

土壤紧实度对平邑甜茶幼苗生长及 叶绿素荧光参数的影响

吴亚维¹, 邹养军¹, 马锋旺¹, 李明军¹, 高锡明¹, 韩明玉¹, 束怀瑞^{2,1}

(1 西北农林科技大学 园艺学院, 陕西 杨凌 712100; 2 山东农业大学 园艺科学与工程学院, 山东 泰安 271000)

【摘要】【目的】探讨土壤紧实度对平邑甜茶(*Malus hupehensis* Rehd)生长及叶绿素荧光参数的影响。【方法】采用盆栽试验,研究不同土壤容重(1.25, 1.40, 1.55 g/cm³)对平邑甜茶幼苗生长、生物产量以及叶绿素荧光参数的影响。【结果】平邑甜茶植株生长指标及生物产量在不同土壤容重下的大小顺序均为: 1.40 g/cm³处理 > 1.25 g/cm³处理 > 1.55 g/cm³处理; 土壤容重 1.55 g/cm³处理的植株根冠比显著提高; 1.55 g/cm³处理的植株叶片 PS II 潜在活性、PS II 反应中心内部光能转换效率、过剩光能热耗散以及电子传递速率均显著下降, 而过剩光能极显著增加。【结论】在容重为 1.25 和 1.55 g/cm³ 土壤中, 植株生长和生物量均受到显著抑制, 且 1.55 g/cm³ 容重土壤中植株叶片内部光能机构功能显著下降, 1.40 g/cm³ 容重土壤较适宜于植株生长。

【关键词】 土壤紧实度; 平邑甜茶; 幼苗生长; 叶绿素; 荧光参数

【中图分类号】 Q945.78; S661.1

【文献标识码】 A

【文章编号】 1671-9387(2008)08-0177-06

Effects of soil compaction on the chlorophyll fluorescence parameters and growth of *Malus hupehensis* seedling

WU Ya-wei¹, ZOU Yang-jun¹, MA Feng-wang¹, LI Ming-jun¹,
GAO Xi-ming¹, HAN Ming-yu¹, SHU Huai-ru^{2,1}

(1 College of Horticulture, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China;

2 College of Horticulture Science and Engineering, Shandong Agricultural University, Taian, Shandong 271000, China)

Abstract: 【Objective】 The study was to investigate the effect of three different soil bulk densities (SBD) on the growth and chlorophyll fluorescence parameters of *Malus hupehensis* Rehd. 【Method】 A pot culture experiment was conducted to investigate the effects of soil compaction with different SBD (1.25 g/cm³, 1.40 g/cm³ and 1.55 g/cm³) on plant growth, biological yield and chlorophyll fluorescence parameters of *Malus hupehensis* Rehd. 【Result】 The values of growth index and biological yield under different SBD were 1.40 g/cm³ > 1.25 g/cm³ > 1.55 g/cm³. The ratio of root/top of plant increased remarkably in soil with 1.55 g/cm³ SBD. Leaves of plants growing in soil with 1.55 g/cm³ SBD had low PS II potential activation, light energy transforming efficiency of PS II, the ability dissipate excess light energy and electron transport rate while whose excessive excited energy increased significantly. 【Conclusion】 Growth and biological yield were all resisted significantly in plants growing in soil with 1.25 g/cm³ and 1.55 g/cm³ SBD, and leaf internal energy agencies function of plants growing in 1.55 g/cm³ SBD decreased signifi-

* [收稿日期] 2007-09-05

[基金项目] 农业部“948”引进项目(2006-G28); 西北农林科技大学拔尖人才支持计划项目

[作者简介] 吴亚维(1974-), 男, 山东临邑人, 在读硕士, 主要从事果树生理生态研究。

[通讯作者] 马锋旺(1964-), 男, 山东汶上人, 教授, 博士, 博士生导师, 主要从事果树抗性生理与生物技术改良研究。
E-mail: fwm64@sina.com

cantly, 1.40 g/cm³ SBD was favorable for plants to grow.

