Tree Shelters and Other Methods For Reducing Deer Damage to Hardwood Regeneration in the Eastern United States

Dr. Gary W. Miller
USDA Forest Service, Northeastern Forest Experiment Station, P.O. Box 404 Parsons, WV 26287 USA

Introduction

This report summarizes the basic silvicultural problems associated with regenerating commercial hardwood (broadleaf) species in the eastern United States and includes a review of current methods used to reduce the impact of deer browsing. The following topics are discussed : 1) the biological requirements and regeneration mechanism associated with several important tree species in the region, 2) the specific problem of regenerating northern red oak (*Quercus rubra*) or high-quality growing sites, 3) the general problems resulting from excessive deer browsing and practical methods used to reduce the impact of deer browsing, and 4) recent results from experimental and commercial use of plastic tree shelters for regenerating northern red oak.

Hardwood Regeneration in the Central Appalachians

The silviculture of hardwood timber species in eastern United States is based primarily on natural regeneration that results from commercial harvest operations. Natural regeneration mechanisms for eastern hardwoods include : 1) new seedlings that develop from seeds stored in the forest floor at the time of the harvest operation, 2) advance seedlings that developed for several years prior to the harvest operation, and 3) sprouts from the stumps and roots of the cut trees (Beck 1988). A few commercial species such as yellow-poplar (*Liriodendron tulipifera*), white ash (*Fraxinus americana*), red maple (*Acer rubrum*), sweet birch (*Betula lenta*), and black cherry (*Prunus serotina*) can develop successfully from new seedlings that germinate soon after the harvest cut if sufficient light is available. Most other species, including northern red oak, white oak (*Quercus alba*), American basswood (*Tilia americana*), sugar maple (*Acer saccharum*), and American beech (*Fagus grandifolia*) , depend heavily on advance seedlings and sprouts to regenerate successfully (Table1). Where deer browsing impact is high, black cherry also relies on adequate advance seedlings for successful regeneration (Marquis and others 1992) .

The species composition of regeneration is affected by soil-site relations and by the harvesting practice. Repeated single-tree selection cutting promotes the regeneration of shade-tolerant species such as sugar maple on the better growing sites and red maple on the poorer sites, with American beech and sweet birch developing after such cutting on all sites (Trimble 1973). After heavy cutting in which most of the main canopy is removed, shade-intolerant species such as black cherry and yellow-poplar become established if viable seed is present on the better sites while red maple, sassafras (*Sassafras albidum*), and the oaks become established on the poorer sites. Sugar maple and American beech also become established after heavy cutting if they are present as advance reproduction

before harvest operations. Note that clearcutting promotes a wide variety of species while repeated single-tree selection cutting promotes mainly shade-tolerant species (Trimble 1973).

Some desirable commercial species have difficulty regenerating after harvest operations due to an insufficient number or size of advance seedlings. For example, research has shown that the probability that an advance northern red oak seedling will successfully compete for crown position and become a codominant tree in the new stand is related to initial seedling size at the time the overstory trees are removed (Loftis 1990). In most central Appalachian hardwood stands, relatively few advance oak seedlings grow to an adequate size prior to the harvest operation due the presence of a dense, sapling-size stratum of shade-tolerant species in the understory (Miller 1997; Smith 1993a). Even if there are numerous oak seedlings present, they are usually small and have little chance of surviving and competing with other faster growing species that develop after harvest. As a result, the proportion of oak in the new stand is severely diminished and there is a shift in species composition which usually does not meet management objectives. This problem is most evident on high-quality growing sites where species that compete with oak exhibit faster initial height growth compared to oak (Lorimer 1993). Forest scientists are seeking innovative methods for regenerating oaks because they provide very valuable commercial wood products and are an important source of food for wildlife communities.

Deer Impact and Management

Deer browsing is one of the most important factors affecting hardwood regeneration in the eastern United States. The impact of deer browsing is a function of the local deer population, their feeding preferences, and the local availability of food (Marquis 1974; Marquis 1988; Marquis and others 1992; Tilghman 1989). In extreme cases, where deer populations are high and available food is scarce, excessive deer browsing in recently harvested stands can result in a regeneration failure (Fig.1). Deer browsing can affect both the abundance and species composition of regeneration. In the years before a hawest cut, browsing tends to reduce the abundance of advance reproduction of desirable species such as sugar maple, white ash, and the oaks. Long-term deer browsing also increases the abundance of interfering plants such as fern, striped maple (*Acer pensylvanicum*), and beech. After a harvest cut when new seedlings and sprouts begin to develop, heavy deer browsing can continue to reduce the proportion of valuable species in the new stand. However, a small amount of deer browsing also can be beneficial because it reduces the abundance of some species preferred by deer, such as pin cherry (*Prunus pensylvanica*) and birch, that aggressively compete with more desirable hardwood species. Thus, average local populations between 6 and 20 deer per 259 ha (259 ha = 1 square mile) are tolerable in this region and usually permit suceessful hardwood reproduction (Fig.1).

There are several strategies for reducing the impact of deer browsing on hardwood regeneration on relatively large areas. The key to reducing deer impact through silvicultural means is to increase the

supply of available food within the home range of the local population (Marquis 1987). Thinnings and regeneration harvests can be planned in surrounding stands such that deer browsing is dispersed over a relatively broad area, thus reducing the browsing impact on any one stand. In addition, applications of fertilizers after harvest operations can stimulate faster height growth of seedlings so that they grow above the reach of deer in just a few years. For extremely high deer populations, electric fencing can be an economical form of protecting and regenerating relatively valuable species such as black cherry. The average cost of electric fencing is $ 5.74 per m ($ 730 per ha) for a square, 10-ha stand. Fencing is recommended when potential deer browsing impact is high and seedlings of the preferred species exhibit rapid early height growth which enables them to be compete successfully with other species on the site once the deer impact is reduced.

