



Fig. 4. — Optimal lay-out for 45 clones. (1st thinnings not underlined, 2nd thinnings underlined once.)

scatter and permits numerous thinnings without upsetting the scatter.

In conclusion it is recommended, that before deciding on the number of clones to be employed in a seed orchard, table 1 should be consulted. If possible one of the numbers should be chosen that can give a quadratic or almost quadratic scatter.

Summary

The arguments are discussed for and against a systematic distribution of clones in a seed orchard and it is concluded

that a systematic arrangement provides more advantages. A survey was made of the best systematic arrangements for all numbers of clones from 9 to 65 that would satisfy the three basic requirements: — (1) extensibility of the pattern in all directions, (2) maximal scatter of representatives of a given clone, and (3) possibility of thinnings preassignment that would as little as possible affect the scatter. Numbers of clones that permit a quadratic scatter are considered best. Arrangement as in fig. 1 is possible for 9, 25 and 49 clones. For other clone numbers a consecutive arrangement is needed (as in figs. 2, and 3), in which the scatter is determined by the clone number under which clone 1 is located (indicator value). Indicator values, and isolation in vints of spacing are presented in table 1 for clone numbers from 9 to 65. In this arrangement quadratic scatters are offered only by the following numbers of clones; 13, 17, 25, 29, 37, 41, 53, 61, and 65. With the special arrangement as in fig. 4, 45 clones will also give a quadratic scatter. Even numbers permit only one 50% thinning, whereas odd numbers can have any number of thinnings.

Literature

LANGNER, W.: Die Klonanordnung in Samenplantagen. Z. Forstgenetik 2, 119—121 (1953).— LANGNER, W., and STERN, K.: Versuchstechnische Probleme bei der Anlage von Klonplantagen. Z. Forstgenetik 4, 81—88 (1955).

Stimulation de la production de strobiles femelles dans un verger a graines de Pinus silvestris L. par application d'engrais

Premiers résultats

Par ALPHONSE NANSON

Station de Recherches des Eaux et Forêts,
Groenendaal-Hoeilaart

(Reçu pour la publication en novembre 1964)

1. Introduction

Un des problèmes parmi les plus importants qui se posent en amélioration génétique des essences forestières et dont la solution conditionne en bonne partie l'utilisation pratique du matériel génétique sélectionné, est constitué par l'induction et la stimulation de la fructification dans les vergers a graines.

Des études assez nombreuses ont déjà été effectuées dans ce domaine au sujet de l'utilisation de traitements divers tels que: la strangulation ou l'annelation de la tige, la taille des racines, la taille de la cime, etc.

En general, ces traitements ont donné des résultats positifs assez rapides. Cependant, leurs effets, à l'exception de ceux de la taille de la cime, sont souvent éphémères et deviennent même fréquemment négatifs après quelques années. En outre, ces traitements débilissants entraînent à la longue un affaiblissement plus ou moins prononcé et parfois même la mort des sujets traités.

L'application d'hormones et de substances florigènes fait actuellement l'objet d'études approfondies, en particulier de la part des chercheurs japonais. Il ne semble pas cependant que l'utilisation pratique de ces substances puisse être envisagée avant de nombreuses années.

Les effets de l'application d'engrais sur la fructification d'arbres en peuplements a fait l'objet d'études assez nombreuses, spécialement aux Etats-Unis. Ces effets sont en general fort favorables et perdurent pendant plusieurs années, tout en augmentant la vigueur et la croissance des arbres traités.

Dans les vergers a graines par contre, les études concernant l'action des engrais sur la fructification sont a notre connaissance peu nombreuses. MERGEN (1959) exprime d'ailleurs le souhait que des résultats même faibles ou non significatifs soient publiés afin d'activer les recherches dans ce domaine.

