

## Efecto del tipo de sustrato y fertilización inicial en el desarrollo foliar temprano del maíz, fréjol y girasol bajo condiciones de invernadero

Effect of soil types and initial fertilisation on early leaf development of maize, bean and sunflower under greenhouse conditions

Aníbal Franco Cóndor Golec<sup>1</sup>

### Resumen

El objetivo del presente trabajo fue evaluar el impacto de la fertilización de inicio en el crecimiento temprano en cultivos de maíz, frijol y girasol crecidos en invernadero. Se usaron dos tipos de sustratos (mezcla de 3:1 de quartz:arena y suelo para macetas) y dos niveles de fertilización (5 y 50 % de aporte nutricional, asumiendo que el sustrato aportaría el remanente en cada nivel). Se utilizó un diseño de bloques completamente al azar con nueve repeticiones. Cada unidad experimental estuvo conformada por una maceta de 5 L con 15 semillas. Se evaluó área foliar, peso seco de hojas y concentración de materia seca en las hojas. Se muestran valores apreciables de área foliar y peso seco de hojas usando suelo para macetas, al parecer porque tiene mayor capacidad de retención de humedad, comparado con el uso de la mezcla de quartz:arena. Sin embargo, el tener gran área foliar condujo a una menor concentración de material seco en las hojas. Con el nivel alto de fertilización independientemente del cultivo y sustrato se obtuvo mayor área foliar mientras que la concentración de materia seca en las hojas fue menor. Esto se puede deber a la gran interceptación de la radiación solar por plantas muy jóvenes. La fertilización inicial no tiene efecto en el peso seco de hojas. Hubo un efecto por la fertilización, con el nivel bajo, se observaron valores altos en la concentración de materia seca en las hojas en maíz y frijol sembrados en la mezcla de quartz:arena.

**Palabras clave:** invernadero; sustratos; fertilización inicial; desarrollo foliar temprano; maíz; frijol; girasol; suelo para macetas; mezcla quartz; arena; niveles de fertilización; peso seco de hojas; materia seca de hojas; área foliar.

### Abstract

The objective of the present work was to assess the impact of the initial fertilization in the early crop development on maize, bean and sunflower grown on a greenhouse. Two soil types (quartz:sand mixture in a 3:1 ratio and pot soil) and two nutrition levels (5 and 50 % nutrient supply, assuming that the soil supplied the remaining percentage on each level). A completely randomised block design with nine repetition was carried out. The experimental unit was a pot of 5 litres with 15 seeds. Leaf area, leaf dry weight and dry matter concentration in the leaves were assessed. Using pot soil, that has a higher water holding capacity, could be a preferable soil type above quartz:sand mixture for seedlings because it resulted in appreciable leaf area and leaf dry weight values. Nevertheless, having a great leaf area led to a decrease in the dry matter concentration in the leaves. In all crops and soil types, at a higher nutrient level more leaf area was obtained while dry matter concentration in the leaves was lower. This may result in an enhanced interception of solar radiation by very young plants. However, initial fertilisation had no effect on leaf dry weight. A nutrient effect occurred when evaluating dry matter concentration in the leaves in maize and bean grown on quartz:sand mixture, with the lower nutrient supply where higher values of this parameter were obtained.

**Keywords:** greenhouse; initial fertilisation; early leaf development; maize; bean; sunflower; fertilizer levels; pot soil; quartz sand mixture; leaf dry weight; leaf dry matter; leaf area.

### 1. Introducción

Botwright (2002) afirmó que para obtener altos rendimientos en cultivos es importante tener plantas vigorosas en etapas iniciales. Para ello, se necesita un cuidadoso manejo tanto para siembra directa como en el trasplante. Holshouser y Whittaker (2002) hallaron que para maximizar el rendimiento en la soya, se necesita suelos de alta capacidad de retención de humedad con los que se obtiene una gran área foliar en fases tempranas. Jones *et al.* (2003) mencionan que el estrés por humedad

probablemente afecta la fase temprana de crecimiento vegetativo y desarrollo del área foliar, especialmente en suelos con baja capacidad de almacenamiento de humedad, caracterizados por su textura gruesa. En el trabajo de Gutiérrez-Boem y Thomas (2001), sobre frijol soya de invernadero, mencionan que el área foliar es una variable importante a estudiar porque refleja la cantidad de radiación interceptada reflejada en el desarrollo de las plantas. Granier & Tardieu (2000) destacan que los déficits moderados de humedad causan un descenso de la expansión foliar en girasol.