Deer impact also can be reduced by sheltering individual trees of desirable species with devices that prevent deer browsing of natural or artificial regeneration (Fig. 2) (Marquis 1977; Smith 1993b; Walters 1993). Artificial regeneration by planting or direct seeding of hardwoods is used to regenerate a few valuable species, and commercial applications of such practices cover a relatively small land area within the eastern hardwood region. Artificial regeneration methods usually are used to supplement natural regeneration with selected species. Since 1990, the most widespread use of artificial regeneration on public land has involved planting of nursery-grown northern red oak seedlings and sheltering them with plastic tree shelters. This treatment has focused on northern red oak because this species is extremely difficult to regenerate naturally, it has high value as a commercial product and as a wildlife food source, and it has been shown to grow well in tree shelters (Schuler and Miller 1996) . Current prescriptions entail planting and sheltering seedlings in the spring following a dormant-season shelterwood or clearcut harvest operation. On public forests within the eastern United States, such treatments are prescribed on an average of 500 ha per year which is less than 1 percent of the commercial forestland area.

Research on Tree Shelters

Research results indicate that tree shelters increase the survival and height growth of northern red oak seedlings in clearcut forest openings (Smith 1993b; Schuler and Miller 1996) and in partial cuts where residual stand density is relatively low (Walters 1993). For research trials in clearcut openings in the central Appalachian region, the average total height increased from 0.5 m to 1.8 m for sheltered seedlings compared to 0.9 m for controls (Fig. 3), and the average survival was 95 percent for sheltered seedlings and 55 percent for controls (Fig. 4) after five years. Both natural and planted oak seedlings exhibited low rates of survival due to deer browsing and suppression by competing vegetation when tree shelters were not used. Increased height growth in tree shelters was attributed to a reduction in deer browsing (Walters 1993; Smith 1993b) and to improved environmental conditions such as increased humidity (Potter 1988) and increased carbon dioxide concentrations (Mayhead and Jones 1991).

Increased survival in tree shelters was attributed to a reduction in deer browsing (Walters 1993) and to enhanced initial height growth (Schuler and Miller 1996) which allows sheltered seedlings to compete better against the surrounding natural vegetation for several years. Controlling vegetation surrounding sheltered seedlings with herbicides or plastic weed barriers slightly increased height growth and survival compared to tree shelters alone, although these differences were not statistically significant.

The effects of tree shelters used in clearcut openings were the same for planted and natural seedlings (Schuler and Miller 1996). As a result, tree shelters can be used to enhance the growth and survival of natural oak seedlings, and additional seedlings can be planted and sheltered to supplement natural reproduction or improve genetics as needed to satisfy management objectives.

Tree shelters also have been used to protect planted northern red oak acorns in experimental applications. This method entails planting two acorns about 3 cm deep in the soil and immediately placing a tree shelter over them. The majority of unprotected acorns usually are destroyed by chipmunks, squirrels, and mice. Sheltered acorns exhibit about the same survival and height growth rates after planting as sheltered seedlings. However, planted seedlings reach the top of the shelter in 2 years while seedlings from acorns normally require 3 years to reach the same height.

Tree shelters benefit individual oaks for a few years, and then additional cultural treatments are needed to assure their long-term survival. Once the crown of a sheltered seedling emerges from the top of the tree shelter (approximately 1.6 m), the average height growth slows to a rate equal to that of unsheltered seedlings (Fig. 3). In addition, total height of natural competing vegetation often equals or exceeds that of the sheltered seedlings from 6 to 8 years after planting. Current experimental follow-up treatments entail cutting competing adjacent stems to provide a crown release for each sheltered seedling in early summer of each year. Without such treatments, the sheltered oak seedlings are expected to be suppressed by the competing vegetation and die within a few years. The crown release treatments may be required for a period of 5 to 10 years until the canopy closes and the desired trees are in a competitive, codominant position in the new stand. As a result, the treatment period and total cost of the crown release treatments are unknown at this time.

The prices of shelters vary by manufacturer and quantity purchased. Total cost of planting and sheltering seedlings ranges from $2.50 to $6.00 per unit depending on the cost of the shelter, supporting device, labor, and planting density. Planting density in the eastern United States has varied from 75 to 500 units per ha. Ultimately, the recommended planting density will be determined by the expected survival rate and management objectives.

Recommendations

Tree shelters are recommended for stimulating the initial height growth of

slower growing species and for protecting individual trees from deer browsing in unfenced areas. The following guidelines are used in the central Appalachians to enhance the survival and development of northern red oak (Schuler and Miller 1996):

1 . Use tree shelters in full sunlight conditions, usually after a clearcut or seed-tree cut, to ensure high survival of sheltered seedlings.

2. Place shelters on planted or natural seedlings located where soil is relatively deep and away from cut stumps to avoid aggressive sprout-origin competition for the sheltered seedling.

3 . Use shelters that are at least 1.5 m tall to prevent deer browsing.

4 . Use a durable support stake made of plastic or fiberglass that will hold the shelter erect for many years.

5 . Inspect and maintain the shelter and support stake for several years until the sheltered seedling emerges from the top of the shelter and becomes self-supporting.

6 . Plan to reduce competition surrounding sheltered seedlings until they are competitive in the main canopy of the new stand.

Summary

Managing the impact of deer browsing requires information on several key factors : 1) it is important to understand the regeneration mechanism and growth patterns of all the species present on the site, 2) the forest manager should be aware of local deer populations and their feeding preferences among the various tree species, 3) knowledge of the availability of deer food is needed to assess the potential impact of deer browsing on developing reproduction, and 4) the manager must estimate the financial benefits and costs associated with each method for reducing deer damage. All of this information is necessary to evaluate the biological and economic feasibility of fencing, tree shelters, or other methods used to reduce deer damage.

