



王亚梁,李慧,兰天明,等.水稻机插秧盘播种覆盖土厚度对秧苗生长的影响[J].江西农业大学学报,2022,44(2):311-318.
WANG Y L,LI H,LAN T M,et al.Effect of covering soil thickness in seedling tray on the rice seedlings growth for machine trans-
planting[J].Acta agriculturae universitatis Jiangxiensis,2022,44(2):311-318.

水稻机插秧盘播种覆盖土厚度 对秧苗生长的影响

王亚梁¹,李慧^{1,2},兰天明^{1,2},朱德峰¹,陈惠哲¹,武 辉²

(1.中国水稻研究所,浙江 杭州 310006;2.宜宾学院,四川 宜宾 644000)

摘要:【目的】为明确水稻机插秧覆盖土厚度对秧苗生长的影响。【方法】以甬优1540和天优华占为材料,利用9寸标准机插秧盘进行试验,利用基质和稻田土进行播种,设置3个育秧土覆盖厚度处理(T₁,底土2 L+覆盖土2 L;T₂,底土3 L+覆盖土1 L;T₃,底土3.6 L+覆盖土0.4 L),考察秧苗成苗率、苗高和叶龄、以及干质量和秧苗充实度的变化。【结果】(1)秧盘覆盖土过厚不利于秧苗成苗,T₂处理秧苗成苗率最高,采用基质育秧的种子成苗率要好于采用稻田土育秧。(2)叶龄变化和育秧土覆盖厚度密切相关,叶龄表现由高到低依次为T₁、T₂和T₃,同时基质育秧的叶龄大于稻田土育秧。T₁和T₂处理苗高差异不明显,但均高于T₃处理,2个品种间以及基质类型间趋势一致。(3)T₂处理秧苗均匀度平均比T₁和T₃处理高33.8%和41.0%,T₂处理弱苗比例最低,分别比T₁和T₃处理平均降低51.7%和74.3%,2个品种趋势一致,其中基质育秧秧苗均匀度高于稻田土育秧。(4)基质育秧秧苗干质量高于稻田土育秧,其中T₁和T₂处理干质量差异不大,但均显著高于T₃处理。T₂处理秧苗充实度最高,两个品种在两种育秧土间的表现趋势一致。【结论】在水稻机插秧时,秧盘覆盖土要有适当的厚度,9寸盘播种底土3 L,覆盖土1 L有最佳的效果。

关键词:水稻;机插;育秧土覆盖厚度;成苗率;秧苗生长

中图分类号:S511 文献标志码:A 文章编号:1000-2286(2022)02-0311-08

Effect of Covering Soil Thickness in Seedling Tray on the Rice Seedlings Growth for Machine Transplanting

WANG Yaliang¹, LI Hui^{1,2}, LAN Tianming^{1,2}, ZHU Defeng¹,
CHEN Huizhe¹, WU Hui²

(1.China National Rice Research Institute, Hangzhou, Zhejiang 310006, China; 2.Yibin University, Yibin, Sichuan 644000, China)

收稿日期:2021-12-27 修回日期:2022-02-20

基金项目:浙江省自然科学基金项目(LQ20C130009)、中央级公益性科研院所基本科研业务费专项(CPSIBRF-CNRRRI-202117)和国家水稻产业技术体系项目(CARS-01-03A)

Project supported by the Natural Science Foundation of Zhejiang Province (LQ20C130009), the Special Fund for Basic Scientific Research of China National Rice Research Institute (CPSIBRF-CNRRRI-202117) and the China Agriculture Research System (CARS-01-03A)

作者简介:王亚梁,助理研究员,博士,主要从事水稻高产生理与机械化栽培研究, orcid.org/0000-0002-3655-0755, wangyaliang@caas.cn。

Abstract: [Objective] This study aims to clarify the effect of the cover soil thickness in seedling tray on the growth of rice seedlings for machine transplanting. [Method] The experiment used ‘Yongyou 1540’ and ‘Tianyou Huazhan’ as test materials, a 9-inch standard machine-transplanting tray was also used in conducting the experiment. The substrate and paddy soil were used for sowing and subjected to three cover soil treatments (T_1 , subsoil 2 L+cover soil 2 L; T_2 , subsoil 3 L+cover soil 1 L; T_3 , subsoil 3.6 L+cover soil 0.4 L) to investigate the seedling rate, seedling height, leaf age, dry weight and the seedling fullness. [Result] The results showed that: (1) covering thick soil on the seedling tray was not conducive to the seedling formation. The formation rate of the seedlings raised by the substrate was better than that raised by the paddy soil. (2) The change of leaf age was closely related to the thickness of cover soil, and the hierarchy of leaf age performance was $T_1 > T_2 > T_3$. In addition, the leaf age of seedling raised in substrate exceeded that of seedling raised in paddy soil. There was no significant difference in seedling height between T_1 and T_2 treatments, and they were both higher than that of T_3 treatment. The trends were consistent between the two varieties and between the types of substrates. (3) The seedling uniformity of T_2 treatment was 33.8% and 41.0% higher than that of T_1 and T_3 treatments. The proportion of weak seedlings of T_2 treatment was the lowest, which was 51.7% and 74.3% lower than that of T_1 and T_3 treatments. The trends of the two varieties were the same. The uniformity of seedlings was higher than that of rice seedlings raised by paddy soil. (4) The dry weight of seedlings raised in substrate was higher than that in paddy soil. The difference in dry weight between T_1 and T_2 treatments presented no significant difference, and they were both significantly higher than that of T_3 treatment. T_2 treatment had the highest seedling plumpness, and the performance trends of the two varieties in the two seedling soils were consistent. [Conclusion] When raising rice seedling for machine transplanting, the optimal thickness of seedling tray cover soil was 9-inch standard tray seeding 3 L subsoil and 1 L cover soil.

