

遮光程度가 옥수수와 수수屬作物의 生育 및 乾物蓄積에 미치는 影響 I. 光合成量에 미치는 遮光의 影響

韓興傳 · 柳鍾遠

Effects of Shading on Growth and Dry Matter Accumulation of Corn and Sorghum Species

I. Effects of shading on photosynthetic rate

Heung Jeon Han and Jong Won Ryoo

Summary

To examine the effects of light intensity on photosynthesis, corn and sorghum species were grown under shade cloths, which reduced light intensity by 25, 50 and 75%. Photosynthetic rates were measured between 10 a.m. to noon on a clear day in early and mid - summer.

1. The degree of shading had a little effect on microenvironment. Air, soil and leaf temperatures were reduced as shade increased.
2. The degree of shading in early summer had relatively a little effect on photosynthesis of corn. However, the rates of photosynthesis in mid-summer decreased by 36%, 55% with relative light intensities of 50% and 25%, respectively.
3. The rate of photosynthesis was highly correlated with light intensity. The rates of photosynthesis with relative light intensities of 75, 50 and 25% were decreased by 20, 40 and 54% in early summer, and by 17-53%, 36-64% and 55-70% in mid-summer, respectively.
4. The 75% of light intensity had relatively little effect on dry matter yield of corn and sorghum species, however dry matter yield with 50 and 25% relative light intensities was decreased 17 and 36% in corn, 13-31 and 50-68% in sorghum species, respectively.

I. 緒 言

옥수수와 수수류는 高温多照條件에서 生育이 왕성한 C₃作物로서 늦봄에 播種하여 生長이 왕성한 夏節期부터 초가을까지 靑刈 및 silage用으로 利用되는 作物이다. 옥수수와 수수류는 光飽和點이 높고¹⁾ 高温多照條件에서 生育이 왕성하여 맑은 날씨가 계속되어야 生育과 收量이 增大되나 우리나라의 7~8月の 氣象環境은 氣溫은 높으나 비가 많이 오거나 흐린 날씨가 많아 日照不足으로 生育에 저해를 받는다. 옥수수^{2,3,4)} 수수×수단그라스交雜種에서⁵⁾ 遮光이 됨에 따라 同化量이 減少되고 氣孔閉鎖傾向은⁶⁾ C₃作物보다 높기 때문에 遮光에 의하여 收量減少가 크게 나타난다. 本 試驗은 遮光程度가 옥

수수와 수수류의 光合成量에 미치는 影響을 究明하기 위하여 수행되었다.

II. 材料 및 方法

本 試驗의 供試作物 및 品種으로 옥수수의 수원 19호 수수의 Pioneer 931 수수×수단그라스交雜種의 Pioneer 988 수단그라스의 piper을 擇하였다. 種子는 1985年 5月 2日에 2만분의 1 포트에 播種하고 6月 22日부터 全生育期間 동안 遮光處理를 하였다. 차광정도는 無遮光 25%遮光(75%光度) 50%遮光(50%光度) 75%遮光區(25%光度區)로 하였고 遮光程度가 각기 다른 合成樹脂劑 黑色遮光膜을 利用하여 人工적으로 光度를 調節하였다. 光合成은

쾌청한 날을 택하여 초여름인 6月 28日과 酷暑期인 8月 19日 10時와 12時 사이에, 가장 最近에 完全히 展開된 新葉의 中心部分에서 LI-COR Model 6000 휴대용 광합성 측정기를 利用하여 測定하였다. 測定方法은 葉을 1/4크기의 acrylic plastic chamber에 끼워 12cm³/sec 속도의 CO₂ gas를 유입시켜 단위시간당 CO₂의 濃도가 減少되는 程度를 infra-gas analyzer에 의해 측정하였다. LI-COR 6000 휴대용 광합성측정기는 습도와 온도를 測定하는 detector가 부착되어 있어서 光合成과 同時에 蒸散量과 氣孔抵抗을 測定할 수 있었다.

III. 結果 및 考察

1. 照度와 光度

照度計에 의해 초여름에 차광처리구별로 相對照度を 測定한 結果 自然光은 약 11만 5천 Lux를 나타내어 우리나라 여름의 최대일사량인 10만~12만 Lux에 도달되었다. 또한 75, 50, 25%光度區는 각각 8만 8천, 5만 5천, 2만 2천 Lux를 나타내어 自然光의 77, 50, 22%로서 본 시험에서 기대한 차광처리와 거의 일치하였다. 반면 光合成의 有效光波長인 400-700nm의 Quantum energy는 自然光에서 2050μE/s⁻¹m⁻², 75, 50, 25%光度區에서 각각 1450, 970, 581μE/s⁻¹m⁻²로 각각 自然光의 71, 47, 28%의 照度を 나타내어 빛의 밝기를 나타내는 照度和 實際 光合成에 利用되는 Quantum energy를 나타내는 光度 사이에는 다소의 차이가 있었다(Table 1).