More information on the use of tree shelters can be obtained from:
USDA Forest Service
Timber and Watershed Laboratory
P.O. Box 404
Parsons, West Virginia 26287 USA
Fax: 304-478-8692

More information on the impact of deer on forest regeneration can be obtained from:
USDA Forest Service
Forestry Sciences Laboratory
P.O. Box 267
Irvine, Pennsylvania 16329 USA
Fax: 814-563-1048

Figure Captions

Figure 1. Deer impact on tree regeneration (Marquis and others 1992).
Figure 2. Tree shelters accelerate the height growth of seedlings and protect them from deer browsing for 2 to 3 years. (Photo by H.C. Smith).
Figure 3. Height of planted northern red oak seedlings.
Figure 4. Survival of planted northern red oak seedlings.

Beck, D.E. 1988. Regenerating cove hardwood stands. In: Smith, H.C.; Perkey, A.W.; Kidd, W.E. Eds. Proceedings: Guidelines for regenerating Appalachian hardwood stands; 1988 May 24-26; Morgantown,WV. SAF Publication 88-03. Morgantown, WV: West Virginia University Books and USDA Forest Service: 156- 166.

Loftis, D.L. 1990. Predicting post-harvest performance of advance red oak reproduction in the southern Appalachians. Forest Science. 36(4):908-916.

Lorimer, C.G. 1993. Causes of the oak regeneration problem. In: Loftis, D.L. McGee, C.E. eds. 1993. Oak regeneration: Serious problems, practical recommendations. Symposium Proceedings; 1992 September 8-10; Knoxville, Tennessee. General Technical Report SE-84. Asheville, NC : USDA Forest Service, Southeastern Forest Experiment Station. 14-39.

Marquis, D.A. 1974. The impact of deer browsing on Allegheny hardwood regeneration. Research Paper, NE-308. Upper Darby, PA: USDA Forest Service, Northeastern Forest Experiment Station. 8p.

Marquis, D.A. 1977. Devices to protect seedlings from deer browsing. Research Note, NE-243. Upper Darby, PA: USDA Forest Service, Northeastern Forest Experiment Station. 7 p.

Marquis, D.A. 1987. Silvicultural techniques for circumventing deer damage. In: Symposium proceedings, Deer, forestry, and agriculture : interactions and strategies for management. 1987 June I 5-17. Warren. PA: Plateau and Northern Hardwood Chapters, Allegheny Society of American Foresters. 125-136.

Marquis, D.A. 1988. Guidelines for regenerating cherry-maple stands. In: Smith, H.C.; Perkey, A.W.; Kidd, W.E. Eds. Guidelines for regenerating Appalachian hardwood stands;

Symposium Proceedings: 1988 May 24-26; Morgantown,WV. SAF Publication 88-03 . Morgantown, WV: West Virginia University Books and USDA Forest Service: 167-188.

Marquis, D.A., Ernst, R.L., and Stout, S.L. 1992. Prescribing silvicultural treatments in hardwood stands of the Alleghenies. USDA Forest Service, General Technical Report, NE-96. [Revised].

Mayhead, G.J; Jones, D. 1991 . Carbon dioxide concentrations within tree shelters. Quarterly Joumal of Forestry. 75(4):228-232.

Miller, G.W. 1997. Effect of stand density and structure on the abundance of northern red oak advance reproduction. In: Spiecker H, Rogers R, Somogyi Z., comps. IUFRO Proceedings, Advances in Research in Intermediate Oak Stands, July 27-30, 1997. University of Freiburg: Freiburg, Germany. p. 160-171.

Potter, M.J. 1988. Tree shelters improve survival and early growth rates. Journal of Forestry. 86(8) : 39-41.

Schuler, T.M. and Miller, G.W. 1996. Guidelines for using tree shelters to regenation northern red oak. In: Brissette, J.C., ed. Proceedings of the Tree Shelter Conference; 1995 June 20-22; Harrisburg, PA. General Technical Report NE-221. Radnor, PA: USDA Forest Service, Northeastern Forest Experiment Station. 37-45.

Smith, H.C. 1993a. Regenerating oaks in the central Appalachians. In: Loftis, D.L. McGee, C.E. eds. 1993 . Oak regeneration: Serious problems, practical recommendations. Symposium Proceedings; 1992 September 8-10; Knoxville, Tennessee. General Technical Report SE-84. Asheville, NC ; USDA Forest Service, Southeastern Forest Experiment Station. 211 -221 .

Smith H.C. 1993b. Development of red oak seedlings using plastic shelters on hardwood sites in West Virginia. Research Paper, NE-672. Radnor, PA: USDA Forest Service, Northeastern Forest Experiment Station. 7 p.

Trimble, G.R. 1973. The regeneration of central Appalachian hardwoods with emphasis on the effects of site quality and harvesting practice. Research Paper. NE-282. Upper Darby, PA: USDA Forest Service, Northeastern Forest Experiment Station. 14 p.

Tilghman, N.G. 1989. Impacts of white-tailed deer on forest regeneration in northwestern Pennsylvania. Journal of Wildlife Management. 53(3): 524-532.

Walters, R. S. 1993. Protecting red oak seedlings with tree shelters in northwestern Pennsylvania. Research Paper, NE-679. Radnor, PA: USDA Forest Service, Northeastern Forest Experiment Station. 5 p.

