

稗草阴蔽对大豆根瘤固氮速率的影响

由振国

(北京农业大学农学系, 北京 100094)

摘 要

在自控人工气候室内系统研究了稗草阴蔽对大豆根瘤固氮速率的影响。结果表明,在每盆 6、12 和 24 株稗草的阴蔽作用下,播后 44—101 天期间大豆单株根瘤的平均固氮速率分别比无阴蔽对照下降了 31.5、39.5 和 44.5%。稗草阴蔽引起大豆根瘤固氮速率下降的原因与其通过降低大豆植株的受光量及其叶片的 CO_2 传导速率从而降低其叶片的净光合速率有关。播后 43—75 天期间在每盆 6、12 和 24 株稗草的阴蔽作用下,由于大豆植株的受光量分别比无阴蔽对照平均减少了 32.1、39.1 和 43.4%,叶片的 CO_2 传导速率分别比无阴蔽对照平均下降了 14.0、16.7 和 19.3%,导致大豆叶片的净光合速率分别比无阴蔽对照降低了 25.4、32.7 和 37.3%。

关键词 稗草; 阴蔽; 大豆根瘤固氮; 光合作用; CO_2 传导速率

Rice 和 Murthy 等在研究荒地植物群落的演替机制中首次发现,美洲豚草 (*Ambrosia elatior*)、三芒草 (*Aristida oligantha*) 及雀麦 (*Bromus japonicus*) 等野草能明显干扰荒地中白车轴草 (*Plantago purshii*)、野芸豆 (*Phaseolus vulgaris*) 及胡枝子 (*Lespedeza stipulacea*) 等豆科植物的根瘤形成,之后 Weston 和 Putnam 又报道葡萄冰草 (*Agropyron repens*) 对栽培大豆的根瘤形成与固氮也有明显的抑制作用^[3,7]。在大豆田间草害调查和小区试验的过程中,我们偶然发现,稗草 (*Echinochloa crusgalli*) 在较低的密度水平下对大豆有轻微的增产作用,而在较高的密度下有严重的减产作用^[8]。后经深入研究我们又发现,稗草对大豆根瘤固氮速率也有类似的双向影响。当稗草与大豆的高重积比低于 0.71 时,稗草促进大豆根瘤固氮,高于 0.71 时则抑制之^[1],从而揭开了稗草对大豆产量具有双向影响的奥秘。之后,我们又证明稗草对大豆根瘤固氮的干扰影响是通过竞争水分、养分、光及化感作用 (allelopathy),进而干扰大豆植株根瘤的形成和固氮酶活性四个途径而实现的。现将稗草阴蔽对大豆单株根瘤固氮速率的影响报道如下。

材 料 和 方 法

试验年份和地点 试验于 1987—1988 年在西德霍恩海姆大学植物生态与生产研究所的自控人工气候室内进行。

供试材料 稗草 (*Echinochloa crusgalli*) 和大豆 (*Glycine max*) 生育期 119 天; 土壤为壤土,田间最大持水量 24.2%,矿化氮 107.8ppm, P_2O_5 94.0ppm, K_2O 188.0ppm, pH 值 7.0。花盆是由两个直径分别为 12 和 24cm、高度皆为 41cm 的聚乙烯硬塑管组成。大小管子的一端用相同材料的硬塑板封死成桶形,然后将小桶置于大桶中央,并在每个小桶内装土 5.6kg,大桶内装土 22.4kg。

试验的实施 分别于套在大桶里的小桶内播种 10 粒已萌发的大豆种子,大桶和小桶之间的土内均匀播种 50 粒刚萌发的稗草种子。出苗后进行间苗,使每盆的小桶内保持 3 株大豆,小桶和大桶之间分别保持 0、6、12 和 24 株稗草,以消除稗草对大豆阴蔽以外的其它干扰作用。然后灌水并进行根瘤菌接种。之后借助于水分控制装置保持各盆土壤湿度在 $80 \pm 5\%$ 的范围内。