MATTHEWS (1955) propose l'emploi d'engrais phosphatés sur sols pauvres. BERGMAN (1955) effectue un essai de fertilisation sur jeunes pins sylvestres au moyen de sels potassiques. Il en résulte une nette augmentation du nombre de fleurs au cours des années suivantes. HOEKSTRA et MERGEN (1957) induisent la production de strobiles femelles sur des plants de Pinus eliottii âgés de 6 ans par application d'un engrais composé de formule 3-12-6, combiné a l'annelation du tronc ou a la taille des racines. ZOBEL et al. (1958) signalent très brièvement l'action positive d'un engrais azote sur la production de cônes de plants greffés. MERGEN (1959) parvient a produire des fleurs femelles et mâles sur de

jeunes plants de pins hybrides et de *Pinus strobus* par l'action combinée d'un engrais du type 12-12-12, et d'un choc de température et de sécheresse. HOLST (1959) obtient des résultats positifs par application de sulfate d'ammoniaque sur des plants de *Picea glauca* et de *Pinus resinosa*. KLEIN-SCHMIT (1961) augmente fortement le nombre de strobiles mâles et femelles dans un verger à graines de *Larix decidua* par application d'engrais composés comportant diverses doses d'azote. Les résultats de cet auteur mettent aussi en évidence l'importance du facteur génétique (clones) dans l'induction florale.

2. Matériel et méthodes

Le verger à graines de pin sylvestre qui a servi d'objet à cette étude est établi dans une vaste clairière de la forêt de Soignes, à Groenendaal, près de Bruxelles. L'altitude est de 110 m; le sol est à peu près horizontal.

La température moyenne annuelle s'élève à 9,4° C et les précipitations annuelles moyennes à 835 mm. Les températures moyennes des mois de janvier et de juillet sont respectivement de 2,7 et 16,8° C. La période de végétation ($T \geq 10^{\circ}$ C) est de 172 jours (PONCELET et MARTIN, 1947; période d'observation: 1901-1930).

Le sol est du type: «sol brun lessivé A/B/C» (gray brown podzolic) sur substrat limoneux (loess). Il présente un horizon A épais (30 à 40 cm). L'horizon B textural est moyennement à fortement tacheté; le drainage est donc entravé mais la capacité de rétention en eau et la capacité de sorption (ions) sont élevées. L'aération est assez bonne jusqu'à l'horizon B.

Voici à titre complémentaire un tableau d'analyse d'un profil type existant sous terrain de culture, d'après la carte des sols de l'IRSIA (BAEYENS, 1959).

Tableau 1. — Caractéristiques générales du type de sol.

Horizon	Profondeur cm	Argile < 2 μ	Limon		Sable > 50 μ	Humus %	pH (eau)
			2-20 μ	20-50 μ			
A1 (P)	0-30	11,6	24,8	58,9	4,7	3,8	6,8
A2	30-50	15,3	24,8	55,4	4,5	1,7	6,8
B	50-100	22,6	26,1	48,6	2,7	0,3	7,1
C	>100	15,5	27,5	53,2	3,8	0,2	7,5

Comme l'emplacement du verger était précédemment occupé par des prairies, les valeurs du pH sont probablement inférieures à celles données par le tableau, tandis que les teneurs en humus sont certainement supérieures.

D'autre part, ces prairies ont probablement reçu au cours de leur existence des fumures organiques (fumier) et minérales (engrais).

On peut donc qualifier globalement le sol où est installé le verger de «riche», tant au point de vue chimique que hydrique.

Les individus greffés ont été plantés en juin 1958 et avaient au moment de l'application des engrais, une hauteur variant de 1,5 à 2,5 m.

L'application a eu lieu à la fin du mois de mai 1963 suivant un dispositif en carré latin 7 \times 7 (Tableau 2). Le sol a d'abord été travaillé à la houe et libéré des herbages sur une surface circulaire d'environ 1 m² au pied de chaque plant. Les engrais ont ensuite été répandus sur la surface travaillée, puis enfouis à la houe sur une profondeur de 10 à 20 cm.