野生動物と共存する林業

植栽木のシカ害に関する国際シンポジウム報告書

FORESTRY COEXISTING WITH WILD ANIMALS

Report on
International Symposium on Prevention from Deer and Other Mammal Damages to Planted Young Trees

シンポジウム主催●(財)国際緑化推進センター
報告書編集・発行●ハイトカルチャ研究会

Symposium sponsored by
JIFPRO
Report edited and published by
PHYTOCULTURE STUDY CLUB

野生動物と共存する林業

植栽木のシカ害防止に関する国際シンポジウム報告書

●目次

はじめに……2

□ 基調講演

哺乳類による森林被害の動向と現状　三浦慎吾 ……3
イギリスにおける造林の問題点と対応策　Dr. Peter Savill ……5

□ 話題提供・追加報告

イギリスにおけるツリーシェルター開発の歴史と展開及び使用状況
Mr. Gary Kerr ……17
日本における森林の更新に対するツリーシェルターの有効利用についての考察
Mr. Gary Kerr ……25
アメリカ合衆国東部における広葉樹の更新に対するシカ害を減らすためのツリーシェルターその他の方法　Dr. G. W. Miller ……29
チューブ法によるシカの食害防止について　中村誠幹 ……38
ニホンカモシカ、ニホンジカによる林業被害とその防除　高柳敦 ……42
ヘキサチューブの有効性と普及について　本城尚正 ……53

質疑応答 ……67

□ ORIGINAL ENGLISH VERSION

Silvicultural Problems and Approaches to Them in Great Britain
Dr. Peter Savill ……76
The History, Development and Use of Treeshelters in Britain
Mr. Gary Kerr ……84
Thoughts on the Effective Use of Treeshelters to Regenerate Forests in Japan　Mr. Gary Kerr ……89
Tree Shelters and Other Methods For Reducing Deer Damage to Hardwood Regeneration in the Eastern United States
Dr. Gary W. Miller ……93

シンポジウム概要 ……98

話題提供

アメリカ合衆国東部における広葉樹の更新に対するシカ害を減らすためのツリーシェルターその他の方法

Dr. G. W. Miller

(Forest Service , Northeastern Forest Experiment Station)

はじめに

この報告は、アメリカ合衆国東部において商業的目的で育成されている広葉樹に関する更新上の基本的な問題を要約したものである。そのなかで、シカが幼木を食べることによって起こっている被害を減らすために現在行われている方法について検討することにしたい。取り上げる話題は、以下の通りである。

1) この地域において重要な樹種数種に関連する生物学的要求条件と更新メカニズムの問題について

2) 高品質木の成育する地域での norhern red oak（Quercus rubra ナラ）の更新に関する特殊な問題について

3) シカによる過度の食害の全般的問題点とその食害を減らすために実際に採られている手段について

4) red oak の更新のために実験的にも商業的にも採用されてきたツリーシェルターの最近の使用結果について

中央アパラチア山脈における広葉樹の更新

アメリカ東部の広葉樹の造林は、当初は商業伐採の結果生じた天然更新を基にしたものであった。東部地方の広葉樹の天然更新メカニズムは、以下のようになっている（Beck 1988)。

1) 伐採作業中に林床に落ちて保存されていた種から発芽した実生の新しい稚樹によるもの

2) 伐採の数年前からあらかじめ発生していた稚樹によるもの

3) 伐採木の切り株や根から萌芽したもの

商業的に利用されているもののうちでは、yellow-poplar（Liriodendron tulipifera ユリノキ)、white ash（Fraxinus americana トネリコ)、red maple（Acer rubrum カエデ)、sweet birch（Betula lenta カンバ)、black cherry（Prunus serotina サクラ）など少数の樹種は、日照が十分ありさえすれば、収穫のための伐採が行われた直後に発芽した新しい稚樹から成長することが可能である。それ以外の樹種、例えば red oak、white oak（Quercus alba ナラ)、あるいは American basswood

表1　アパラチア山脈の重要な広葉樹についての基本的な天然更新メカニズム

種	種子	稚樹	萌芽
Liriodendron tulipifera			
Betula lenta		×	
Tilia americana		×	×
Acer rubrum	×	×	×
Acer saccharum		×	
Quercus rubra		×	
Quercus veltina		×	
Quercus alba		×	
Quercus prinus		×	
Carya spp.		×	
Fraxinus americana	×	×	×
Prunus serotina	×	×	×
Magnolia acuminata		×	
Robinia pseudoacacia			×
Fagus grandifolia			×

1) 収穫時の成木が何から成長したかを示す。
2) Beck 1988による。

(Tilia americana シナノキ)、sugar maple (Acer saccharum サトウカエデ)、American beech (Fagus grandifolia ブナ) などは、更新がうまくいくには、あらかじめ育っていた稚樹や切り株からの萌芽に主として頼らなければならない (表1参照)。食害がひどいところでは、black cherry も、あらかじめ十分に育っていた稚樹に依存しないと、うまく更新ができない (Marquis and others 1992)。

天然更新による樹種の構成は、土壌立地条件と伐採法に影響される。中庸の単木択伐でくりかえし林内に光を入れていけば、日陰に強い (耐陰性) 樹種が更新していく。sugar maple のような木は成長条件のよい立地でよく更新し、もっと立地条件の悪い所では red maple のような木が更新する。そして最も劣悪な立地以外のすべてには、そうした伐採の後なら、American beech やsweet birch が成長を始めるのである (Trimble 1973)。皆伐のような強度の伐採が行われて、上層林冠の大部分が除かれると、成熟種子がありさえすれば、black cherry や yellow-poplar といった日陰に弱い (陽性) 樹種が、立地条件のよい所に根づきはじめる。そして、立地条件のより悪い所には red maple、sassafras (Sassafras albidum ゲッケイジュ)、oakが根づきはじめる。sugar maple、American beech は、収穫作業以前にすでに若い実生の稚樹があれば、強度の伐採の後でやはり成立するようになるだろう。単木択伐をくりかえしている間は日陰に強い樹種だけが更新するが、皆伐や群状の伐採を行えば、さまざまな樹種の更新を促進するということに注意されたい (Trimble 1973)。

商業的に有望な樹種のうちには、あらかじめ育った稚樹の数や大きさが足りないと、収穫作業後の更新が難しいものがいくつかある。例えば、前生の red oak の稚樹が最もよ