Key words: soil compaction; *Malus hupehensis* Rehd; seeding growth; chlorophyll; fluorescence parameters

土壤紧实是农业生产中普遍存在的逆境胁迫因子之一。土壤紧实度(Soil compaction)是土壤对机械应力的一种反映,可通过土壤容重、孔隙度和机械阻力等指标进行评价,其中土壤容重是反映土壤紧实度最直接的指标^[1]。土壤容重的变化通过改变植物赖以生存的土壤水、肥、气、热等条件而对植物的生长发育产生影响,并通过根系产生的信息物质使植株的生理生化过程发生变化^[2]。果树为多年生深根性植物,根系在土壤中分布深、广。受果园空间以及果树根系在土壤中分布特点等因素的影响,园内土壤很少进行深翻,加之人工和机械在果园内活动频繁,因而果树极易受到土壤紧实胁迫。目前关于土壤紧实度的研究,多集中在根系相对较浅、生长周期短的作物上,如玉米^[3]、棉花^[4]、小麦^[5]、蚕豆^[6]和黄瓜^[7],而对果树的研究报道甚少。平邑甜茶是苹果生产中应用比较广泛的砧木,具有高度无融合生殖能力,实生苗个体一致性非常好。本试验探讨了不同土壤容重对平邑甜茶生长、生物量以及叶片荧光参数的影响,以期对苹果生产中减少土壤紧实度对果树的负面影响提供理论参考。

1 材料与方法

1.1 试验设计

试验于 2006-03~10 在西北农林科技大学园艺试验场进行。试验场 2~3 年生果树苗圃(苗木生长期土壤未受机械活动影响)0~5 cm 土层土壤容重约为 1.20 g/cm³, 35~40 cm 土层(果树根系分布密集区)土壤容重约为 1.40 g/cm³。2006-03 月上旬,将经层积露白的平邑甜茶种子播于基质为沙子的营养钵中,5 月上旬选择大小和长势基本一致的平邑甜茶(*Malus hupehensis* Rehd)幼苗 120 株进行移栽。取田间耕层土壤(±娄土),风干过 2.5 mm 筛后,每千克土混入 0.5 g 尿素和 0.67 g 过磷酸钙(含 P₂O₅ 16%),再按土壤容重为 1.25, 1.40 和 1.55 g/cm³(分别为处理 I, II, III)的要求及装土体积、土壤含水量,计算出每个处理所需土壤质量依次为 2.96, 3.32 和 3.67 kg。分别称取相应质量的土壤装入陶瓷盆(盆口内径 16 cm,盆高 18 cm),盆土表面距盆沿 4 cm(必要时用木夯砸实),每盆栽 1 株平邑甜茶幼苗(6 片真叶),每处理至少 30 盆。

1.2 测定项目与方法

1.2.1 生长指标的测定 于 2006-07-15、08-15 和 09-15 分别测量试验植株的地上部高度、茎干粗度、叶片数量和单叶最大叶面积。单叶最大叶面积采用剪纸称重法^[8]测定(每个处理选 30 片叶,每 10 片叶为 1 个重复);植株高度为盆土表面到最顶部展开叶叶尖的距离。07-15 每株于盆土表面以上茎干 6 cm 处用油漆标记,并用游标卡尺测量粗度,后 2 次均测量标记处茎干粗度。

