-20. ha당 소요인원 산출

작업면적(m ²)	순수작업 시간(분)	1인 1일 작업량(m ²)	ha당 소요인원
300	48	2,272	4.4

마. 단목 혼효 작업지

단목혼효 작업지의 면적은 300m²이며 식생량은 0.9t/ha으로 본 조사구중에 가장 낮은 식생무게 값을 보였으며, 작업시간은 28분이 소요되었다. 이를 하루 6시간을 작업시간으로 했을 때 1인 1일 작업량은 3,800m²이었으며, 이를 ha로 환산하면 ha당 소요인원은 2.5인으로 조사되었다.

표 5-21. 요소작업별 시간 구성비

작업규모(m ²)	식생량(t/ha)	순수작업시간(분)	계(분)
		낮	
300	0.9	28	28

표 5-22. ha당 소요인원 산출

작업면적(m ²)	순수작업시간(분)	1인 1일 작업량(m ²)	ha당 소요인원
300	28	3,800	2.5



사진 5-4. 작업 전



사진 5-5. 작업 중



사진 5-6. 작업 후

제 4 절 요약

천연갱신을 위한 상조성에 대한 공정 조사결과 중·하층목제거시간이 23인/ha, 부식층제거시간 7인/ha, 토양경운 14인/ha로 조사되었다. 본 결과는 인공 조림을 위한 조림예정지 정리작업 24인/ha, 조림작업 18인/ha에 비하면 약간 이 높은 공정이지만 입지에 따라서 부식층제거작업 및 토양경운작업을 생략할 수 있고, 묘목가격이 들어가지 않기 때문에 천연갱신작업이 경제적인 것으로 판단된다. 천연갱신지의 풀베기작업은 초기 식생발생이 적어 2.5~4.4인/ha로 소요되는 것으로 조사되었다.

제 5절 참고문헌

- 김재원, 박문섭, 송태영. 1996. 집재작업 강도평가에 관한 연구. 산림과학논문집. Vol. 54 : 40~52.
- 林業勞動對策研究會. 1996. 林業勞動力確保法Q&A. 地球社. 152pp.
- 山地啓司. 1994. 運動處方のための心拍數の科學. 大修館書店. 308pp.
- BERGMANN, E.. 1974. Die Herleitung des Erholungszuschlages bei der Waldarbeit. -Kriterien, Probleme, experimentelle Beispiele - Dissertation. Göttingen. 509pp.
- BUSSEMEIER, D. 1993. Physiologische und soziale Unfallursachen bei der Waldarbeit - eine Befragungsanalyse. Dissertation. Göttingen. 204pp.
- GLEICH, D.. 1990. Unfaelle mit der Motorsaege. KWF-Bericht Nr. 9 : 20-36.
- GRAMMEL, R.. 1978. Forstliche Arbeitslehre. Paul Parey. 176pp.