Keywords: rice; machine transplanting; thickness of covering soil; seedling rate; seedling growth

【研究意义】水稻是我国主要的粮食作物,在保障粮食安全、生态安全及稻农增收发挥重要作用。我国社会经济的发展及农村劳动力转移,水稻生产劳动力成本逐年上升,水稻生产方式及种植方式转型升级^[1]。水稻机插种植是丰产性最好的轻简化栽培方式^[2]。水稻机插秧技术的关键在于育秧,育秧的关键是种子发芽成苗。研究水稻播种育秧对推动工厂化育秧的发展具有积极意义。【前人研究进展】种子发芽成苗和育秧土透气保水特性密切相关^[3],然而,由于种子发芽成苗受到光温条件的影响,外界环境不稳导致种子发芽成苗不稳定,不利于目前工厂化和标准化育秧^[4]。为此,中国水稻研究所研发了叠盘出苗的“1+N”育秧模式,推动了工厂化育秧的产业化步伐,育秧农艺的关键几个环节指标逐渐完善^[5]。与泥浆育秧相比,采用基质育秧能够提高种子成苗率,提高秧苗素质进而提高水稻产量^[6]。机插种植水稻产量的形成主要依赖于有效穗数^[7],水稻秧苗素质好,机插后返青快,水稻群体有效穗数高。水稻秧苗素质受到种子播种量、育秧土类型等因素的影响^[8-9],也和自身的形态建成有关,叠盘出苗条件下,一般出苗种子芽长是0.5~1 cm,育秧土覆盖厚度的差异导致基部茎鞘高度不一,影响秧苗生长。水稻机插秧盘播种育秧中,秧盘播种后覆盖土的厚度影响,生产中常因覆盖土太厚或太薄造成出苗不整齐、秧苗质量差^[10]。【本研究切入点】不同类型的育秧土对覆盖土的要求不同,效果不同。当前,尚不明确不同类型的育秧土秧盘育秧覆盖土厚度要求及效应。【拟解决的关键问题】本试验研究了基质和稻田土下不同覆盖土育秧对种子发芽成苗以及秧苗素质的影响,明确覆盖土厚度指标,为工厂化育秧提供理论支撑。

1 材料与方法

1.1 供试地点及供试品种

试验于2021年7月在中国水稻研究所进行,供试品种为在长江中下游大面积推广的籼粳杂交稻甬优1540和粳型杂交稻天优华占。

1.2 试验设计

试验处理选用2种育秧土,即水稻育秧基质(杭州锦海农业发展有限公司,杭州)和稻田土。育秧基质主要成分包括黄泥土、泥炭、椰糠、蛭石、珍珠岩、复合肥料、生长调节剂等,稻田土取自水稻田土壤,经晒干、除杂,过筛,并混合与基质等量的肥料及调节剂,备用。水稻育秧盘采用9寸秧盘,育秧土覆盖厚度设置3个处理,处理1(T₁):(覆盖厚度2 L)。处理2(T₂):(覆盖厚度1 L)。处理3(T₃):覆盖厚度为0.3 cm(覆盖厚度0.4 L)。每盘育秧土总量4 L,按照育秧土覆盖厚度计算底土和覆盖土量。每处理10盘,3次重复。

种子于7月15日浸种,每秧盘播种干种子60 g,浸种48 h,催芽12 h破胸,沥干后均匀播种。播种时每个秧盘定位4个10 cm×10 cm样本区,每个样本区播种110粒种子,供出苗率调查。播种后采用叠盘出苗方式,48 h出苗后秧盘放置大棚旱地上,各处理采用一致的水分管理。

1.3 测定项目

1.3.1 成苗率 出苗后5 d,调查样本区秧苗和未发芽种子数,计算成苗率,3次重复。

$$\text{成苗率} = \frac{\text{成苗数}}{\text{成苗数} + \text{未出苗种子数}} \times 100\% \quad (1)$$

1.3.2 苗高和叶龄 播种后5, 10, 15, 20 d,每处理取平均大小一致秧苗15株,测定苗高和叶龄。叶龄采用Haun方法^[11]观察记载,当叶片展开时叶片长度为1单位,新长出的叶片长度按照上一展开叶片的长度单位计算。

1.3.3 秧苗弱苗比例和均匀度 秧苗苗高低于平均1/2为弱苗,每秧盘选取10 cm×10 cm面积考察弱苗比例,每秧盘为1次重复,每处理3次重复。

秧苗生长均匀度采用秧苗高度均匀度(U_{sg})进行衡量。

$$U_{sg} = (1 - S_{sh} / \overline{x_{sh}}) \times 100; S_{sh} = \sqrt{1/(n-1) \sum_{i=1}^n (xi_{sh} - \overline{x_{sh}})^2} \quad (2)$$