Les engrais utilisés sont les suivants:

Lettre-code	Type d'engrais	Dose par plant (Kg)
A	Scories Thomas, 16 à 17% P205	0,5
B	Engrais composé, 13-13-13 (ACBI)	0,5
C	Terreau de hêtre bien décomposé	10 litres
D	Sulfate de potasse, 50% K20	0,5
E	Scories phosphopotassiques, 12% P205, 12% K20	0,5
F	Engrais composé, 12-18-20 (ACBI)	0,5
G	Témoin	

Le carré latin utilisé est un peu différent du schéma classique en ce sens que les «colonnes», au lieu d'être disposées spatialement suivant un gradient présumé de fertilité du terrain, sont constituées par des clones. Ces clones sont pris au hasard parmi les 25 clones constituant chaque cellule du verger. Les rangées sont composées de cellules accolées les unes aux autres et disposées suivant un gradient de fertilité croissant visiblement de 0 à B1.

Ce schéma modifié nous paraît être très pratique pour les expériences en vergers à graines, car il tient compte, sur une surface restreinte, de deux facteurs de variation à première vue importants: le facteur clone et le facteur cellule (fertilité).

L'utilisation d'un schéma factoriel correspondant aurait nécessité la mobilisation de 7 blocs de 7 cellules avec 7 clones différents pour chacune d'elles, soit 343 plants. En outre, la variabilité à l'intérieur d'un bloc aurait certainement été beaucoup plus grande, par suite de sa plus grande étendue, et aurait augmenté d'autant l'erreur résiduelle. Ce dernier schéma aurait certes permis de calculer les interactions entre les trois facteurs de variation. Cependant dans notre cas, ces interactions ne présentent aucun intérêt pratique puisqu'il n'est guère possible d'appliquer un type d'engrais différent suivant la cellule et le clone.

3. Résultats

Les nombres de strobiles femelles observés au printemps 1964 sont rassemblés dans les tableaux 2 et 3.

Il est à noter que, entre la période d'application des engrais et la date d'observation, trois arbres ont malheureusement disparu par accident: deux bris par le vent, un mort pour cause inconnue mais apparemment indépendante de l'effet engrais. Les valeurs manquantes inscrites dans le tableau ont été calculées à partir des autres valeurs non transformées en utilisant par répétitions et approximations successives la formule bien connue qui minimise la somme des carrés de l'erreur (YATES, 1936). Les moyennes des traitements affectés de valeurs manquantes doivent être considérés avec cette restriction bien qu'elles ne s'écartent pas sensiblement des moyennes calculées sur les autres données existantes.

En outre, deux arbres ont été plus ou moins déracinés par le vent. Or, nous avons observé, à l'intérieur et en dehors de l'expérience proprement dite, que le nombre de strobiles est plus élevé sur ces arbres que sur les plants indemnes, sans doute par suite de la disparition d'une bonne partie des racines alors que la masse foliaire reste la même. Ce fait aurait donc tendance à surestimer fortement la moyenne du témoin et dans une mesure moindre, celle du traitement D.

Pour appliquer l'analyse de la variance sur les données originales, il est entre autres nécessaire que les variances (des traitements par exemple) soient indépendantes des

Tableau 2. — Nombre de strobiles femelles observés au printemps suivant l'année de l'application d'engrais.

Clone Cellule	Clone							Total	Moyenne
	1	6	11	39	44	54	57		
O	G 7	A 7	E 4	C 0	F 39	B 25	D 0	82	11,7
R	A 14	D 40	B 21	E 3	C 19 ¹⁾	G 9	F 30	136	19,4
T	F 4	E 18	A 38	B 1	G 3	D 5	C 0	69	9,9
V	C 18	B 48	F 111	A 1	D 6	E 10	G 0	194	27,7
X	E 59	C 7	D 57	G 2	A 38	F 60	B 5	228	32,6
Z	D 84 ²⁾	G 7	C 66	F 61	B 33 ¹⁾	A 8	E 3	262	37,4
B1	B 55 ¹⁾	F 106	G 43 ²⁾	D 0	E 13	C 108	A 1	326	46,6
Total	241	233	340	68	151	225	39	1297	
Moyenne	34,4	33,3	48,6	9,7	21,6	32,1	5,6		26,5

(1) = donnée manquante calculée (arbre disparu par accident).

(2) = arbre plus ou moins déraciné.

Tableau 3. — Nombre de strobiles femelles par traitements.