<sup>1</sup> Investigador agrario, MSc Plant Sciences, Ing. Agrónomo, dirección postal: Carrer de l'Equador 51, baixos, 08029 Barcelona, España. Email: [anibalfcg@yahoo.com](mailto:anibalfcg@yahoo.com)

Según Tadesse *et al.* (2001) no hay efectos significativos al usar nitrógeno, en el peso seco de hojas y área foliar al final del trasplante de plántulas de papa propagadas *in vitro*. Tal vez debido a la alta disponibilidad de nitrógeno comparada a la necesitada en fases iniciales de crecimiento. Sin embargo, Booij (1992) y Gray & Steckel (1990) mostraron que los trasplantes alcanzaron una gran desarrollo tiempo posterior de la fertilización nitrogenada.

Según el enlace de Iowa State University (2003), a fin de obtener un buen tamaño final de hojas, mazorcas y otros órganos en el maíz, se requiere una adecuada provisión de nutrientes en su fase temprana.

De las experiencias anteriores, se tendría la hipótesis de que un buen desarrollo foliar temprano podría indicar un vigorosidad inicial en los cultivos, y se podría determinar basándose en factores ambientales como tipo de suelo y fuente de nutrición.

El objetivo del presente trabajo fue analizar si el desarrollo foliar inicial (área foliar, peso seco y concentración de materia seca de hojas) está afectado por el tipo de sustrato y si la adición de nutrientes en un determinado suelo tuvo influencia en esta fase inicial. Se examinaron tipo de sustratos, niveles de fertilización y cultivos muy conocidos bajo condiciones de invernadero.

## 2. Materiales y métodos

El ensayo se realizó en un invernadero de Wageningen University, Países Bajos por 13 días en el mes de Setiembre del 2003. Los cultivos utilizados fueron: maíz (*Zea mays* L.) cv. 'Vitaro' (cultivar pequeño), frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. 'Berna' (cultivar no sensible al ozono), girasol (*Helianthus annuus* L.) cv. 'Issanka' (cultivar pequeño).

Los sustratos utilizados fueron: mezcla de quartz:arena en una proporción 3:1 y suelo para sustrato. Se desarrolló un experimento en macetas usando el diseño de bloques completamente randomizado. El análisis de sustratos fue proporcionado por la jefatura del departamento Crop and Weed Ecology de la universidad (Tabla 1).

Tabla 1. Análisis de sustratos utilizados

	Quartz:arena	Suelo arenoso	Suelo para maceta
pH <sub>-KCl</sub>	5,6	5,4	5,9
Materia orgánica (%)	0,3	4,8	57,0
N-total (%)	0,11	0,14	0,69
P-total (%)	0,02	0,15	0,44
K <sub>2</sub> O (mg/100 g)	1	24	68
MgO (mg/kg)	9	96	182

El nivel de fertilización más alto fue proporcionado 50 % de los fertilizantes y 50 % del suelo, el nivel de fertilización bajo fue proporcionado 5 % por el fertilizante y el 95 % del suelo. El experimento tuvo nueve bloques. La unidad experimental fue una maceta de 5 L con 15 semillas. Se utilizó una mesa de 15 m de largo por 5 m de ancho. Los tratamientos aplicados y diagrama del experimento puede verse en el apéndice I y II respectivamente. Se usaron macetas negras de plástico colocadas sobre macetas de material blanco de loza, para seguridad del tratamiento en caso de ruptura de las primeras. La mezcla quartz:arena se preparó mezclando tres volúmenes de quartz y un volumen de suelo arenoso tamizado. Las macetas fueron llenadas con el sustrato hasta 4 cm debajo de su tope. Luego de sembrar las semillas, se cubrieron con 2 cm de sustrato. En cada maceta se añadió 100 ml de solución según el tratamiento de fertilización sea al 5 % o 50 %. Las macetas se regaron dos veces al día. El invernadero tuvo a una temperatura de 23 °C y un fotoperiodo de 16 h/d, con el uso de lámparas SON-T lamps con una intensidad de 80W/m<sup>2</sup>.