2. 環境要因

遮光이 되면 일차적으로 빛이 차단됨에 따라 光

Table 1. Relative light intensity(RLI) and photosynthetically active radiation (PAR) in each treatment

Expected light intensity	R L I		P A R	
	% of full sunlight	K lux	(%)	μE/s ⁻¹ m ⁻² (%)
100	115	(100)	2056	(100)
75	88	(77)	1467	(71)
50	55	(50)	968	(47)
25	25	(22)	581	(28)

도가 낮아지고 微氣象에 影響을 미치게 된다. 自然光에서 25% 遮光이 됨에 따라 氣溫이 0.3~1.2℃ 낮아졌으며 地中溫度는 1.1~2.4℃ 낮아져서 25%光度區는 自然光에 비하여 약 4.7℃ 낮아졌다. 葉溫은 여름동안의 高溫多照條件에서 높아져 大氣溫度보다 약 3~4℃ 높았으며 차광이 25%씩 높아짐에 따라 0.7~1.9℃씩 낮아졌다. 光合成測定器內의 chamber 溫度和 엽주위의 상대습도는 차광에 따라 큰 影響을 받지 않았다(Table 2).

3. 光合成量

초여름인 6月 28日에 옥수수의 光合成은 自然光에 비하여 75%光度區에서는 光合成量의 減少가 없었으나 50%光度區에서 약간 감소되었고 25%光度區에서는 自然光에서 보다 약 16% 減少되었다(Fig.1). 옥수수의 光飽和點은 群落狀態에서는 4만~6만 Lux에서 도달되고 孤立狀態에서는 自然光(10만~12만 Lux)의 약 40~60%에서 도달한다고 하며 Verduin 등은¹¹⁾ 옥수수 單葉의 光飽和點은 2500ft-c 이라고

Table 2. Changes of environmental factors under different light intensities.

Light intensity	Air temp.		Soil temp.		Leaf temp.		Chamber temp.		Relative humidity		P A R	
	June 28	Aug. 19	June 28	Aug. 19	June 28	Aug. 19	June 28	Aug. 19	June 28	Aug. 19	June 28	Aug. 19
% of full sunlight	℃		℃		℃		℃		%		μE/s ⁻¹ m ⁻²	
100	28.9	—	27.9	—	33.2	37.8	30.9	34.6	52.0	48.1	1963	1952
75	28.6	—	25.5	—	31.8	36.0	31.3	34.7	48.8	47.2	1198	1620
50	27.4	—	24.4	—	31.0	34.1	31.3	34.0	47.2	35.6	961	943
25	26.5	—	23.2	—	29.4	33.4	31.2	34.0	44.3	36.3	601	447

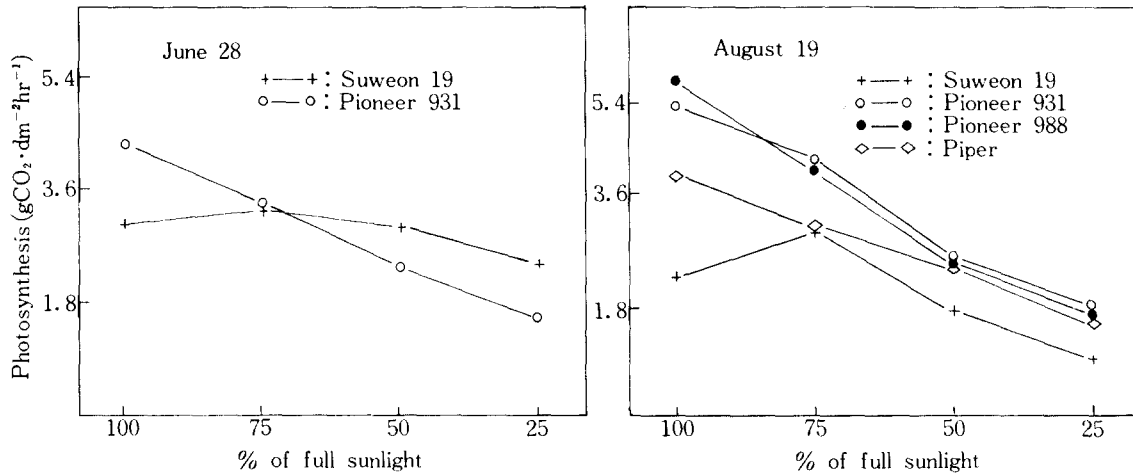


Fig. 1. Photosynthetic rate in leaf of corn and sorghums grown under different light intensities