Traitements	Total	Moyenne par arbre
A Scories Thomas	107	15,3
B 13-13-13	188	26,8
C Terreau	218	31,1
D Sulfate de potasse	192	27,4
E Scories P. K.	110	15,7
F 12-18-20	411	58,7
G Témoin	71	10,1

moyennes correspondantes. Or, par report sur graphique, il apparaît que variances et moyennes sont corrélées. En outre, les distributions des valeurs sont fortement asymétriques. Il est donc nécessaire d'appliquer une transformation adéquate aux données originales. Par application de la méthode de JEFFERS (1960), on constate que la transformation: $x' = \log(x + 1)$ permet de supprimer la relation entre moyennes et variances et de rendre les distributions suffisamment symétriques.

L'analyse de la variance suivante est réalisée à partir des valeurs transformées; les valeurs manquantes ayant été calculées par la formule classique à partir des valeurs transformées.

Tableau 4. — Analyse de variance.

Source de variation	DL	SC	CM	F calc.	Fth.	
					a = 5%	a = 1%
Cellule (rangée)	6	2,7070	0,4512	2,82*	2,46	3,55
Clone (colonne)	6	8,1815	1,3636	8,51***	2,46	3,56
Traitement	6	3,1420	0,5237	3,27*	2,46	3,56
Erreur	27	4,3246	0,1602			
Total	45	18,3552		CV = 36%		

Il y a donc au moins un des traitements qui est significativement et presque très significativement différent du témoin.

L'application du test de comparaison de divers traitements avec un témoin (DUNNETT, 1955), montre que le traitement F (12-18-20) est très significativement différent du témoin.

Le même résultat est obtenu en utilisant la méthode de la plus petite différence significative compensée par la présence de n valeurs manquantes (COCHRAN et COX, 1957).

Il est curieux que seul le traitement F soit significativement différent du témoin. Ce fait pourrait s'expliquer par

la grande variabilité individuelle et par l'imprécision accrue due à l'occurrence des valeurs manquantes. En outre, l'analyse de variance ne tient pas compte du fait que le seul arbre témoin qui ait réellement porté un assez grand nombre de strobiles est celui qui est plus ou moins déraciné (cellule B1, clone 11). L'effet de l'engrais composé 12-18-20 est donc assuré à fortiori.

Les différences entre clones sont significatives au niveau $\alpha = 0,1\%$; celles entre cellules sont significatives au niveau $\alpha = 5\%$.

4. Discussion

Il est remarquable que, sur ce sol riche et apparemment bien équilibré, un engrais composé ait donné un effet significatif.

Il convient néanmoins de constater que c'est un engrais à forte teneur en éléments actifs, mais aussi comportant une forte dose de phosphore et de potasse. Ce sont probablement ces éléments qui, en présence d'azote, ont joué le rôle principal. En effet, l'engrais de formule 13-13-13 n'a donné que des résultats moyens et d'ailleurs non significatifs.

Les scories Thomas et les scories phosphopotassiques ont les effets les plus faibles, sans doute par suite de la difficulté d'incorporer l'engrais à une profondeur suffisante (au niveau des racines) et de la faible mobilité du phosphore de ces engrais.

Le sulfate de potasse n'a donné que des résultats moyens.

Le terreau a un effet assez élevé et même assez surprenant car on pourrait croire qu'il a tendance à favoriser la production végétative au détriment de la production générative.

Il est à noter également que l'effet de l'engrais est positif et important malgré la date d'application assez tardive (fin mai). On estime en effet que chez le pin sylvestre, l'induction florale a lieu au cours des mois de mai et juin.

L'expérience a aussi montré que le facteur génétique joue un rôle très important dans la production des strobiles. Ce facteur doit donc être contrôlé et pris en considération dans les expériences portant sur la fructification dans les vergers à graines.

Il semble cependant que, étant donné l'action importante exercée par l'engrais sur l'induction florale, on puisse, pour le pin sylvestre tout au moins, négliger de sélectionner des clones pour leur aptitude individuelle à la fructification

et, par conséquent, concentrer tous les efforts de sélection sur les autres caractéristiques telles que la croissance, la forme, la résistance.