式(2)中S_{sh}表示苗高的标准差;xi_{sh}表示苗高观测值; $\overline{x_{sh}}$ 表示苗高的平均数。

1.3.4 生长量和秧苗充实度 播种后20 d,每秧盘取平均大小一致秧苗20株,秧苗取样清洗后,将茎叶和根系分开,利用烘箱105℃杀青15 min,80℃恒温烘干48 h后测定,称取干质量。

$$\text{秧苗充实度}(\text{mg/cm}) = \frac{\text{秧苗地上部干质量}(\text{mg})}{\text{秧苗地上部苗高}(\text{cm})} \quad (3)$$

1.4 数据处理

采用Excel 2003和SAS9.0软件对数据进行统计分析。采用单因素(one-way ANOVA)和Duncan法进行方差分析和多重比较(α=0.05)。

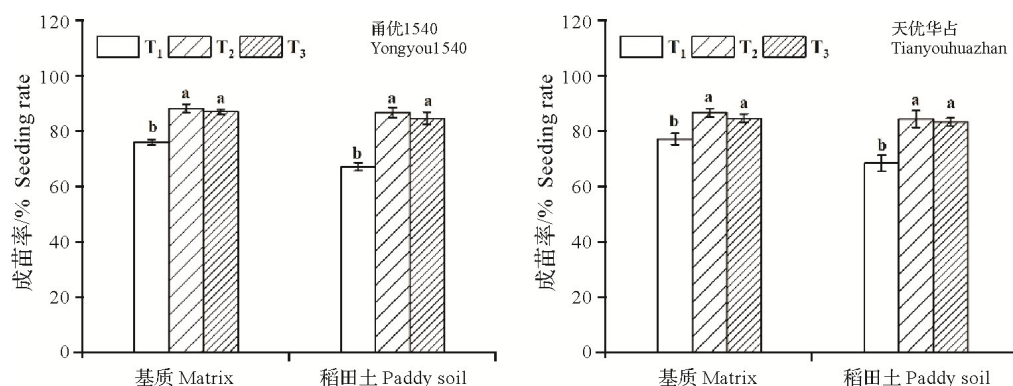
2 结果与分析

2.1 成苗率

秧盘覆盖土厚度对种子成苗率造成显著影响,如图1所示,甬优1540基质育秧T₁、T₂和T₃处理的种子成苗率分别为76.0%、82.2%和81.1%,稻田土育秧成苗率分别为69.8%、84.8%和84.3%,但T₁处理的种子成苗率最低。基质育秧和稻田土育秧T₁处理较T₂处理分别下降7.6和17.7个百分点,T₂和T₃处理的种子成苗率相近。天优华占基质育秧和稻田土育秧T₁处理较T₂处理分别下降11.0和18.9个百分点,T₂和T₃处理的种子成苗率相近。2个品种间以及2种育秧土间的趋势一致。表明秧盘播种后覆盖土过厚导致出苗率严重下降,与基质育秧比较,稻田土育秧下降更严重。

2.2 秧苗苗高和叶龄

覆盖土厚度对秧苗生长造成影响,如图2所示,秧苗生长5 d,不同覆盖土厚度秧苗叶龄差异不大,随着育秧时间的延长,不同覆盖土厚度间叶龄差异明显,T₁处理的叶龄最大,其次是T₂处理,T₃处理的叶龄最小。2个品种的趋势一致,并且2种育秧土处理的不同覆盖土厚度的结果一致,但稻田土处理的叶龄略小于基质,T₁、T₂和T₃处理甬优1540稻田土育秧的叶龄分别比基质育秧的叶龄小0.31叶,0.25叶和0.32叶,天优华占稻田土育秧的叶龄分别比基质育秧的叶龄小0.73叶,0.42叶和0.40叶。



相同小写字母表示处理间差异不显著,不同小写字母表示处理间差异显著($P<0.05$)。

The same capital letters indicate no significant difference among the treatments, different small letters indicate significant difference ($P<0.05$).

图1 秧盘覆盖土厚度对水稻种子成苗率的影响

Fig.1 Effect of covering soil thickness in seedling tray on rice seedling rate

然而,秧苗苗高变化在覆盖土厚度间的趋势与叶龄不一致,但采用基质和稻田土处理的趋势是一致的, T_1 处理和 T_2 处理间苗高的差异不明显。而 T_3 处理苗高最小(图3)。甬优1540基质育秧20 d, T_3 处理的苗高分别比 T_1 处理和 T_2 处理小1.34 cm和2.07 cm,稻田土育秧20 d, T_3 处理的苗高分别比 T_1 处理和 T_2 处理小4.16 cm和3.40 cm,天优华占基质育秧20 d, T_3 处理的苗高分别比 T_1 处理和 T_2 处理小4.07 cm和4.36 cm,稻田土育秧20 d, T_3 处理的苗高分别比 T_1 处理和 T_2 处理小2.33 cm和2.14 cm。