1.2.2 叶片叶绿素荧光参数的测算 2006-09-07 用 PAM210 叶绿素荧光仪测算各处理同一方位活体成熟叶片(叶龄在 30~35 d)的荧光参数 F_0 、 F_m 、 F_v/F_0 、 F_v/F_m 、 Φ_{PSII} 、 qP 、 NPQ 、 $(1-qP)/NPQ$ 和 ETR 。 F_0 表示初始荧光,是光系统 II (PS II) 反应中心处于完全开放时的荧光产量^[9]; F_m 表示充分暗适应的光合机构最大荧光产量,是 PS II 反应中心处于完全关闭时的荧光产量,可反映通过 PS II 的电子传递情况^[9]; F_v/F_0 表示 PS II 潜在活性,其中 F_v 表示可变荧光,可反映 Q_A (PS II 受体侧原初电子受体)的还原情况,其计算公式为 $F_v = F_m - F_0$; F_v/F_m 代表光合机构将吸收的光能用于光化学反应的最大效率^[10]; Φ_{PSII} 表示 PS II 实际光化学效率,常用来反映电子在 PS II 与 PSI 的传递情况, Φ_{PSII} 降低表明吸收的光能向光化学反应途径的分配减少^[9]; qP 表示光化学猝灭系数,是 PS II 天线色素吸收的光能用于电子传递的份额,计算公式为 $qP = (F_m' - F_s)/(F_m' - F_0)$ 。式中: F_s 表示稳态荧光产量, F_m' 为光化学作用下的最大荧光强度。 qP 值越高表示处于高氧化态的 Q_A 越多,即 PS II 反应中心光能转化效率越高^[10], qP 值越低, PS II 反应中心开放部分的比例就越低,天线色素所捕获的光能不能有效地用于推动光合电子传递^[11]; NPQ 表示荧光非光化学猝灭系数,反映 PS II 天线色素吸收的光能中以热形式耗散的那部分(热耗散是一种自我保护机制,对光合机构起一定的保护作用^[12]),其计算公式为 $NPQ = (F_m - F_m')/F_m'$; $(1-qP)/NPQ$ 常用来衡量叶片中过剩光能的量; ETR 可以反映光合电子链的电子传递速度,计算公式为 $ETR = qP \times F_v \times \Phi_{PSII}$ ^[10]。

1.2.3 生物产量的测定 2006-09-18 烘干称重测

定各处理植株的干生物量。

1.3 数据处理

用 DPS3.01 对数据进行方差分析,并用 Duncar 新复极差法进行显著性分析。

2 结果与分析

2.1 土壤紧实度对平邑甜茶地上部生长的影响

表 1 表明,处理 II 地上部生长指标(株高、茎粗、叶片数量、单叶最大叶面积)均优于其他 2 个处理。07-15,处理 II 的茎粗和最大单叶面积显著高于处理 I 和 III; I 和 II 处理的株高和叶片数量无显著差异;处理 III 4 项指标均显著或极显著低于处理 I 和 II,其株高、茎粗、叶片数量、叶面积分别较处理 I 低

20.97%,9.94%,10.74%和 35.14%,较处理 II 低 27.10%,20.62%,15.14%和 45.39%。08-15,各处理间差异有所减小,处理 I 和 II 的株高极显著高于处理 III,但最大单叶叶面积处理 I 与处理 II 和 III 没有显著差异。09-15,处理 II 的 4 项指标均与处理 III 存在显著或极显著差异,但处理 II 与 I 的 4 项指标均无显著差异;处理 III 的株高、茎粗、叶片数量和单叶最大面积比处理 I 依次低 11.32%,8.87%,8.14%和 7.01%,比处理 II 低 17.50%,13.18%,10.18%和 17.28%。由此可以看出,随着平邑甜茶苗的生长,各处理植株地上部生长指标的差异明显减小。

表 1 土壤紧实度对平邑甜茶地上部生长的影响

Table 1 Effects of soil compaction on plant growth

调查日期 Date	处理 Treatment	株高/cm Plant height	茎粗/mm Stem thickness	叶片数量 Number of leaves	最大单叶叶面积/cm ² The largest leaf area
07-15	I	37.96±6.37 aA	3.12±0.10 bB	23.55±2.71 aA	19.35±2.37 bB
	II	41.15±8.43 aA	3.54±0.59 aA	24.77±3.09 aA	22.98±2.58 aA
	III	30.00±10.32 bB	2.81±0.65 cB	21.02±4.81 bB	12.55±1.03 cC
08-15	I	54.74±8.96 aA	4.24±0.64 bAB	27.45±3.65 aAB	25.25±4.34 abAB
	II	58.46±8.11 aA	4.59±0.71 aA	28.82±3.014 aA	28.21±6.69 aA
	III	47.00±11.48 bB	3.89±0.87 cB	25.84±4.40 bB	21.25±4.47 bB
09-15	I	60.67±5.54 aAB	5.42±0.43 abAB	30.70±2.41 abA	25.54±3.79 abAB
	II	65.21±7.06 aA	5.69±0.58 aA	31.50±3.69 aA	28.71±4.55 aA
	III	53.80±8.16 bB	4.94±0.62 bB	28.20±3.74 bA	23.75±3.06 bB