光照强度、根瘤固氮速率、净光合速率及叶片气孔的 CO_2 传导速率的测定 分别于播后 43、62、和 75 天用照度计测定各处理大豆株冠上部 1cm 处的光强及自然光强;再用德国产的 Minicuvette System 分别测定各处理大豆植株从下往上的 2—4 复叶所有小叶的平均净光合速率及 CO_2 传导速率。测定条件:叶室温度 25°C ,相对湿度 68%,气流 1000 ml/min , CO_2 浓度 340 ppm,照明强度模拟各稗草阴蔽水平下大豆株冠上的光强水平。播后 44、63、76 和 101 天采用改进原位乙炔还原法^[5],借助于 HP 高效气相色谱仪测定各盆稗草阴蔽水平下的大豆植株的根瘤固氮速率。

结 果 与 讨 论

由图 1 可见,稗草生长对大豆有极明显的阴蔽作用。播后 43 天在每盆 6、12 和 24 株稗草的密度下,稗草的群体高度分别达 61、59 和 58cm,而大豆的群体高度明显低于稗草的群体高度,分别为 33、31 和 30cm,致使大豆植株的受光量从无稗草阴蔽对照下的 30.2 klux 分别减少到 21.5、19.8 和 18.8 klux ;播后 62 天在每盆 6、12 和 24 株稗草的密度下,稗草的群体高度分别发展到了 79、76 和 74cm,而大豆的群体高度分别只增高的 46、43 和 41cm,致使稗草对大豆的阴蔽作用加强,大豆植株的受光量从无阴蔽对照下的 28.8 klux 分别下降到 19.3、17.1 和 15.9 klux ;播后 75 天稗草的群体高度分别进一步增高到 96、85 和 82cm,而大豆的群体高度则分别只增长到 53、51 和 49cm,致使大豆植株受光量从无稗草阴蔽对照下的 32.0 klux 分别降到 21.0、18.4 和 16.8 klux 。结果每盆生长 6、12 和 24 株稗草使大豆植株的受光量比无草对照分别平均减少了 32.1、39.1 和 43.4%。

由图 2 可见,播后 44 天大豆单株根瘤的固氮速率对稗草的阴蔽作用尚无明显反应,但从播后 63 天起,随着稗草阴蔽作用的加强,大豆单株根瘤的固氮速率不断下降。在每盆 6、12 和 24 株稗草的阴蔽作用下,播后 63 天大豆单株根瘤的固氮速率分别比对照降低了 26.0、34.5 和 43.0%;播后 76 天分别下降了 36.6、45.5 和 51.8%;播后 101 天分别减低了 38.3、47.4 和 53.4%。对大豆叶片的 CO_2 传导速率及净光合速率的测定结果表明,大豆叶片的 CO_2 传导速率及净光合速率与其受光量呈高度的正相关关系,与稗草对之的阴蔽率呈极显著的负相关关系(图 3 和图 4)。播后 43 天,由于在每盆 6、12 和 24 株稗草的阴蔽作用下大豆株丛的受光量从自然光强下的 30.2 klux 分别减少到 21.5、19.8 和 18.8 klux ,大豆叶片的 CO_2 传导速率从无阴蔽对照下的 0.38 cm/sec 分别下降到 0.33、0.32 和 0.31 cm/sec ,净光合速率从无草对照下的 $26.7 \text{ mg/dm}^2/\text{h}$ 分别降至 20.7、19.3 和 $18.4 \text{ mg/dm}^2/\text{h}$;播后 62 和 75 天,稗草的阴蔽作用对大豆叶片的 CO_2 传导速率及净光合速率也有类似的干扰效果。鉴于叶片净光合速率决定植株的同化物产量,而来自植株地上部分的同化物是大豆根瘤形成的原料,也是其固氮的能量给源。大豆叶片净光合速率的下降,一方面会因其单株根瘤形成数量的减少而引起其单株根瘤固氮速率的降低^[1,5],另一方面则会因其