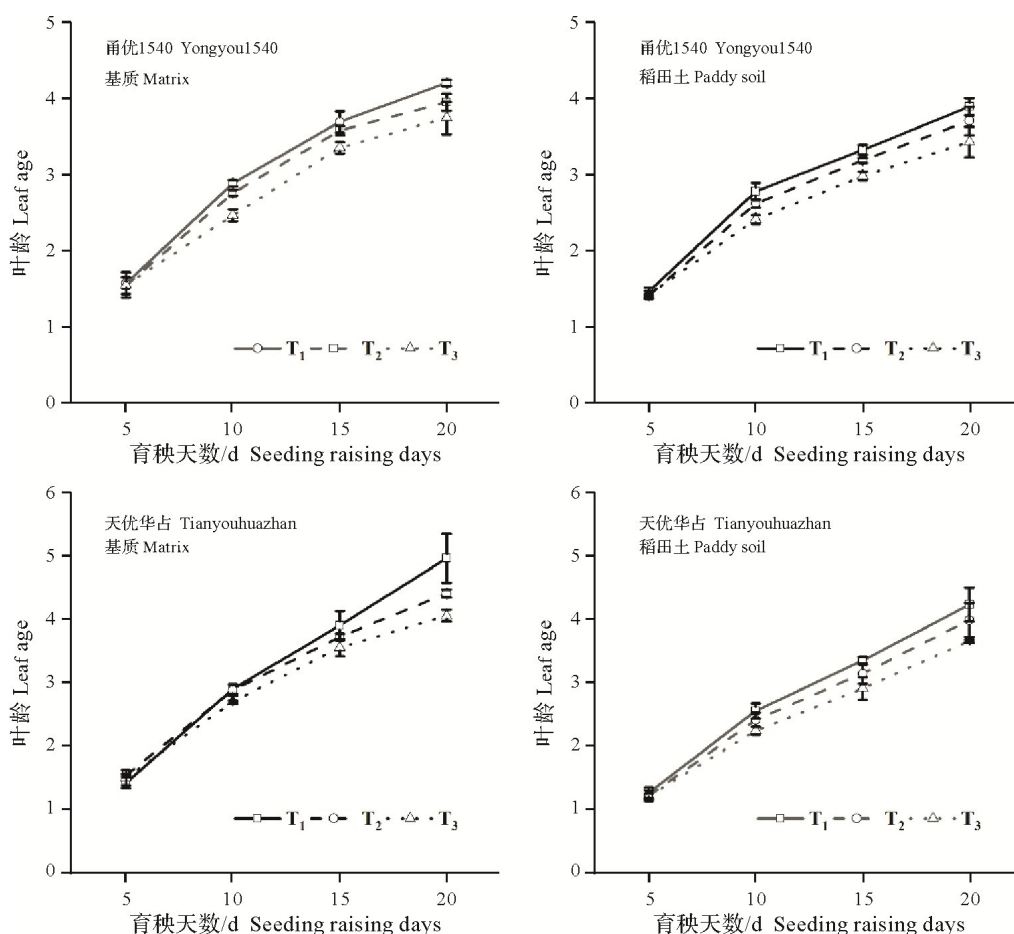


图2 秧盘覆盖土厚度对水稻秧苗叶龄的影响

Fig.2 Effect of covering soil thickness in seedling tray on rice seedling leaf age

2.3 秧苗生长整齐度

如图4所示,覆盖土厚度对水稻秧苗均匀度造成影响。秧苗均匀度由高到低依次为 T_2 、 T_1 和 T_3 ,2个品种间趋势一致,基质和稻田土育秧之间趋势一致,其中基质育秧秧苗均匀度高于稻田土育秧。甬优1540基质育秧秧苗均匀度 T_2 比 T_1 和 T_3 高36.4%和87.8%,稻田土育秧秧苗均匀度 T_2 比 T_1 和 T_3 高18.0%和33.9%。天优华占基质育秧秧苗均匀度 T_2 比 T_1 和 T_3 高42.1%和85.2%,稻田土育秧秧苗均匀度 T_2 比 T_1 和 T_3 高37.5%和74.7%。对秧苗群体的弱苗比例进行分析(图5), T_2 处理秧苗群体弱苗比例最低,甬优1540基质育秧 T_2 处理弱苗比例比 T_1 和 T_3 处理低48.5%和74.1%,稻田土 T_2 处理弱苗比例比 T_1 和 T_3 处理低48.8%和65.6%。天优华占基质育秧 T_2 处理弱苗比例比 T_1 和 T_3 处理低64.0%和84.1%,稻田土 T_2 处理弱苗比例比 T_1 和 T_3 处理低47.5%和72.5%。