Las variables calculadas fueron: área foliar (cm<sup>2</sup> por maceta), peso seco de hojas (g por maceta) y concentración de materia seca de hojas (%). La concentración de materia seca se hizo en base a los valores de peso seco y fresco de hojas. En la cosecha, las plantas se seccionaron en hojas y tallos. Los peciolos fueron considerados como tallos, y no se removieron de estos. Se evaluó el peso fresco de hojas. El área foliar se midió con un medidor especial para esta. Luego de esto las hojas se secaron a una temperatura de 105 °C por 16 horas.

Tabla 2. Cálculo de nutrientes para cada nivel de fertilización

Nivel	Cantidad de solución stock por maceta (ml)							Aplicación por elemento por maceta (mg)			
	Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> 1M	KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> 1	K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 0,5M <sup>4</sup>	MgSO <sub>4</sub> 7H <sub>2</sub> O 1M	ZnSO <sub>4</sub> 0,5M	Fe- EDTA 35 g l <sup>-1</sup>	Traza Cu <sup>1</sup> , Mn <sup>2</sup> , B <sup>3</sup> & Mo <sup>4</sup>	N	P	K	Mg
50 %	6,25	1,25	3,75	0,88	0,63	10	5	180	30	180	21
5 %	0,625	0,13	0,38	0,09	0,06	1	0,50	18	3	18	2,1

<sup>1</sup> Cu SO<sub>4</sub> 0,1g l<sup>-1</sup>

<sup>2</sup> Mn SO<sub>4</sub> H<sub>2</sub>O 2 g l<sup>-1</sup>

<sup>3</sup> H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> 3 g l<sup>-1</sup>

<sup>4</sup> Na<sub>2</sub>MoO<sub>4</sub>·2H<sub>2</sub>O 0,1 g l<sup>-1</sup>

Los niveles de fertilización fueron una provisión de fertilización al 5 % y 50 % respectivamente. Para el cálculo de fertilizantes (Tabla 2) se asumió un peso de planta de 12 g en materia seca por maceta en la cosecha con un contenido de 3 % N= 0,36g N 0,5 % P=0,06 g P 3 % K= 0,36 g K y 0,35 % Mg= 0,042 g Mg.

### Análisis estadístico

Se utilizó el programa Genstat (6<sup>ta</sup> edición) para hacer el análisis ANOVA. Se hicieron pruebas LSD (0,05) para comparar tratamientos con diferencia significativa ( $P < 0,05$  %) de alguna variable principal o interacción.

### 3. Resultados y discusión

#### Área foliar

Hubo una interacción significativamente alta entre cultivos y tipo de sustratos ( $P < 0,001$ ). También hubo diferencias significativas entre tipo de suelos ( $P = < 0,001$ ) y entre niveles de fertilización ( $P = 0,002$ ). El suelo para macetas resultó en plantas con mayor área foliar por maceta que el uso de la mezcla quartz:arena en todos los cultivos, pero el efecto fue mayor en frijol (Tabla 3). En la secuencia de girasol, maíz y frijol el área foliar fue ascendente. El rango de área foliar fue mayor en suelos para maceta que en la mezcla quartz:arena (Tabla 3). A una concentración de 50 % de fertilización el área foliar fue significativamente mayor que a 5 % (Tabla 4).

**Tabla 3.** Efectos de la interacción entre tipos de sustrato y cultivo en el área foliar ( $\text{cm}^2$  por maceta)

Promedio de valores sobre dos niveles de fertilización		
Tipo sustrato	Quartz: arena	Suelo de maceta
Cultivo		
Maíz	666 b <sup>1</sup>	1095 d
Frijol	1539 e	3164 f
Girasol	413 a	866 c

<sup>1</sup>Letras diferentes indican diferencias significativas de acuerdo a prueba LSD (LSD (0,05) = 148).

**Tabla 4.** Efecto del nivel de fertilización en el área foliar ( $\text{cm}^2$  por maceta). Promedio de valores en dos tipos de sustrato y tres cultivos

Nivel fertilización	
5 %	1225 a <sup>1</sup>
50 %	1350 b

<sup>1</sup> Promedio con diferentes letras indican diferencias significativas de acuerdo a prueba LSD (LSD (0,05) = 148).