注:同列数据后标不同小写字母表示差异显著($P<0.05$),标不同大写字母表示差异极显著($P<0.01$)。下表同。

Note: Numbers followed by the small letter within column are significantly different ($P<0.05$), numbers followed by the capital letter column are extreme significantly different ($P<0.01$). The same as below.

2.2 土壤紧实度对平邑甜茶生物产量的影响

由表 2 可以看出,平邑甜茶根系干重、地上总干重以及植株总干重均表现为处理 II > 处理 I > 处理 III,三者之间的差异达到极显著水平;处理 II 的植株根系干重、地上总干重和植株总干重较处理 I 分别增加 6.42%,6.55%和 6.53%,较处理 III 分别增加 22.08%,34.12%和 27.79%。表明土壤适度紧实的处理 II 有利于植株干物质的积累,而过于紧实的处

理 III 不利于植株干物质积累。根冠比(R/T)在处理 I 和 II 间无显著差异,处理 III 的最大,并且与处理 I 和 II 差异达极显著水平。处理 III 的根系干重较处理 I 和 II 分别低 12.83%和 18.09%,而地上总干重分别低 20.56%和 25.44%,这说明处理 III 对平邑甜茶幼苗地上部的影响比对根系的影响大,从而使 R/T 值增大。

表 2 土壤紧实度对平邑甜茶生物量的影响

Table 2 Effects of soil compaction on plant biological yield

处理 Treatment	根系干重/g Root dry weight	地上总干重/g Top dry weight	植株总干重/g Plant dry weight	根冠比 R/T
I	10.13±0.103 bB	10.07±0.225 bB	20.20±0.297 bB	1.01±0.019 bB
II	10.78±0.208 aA	10.73±0.252 aA	21.52±0.257 aA	1.00±0.037 bB
III	8.83±0.106 cC	8.00±0.311 cC	16.84±0.332 cC	1.10±0.047 aA

2.3 土壤紧实度对平邑甜茶叶绿素荧光参数的影响

由表 3 可以看出,3 个处理间植株叶片的 F_0 、 F_m 和 NPQ 3 项荧光参数值大小依次为处理 I > 处

理 II > 处理 III; F_v/F_0 、 F_v/F_m 、 Φ_{PSII} 、 qP 和 ETR 5 项荧光参数值均表现为处理 II > 处理 I > 处理 III; $(1-qP)/NPQ$ 表现为处理 III > 处理 II > 处理 I。上述 9 项荧光参数,处理 III 与另外 2 个处理间的差

异均达显著或极显著水平;NPQ 值在 3 个处理间均达到显著或极显著水平,其他 8 项荧光参数值在处理 I 和处理 II 间没有显著差异。上述结果说明,处理 III 的植株叶片 PS II 潜在活性、PS II 反应中心内部

光能转换效率、过剩光能的热耗散和电子传递速率均显著下降,叶片中过剩光能极显著增加,从而使其叶片光合机构功能下降,导致植株生长速率减缓、生物产量降低。

表 3 土壤紧实度对平邑甜茶叶绿素荧光参数的影响

Table 3 Effects of soil compaction on chlorophyll fluorescence parameters of *Malus horensis* Rehd