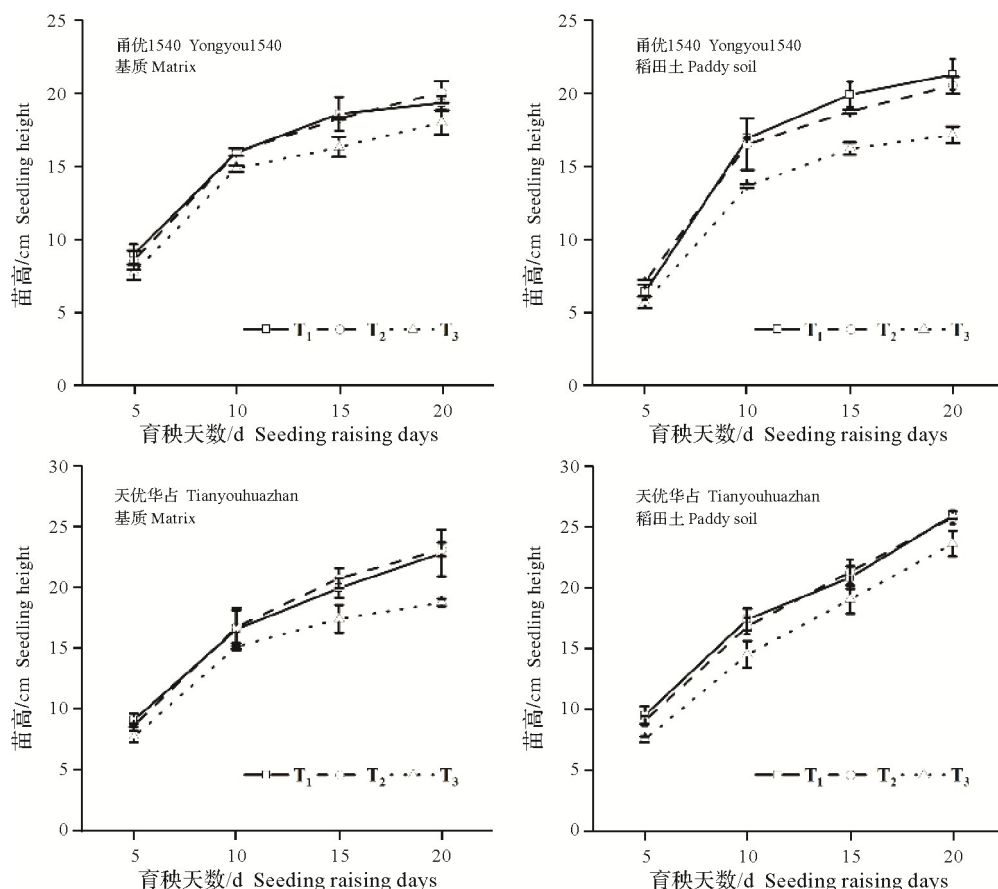


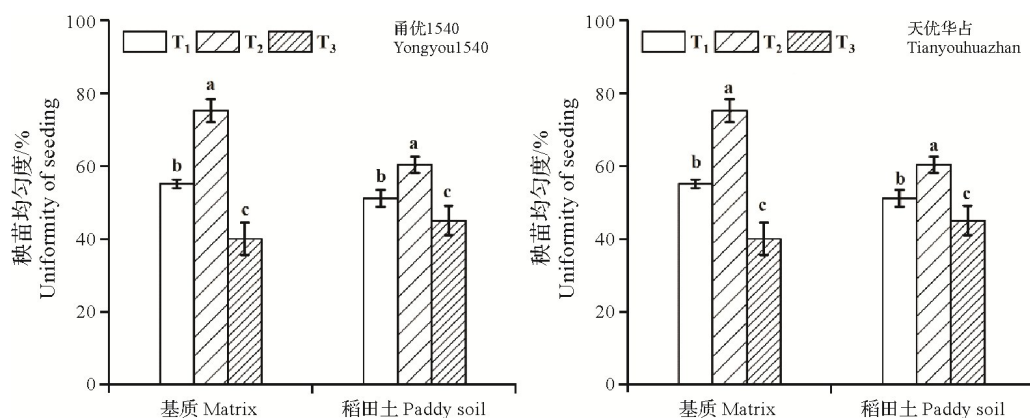
图3 秧盘覆盖土厚度对水稻秧苗苗高的影响

Fig.3 Effect of covering soil thickness in seedling tray on rice seedling height

2.4 秧苗干物质积累和充实度

秧苗干物质积累在不同覆盖土厚度间存在显著差异,如图6所示,采用基质育秧的秧苗干质量平均比稻田土育秧高13.74%, T_1 处理和 T_2 处理间干质量的差异不明显,2种育秧土处理趋势一致。而 T_3 处理的干质量最小。甬优1540基质育秧20 d, T_3 处理的干质量分别比 T_1 和 T_2 处理低39.82%和41.25%,稻田土育秧20 d, T_3 处理的干质量分别比 T_1 和 T_2 处理低31.07%和5.33%,天优华占基质育秧20 d, T_3 处理的干质量分别比 T_1 和 T_2 处理低8.21%和8.76%,稻田土育秧20 d, T_3 处理的干质量分别比 T_1 和 T_2 处理低16.83%和12.50%。

结合秧苗苗高和干质量,对秧苗充实度进行分析(图7), T_2 处理的秧苗充实度最高,其次是 T_1 处理和 T_3 处理。甬优1540基质育秧 T_2 处理的秧苗充实度比 T_1 处理和 T_3 处理高23.92%和52.98%,稻田土 T_2 处理的秧苗充实度比 T_1 和 T_3 处理高6.34%和57.09%,天优华占基质育秧 T_2 处理的秧苗充实度比 T_1 和 T_3 处理高14.27%和25.83%,稻田土育秧 T_2 处理的秧苗充实度比 T_1 和 T_3 处理高13.02%和28.44%。