#### Peso seco de hojas

Hubo una interacción significativamente alta ( $P < 0,001$ ) entre tipos de suelos y cultivos.

No hubo interacción significativa entre tipos de sustrato y niveles de fertilización ( $P = 0,781$ ). No hubo diferencias significativas entre niveles de fertilización ( $P = 0,082$ ).

El suelo para maceta resultó en un alto peso de hoja seca que con la mezcla quartz:arena en todas los cultivos (Tabla 5).

El frijol obtuvo un peso seco de hojas significativamente mayor que los otros dos cultivos con la mezcla quartz:arena y que el suelo para maceta. El maíz y el girasol no difirieron significativamente con el uso de suelo para maceta. El nivel de fertilización no tuvo efecto significativo en el peso seco de hojas.

**Tabla 5.** Efecto de la interacción entre tipos de sustrato y cultivo en el peso seco de hojas (g por maceta). Promedio de valores sobre los dos niveles de fertilización

Tipo sustrato	Quartz: arena	Suelo para maceta
Cultivo		
Maíz	1,76 b <sup>1</sup>	2,56 c
Frijol	4,30 d	6,99 e
Girasol	1,39 a	2,52 c

<sup>1</sup>Letras diferentes indican diferencia significativa de acuerdo a la prueba LSD (LSD (0,05) = 0,3).

#### Concentración de materia seca de hojas

Para concentración de materia seca de hojas, hubo una interacción tripartita entre cultivos, tipos de sustrato y niveles de fertilización ( $P < 0,001$ ). En la secuencia de girasol, maíz y frijol la concentración de materia seca se incrementó en suelos para maceta pero a un nivel 50 % de fertilización no hubo diferencia significativa en materia seca de hojas entre maíz y frijol (Tabla 6). El nivel de fertilización no tuvo influencia significativa en la concentración de materia seca en hojas con excepción del maíz y frijol con la mezcla quartz:arena donde la materia seca fue significativamente mayor a un nivel de 5 % de fertilización (Tabla 6). El frijol cultivado con la mezcla quartz:arena tuvo mayor concentración de materia seca en hojas que en el maíz y girasol a un nivel de 5 % de fertilización. Todos los cultivos tuvieron mayor concentración de materia seca de hojas con la mezcla quartz:arena (Tabla 6). Según los resultados obtenidos, los dos tipos de sustratos examinados (mezcla de quartz:arena y suelo para macetas) tiene un efecto significativo en el área foliar y por consiguiente en el peso seco de hojas, mostrando altos valores con suelo para macetas en los tres cultivos (Tabla 3, Tabla 5).

El área foliar es dependiente de la disponibilidad de agua en el suelo, incrementándose si el suelo es de alta capacidad retentora de humedad (Holshouser y Whittaker, 2002). Este comportamiento ocurrió en el presente experimento pues el suelo para macetas tuvo una alta capacidad retentora de

**Tabla 6.** Efectos de la interacción entre niveles de fertilización tipos de sustrato y cultivo en la concentración de materia seca de hojas (%)

Cultivo	Maíz		Frijol		Girasol	
	Quartz:arena	Suelo para maceta	Quartz:arena	Suelo maceta	Quartz:arena	Suelo para maceta
Nivel fertilización						
5 %	13,46 h <sup>1</sup>	10,06 c	16,69 i	11,23 ef	9,04 b	8,18 a
50 %	11,80 f	10,27 cd	12,83 g	10,80 de	8,94 b	8,08 a

<sup>1</sup> Promedios con las mismas letras no tiene diferencia significativa con los niveles de fertilización ( $P < 0,005$ ), LSD (0,05) = 0,587).

agua (por su alto contenido en materia orgánica, nutrientes, coloides y capacidad tampón) que la mezcla quartz:arena, obteniéndose mayor área foliar. A mayor absorción de agua habrá mayor área foliar, y la concentración de materia seca en hojas decrecerá usando suelo para macetas (Tabla 6).

La razón por la baja área foliar en girasol con la mezcla quartz:arena (Tabla 3) fue tal vez por la baja capacidad de retención de humedad de esta mezcla como lo menciona Granier & Tardieu (2000).