处理 Treatment	F_0	F_m	F_v/F_0	F_v/F_m	Φ_{PSII}
I	149.33±17.616 aA	525.00±75.664 aA	2.51±0.132 aA	0.72±0.012 aA	0.59±0.006 aA
II	135.33±20.984 aA	493.67±107.566 aA	2.63±0.218 aA	0.73±0.015 aA	0.62±0.031 aA
III	85.00±7.810 bB	253.33±27.538 bB	1.99±0.252 bA	0.66±0.030 bA	0.45±0.031 bB

处理 Treatment	qP	NPQ	$(1-qP)/NPQ$	$ETR/(\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1})$
I	0.82±0.006 aA	1.43±0.170 aA	0.12±0.015 bB	179.50±23.615 aA
II	0.85±0.050 aA	0.89±0.017 bB	0.17±0.053 bB	186.59±31.619 aA
III	0.66±0.012 bB	0.46±0.070 cB	0.75±0.122 aA	50.82±7.254 bB

2.4 平邑甜茶叶片叶绿素主要荧光参数与植株生物产量的相关性分析

由表 4 可以看出,平邑甜茶幼苗的生物产量与叶片叶绿素荧光参数 F_m 、 F_v/F_0 、 F_v/F_m 、 Φ_{PSII} 、 qP

和 ETR 极显著正相关,与 F_0 显著正相关,而与 $(1-qP)/NPQ$ 极显著负相关,与 NPQ 相关性不显著。总体而言,平邑甜茶生物产量与其叶片的叶绿素荧光参数之间存在显著相关性。

表 4 平邑甜茶幼苗生物产量与叶绿素荧光参数的相关性分析

Table 4 Relationships between biological yield and chlorophyll fluorescence parameters of *Malus hupehensis* Rehd.

参数 Parameter	F_0	F_m	F_v/F_0	F_v/F_m	Φ_{PSII}	qP	NPQ	$(1-qP)/NPQ$	ETR
相关系数 Value of relation	0.747*	0.817**	0.834**	0.813**	0.933**	0.908**	0.598	-0.887**	0.978**

注: $n=9,df=7,R(0.05)=0.666,R(0.001)=0.798$ 。

Noet: $n=9,df=7,R(0.05)=0.666,R(0.001)=0.798$ 。

3 讨论

多数研究表明,生长在高紧实度土壤中的植物,无论是株高还是地上部干物质质量,均较生长在低紧实度土壤中的低^[13-15]。但 Goodman 等^[16]认为,高土壤紧实度对植物地上和地下部生长都有影响,但不明显。Oussible 等^[17]认为,高紧实度对植物地上部生长没有影响^[17]。本试验结果表明,土壤容重对平邑甜茶地上和地下部生长均有显著影响,1.40 g/cm³ 的土壤容重有利于平邑甜茶的生长和生物产量的积累,而 1.55 g/cm³ 的土壤容重会显著抑制平邑甜茶的生长,这种抑制作用在幼苗生长前期比较明显,但随着时间的推移影响减小。出现这一结果的原因与植物和土壤均有关系,首先土壤具有自身调节作用,使得土壤紧实胁迫的程度和负面效应随着时间的推移趋缓;其次植物自身对于逆境具有响应与适应能力;再次从已有的报道来看,紧实可以提高植物根系的导水率,总的趋势是紧实度高有利于根系对营养的吸收,至少对单根是如此^[2]。

大^[18]、减小^[19],或者呈二次曲线关系^[4]的报道都有,刘晚苟等^[20]认为,造成这些结果出现差异的原因可能与所研究的土壤水分状况不一致有关。本试验中,虽然土壤容重为 1.40 g/cm³ 处理的平邑甜茶植株地上部、地下部、总生物产量均显著高于另外 2 个处理,但是土壤容重为 1.40 g/cm³ 处理与 1.25 g/cm³ 处理的植株在 R/T 值上基本没有差别;土壤容重达到 1.55 g/cm³ 时,平邑甜茶地上部、地下部及总的生物量的提高均明显受到抑制,其中对于地上部生物量的抑制作用最明显,从而使得植株根冠比增大。