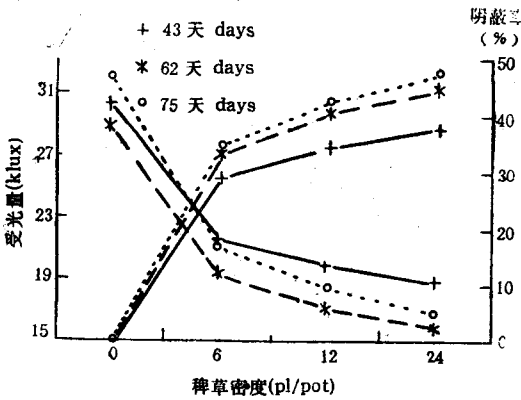


图1 不同生长期大豆植株的受光量及阴蔽率与稗草密度株/盆的关系

Fig. 1 Light intensity (klux) and shading levels (%) over soybean plants in relation to barnyardgrass density (pl/pot) during different growth season

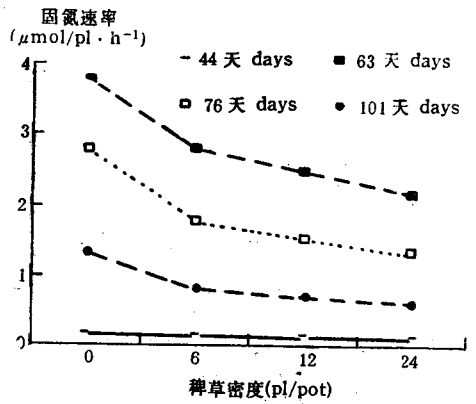


图2 不同生长期大豆单株根瘤固氮速率与稗草密度株/盆的关系

Fig. 2 N₂-fixing rate per soybean plant (umol/pl·h⁻¹) in relation to barnyardgrass density (pl/pot) during different growth season

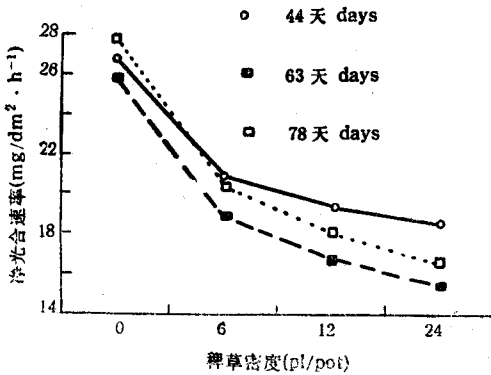


图3 不同生长期大豆叶片的净光合速率与稗草密度株/盆的关系

Fig. 3 Soybean net photosynthetic rate (mg/dm²·h⁻¹) in relation to barnyardgrass density (pl/pot) during different growth season

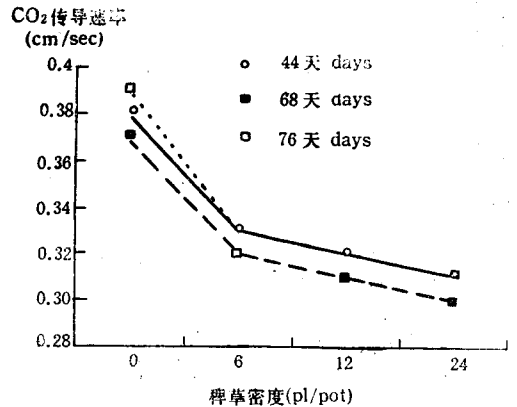


图4 不同生长期大豆叶片的 CO₂ 传导速率与稗草密度株/盆的关系

Fig. 4 Leaf CO₂ conductance (cm/sec) of soybeans in relation to barnyardgrass density (pl/pot) during different growth season

同化物供应水平的降低,引起其根瘤内氧化磷酸化反应速率减慢→ATP 产量减少→固氮能源不足→固氮酶的固氮活性降低,而招致其单株根瘤固氮速率的下降^[2]。叶片 CO₂ 的传导速率是影响植株光合作用中 CO₂ 固定速率的重要因子之一,是叶片 CO₂ 传导阻力的倒数。因此,叶片 CO₂ 传导速率的下降会因 CO₂ 进入叶片的难度的增大和数量上的减少,而引起其净光合速率降低^[4]。这证明稗草阴蔽作用对大豆单株根瘤固氮速率的干扰首先是通过其阴蔽作用干扰大豆植株的受光量及其叶片的 CO₂ 传导速率,并影响其叶片的 CO₂ 固定,进而干扰其根瘤形成和固氮酶固氮活性而实现的。