El suelo para macetas tiene mayor capacidad de intercambio catiónico (CIC) que la mezcla quartz:arena. A mayor CIC en el suelo, mayor será la provisión de nutrientes y también mayor disponibilidad de agua, obteniéndose así mayor área foliar.

Los niveles de fertilización tuvieron una considerable influencia en el desarrollo foliar temprano usando cualquier tipo de sustrato (Tabla 4). Esto muestra que la expansión de hojas temprana no solo es por la reserva en las semillas sino por la fertilización inicial.

Los resultados de Booij (1992) y Gray & Steckel (1990) tienen la misma tendencia pues sus trasplantes alcanzaron gran desarrollo de copa luego de la fertilización nitrogenada.

Por el contrario, el peso seco de hojas no tuvo influencia en el nivel de fertilización, así la fertilización inicial no fue relevante. Esto último concuerda con los resultados de Tadesse *et al.* (2001) donde el peso seco de hojas en plántulas de papa no fue afectado por la fertilización nitrogenada.

Hubo un efecto con la fertilización al 5 %, obteniéndose mayores valores en la concentración de materia seca de hojas especialmente en cultivos con la mezcla quartz:arena (Tabla 6).

Los tres cultivos difieren significativamente en el desarrollo foliar temprano debido a sus características intrínsecas y extrínsecas de cada especie (Tabla 3; Tabla 5), concordante con el trabajo de Ayalew (2014) en maíz y girasol. El girasol tuvo la menor concentración de materia seca en hojas y no fue afectado por la fertilización en los dos tipos de sustratos (Tabla 6).

El hecho de tener mayor área foliar en estadios tempranos en cultivos se refleja en un buen desarrollo de planta porque se interceptaría mejor la radiación solar y por ende una producción final promisoriosa. Según Jones *et al.* (2003) y Granier & Tardieu (2000), con el uso de suelo para maceta como medio de enraizamiento, se evita el estrés por humedad, conduciendo a una adecuada expansión foliar. Aportar más fertilizante tuvo un efecto positivo en la obtención de una adecuada expansión foliar, tal como la experiencia de Ayalew (2014), pero la concentración de materia seca en hojas se puede ver disminuida significativamente en algunos cultivos.

#### 4. Conclusiones

Para producir plantulas se debe utilizar mezcla quartz:arena, pues resulta la planta resulta con gran área foliar y peso

seco de hojas. Sin embargo, una gran área foliar podría afectar la concentración de materia seca en hojas. También se concluye que los os niveles de fertilización no tienen efecto en el peso seco de hojas, así la fertilización inicial no es significativa en esta última variable. Se recomienda para un futuro ensayo sería adecuado asumir el nivel adecuado de nutrientes por cultivo. También un estudio de la solubilidad de los fertilizantes en estadios tempranos de los cultivos. El secado de hojas en estufa debería ser a menor temperatura para evitar la desnaturalización de proteínas por consiguiente pérdida de materia seca.

#### 5. Agradecimientos

Este experimento se realizó para cumplir un requisito del curso Research Methods in Crop and Weed Ecology para la maestría en Plant Sciences con mención en Organic Plant Production en Wageningen University (WUR), Países Bajos. Agradeciendo el apoyo en especial al staff del departamento de Crop and Weed Ecology.

#### 6. Literatura citada

- Ayalew, T. 2014. Effect of soil types and nutrient levels on early leaf development of maize, bean and sunflower crops. *African Journal of Agricultural Research*, 9 (25):1970-1975.
- Booij, R. 1992. Effects of nitrogen fertilisation during raising of cauliflower transplants in cellular trays on plant growth. *Netherlands Journal of Agricultural Science*, 40: 43-50.
- Botwright, T. 2002. Field evaluation of early vigour for genetic improvement of grain yield in wheat. *Australian Journal of Agricultural Research*, 53 (10): 1137-1145.
- Granier, C & Tardieu, F., 2000. Sunflower leaf growth under changing environmental conditions. *Oleagineux Corps gras Lipides*, 7 (2): 219-228.
- Gray, D. & Steckel, J.R.A. 1990. Effects of temperature of plant raising and nitrogen nutrition on growth and flowering of leek. *Acta Horticulturae*, 267: 235-240.
- Gutiérrez-Boem, F. & Thomas, G. 2001. Leaf area development in soybean as affected by phosphorus nutrition, 1379-1385.
- Hill, J., 1993. How a corn plant develops: special report No.48. Iowa State University. Disponible en: [Http://www.extension.iastate.edu/pages/hancock/agriculture/corn/corndevelop/CornGrowthNutrition.html](http://www.extension.iastate.edu/pages/hancock/agriculture/corn/corndevelop/CornGrowthNutrition.html) (30/12/2003).
- Holshouser, D.L. & Whittaker, J.P. 2002. Plant population and row spacing effects on early soybean production systems in the mid-Atlantic USA. *Agronomy Journal*, 94: 603 - 611.
- Iowa State University. 2003. Disponible en: [www.extension.iastate.edu/pages/hancock/agriculture/corn/corn\\_develop/CornGrowthNutrition.html](http://www.extension.iastate.edu/pages/hancock/agriculture/corn/corn_develop/CornGrowthNutrition.html).
- Johnson, J., 1999. Bulletin Extension 760: Soil testing. The Ohio State University. Disponible en: [Http://ohioline](http://ohioline).

