



王自杰,杨晓贺,邱磊,等.刈号微量元素水溶肥对大豆和玉米农艺性状及产量的影响[J].黑龙江农业科学,2023(7):30-34,46.

刈号微量元素水溶肥对大豆和玉米农艺性状及产量的影响

王自杰,杨晓贺,邱磊,张茂明,姚亮亮,高雪冬,冯浩原,丁俊杰

(黑龙江省农业科学院 佳木斯分院/农业农村部佳木斯作物有害生物科学观测实验站/三江平原主要作物育种栽培重点实验室,黑龙江 佳木斯 154007)

摘要:为提高大豆和玉米品质和产量,在大豆 3~5 叶期、始花期、结荚期各喷施 1 次刈号微量元素水溶肥,在玉米 3~5 叶期、喇叭口期各喷施 1 次刈号微量元素水溶肥,研究喷施刈号微量元素水溶肥对大豆和玉米农艺性状及产量的影响。结果表明,喷施刈号微量元素水溶肥 375.0~750.0 mL·hm⁻²后,抑制了大豆倒伏株数,促进了大豆的根长、根鲜重、根干重、根瘤数、株高、单株荚数、单株粒数、百粒重和产量;降低了玉米的穗位高度、籽粒含水量,抑制了玉米的倒伏株数、秃尖长度,促进了玉米的根长、根鲜重、根干重、果穗行数、果穗行粒数、穗长、穗粗、果穗重、单穗籽粒重、百粒重和产量。在大豆生产过程中,喷施 3 次刈号微量元素水溶肥 750.0 mL·hm⁻²,可提高植株的抗逆性,增产 294.60 kg·hm⁻²,净增利润 1 140.84 元·hm⁻²;在玉米生产过程中,建议喷施 2 次刈号微量元素水溶肥 750.0 mL·hm⁻²,可提高植株的抗逆性,使玉米增产 648.68 kg·hm⁻²,净增利润 1 127.09 元·hm⁻²。

关键词:大豆;玉米;微量元素水溶肥;农艺性状;产量

大豆(*Glycine max* L.)原产于中国,现为世界种植面积最大的油料作物^[1]。近年来,我国需大量进口美国、巴西、阿根廷等国家的大豆^[2]。玉米(*Zea mays* L.)原产于中南美洲,是世界上三大粮食作物之一,16 世纪初传入中国,现为我国第一大作物^[3],是重要的粮食作物、畜牧饲料、工业原料。在此环境下,如何提高大豆和玉米产量与品质已迫在眉睫^[4]。

作物生长过程中合理地施用肥料,是作物高产的一个重要栽培措施,除了需要大量元素肥料(N、P、K),还需要微量元素^[5]。微量元素虽然在作物体内的含量很少,却是植物体内酶或辅酶的重要组成部分^[6],并且每种元素功能具有专一性,在作物生长发育中不可缺少且不可相互代替^[7]。例如,Fe 是光合作用、生物固氮和呼吸作用中细胞色素、非血红素铁蛋白和某些叶绿素-蛋白复合体合成的必需元素。当植株体内缺铁时,常常在幼叶上表现出叶脉间失去绿色,出现白化叶^[8]。