根据植物竞争法则：竞争只发生在生长因素受限的条件下。竞争的后果是参与竞争的一方或双方的生育受到不同程度的抑制。本研究在稗草的阴蔽作用下大豆植株的受光强度远低于其光饱和点及其叶片的净光合速率急剧下降的事实，暗示生长季节中后期在日照不足的情况下，稗草⇌大豆植株间存在着较为激烈的光竞争。由于稗草的群体高度明显高于大豆的群体高度，使得稗草成为较强的竞争者。可见，稗草阴蔽作用的实质是光竞争，其引起大豆单株根瘤固氮速率下降的原因是光竞争所致。Rice (1964, 1968, 1971) 和 Murthy (1974) 及 Weston 和 Putnam (1985) 分别证明美州豚草、雀麦、三芒草等野草对白车轴草、胡枝子、野芸豆等豆科植物及葡萄冰草对栽培大豆的根瘤形成和固氮的干扰影响是通过其化感作用而实现的^[3,7]。我们从稗草对大豆根瘤形成和固氮的干扰机制的系统研究结果也可表明，通过化感作用影响大豆的根瘤形成与固氮酶活性，也是稗草影响大豆单株根瘤固氮速率的主要途径之一。水培条件下，稗草根分泌物及根、茎降解产物对大豆单株根固氮速率，具有明显的低浓度促进而高浓度抑制的干扰效果。此外，我们还发现，株草还能通过水分和养分的竞争来干扰大豆根瘤的固氮速率^[5]。对此我们将在以后予以报道。

参 考 文 献

- [1] 由振国, 1990: 稗草对大豆根瘤形成和固氮效率的影响, 杂草学报, (1)12--16.
- [2] Huang, C. Y., Boger, J. S. and Vanderhoef, L. N., 1975: Limitation of acetylene reduction (nitrogen fixation) by photosynthesis in soybean having low water potentials, *Plant Physiol*, 56: 228--232.
- [3] Rice, E. L, 1984: Allelopathy, Second edition, Academic press, Inc., 241--625.
- [4] Sestak, Z., Catsky, J. and Jarvis, P, G., 1971: Photosynthetic production-Manual of methods, Dr. W. Junk N. V. Publishers.
- [5] You, Z. G., 1990: Einfluss der Verunkrautung mit Hühnerhirse auf die Knochelchenbildung und Nitrogenaseaktivitaet von Sojabohnen unter besonderer Beruecksichtigung des Stickstoff-und Wasserangebotes, Dissertation Universitaet Hohenheim.
- [6] You, Z. G. and Li, S. R., 1990: Modelle zur Beziehung zwischen der populationswachstum von Hühnerhirse und den Kornertragsverlusten von Sojabohnen, *Z. Pflkrankh. PflSchutz, Sonderh.*, XI, 279--284.
- [7] Weston, L. A. and Putnam, A. R., 1985: Inhibition of growth, nodulation and nitrogen fixation of legumes by quackgrass, *Crop Sci.*, 25: 561--565.

EFFECT OF BARNYARDGRASS (*ECHINOCHLOA CRUSGALLI*) SHADING ON NITROGEN FIXATION OF SOYBEANS

You Zhen-guo

(Department of Agronomy, Beijing Agricultural University, Beijing 100094)

Abstract

Experiments were conducted in a automatically controled climat chamber to study the effect of barnyardgrass shading on soybean nitrogen fixation. Root interference between barnyardgrass and soybean was eliminated by seeding the crop in small pots which were put in big pots and the weed between the small and big pots. The results showed that barnyardgrass at density of 6, 12, and 24 plants/pot significantly reduced the light intensity over soybean plants averagely by 32.1, 39.1 and 43.4% leaf CO₂ conductance by 14.0, 16.7 and 19.3%, leaf net photosynthetic rate by 25.4, 32.7 and 37.3% during the growth season between 43 and 75 days after planting, and resulted in a marked decrease in N₂-fixing rate per soybean plant by 31.5, 39.5 and 44.5%, respectively.

Key words *Echinochloa crusgalli*, Shading, Soybean nitrogen fixation, Photosynthesis, Leaf CO₂ conductance