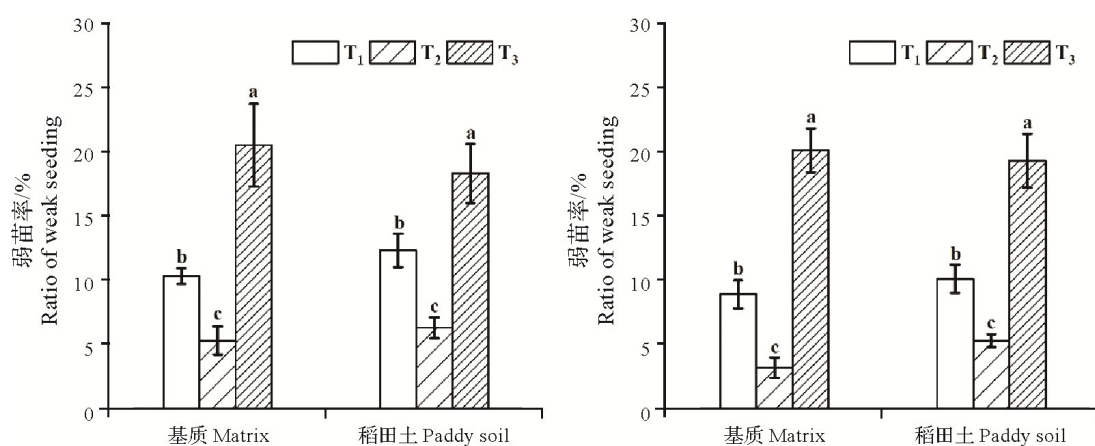


相同小写字母表示处理间差异不显著,不同小写字母表示处理间差异显著($P<0.05$)。

The same capital letters indicate no significant difference among the treatments, different small letters indicate significant difference ($P<0.05$).

图4 秧盘覆盖土厚度对水稻秧苗均匀度的影响

Fig.4 Effect of covering soil thickness in seedling tray on the uniformity of rice seedlings

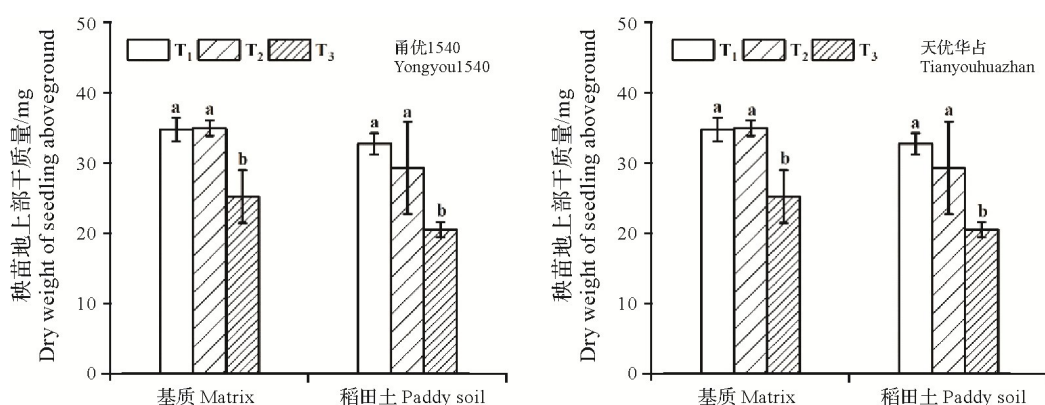


相同小写字母表示处理间差异不显著,不同小写字母表示处理间差异显著($P<0.05$)。

The same capital letters indicate no significant difference among the treatments, different small letters indicate significant difference ($P<0.05$).

图5 秧盘覆盖土厚度对水稻秧苗弱苗率的影响

Fig.5 Effect of covering soil thickness in seedling tray on the ratio of weak seedlings

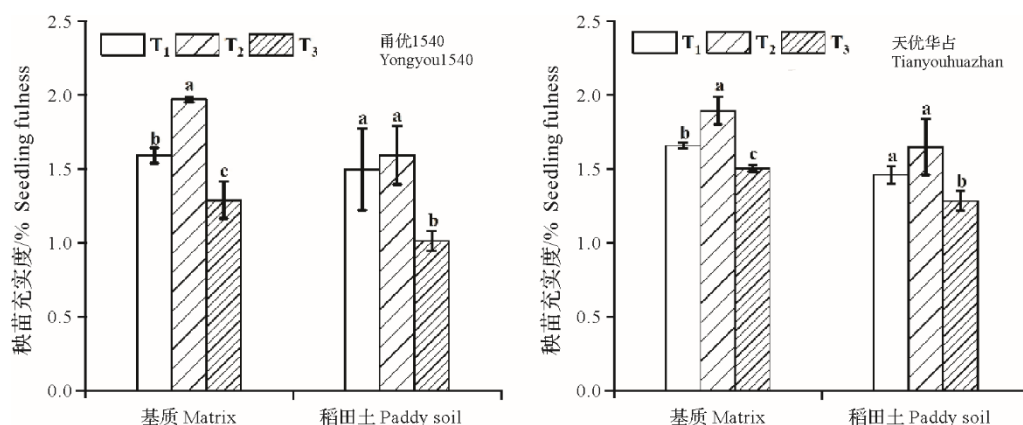


相同小写字母表示处理间差异不显著,不同小写字母表示处理间差异显著($P<0.05$)。

The same capital letters indicate no significant difference among the treatments, different small letters indicate significant difference ($P<0.05$).

图6 秧盘覆盖土厚度对水稻秧苗地上部干质量的影响

Fig.6 Effect of covering soil thickness in seedling tray on dry weight of seedling aboveground



相同小写字母表示处理间差异不显著,不同小写字母表示处理间差异显著($P<0.05$)。

The same capital letters indicate no significant difference among the treatments, different small letters indicate significant difference ($P<0.05$).