Mn 是细胞中许多酶(如脱氢酶、脱羧酶、激酶、氧化酶和过氧化酶)的活化剂,参与光合作用,调节植物体内氧化还原过程,影响糖酵解和三羧酸循环。当植株体内缺锰时,叶肉失绿,严重时叶片出现褐色斑点而停止生长^[9]。Zn 是某些酶(如谷氨酸脱氢酶、乙醇脱氢酶)的活化剂,参与植物体内生长素(IAA)的合成;能够改变植物体内有机氮和无机氮的比例,大大提高抗干旱、抗低温的能力,促进枝叶健康生长^[10]。当植株体内缺 Zn 时,除叶片失绿外在枝条尖端常出现小叶和簇生现象,称为“小叶病”,严重时枝条死亡,产量下降^[11]。B 是增强植株的强度和形状的重要元素,参与叶片光合作用中碳水化合物的合成,促进根的生长发育,提高植物的抗逆性,促进花粉萌发和花粉管的伸长,提高植株“坐花坐果”的能力^[12]。当植株体内缺 B 时,不仅会降低对病原菌的耐受或抗性机制,还会导致“花而不实”“蕾而无花”“穗而不实”等现象,损害作物质量,降低产量^[13]。Mo 是豆类作物固氮酶的组成部分,能提高固氮能力、蛋白质含量,还能促进光合作用的强度,降低体内 Al 积累引起的毒害作用^[14]。当植株体内缺 Mo 时,叶片失绿,生长受抑制。特别是豆科作物,根瘤少而小,固氮能力弱,导致产量降低。由此可见,当作物体内缺乏任何一种微量元素的时候,生长发育都会受到抑制,导致产量降低和品质下降。

收稿日期:2022-12-27

基金项目:黑龙江省重点研发计划(GA22B014);黑土地保护与利用科技创新工程专项(XDA28100000);黑龙江省自然科学基金(LH2021C091);黑龙江省重点研发计划指导类项目(GZ20210132)。

第一作者:王自杰(1997—),男,硕士,研究实习员,从事病虫害综合治理。E-mail:1720514462@qq.com。

通信作者:丁俊杰(1974—),男,博士,研究员,从事有害生物综合防治。E-mail:me999@126.com。

施用微量元素肥后,植株可以及时补充生长所需的元素,提高作物的抗逆性、产量和品质^[15]。植株不仅可以通过根系吸收土壤中的微量元素,还可通过叶片获取微量元素^[16]。因此,本研究旨在探明在常规施肥的基础上,通过分析叶面喷施刈号微量元素水溶肥对大豆、玉米农艺性状及产量的影响,以期为高产高品质栽培提供技术支持。

1 材料与方法

1.1 材料

试验于2022年6月至10月,在黑龙江省农业科学院佳木斯分院试验田(46.795 1°N,130.410 3°E)进行。试验地块地势平坦、肥力均匀,土壤类型为黑土,有机质含量4.98%,pH6.9。试验田块单次施用底肥,尿素50 kg·hm⁻²(N:46%)、磷酸二铵150 kg·hm⁻²(N:18%,P₂O₅:46%)、氯化钾50 kg·hm⁻²(K₂O:60%)。

供试的大豆品种为合农114,玉米品种为合玉191,由黑龙江省农业科学院佳木斯分院提供。

供试药剂为刈号微量元素水溶肥,含有Fe、Mn、Zn、B、Mo微量元素,制剂每瓶含量为500 mL,每瓶市场售价为100元,由常州信德农业科技有限公司提供。

1.2 方法

1.2.1 试验设计 大豆和玉米试验各设4个处理,处理1为清水对照(CK),处理2、处理3、处理4分别为375.0、562.5和750.0 mL·hm⁻²,每处理4次重复,每小区136 m²(20.0 m×6.8 m)。大豆田分别在3~5叶期、始花旗、结荚期各喷施1次,共喷施3次。玉米田分别在3~5叶期、喇叭口期各喷施1次,共喷施2次。用水量为45 L·hm⁻²。

1.2.2 测定项目及方法 每小区5点取样法,大豆苗期调查的农艺性状有根长、根鲜重、根干重、根瘤数,成熟期调查的农艺性状有百株倒伏数、株

高、百粒重、单株荚数、单株粒数、小区产量等;玉米苗期调查的农艺性状有根长、根鲜重、根干重,成熟期调查的农艺性状有百株倒伏数、穗位高度、株高、行数、行粒数、秃尖长度、穗长、穗粗、果穗重、籽粒重、籽粒含水量、百粒重、小区产量等。