土壤容重为 1.55 g/cm³ 处理的平邑甜茶叶片 F_v/F_m 、 Φ_{PSII} 、 qP 和 ETR 值均低于另外 2 个处理,表明其叶片 PS II 的活性和光能转化效率低,不利于将所吸收的光能转化为化学能,从而抑制了光合电子传递速度,使得形成的三磷酸腺苷(ATP)和还原型辅酶 II (NADPH)匮乏,不能为光合碳同化提供充分的能量和还原能力;其叶片的 $(1-qP)/NPQ$ 值高而 NPQ 值低,说明叶片中过剩光能增加,但是叶片光合机构的热耗散能力反而下降,必然会对叶

土壤容重对根冠比的影响表现为不明显^[16]、增

片光合机构产生不利影响。本试验结果表明,平邑甜茶生长指标以及生物产量表现良好的 1.40 g/cm³ 处理,其叶片荧光参数所反映的植株叶片内部光能机构也比较好,而且生物产量与叶片叶绿素荧光参数 F_0 、 F_m 、 F_v/F_0 、 F_v/F_m 、 Φ_{PSII} 、 qP 、 $(1 - qP)/NPQ$ 和 ETR 之间相关性显著。然而,植物叶片叶绿素荧光参数受环境影响大,在外界因素综合作用下,各个参数值会发生变化,因而叶绿素荧光参数在植物土壤紧实逆境研究中的应用,还有待于进一步研究探讨。

本研究结果表明,土壤容重只有在一定范围内,才有利于植物的生长发育,土壤过松或过紧对植物生长均不利,这与前人的一些研究结果^[4,21]是相同的。本试验结果与有关报道也有不同之处,这可能与植物种类、试验方法以及试验时间有很大的关系。

[参考文献]

- [1] Vepraskas M J. Plant response mechanisms to soil compaction [C]//Wilkinson R E. Plant-Environment interaction. New York: Marcel Dekker Inc, 1994: 263-287.
- [2] 刘晚荷, 山 仑, 邓西平. 植物对土壤紧实度的反应 [J]. 植物生理学通讯, 2001, 37(3): 254-260.
Liu W G, Shan L, Deng X P. Response of plant to soil compaction [J]. Plant Physiology Communication, 2001, 37(3): 254-260. (in Chinese)
- [3] 李潮海, 周顺利. 土壤容重对玉米苗期生长的影响 [J]. 华北农学报, 1994, 9(2): 49-54.
Li C H, Zhou S L. Influence of volume weight of soil on maize seedlings growth [J]. Acta Agricultural Boreali-Sinica, 1994, 9(2): 49-54. (in Chinese)
- [4] 宋家祥, 庄恒扬, 陈后庆. 不同土壤紧实度对棉花根系生长的影响 [J]. 作物学报, 1997, 23(6): 719-726.
Song J X, Zhuang H Y, Chen H Q, et al. Effect of soil compaction on root growth of cotton [J]. Acta Agronomica Sinica, 1997, 23(6): 719-726. (in Chinese)
- [5] 贺明荣, 王振林. 土壤紧实度变化对小麦籽粒产量和品质的影响 [J]. 西北植物学报, 2004, 24(4): 649-654.
He M R, Wang Z L. Effects of soil compaction on grain yield and quality of wheat [J]. Acta Botanica Boreali-occidentalia Sinica, 2004, 24(4): 649-654. (in Chinese)
- [6] 南志标, 赵红洋, 聂 斌. 黄土高原土壤紧实度对蚕豆生长的影响 [J]. 应用生态学报, 2002, 13(8): 935-938.
Nan Z B, Zhao H Y, Nie B. Effect of soil compaction on vicia faba of growth in the loess plateau [J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2002, 13(8): 935-938. (in Chinese)
- [7] 孙 艳, 王益权, 杨 梅, 等. 土壤紧实胁迫对黄瓜根系活力和叶片光合作用的影响 [J]. 植物生理与分子生物学报, 2005, 31(5): 545-550.
Sun Y, Wang Y Q, Yang M, et al. Effects of soil compactness