图7 秧盘覆盖土厚度对水稻秧苗充实度的影响

Fig.7 Effect of covering soil thickness in seedling tray on dry weight of seedling fullness

3 讨论与结论

成苗率是机插育秧的基础,成苗率下降导致秧苗分布不均,导致漏秧率增加,影响机插质量^[12-13]。水稻底土厚度不影响种子发芽,然而机插育秧土覆盖厚度对秧苗成苗率造成显著影响,表现为随着育秧土覆盖厚度增加,秧苗成苗率降低,出现“带帽苗”的现象,覆盖土厚度过厚,种子氧气利用不充分,影响了种子发芽成苗^[14]。同时采用基质育秧的成苗率要高于稻田土,其中在育秧土覆盖2L的条件下表现尤为明显,这和育秧土的保水性和透气性密切相关^[3],本试验基质中珍珠岩、蛭石、椰糠、泥炭等透气性较强的物质存在,提高了基质的保水特性以及透气性,因此基质的成苗率要高于稻田土。

基质的养分较强,因此基质育秧秧苗的叶龄、苗高、干物质积累以及秧苗充实度要高于稻田土,对叶龄和苗高进行分析,发现育秧土覆盖2L的叶龄有最大值,这可能和种子发芽破土过程产生的较强的生理反应有关^[15-17],种子破土过程生长素、细胞分裂素等含量显著增加^[18],土壤厚度越厚,相关激素含量越高,因此出现了覆盖土加厚情况下叶龄和苗高显著增加的现象。对苗高进行分析,发现育秧土覆盖2L和1L的苗高差异不大,而育秧土覆盖0.4L的苗高最小,这和覆盖土0.4L种子扎根不牢有关,根系扎根不牢,影响养分吸收,进而影响干物质积累和秧苗生长,秧苗地上部干物质积累和苗高出现相同的趋势,由于基质养分充足,基质育秧的干物质积累要高于稻田土育秧。由于覆盖土过厚或者过薄,导致秧苗生长均匀度降低,其中主要是增加了弱苗的比例,在实际生产中,弱苗率增加提高了机插后秧苗死亡的风险^[19]。对不同覆盖土厚度的秧苗充实度进行分析,发现基质育秧覆盖土1L的秧苗充实度最高,育秧土覆盖2L增加了种子破土出苗的难度^[20],进而拉长了基部茎鞘,茎鞘变得细弱,因此秧苗强壮程度小于覆盖土1L。而覆盖土0.4L由于根系扎根不深,并不利于养分的吸收^[21],2个品种的趋势是一致的。然而稻田土覆盖土2L和1L秧苗的充实度并不存在显著差异,这和稻田土养分较弱有关。综上所述,在实际生产中,育秧土选择透气保水性较好的基质为宜,同时育秧基质覆盖1L左右秧苗素质最好。

参考文献 References:

- [1] 朱德峰,张玉屏,陈惠哲,等.我国稻作技术转型与发展[J].中国稻米,2019,25(3):1-5.
ZHU D F, ZHANG Y P, CHEN H Z, et al. Transformation and development of rice cultivation technology in China[J]. China rice, 2019, 25(3): 1-5.
- [2] 朱德峰,张玉屏,陈惠哲,等.中国水稻高产栽培技术创新与实践[J].中国农业科学,2015,48:3404-3414.
ZHU D F, ZHANG Y P, CHEN H Z, et al. Innovation and practice of high-yield rice cultivation technology in China[J]. Scientia agricultura Sinica, 2015, 48: 3404-3414.
- [3] 林育炯,张均华,胡志华,等.我国水稻机插秧育秧基质研究进[J].中国稻米,2015,21(4):7-13.
LIN Y J, ZHANG J H, HU Z H, et al. Research on rice mechanized seedling substrate in China[J]. China rice, 2015, 21(4): 7-13.
- [4] 梁玉刚,周政,张利峰,等.湖南省早稻集中育秧发展现状、存在问题及其对策[J].中国稻米,2022,28(1):72-77.