하였고 Hesketh 등은⁶⁾ 10,000ft-c 까지 계속된다고 하였다. 75% 光度區는 옥수수의 單葉에서 광포화점에 도달하지 않아 光이 光合成의 制限要因으로 作用하지 않았던 것으로 보여진다. 반면 수수는 빛에 대한 反應이 뚜렷하여 自然光에 비하여 遮光度가 25%씩 증가함에 따라 光合成량은 약 20~25%의 減少를 나타내었다. 이러한 結果는 遮光에 의하여 光이 制限要因으로 作用하고 氣溫과 地溫의 低下가 同時에 影響을 미친 것으로 보여진다. 酷暑期인 8月 19日에 옥수수의 光合成량은 수수류보다 낮았고 自然光보다는 75% 光度區에서 높았으며 50, 25% 光度區에서는 自然光에 비하여 각각 36, 55%의 減少를 나타내어 Moss 등⁹⁾이 遮光에 의해 40~60%의 光合成량의 減少가 있었다는 結果와 유사하였다. 75% 遮光區의 光合成량이 自然光에서 보다 높은 것은 自然光에서는 酷暑期에 葉溫이 (Table 2) 지나치게 높아 호흡대사가 증가함에 따라 純光合成량이 낮아지고 朴等¹²⁾의 목초의 遮光試驗의 結果와 같이 25% 遮光은 大氣 및 地中溫度를 低下시키고 水分蒸發을 抑制시켜²⁾ 土壤水分을 알맞게 유지하여 作物生産에 有利한 微氣象狀態를 만들었기 때문인 것으로 생각된다.

이에 반하여 수수류는 75, 50, 25% 光度區에서 自然光에 비해 각각 17~53%, 36~64%, 55~76% 光合成량의 減少를 나타내어 수수류가 옥수수 보다 高溫多照條件에서 有利한 作物로 나타났다.

수수류 중에서는 수수와 수수×수단그라스交雜種이 수단그라스 보다도 光合成량이 많았다.

3. 蒸散量

Monteith 등⁷⁾ 의하면 蒸散량은 同化量과 比例한다고 하였는데 本試驗에서도 蒸散량과 光合成량은 빛에 대하여 비슷한 結果를 나타내었다. 日照는 葉溫을 上昇시키고 氣孔의 開閉에 影響을 주는 등 蒸散作用을 지배하는데 本 시험에서도 옥수수는 6月 28日 75% 光度區에서는 蒸産량의 減少가 없었으나 50% 以下의 光度區에서는 급격하게 減少되었다. 반면 수수류는 遮光이 심해짐에 따라 직접적으로 蒸散량의 減少를 나타내어 옥수수와 수수류간에 相異なる 反應을 보였다 (Fig. 2).

4. 氣孔抵抗

氣孔은 빛이 있는 狀態에서 열리고 빛이 없어지면 닫히기 때문에 光度는 氣孔開閉의 重要한 수단이다. 6月 28日에 옥수수의 경우에는 遮光處理가 氣孔抵抗에 큰 影響을 미치지 않았으나 수수류는 50% 以下의 光度에서 氣孔抵抗이 직접적으로 높아짐으로서 수수의 氣孔이 옥수수 보다 더욱 민감하게 反應하는 것으로 나타났다. 酷暑期인 8月 19日에는 옥수수의 경우 75, 50% 光度區의 氣孔抵抗이 自然光보다 낮았으며 수수류의 경우 75% 光度區에서는 氣孔抵抗이 크지 않았으나 50% 光度區에서는 氣孔抵抗이 커졌고 25% 光度區에서는 옥수수와 수수류 공히 氣孔이 거의 閉쇄된 狀態에 도달되었다 (Fig. 3).