- stress on root activity and leaf photo-synthesis of cucumber [J]. Acta Photophysiological Sinica, 2005, 31(5): 545-550. (in Chinese)
- [8] 周 鹏, 彭福田, 魏绍冲, 等. 氮素形态对平邑甜茶细胞分裂素水平和叶片生长的影响 [J]. 园艺学报, 2007, 34(2): 269-274.
Zhou P, Peng F T, Wei S C, et al. Effects of rhizosphere nitrate and ammonium on the level of cytokinins and leaf growth of *Malus hupehensis* Rehd [J]. Acta Horticulturate Sinica, 2007, 34(2): 269-274. (in Chinese)
- [9] 张守仁. 叶绿素荧光动力学参数的意义及讨论 [J]. 植物学通报, 1999, 16(4): 444-448.
Zhang S R. A discussion on chlorophyll fluorescence kinetic, parameters and their significance [J]. Chinese Bulletin of Botany, 1999, 16(4): 444-448. (in Chinese)
- [10] 匡廷云, 卢从明, 李良璧. 作物光能利用效率与调控 [M]. 济南: 山东科学技术出版社, 2004.
Kuang Q Y, Lu C M, Li L B. Light energy use efficiency and regulation of crop [M]. Ji-nan, The Publishing House Shandong of Science and Technology. (in Chinese)
- [11] 朱新广, 王 强, 张其德, 等. 冬小麦光合功能对盐胁迫的响应 [J]. 植物营养与肥料学报, 2002, 8(2): 177-180.
Zhu X G, Wang Q, Zhang Q D, et al. Response of photosynthetic functions of winter wheat to salt stress [J]. Plant Nutrition and Fertilizer Science, 2002, 8(2): 177-180. (in Chinese)
- [12] 张其德, 卢从明, 刘丽娜, 等. CO₂ 倍增对不同基因型大豆光合色素含量及荧光诱导动力学参数的影响 [J]. 植物学报, 1997, 39(10): 946-950.
Zhang Q D, Lu C M, Liu L N, et al. Effects of doubled CO₂ on contents of photosynthetic and on kinetic parameters of fluorescence induction in different genotypes of soybean [J]. Acta Botanica Sinica, 1997, 39(10): 946-950.
- [13] Buttery B R, Tan C C, Drury C F, et al. The effects of soil compaction soil moisture and soil type on growth and nodulation of soybean and common bean [J]. Can J Plant Sci, 1998, 78: 571-576.
- [14] Masle J, Passioura J B. The effect of soil strength on the growth of young wheat plants [J]. Aust J Plant Physiol, 1987, 14: 643-656.
- [15] Atwell B J. The effect of soil compaction on wheat during early tillering. I. Growth development and root structure [J]. New Phytologist, 1990, 115(1): 29-35.
- [16] Goodman A M, Ennos A R. The effects of soil bulk density on the morphology and anchorage mechanics of the root systems of sunflower and maize [J]. Ann Bot, 1999, 83: 293-302.
- [17] Oussible M, Crookston R K, Larson W E. Subsurface compaction reduces the root and shoot growth and grain yield of wheat [J]. Agron J, 1992, 84: 34-38.
- [18] Mulholland B J, Black C R, Taylor I B, et al. Effect of soil compaction on barley (*Hordeum vulgare* L.) growth II: Are increased xylem sap ABA concentrations involved in maintaining leaf expansion compacted soil [J]. J Exp Bot, 1996, 297:

551-556.

- [19] 孙 艳,王益权,冯嘉玥,等. 土壤紧实胁迫对黄瓜生长产量及养分吸收的影响 [J]. 植物营养与肥料学报,2006,12(4):559-564.
Sun Y,Wang Y Q,Feng J Y,et al. Effects of soil compaction stress on the growth, yield and nutrient uptake of cucumber [J]. Plant Nutrition and Fertilizer Science,2006,12(4):559-564. (in Chinese)
- [20] 刘晚苟,山 仑. 不同土壤水分条件下容重对玉米生长的影响 [J]. 应用生态学报,2003,14(11):1906-1910.