く成長できる林冠の位置を勝ち取り、新しい林分の中で準優勢木になれるかどうかは、上層木が除かれた当初に red oak の稚樹がどれほどの大きさであったかにかかっていることが、研究の結果、明らかになっている（Loftis 1990)。中央アパラチア山脈の広葉樹林のほとんどでは、通常、oak の実生の稚樹は小さく、また本数も少ない。それは、収穫の何年も前から、耐陰性の強い樹種の幼木が密に下層を占めているからである（Miller 1997；Smith 1993a)。こうして、たとえoakの稚樹がたくさんあったとしても、通常の場合、それらの稚樹は小さいものだし、生き残っても、収穫後に伸びてきた成長の早い樹種との競争に耐えるチャンスは乏しい。だから、新しい林分における oak の比率はきわめて低いものになってしまうのである。この問題は、高品質木の成育地域に特に顕著に現れている。そうした立地では、oak と競い合う樹種が初めから oak より高い成長率を示しているからである（Lorimer 1993)。林学者は、oak の更新のための革新的な方法を探し求めている。なにしろ、oak は非常に貴重な商業材であり、また野生動物にとって重要な食糧源になっているからである。

シカの影響と森林管理

シカによる食害は、アメリカ東部での広葉樹の更新に影響をあたえている最大の要因の一つになっている。シカによる食害の影響の大きさは、シカの数とその土地でシカが食べられる食糧の量との相関関係のもとにある（Marquis 1974；Marquis 1988；Marquis and others 1992；Tilghman 1989)。極端な場合、シカの密度が高く、食べられる食糧が少なければ、シカは最近収穫されたばかりの林分にある幼木を限度以上食べてしまい、その結果、更新ができないことになってしまいかねない（図１)。シカによる食害は、更新の量と樹種

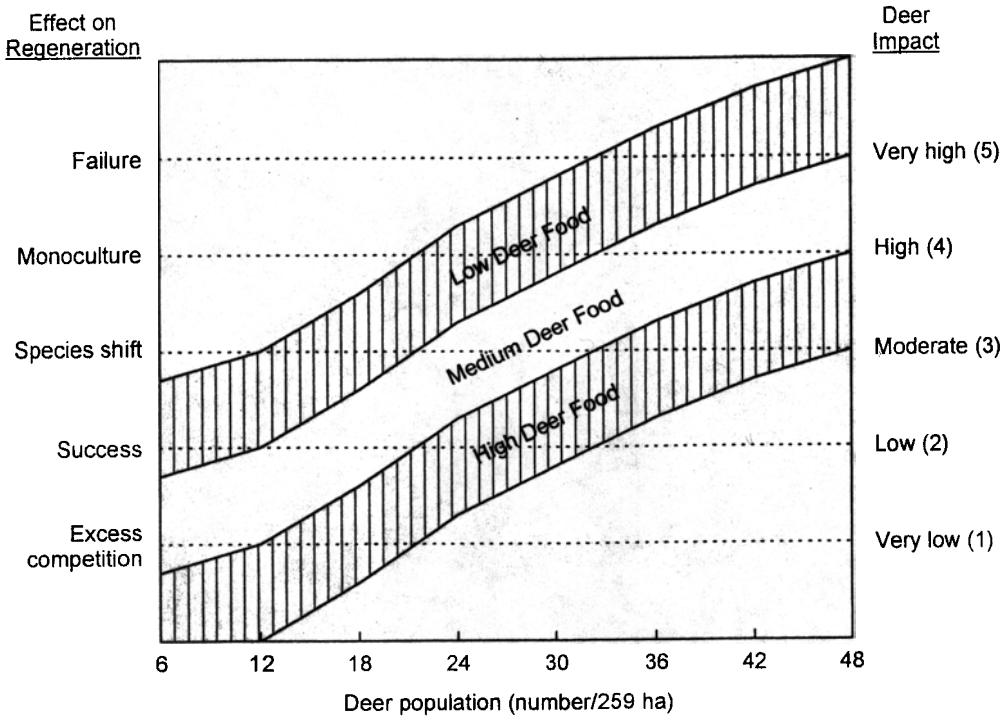

図１　森林更新に対するシカの影響

写真１　ツリーシェルターは、２年間から３年間、苗木の樹高成長率を高め、シカの食害から守る（撮影＝H. C. Smith)。

構成の両方に影響をあたえる可能性がある。収穫伐採以前の何年間かの間には、食害によって、sugar maple、white ash、oak類といった商業的に期待の大きい樹種の稚樹が量的に減少してしまうことになりがちである。こうした食害が長期間にわたって続くと、シダ、striped maple（Acer pensylvanicum カエデ)、ブナといった有用広葉樹の更新を阻害する植物が増えることにもなってしまう。収穫のための伐採が行われて新しい稚樹や萌芽が成長しはじめた後も、シカによる食害は、貴重な樹種の比率を低め、シカがあまり好まないstriped maple やブナのような樹種の比率を高めつづけることになっていく。しかし、軽度の食害は、かえって役立つことがある。というのは、より望ましい樹種の広葉樹と激しく競争しているpin cherry（Prunus pensylvanica サクラ)、シラカバといった樹種はシカが好むので、その量が減ることになるからである。したがって、259 ha（＝１平方マイル）当たり６から20頭のシカの平均密度なら、この地方では、問題は生じないで、通常、シカは広葉樹の再生産とうまく調和を保って棲息していける（図１)。

比較的広域にわたる広葉樹の更新において、シカの食害の影響を低減するには、いくつかの戦略がある。造林方法を通じてシカ害を低減する鍵は、その地域に棲息するシカの生活圏内においてシカが食べられる食糧の供給量を増加させることである（Marquis 1987)。周辺の林分において、シカが幼木を食べる場所が比較的広い地域にわたって分散するように、間伐や更新伐採が計画されるとよい。そうすれば、ある特定の林分にシカの食害が集中することがなくなり、影響を低減することができるのである。それに加えて、収穫作業の後に化学肥料を施せば、稚樹の成長が刺激されて樹高が高くなり、２～３年でシカが届かない高さまで成長するだろう。極端にシカの数が多い場合、black cherryのような比較的価値の高い樹種を護る方法としては、通電柵を設けるのが経済的である。通電柵の平均費用は、10haの林分に適用するとして、m当たり5. 74ドル（ha当たり730ドル）である。シカ害の影響が潜在的に大きい区域で、しかも望ましい樹種が急速な初期成長を見せていて、ほかの樹種との競合に勝つだろうと考えられるような場合には、このままいって、その区域のシカ害が低減できる立地なら、柵の設置が推奨できる。