5. 乾物收量

Fisher 등⁴⁾의 報告에 의하면 種實 수수의 種實收량의 93%는 이삭과 上部 4個葉의 同化作用에서 오

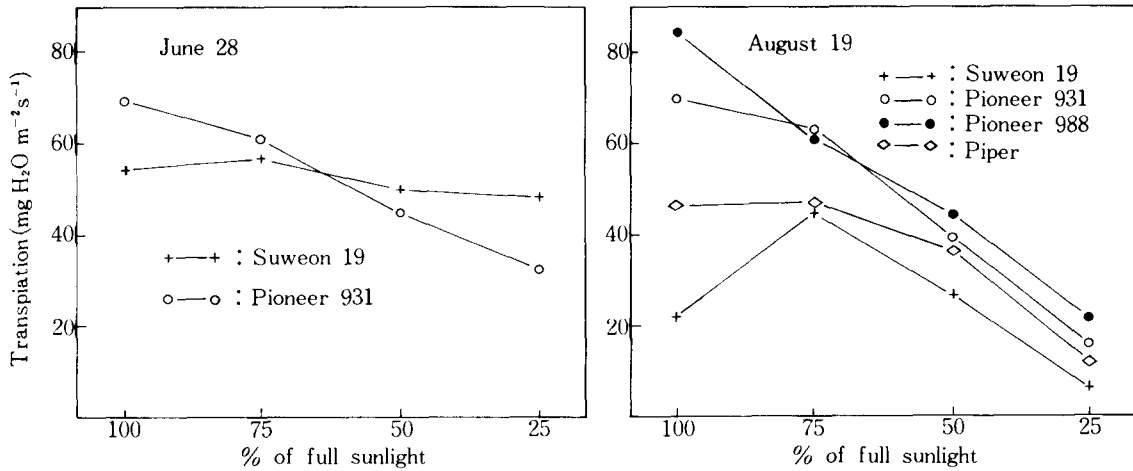


Fig. 2. Transpiration rate in leaf of corn and sorghums grown under different light intensities

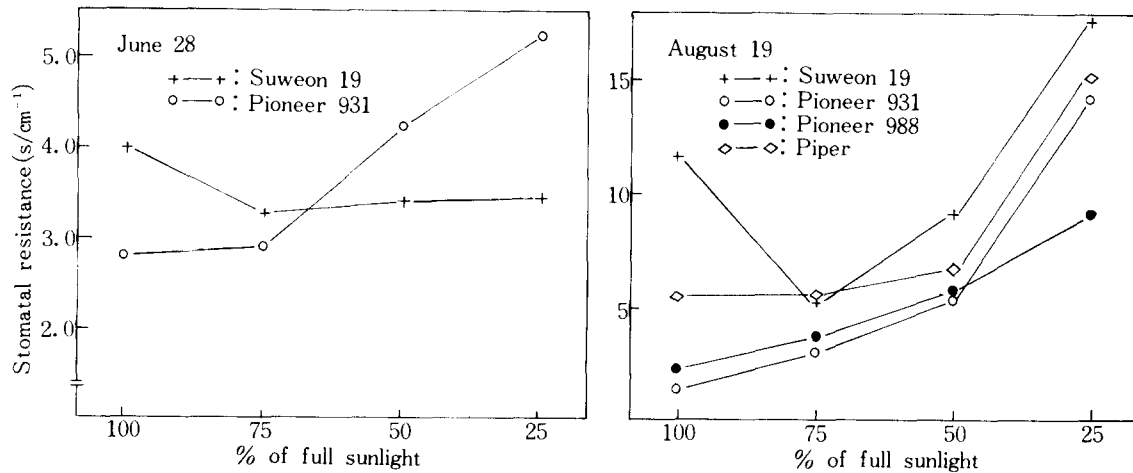


Fig. 3. Stomatal resistance in leaf of corn and sorghums grown under different light intensities

Table 3. Dry matter yield of corn and sorghum species grown under different light intensities (g/plant).

Light intensity	Corn		Sorghum-sorghum hybrid		Sorghum-sudan hybrid		Sudangrass	
% of full sunlight								
100	59.8	(100)	59.4	(100)	59.4	(100)	54.0	(100)
75	63.3	(106)	58.9	(99)	58.0	(98)	49.6	(92)
50	49.9	(83)	43.6	(73)	53.0	(89)	37.2	(69)
25	64.0	(64)	29.4	(50)	27.4	(46)	17.3	(32)

는데 이들이 遮光될때 甚한 減收가 초래되었다고 하며 옥수수의 경우에는⁸⁾ 45% 光度下에서 絹絲推出이 안됨으로서 種實收量이 크게 減少한다고 하였다. 本 試驗에서 75% 光度區에서 수수와 수수×수단그

라스交雜種의 乾物收量은 自然光의 收量과 비슷하였으나 옥수수의 경우 自然光에 비하여 약 6% 높았고 수단그라스의 경우 약 8% 낮아졌다. 반면 50, 25% 光度區는 옥수수에서 각각 17, 36% 수수류에

서 11~31%, 50~68%의 乾物收量의 減少를 나타내었다(Table 3). 이러한 結果로 보아 25% 차광은 옥수수와 수수류의 生育과 收量에 큰 影響을 미치지 않았으나 50%以上の 차광은 收量減少의 主要한 原因이 됨으로 여러기간 동안의 강우와 흐린 날씨는 收量減少를 초래할 것으로 보여진다.