Liu W G,Shan L. Effects of soil bulk density on maize growth under different water regime [J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2003,14(11):1906-1910. (in Chinese)

- [21] 乔 樵,杨忠厚. 东北北部黑土紧实度在农业增产上的意义 [J]. 土壤通报,1995,26(1):9-11.
Qiao Q,Yang Z H. The significance of black soil compaction of the north of northern-east on the increase of agricultural production [J]. Chinese Journal of Soil Science,1995,26(1):9-11. (in Chinese)

(上接第 176 页)

- [19] 郑小波,龚龙英,刘 翔,等. 掘氏疫霉有性后代交配型和致病力遗传研究 [J]. 南京农业大学学报,1994,17(1):39-42.
Zheng X B,Gong L Y,Liu X,et al. On inheritance of mating type and pathogenicity of *Phytophthora drechsleri* in sexual progenies [J]. Journal of Nanjing Agricultural University, 1994,17(1):39-42. (in Chinese)
- [20] 郑小波,陆家云. 掘氏疫霉遗传学研究 I. 自交后代(S1代)生物学性状的遗传与变异 [J]. 真菌学报,1992,11(1):63-71.
Zheng X b,Lu J Y. Genetics of *Phytophthora drechsleri* I. Variation of biological characters in S1 progeny [J]. Acta Mycologica Sinica,1992,11(1):63-71. (in Chinese)

- [21] 高智谋,郑小波,苏恩平,等. 苎麻疫霉对棉苗致病力的遗传与变异研究 [J]. 植物病理学报,1998,28(4):331-336.
Gao Z M,Zheng X B,Su E P,et al. On inheritance of pathogenicity *Phytophthora boehmeriae* to cotton seedlings [J]. Acta Phytopathologica Sinica,1998,28(4):331-336. (in Chinese)
- [22] 王建营,郑小波. 恶疫霉致病力和对甲霜灵敏感性的遗传与变异 [J]. 菌物系统,2001,20(3):337-341.
Wang J Y,Zheng X B. Inheritance of pathogenicity and sensitivity to metalaxyl in *Phytophthora cactorum* [J]. Mycosystema,2001,20(3):337-341. (in Chinese)

中国科技核心期刊、全国优秀农业期刊 《植物遗传资源学报》征订启事

《植物遗传资源学报》是中国农业科学院作物科学研究所和中国农学会主办的学术期刊,为中国科技核心期刊、全国优秀农业期刊。该刊为中国科技论文统计源期刊、中国科学引文数据库来源期刊(核心期刊)、中国核心期刊(遴选)数据库收录期刊、中国学术期刊综合评价数据库统计源期刊,又被《中国生物学文摘》和中国生物学文献数据库、中文科技期刊数据库收录。据中国期刊引证研究报告统计,2007年度《植物遗传资源学报》影响因子达 0.914。

报道内容为大田、园艺作物,观赏、药用植物,林用植物、草类植物及其一切经济植物的有关植物遗传资源基础理论研究、应用研究方面的研究成果、创新性学术论文和高水平综述或评论。诸如,种质资源的考察、收集、保存、评价、利用、创新,信息学、管理学等;起源、演化、分类等系统学;基因发掘、鉴定、克隆、基因文库建立、遗传多样性研究。

季刊,大 16 开本,128 页。定价 20 元,全年 80 元。各地邮局发行,邮发代号:82-643。国内刊号 CN11-4996/S,国际统一刊号 ISSN1672-1810。

本刊编辑部常年办理订阅手续,如需邮挂每期另加 3 元。

地 址:北京市中关村南大街 12 号 中国农业科学院《植物遗传资源学报》编辑部

邮 编:100081 电话:010-62180257 010-62180279(兼传真)

E-mail:zwyczyxb2003@163.com zwyczyxb2003@sina.com