- LIANG Y G, ZHOU Z, ZHANG L F, et al. Development status, existing problems and countermeasures of early rice concentrated seedling cultivation in Hunan province[J]. China rice, 2022, 28(1): 72-77.
- [5] 朱德峰, 王岳钧, 陈惠哲, 等. 水稻机插叠盘出苗育秧模式[J]. 中国稻米, 2018, 24(3): 7-9.
- ZHU D F, WANG Y J, CHEN H Z, et al. Seedling raising model of tray overlay for machine transplanting rice[J]. China rice, 2018, 24(1): 7-9.
- [6] 汪向东, 陈再高. 不同育秧基质对水稻秧苗素质的影响[J]. 中国稻米, 2018, 24(1): 98-100.
- WANG X D, CHEN Z G. Effects of different seedling substrates on seedling quality of rice[J]. China rice, 2018, 24(1): 98-100.
- [7] 李泽华, 马旭, 李宏伟, 等. 低播种量下杂交稻不同机械化种植方式的产量构成及特[J]. 华南农业大学学报, 2020, 41(4): 22-29.
- LI Z H, MA X, LI H W, et al. Yield components and characteristics of hybrid rice with different mechanical transplanting methods under low sowing rate[J]. Journal of south China agricultural university, 2020, 41(4): 22-29.
- [8] 何文洪, 陈惠哲, 朱德峰, 等. 不同播种量对水稻机插秧苗素质及产量的影响[J]. 中国稻米, 2008(3): 60-62.
- HE W H, CHEN H Z, ZHU D F, et al. Effects of different sowing rates on the quality and yield of rice machine transplanted seedlings[J]. China rice, 2008(3): 60-62.
- [9] 林育炯, 张均华, 胡继杰, 等. 不同类型基质对机插水稻秧苗生理特征及产量的影响[J]. 农业工程学报, 2016, 32(8): 18-26.
- LIN Y J, ZHANG J H, HU J J, et al. Effects of different seedling substrates on physiological characters and grain yield of mechanized-transplanted rice[J]. Transactions of the Chinese society of agricultural engineering, 2016, 32(8): 18-26.
- [10] 赵庆稳, 瞿世艳, 葛胜, 等. 机插水稻集中育秧过程中存在的问题及技术措施[J]. 现代农业科技, 2013(17): 99-100.
- ZHAO Q W, QU S Y, GE S, et al. Problems and technical measures in centralized seedling raising of machine transplanted rice[J]. Modern agricultural science and technology, 2013(17): 99-100.
- [11] HAUN J R. Visual quantification of wheat development[J]. Agronomy journal, 1973, 65: 116-119.
- [12] 吴文革, 周永进, 陈刚, 等. 不同育秧基质和水分管理对机插秧苗素质与产量的影响[J]. 中国生态农业学报, 2014, 22(9): 1057-1063.
- WU W G, ZHOU Y J, CHEN G, et al. Effects of different seedling nursery substrates and water management modes on seedling quality and yield of mechanically transplanted rice[J]. Chinese journal of eco-agriculture, 2014, 22(9): 1057-1063.
- [13] 王亚梁, 朱德峰, 向镜, 等. 杂交稻低播量精量播种育秧及机插取秧特性[J]. 中国水稻科学, 2020, 34(4): 332-338.
- WANG Y L, ZHU D F, XIANG J, et al. Characteristics of seedling raising and mechanized transplanting of hybrid rice with a low seeding rate by precise seeding method[J]. Chinese journal of rice science, 2020, 34(4): 332-338.
- [14] 张荣萍, 湛晓蝶, 陶诗顺, 等. 增氧型包衣剂对直播杂交稻种子发芽和成苗的影响[J]. 杂交水稻, 2018, 33(3): 70-75.
- ZHANG R P, ZHAN X D, TAO S S, et al. Effects of oxygenated coating agents on seed germination and seedling emergence of direct-seeding[J]. Hybrid rice, 2018, 33(3): 70-75.
- [15] 刘斌祥, 程秋博, 周芳, 等. 种子大小与播种深度对玉米出苗、苗期光合特性与保护酶活性的影[J]. 华北农学报, 2020, 35(2): 98-106.
- LIU B X, CHENG Q B, ZHOU F, et al. Effects of seed size and sowing depth on maize seedling emergence and photosynthesis characteristics and protective enzyme activities in seedling stage[J]. Acta agriculturae boreali-Sinica, 2020, 35(2): 98-106.
- [16] 李振华, 王建华. 种子活力与萌发的生理与分子机制研究进展. 中国农业科学, 2015, 48(4): 646-660.
- LI Z H, WANG J H. Advances in research of physiological and molecular mechanism in seed vigor and ermination[J]. Scientia agricultura Sinica, 2015, 48(4): 646-660.
- [17] 宋雨函, 张锐. 高等植物下胚轴伸长的调控机制[J]. 生命的化学, 2021, 41(6): 1116-1125.
- SONG Y H, ZHANG R. Regulation mechanism of hypocotyl elongation in higher plants[J]. Chemistry of life, 2021, 41(6): 1116-1125.
- [18] MIRANSARI M, SMITH D L. Plant hormones and seed germination[J]. Environmental & experimental botany, 2014, 99(3): 110-121.
- [19] 王亚梁, 朱德峰, 张玉屏, 等. 连作杂交晚稻精准条播长秧龄机插的生长及产量特性分析[J]. 作物学报, 2022, 48(1): 215-225.
- WANG Y L, ZHU D F, ZHANG Y P, et al. Analysis on the plant growth and yield formation of double cropping late sea-son hybrid rice in machine transplanting with long seedling age by precision drill sowing[J]. Acta agronomica Sinica, 2022, 48(1): 215-225.
- [20] 向达兵, 邹亮, 彭镰心, 等. 适宜机播深度及覆土厚度提高苦荞幼苗素质[J]. 农业工程学报, 2014, 30(12): 26-33.
- XIANG D B, ZOU J, PENG L X, et al. Appropriate mechanical swing depth and soil-covering thickness improving seedling quality of tartary buckwheat[J]. Transactions of the Chinese society of agricultural engineering, 2014, 30(12): 26-33.
- [21] 陈琴, 肖冰雪, 郑群英, 等. 不同播深下硬秆仲彬草种子萌发及幼苗生长[J]. 草业科学, 2012, 29(11): 1760-1764.
- CHEN Q, XIAO B X, ZHENG Q Y, et al. Effects of sand burying on seed germination and seedling growth of *Kengyili rigidula* [J]. Pratecultural science, 2012, 29(11): 1760-1764.