シカの食害の影響は、望ましい樹木に個々にシェルターを施して、天然更新、人工更新を妨げる食害を防ぐ工夫をすることによっても低減できる（写真１）(Marquis 1977；Smith 1993b；Walter 1993)。植栽や直播きによる広葉樹の人工更新は、価値の高い数種の樹木に

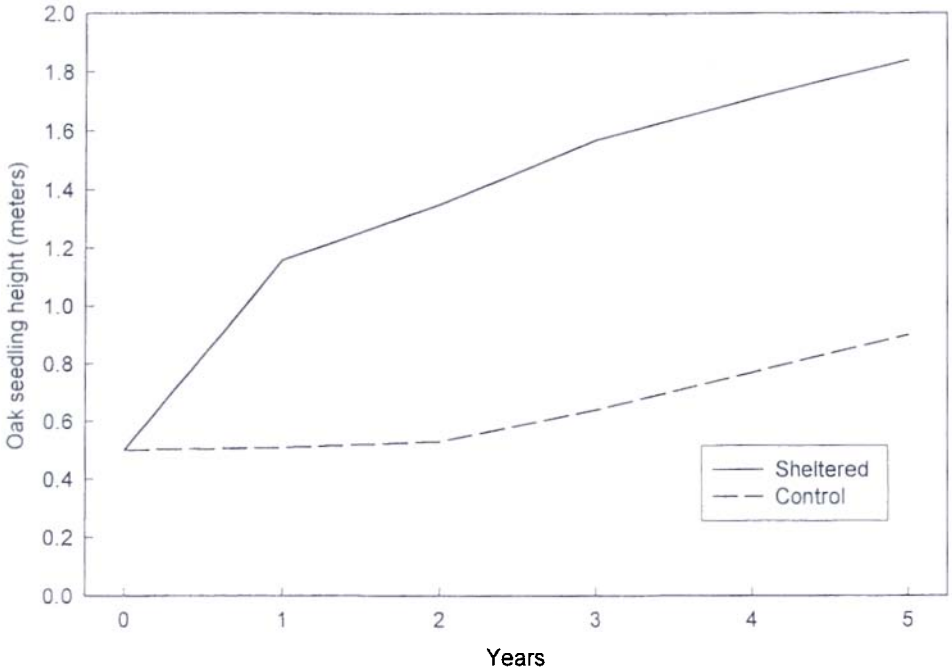

図 2　植栽されたnorthern red oakの苗木の樹高

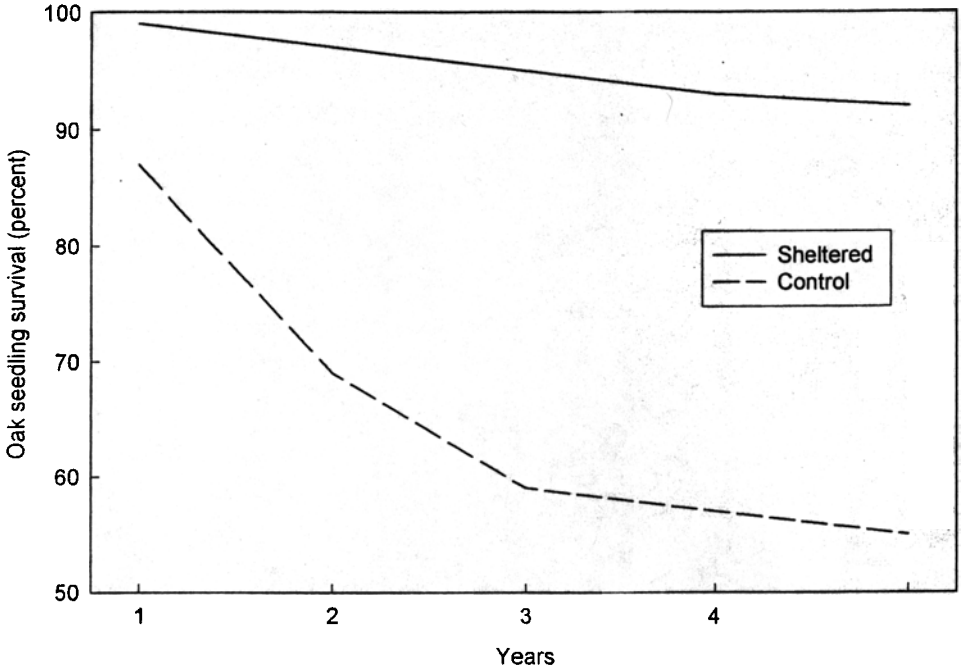

図 3　植栽されたnorthern red oakの苗木の生存率

限られて行われており、こうした方法が商業ベースで実施されているのは、東部の広葉樹林帯では、比較的狭い地域だけである。人工更新法は、通常、特定の樹種に限り、天然更新の補完として行われているのである。1990年以降に公有地でもっとも広く実施された人工更新といえば、苗床で育てた northern red oak の苗木を植え付け、それにプラスティックのツリーシェルターをかぶせたものである。この方法は特にnorhern red oak に焦点を絞ったものである。というのは、この種は天然更新がきわめて難しく、しかも商業材として価値が高く、かつ野生動物の食糧源としても好まれるからである。そして、この木はツリーシェルターを用いるとよく成育することが実証された（Schuler and Miller 1996)。現在、作業手順としては、どうしても、傘伐（漸伐）作業か皆伐作業の休止期に入ったときの次の春に苗木を植え付け、同時にツリーシェルターをかぶせる必要がある。アメリカ東部の公有林では、こうした方法は年平均500 ha 規模で施業されている。これは総面積の１％以下である。