Le facteur cellule a aussi joué un rôle non négligeable. Il y a en effet une tendance à ce que la production de strobiles augmente de la cellule 0 à la cellule B1, c'est à dire suivant un gradient de fertilité croissant. Ce fait confirme les observations de SARVAS (1962) suivant lesquelles la fructification du pin sylvestre en Finlande est plus importante sur des sites de première classe que sur des sites moins fertiles.

5. Conclusions

L'application d'un engrais composé de formule 12-18-20 à la fin du mois de mai 1963 a provoqué au printemps suivant un fort accroissement du nombre de strobiles femelles.

Le facteur génétique intervient aussi pour une part très importante dans l'induction florale.

La fertilité du terrain joue un rôle non négligeable.

Résumé

Une expérience est réalisée au sujet de l'induction des strobiles femelles de *Pinus silvestris* par application d'engrais à la fin du mois de mai 1963 dans un verger à graines installé sur sol limoneux. — Un engrais composé de formule 12-18-20 a provoqué au printemps suivant un fort accroissement du nombre de strobiles femelles. — Le facteur génétique (clone) joue aussi un rôle de premier plan dans l'induction. — Le rôle de la fertilité du sol n'est pas négligeable.

Zusammenfassung

In einer auf Lößboden gelegenen Samenplantage wurde Ende Mai 1963 ein Düngungsversuch durchgeführt. Dabei sollte der Einfluß verschiedener Düngemittel auf die Zapfeninduktion bei *Pinus silvestris* geprüft werden. — Im

Frühjahr 1964 ergab sich, daß das Düngemittel 12-18-20 eine große Zunahme an ♀ Strobili verursacht hatte. — Bei dieser Blüteninduktion spielten aber auch genetische Faktoren (Klone) eine große Rolle. Außerdem war auch der Fruchtbarkeitsfaktor des Bodens nicht unwichtig gewesen.

Summary

A trial is made about the female strobili induction of *Pinus silvestris* by application of fertilizers at the end of mai 1963 in a seed orchard situated on loess soil. — A 12-18-20 fertilizer has produced, the next spring, a strong increase of female strobili number. — The genetic factor (clone) plays also a very important part in the strobili induction. — The soil fertility factor is not negligible.

References

- BÆYENS, J.: Bodemkaart van Belgie. Verklarende Tekst bij het kaartblad. Tervuren 102 E. Public Iwowl. (1959). — BERGMAN, F.: Försök med tvångsfruktificering av tall, gran och björk. Svenska Skogsv. Tidskr. 53, 275—304 (1955). — COCHRAN, W. G., and COX, G. M.: Experimental design. J. Wiley, New York, 595 pp. (1957). — DUNNETT, C. W.: A multiple comparison procedure for comparing several treatments with a control. J. Amer. Statist. Assoc. 50, 1096—1121 (1955). — HOEKSTRA, P. E., and MERGEN, F.: Experimental induction of female flowers on young slash pine. J. Forestry 55, 827—831 (1957). — HOLST M. J.: Experiment with flower promotion in *Picea glauca* (MOENCH) Voss and *Pinus resinosa* AIT. Recent Advances in Botany, vol. 2, 1654—1658 (1959). — JEFFERS, J.: Experimental design and analysis in forest research. Stockholm, 1960, 172 pp. — KLEINSCHMIT, R.: Stickstoffdüngungsversuch in einer Samenplantage. Forst- u. Holzwirt 18. 403 (1961). — MATTHEWS, J. D.: The seed orchard. Forestry Comm., no. 18, 37 pp. (1955). — MERGEN, F.: Natural and induced flowering in young pine trees. Recent Advances in Botany, vol. 2, 1671, (1959). — PONCELET, L., et MARTIN, H.: Esquisse climatologique de la Belgique. Inst. Roy. Météo. Belgique, Mém. Vol. 27, 1947. — SARVAS, R.: Investigations on the flowering and seed crop of *Pinus silvestris*. Comm. Inst. For. Fenn. 53, 4, 198 pp. (1962). — YATES, F.: Incomplete latin squares. J. agr. Sci. 26, 301—315 (1936). — ZOBEL, B., BARBER, J., BROWN, C., and PERRY, T.: Seed orchards. Their concept and management. J. Forestry 56, 815—825 (1958).