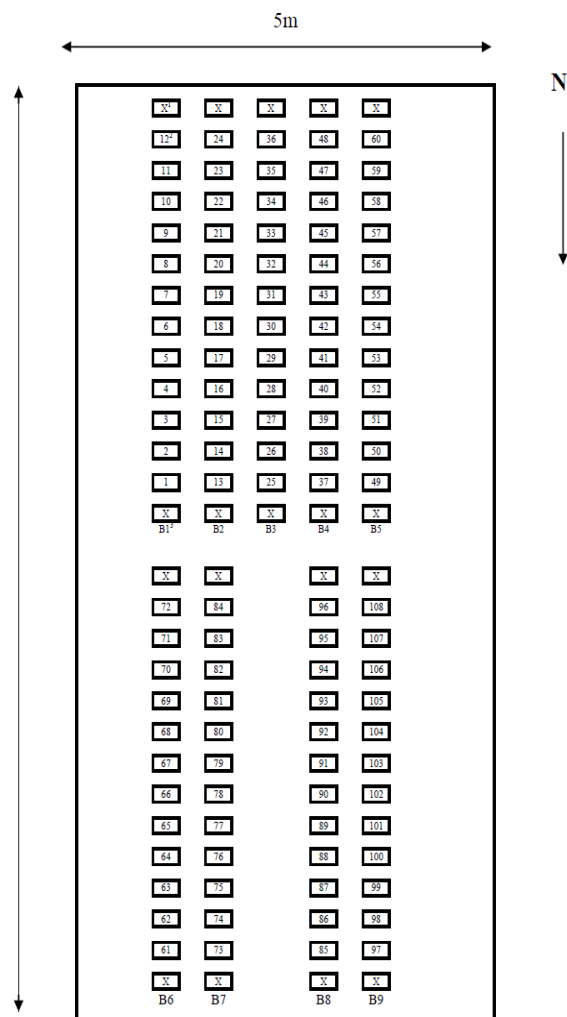
[osu.edu/b760/b760\\_7.html](http://osu.edu/b760/b760_7.html) (26/12/2003).

Jones, B.; Holshouser, D.; Alley, M.; Roygard, J.K.F. and Anderson-Cook, C. 2003. Double-crop soybean leaf area and yield responses to mid-atlantic soils and cropping systems. *Agronomy Journal*, 95: 436-445.

Tadesse, M., Lommen, W.J.M. & Struik, P.C. 2001. Effects of nitrogen pre-treatment of transplants from in vitro produced potato plantlets on transplant growth and yield in the field. *Netherlands Journal of Agricultural Science*, 49: 67-79.

**Apéndice II**

Lugar del experimento: Departamento de Agronomía, (WUR), invernadero # 2, Haarweg 333, Wageningen-Países Bajos



<sup>1</sup> X: maceta extra, <sup>2</sup> (n): número de maceta, <sup>3</sup> B(n): número de bloque

**Apéndice I**

Tratamientos aplicados

Cultivo	Maíz		Frijol		Girasol	
	Quartz:arena	Suelo para maceta	Quartz:arena	Suelo maceta	Quartz:arena	Suelo para maceta
Nivel fertilización	5 % 50 %	5 % 50 %	5 % 50 %	5 % 50 %	5 % 50 %	5 % 50 %