ツリーシェルタ　こついての研究

研究結果によると、oak の稚樹を皆伐された伐採跡地に植栽した場合、ツリーシェルターは苗木の生存率を高めるとともに成長を促進する効果を発揮する（Smith 1993b；Schuler and Miller 1996)。林分密度を相対的に低めた部分（群状）伐採地でも同様である（Walter 1993)。植栽から５年後、シェルターを使用した苗木の平均樹高は 1.8 mなのに対し、使用しなかった苗木は 0.9 m（前ページの図2)、前者の生存率が95％なのに対し、後者の生存率は55％である（前ページの図3)。シェルターを使用しないと、oak の実生の稚樹も、植え付けられた苗木も、シカによる食害か競合する植物に負けて、生存率は低くなる。

ツリーシェルターの内部で樹高成長が促進されるのは、シカの食害が低減されるためであり（Walter 1993；Smith 1993b)、またシェルター内部で湿度が高くなる（Potter 1988）とか、二酸化炭素の濃度が高くなる（Mayhead and Jones 1991）とかの形で環境条件が良くなるためである。生存率が高くなるのは、シカの食害が低減されるためであり（Walter 1993)、また初期に成長が促進されて一気に高くなるためシェルターを施された苗木が周囲の競合する自生植物と数年間にわたって有利に闘えるからである（Schuler and Miller 1996)。シェルターを施された苗木の周辺に除草剤を施したり、プラスティック製の雑草被覆板を設置したりして植生を制御する方法は、ツリーシェルターだけの場合に比べて、いくらかは成長率と生存率を高めるが、こうした差は統計的に有意なものとはなっていない。

皆伐地において使用されたツリーシェルターの効果は、植栽された苗木と天然生の稚樹のいずれに対しても変わらない（Schuler and Miller 1996)。だから、ツリーシェルターは、天然更新したoakの稚樹の成長を早め、生存率を高める目的で使用することができ、また、天然更新の補完として、あるいは林業経営の目的を満たす必要性に基づいて遺伝質を改善するために、別の苗木を植栽し、シェルターを使用することができるわけである。

応用実験として、norhern red oak のドングリを埋めて、それを保護するためツリーシェルターを設置するという実験を行っている。この方法では、土中深さ約 3 cm にドングリを２個埋め、その上にすぐにツリーシェルターを被せる。このようにツリーシェルターで保護されていないドングリの大多数は、シマリス、リス、ノネズミにやられてしまう。ツリーシェルターを被せたドングリは、発芽後の経過を見ると、ツリーシェルターを被せた植栽苗木とほぼ同じ生存率と成長率を示している。しかし、植栽した苗木の場合は２年以内にツリーシェルターの上端にまで達する

が、ドングリから育てた苗木の場合は同じ高さに達するまでに通常3年を要する。

ツリーシェルターは個々のoakに数年間にわたって有利な条件をあたえるが、植栽された苗木をさらに長期にわたって確実に生存させていくためには、これ以外にも育成上の手だてが必要である。いったん、苗木の梢端がツリーシェルターの上端（ほぼ1.6mの高さ）から抜け出すようになると、苗木の樹高成長率はツリーシェルターを被せていない苗木とほぼ同じくらいのものに低下する（図2）。それに加えて、自然に競合している植物の高さがツリーシェルターを被せた苗木の高さと同じか、あるいは追い越してしまうという現象が、植栽後6年目から8年目にかけて現れることがよくある。現在行われている実験的な処置としては、ツリーシェルターを施したひとつひとつの苗木について、毎年初夏に、隣接して競合している植物の幹を切って樹冠を解放してやることが行われている。こうした処置を行わないなら、ツリーシェルターを被せた苗木であっても、2～3年のうちには競合する植物に負けて枯死してしまうであろう。樹冠の解放処置は、林冠が閉鎖して、育てたい目的の樹木が新たな林分の中で競争に勝てる準優勢木の地位を獲得するまで、5年から10年にわたって必要になると思われる。このような解放処置を何年間続けなければならないのかについては、現在のところわからない。したがって、こうした処置に要するトータル・コストがいくらになるかについても、現時点では定かでない。

ツリーシェルターの価格は、製造業者によっても異なるし、購買量によっても異なる。苗木を植え付けてからツリーシェルターを被せるまでのトータル・コストは、1ユニット当たり2.50ドルから6.00ドルまでの幅の中にある。このコストは、ツリーシェルターや支持装置の価格、労働コストに左右されるし、また植栽密度にも規定される。植栽密度は、アメリカ東部の場合、ha当たり75から500本までである。結論的に言って、適切な植栽密度は、生存率の予測と経営上の目標から決定されることになるだろう。

助言

成長が遅い種の初期の成長を促進し生存率を高める目的、あるいは柵を設けていない区域で個々の樹木をシカによる食害から護るといった目的には、ツリーシェルターの使用が推奨できる。中央アパラチア山脈では、red oak の生存率と成林率を高めるために、次のようなガイドラインが使われている（Schuler and Miller 1996)。

1　ツリーシェルターは十分な日照がある条件のもとで用いること。通常は皆伐のあと、あるいは母樹法伐採のあとに使用する。シェルターを施した苗木の生存率を確実に高くするためである。

2　土壌が比較的深く、また切り株から離れたところにある植栽された苗木ないし天然生の稚樹にシェルターを施すこと。シェルターを施された苗木が切り株から芽生えた勢いのある萌芽と競合することを避けるためである。