Buchbesprechungen

Forstsamengewinnung und Pflanzenanzucht für das Hochgebirge. Festschr. aus Anl. d. 50jährigen Bestehens der Bayer. Staatl. Samenklänge Laufen. Herausgegeben von HELMUT SCHMIDT-VOGT. BLV Verlagsges. München, Basel, Wien 1964, 248 S. Geb. DM 45,—.

Die im Jahr 1914 gegründete Samenklänge Laufen ist seit 1964 der neugegründeten Bayerischen Landesanstalt für forstliche Samen- und Pflanzenzucht angegliedert worden, nachdem sie 50 Jahre lang dem Forstamt Teisendorf angeschlossen war. Da sie in der ganzen Zeit ihres Bestehens auch für die besonderen Verhältnisse der Hochgebirgswaldungen tätig war, für die Herkunftswahl und andere Probleme der Samen- und Pflanzenwahl und -behandlung von besonderer Bedeutung sind, hat der Herausgeber, selbst langjähriger Leiter der Klänge Laufen, diese als Thema der Festschrift gewählt.

Der erste Teil, Forstsamengewinnung für das Hochgebirge, enthält die folgenden Beiträge:

ROHMEDER, E.: *Die Bedeutung der Samenherkunft für die Forstwirtschaft im Hochgebirge.* — Ausgehend von den besonderen ökologischen Verhältnissen im Hochgebirge — erhebliche Klimaunterschiede auf kurze Entfernung — werden die Hauptergebnisse der Herkunftsforschung mit Baumarten des Hochgebirges dargestellt und diskutiert. Zwei neue Versuchsergebnisse des Verfassers zeigen, daß Tieflagenherkünfte der Kiefer in höheren Lagen durch Schneebruch, Frühfröste und Winterkälte stark geschädigt werden. Bei einem ähnlichen Vergleich mit Lärchenherkünften ergaben sich nach 10 Jahren Versuchsdauer auf drei Versuchsorten systematische Interaktionen Höhenlage × Herkunft. Überall war zwar die Tieflagenherkunft überlegen, doch war die Steige-

rung des Wachstums bei Anbau in tieferen Lagen deutlicher für die Hochlagenherkunft.

v. BÜLOW, G.: *Geschichte der Forstsamengewinnung und -verwendung in den Reichenhaller und Salzburger Alpen.* — Schon zu Anfang des 16. Jahrhunderts wurde mit der systematischen Wiederbewaldung der im Einzugsgebiet der Reichenhaller Saline gelegenen Kahlhiebe begonnen. Die Salinenverwaltung hat seitdem Vorbildliches geleistet.

BOUVAREL, P.: *Die französischen Herkünfte für die Gebirgsaufzucht.* — Die besonderen klimatischen Gegebenheiten haben zur Ausbildung von besonderen Standortsrassen des Hochgebirges geführt. Für die französische Forstwirtschaft sind die Gebirgswaldungen, vorwiegend aus Fichte bestehend, in den Vogesen, im Jura und in den Alpen von besonderer Bedeutung. Es werden die Merkmale typischer Gebirgsherkünfte beschrieben, das Klassifizierungssystem für Samenbestände und die Versuchstätigkeit im Zusammenhang damit.

MORANDINI, R.: *Forstsamengewinnung für das Hochgebirge in den italienischen Alpen.* — Fichte, Lärche und Zirbe sind die Hauptbaumarten der italienischen Hochgebirgswälder. Daneben spielen die baumförmige (*P. uncinata*) und die strauchförmige (*P. mugo turra*) Bergkiefer eine geringere Rolle. Die staatliche Klänge Tesero ist seit 1919 für die Saatgutversorgung der italienischen Gebirgsforsten verantwortlich. Sie wurde in neuester Zeit mit modernen Einrichtungen versehen, um den Anforderungen gerecht zu werden.

SIMONČIĆ, L.: *Samenerntebestände in den jugoslawischen Alpen.* — Die für das Hochgebirge besonders wichtigen Herkunftsfragen werden in Jugoslawien von der forstlichen Praxis berücksichtigt.