IV. 摘 要

遮光程度가 옥수수와 수수류의 光合成量에 미치는 影響을 究明하기 위하여 차광막을 利用하여 遮光度를 25, 50, 75%로 인위적으로 調節하여 옥수수의 수원 19호, 수수의 Pioneer 931, 수수×수단그라스交雜種의 Pioneer 988, 수단그라스의 Piper를 公試하여 초여름인 6月 28日과 酷暑期인 8月 19日에 光合成을 測定하였다.

1. 遮光에 의하여 群落의 微氣象이 變化되어 遮光이 25%씩 증가함에 따라 氣溫, 地中溫度 및 葉溫은 비례적으로 低下되었다.

2. 초여름에 차광은 옥수수의 光合成量에 影響을 미치지 않았으나 酷暑期에는 50, 25% 光度區는 自然光에서 보다 각각 36, 55%減少되었다.

3. 수수류는 빛에 대하여 민감하게 反應하여 光度와 光合成量 사이에는 고도의 正의 相關을 나타내어 75, 50, 25% 光度區의 光合成量은 自然光에 비하여 각각 초여름에는 20, 40, 54%, 酷暑期에는 17~53, 36~64, 55~76% 減少되었다.

4. 75% 光度區의 乾物收量은 自然光區와 大差없으나 50, 25%의 낮은 光度에서는 自然光에 비하여 각각 옥수수의 경우 17, 36%, 수수류의 경우 13~31, 50~68% 減收되었다.

V. 引用文獻

1. Akita, S. and D.N. Moss 1972. Differential stomatal response between C₃ and C₄ species to atmospheric CO₂ concentration and light. *Crop. Sci.* 12(6):789-793.
2. Earley, E.B., R.J. Miller, G.L. Reichert, R.H. Hageman, and R.D. Seif. 1966. Effects of shade on maize production under field conditions.

- Crop. Sci.* 6(1):1-7.
3. Earley, E.B., W.O. McIlrath, R.D. Seif, and R.H. Hageman 1967. Effects of shade applied at different stages of plant development on corn (*Zea mays* L.) production. *Crop. Sci.* 7(1):151-156.
4. Fischer, K.S. and G.L. Wilson. 1971. Studies of grain production in *Sorghum vulgare*. II. Sites responsible for grain dry matter production during the post anthesis period. *Aust. J. Agric. Res.* 22:39-47.
5. George, J.R., C.L. Rhykerd, and C.H. Noller. 1971. Effect of light intensity, temperature, nitrogen, and stage of growth on nitrate accumulation and dry matter production of a sorghum-sudangrass hybrid. *Agron. J.* 63(3):413-415.
6. Hesketh, J.D. and R.B. Musgrave, 1962. Photosynthesis under field conditions. IV. Light studies with individual corn leaves. *Crop. Sci.* 2:311-315.
7. McGinnies, W.J. 1966. Effects of shade on the survival of crested wheatgrass seedlings. *Crop. Sci.* 6:482-484.
8. Monteith, A. 1966. The photosynthesis and transpiration of Crop. *Exp. Agric.* 2:1-4.
9. Moss, D.N. and H.T. Stinson. 1961. Differential response of corn hybrids to shade. *Crop. Sci.* 1(6):416-418.
10. Moss, D.N. 1962. Photosynthesis and barrenness. *Crop. Sci.* 2:366-367.
11. Stritzke, J.F., L.I. Croy and W.B. McMurphy. 1976. Effect of shade and fertility on NO₃-N accumulation, carbohydrate content, and dry matter production of tall fescue. *Agron. J.* 68:387-389.
12. Verduin, J.A. and W.E. Loomis. 1944. Absorption of carbon dioxide by maize. *Plant Physiol.* 19:278-293.
13. 朴文洙, 徐成, 韓永春, 柳鍾遠, 李鍾烈. 1987. 林間草地開發에 關한 研究. VII. 遮光程度가 主要牧草의 個體群生長量, 純同化率 및 光合成能力에 미치는 影響. *韓草誌.* 7(3): 122 - 127.