3　少なくとも1.5m高のシェルターを用いること。シカによる食害を防ぐためである。

4　シェルターを長年にわたって直立させておけるだけの強さを持ったプラスティック製ないしファイバーグラス製の支柱を用いること。

5　苗木がシェルターの上端から顔を出して、自立できるようになるまで、5～6年間、シェルターと支柱の点検と保守を行うこと。

6　シェルターを施された樹木が新しい林分の中で競争に勝てるようになるまで、周囲の植物との競合を緩和する手だてを取ること。

要約

シカによる食害の圧力にどう対処するかという点では、以下に挙げるいくつかの重要な要因について、しっかりとした情報が必要である。

1) 現場に実際に成育している全ての樹種について、更新のメカニズムと成長のパターンを理解しておくことが重要である。

2) 森林経営者は、その地域のシカの数と、そのシカがいろいろな樹種のうち何を好んで食べるのかということを知っておかなければならない。

3) シカのエサの好みを知っておくことは、更新を進めるうえでのシカによる食害の潜在的圧力を評価するために必要である。

4) 森林経営者は、シカ害防止のさまざまな方法について、投資上の利益とコストを推計しなければならない。

こうしたすべての情報は、シカ害防止のための柵設置とか、ツリーシェルターとか、そのほかいろいろな方法を、生物学的観点から、はたまた経済的観点から検討するために必要なのである。

ツリーシェルターの使用に関して、さらに情報が必要な方は、下記で入手できる。

USDA Forest Service
Timber and Watershed Laboratory
P.O. Box 404
Parsons, West Virginia 26287 USA
Fax: 304-478-8692

森林更新に対するシカの影響に関して、さらに情報が必要な方は、下記で入手できる。

USDA Forest Service
Forestry Sciences Laboratory
P.O. Box 267
Irvine. Pennsylvania 16329 USA
Fax: 814-563-1048

参考文献

Beck, D.E. 1988. Regenerating cove hardwood stands. In: Smith, H.C.; Perkey, A.W.; Kidd, W.E. Eds. Proceedings: Guidelines for regenerating Appalachian hardwood stands; 1988 May 24-26; Morgantown,WV. SAF Publication 88-03. Morgantown, WV: West Virginia University Books and USDA Forest Service: 156- 166.

Loftis, D.L. 1990. Predicting post-harvest performance of advance red oak reproduction in the southern Appalachians. Forest Science. 36(4):908-916.

Lorimer, C.G. 1993. Causes of the oak regeneration problem. In: Loftis, D.L. McGee, C.E. eds. 1993. Oak regeneration: Serious problems, practical recommendations. Symposium Proceedings; 1992 September 8-10; Knoxville, Tennessee. General Technical Report SE-84. Asheville, NC : USDA Forest Service, Southeastern Forest Experiment Station. 14-39.

Marquis, D.A. 1974. The impact of deer browsing on Allegheny hardwood regeneration. Research Paper, NE-308. Upper Darby, PA: USDA Forest Service, Northeastern Forest Experiment Station. 8p.

Marquis, D.A. 1977. Devices to protect seedlings from deer browsing. Research Note, NE-243. Upper Darby, PA: USDA Forest Service, Northeastern Forest Experiment Station. 7 p.

Marquis, D.A. 1987. Silvicultural techniques for circumventing deer damage. In: Symposium proceedings, Deer, forestry, and agriculture : interactions and strategies for management. 1987 June I 5-17. Warren. PA: Plateau and Northern Hardwood Chapters, Allegheny Society of American Foresters. 125-136.

Marquis, D.A. 1988. Guidelines for regenerating cherry-maple stands. In: Smith, H.C.; Perkey, A.W.; Kidd, W.E. Eds. Guidelines for regenerating Appalachian hardwood stands;

Symposium Proceedings: 1988 May 24-26; Morgantown,WV. SAF Publication 88-03 . Morgantown, WV: West Virginia University Books and USDA Forest Service: 167-188.

Marquis, D.A., Ernst, R.L., and Stout, S.L. 1992. Prescribing silvicultural treatments in hardwood stands of the Alleghenies. USDA Forest Service, General Technical Report, NE-96. [Revised].

Mayhead, G.J; Jones, D. 1991 . Carbon dioxide concentrations within tree shelters. Quarterly Joumal of Forestry. 75(4):228-232.

Miller, G.W. 1997. Effect of stand density and structure on the abundance of northern red oak advance reproduction. In: Spiecker H, Rogers R, Somogyi Z., comps. IUFRO Proceedings, Advances in Research in Intermediate Oak Stands, July 27-30, 1997. University of Freiburg: Freiburg, Germany. p. 160-171.

Potter, M.J. 1988. Tree shelters improve survival and early growth rates. Journal of Forestry. 86(8) : 39-41.

Schuler, T.M. and Miller, G.W. 1996. Guidelines for using tree shelters to regenation northern red oak. In: Brissette, J.C., ed. Proceedings of the Tree Shelter Conference; 1995 June 20-22; Harrisburg, PA. General Technical Report NE-221. Radnor, PA: USDA Forest Service, Northeastern Forest Experiment Station. 37-45.

Smith, H.C. 1993a. Regenerating oaks in the central Appalachians. In: Loftis, D.L. McGee, C.E. eds. 1993 . Oak regeneration: Serious problems, practical recommendations. Symposium Proceedings; 1992 September 8-10; Knoxville, Tennessee. General Technical Report SE-84. Asheville, NC ; USDA Forest Service, Southeastern Forest Experiment Station. 211 -221 .

Smith H.C. 1993b. Development of red oak seedlings using plastic shelters on hardwood sites in West Virginia. Research Paper, NE-672. Radnor, PA: USDA Forest Service, Northeastern Forest Experiment Station. 7 p.

Trimble, G.R. 1973. The regeneration of central Appalachian hardwoods with emphasis on the effects of site quality and harvesting practice. Research Paper. NE-282. Upper Darby, PA: USDA Forest Service, Northeastern Forest Experiment Station. 14 p.

Tilghman, N.G. 1989. Impacts of white-tailed deer on forest regeneration in northwestern Pennsylvania. Journal of Wildlife Management. 53(3): 524-532.

Walters, R. S. 1993. Protecting red oak seedlings with tree shelters in northwestern Pennsylvania. Research Paper, NE-679. Radnor, PA: USDA Forest Service, Northeastern Forest Experiment Station. 5 p.