$$\text{产量} = \text{实测产量} \times \frac{1 - \text{实测水分}}{1 - \text{标准水分}}$$

式中,大豆的标准水分为13%,玉米的标准水分为14%。

1.2.3 数据分析 利用Excel 2019整理数据,DPS 13.5软件中邓肯氏新复极差法(DMRT法)对试验数据进行差异显著性分析。

2 结果与分析

2.1 刈号微量元素水溶肥对大豆和玉米苗期性状的影响

2.1.1 大豆苗期性状 由表1可知,与CK相比,处理2、处理3和处理4在刈号微量元素水溶肥用药量375.0~750.0 mL·hm⁻²下,大豆的根长增加5.12%~17.42%、根鲜重增加0.92%~4.12%、根干重增加15.08%~25.23%、根瘤数增加4.17%~29.17%,说明刈号微量元素水溶肥对大豆苗期的根长、根鲜重、根干重、根瘤数具有促进效果。

对大豆苗期各指标进行差异显著性分析发现,处理4大豆的根长最长,为5.73 cm,与处理2、处理3无显著性差异($P>0.05$),显著高于处理1($P<0.05$);根鲜重最重,为11.36 g,但与其他处理无显著性差异;根干重最重,为4.07 g,与处理3无显著性差异,极显著高于处理1($P<0.01$),显著高于处理2;根瘤数最多,为15.50粒,与处理3无显著性差异,极显著高于其他处理。说明刈号微量元素水溶肥用药量750.0 mL·hm⁻²处理下对大豆苗期各性状促进效果最好。

表1 刈号微量元素水溶肥对大豆苗期性状的影响

处理	根长/cm	根鲜重/g	根干重/g	根瘤数/粒
1(CK)	4.88±0.27 bA	10.91±0.11 aA	3.25±0.09 cB	12.00±0.82 bB
2	5.13±0.09 abA	11.01±0.13 aA	3.74±0.06 bA	12.50±0.65 bB
3	5.33±0.11 abA	11.20±0.21 aA	3.93±0.09 abA	14.75±0.63 aAB
4	5.73±0.24 aA	11.36±0.21 aA	4.07±0.03 aA	15.50±0.29 aA

注:同列数据后不同大、小写字母分别表示在 $P<0.01$ 和 $P<0.05$ 水平差异极显著和显著。下同。

2.1.2 玉米苗期性状 由表2可知,与CK相比,处理2、处理3和处理4在刈号微量元素水溶肥用药量375.0~750.0 mL·hm⁻²下,玉米的根长增加8.09%~18.20%;根鲜重增加5.75%~13.64%、根干重增加10.10%~21.50%,说明刈号微量元素

水溶肥对玉米苗期的根长、根鲜重、根干重具有促进效果。

对玉米苗期各指标进行差异显著性分析发现,处理4的玉米的根长最长,为7.60 cm,与处理2、处理3无显著性差异,显著高于处理1;根鲜重最

重,为 10.08 g,极显著高于其他处理;根干重最重,为 3.73 g,显著高于处理 3,极显著高于其他处理。说明刈号微量元素水溶肥用量 750.0 mL·hm⁻² 处理下对玉米苗期各性状促进效果最好。

表 2 刈号微量元素水溶肥影响玉米苗期性状的影响

处理	根长/cm	根鲜重/g	根干重/g
1(CK)	6.43±0.31 bA	8.87±0.13 cC	3.07±0.06 cC
2	6.95±0.46 abA	9.38±0.15 bB	3.38±0.09 bB
3	7.38±0.28 abA	9.59±0.06 bB	3.51±0.03 bAB
4	7.60±0.16 aA	10.08±0.08 aA	3.73±0.05 aA

2.2 刈号微量元素水溶肥对大豆和玉米成熟期农艺性状及产量的影响

2.2.1 大豆成熟期性状及产量 由表 3 可知,与 CK 相比,处理 2、处理 3 和处理 4 在刈号微量元素水溶肥用量 375.0~750.0 mL·hm⁻² 下,大豆的百株倒伏株数降低 7.89%~47.37%、株高增高 0.81%~1.37%、单株荚数增加 2.92%~

10.53%、单株粒数增加 4.54%~10.52%、百粒重增加 4.58%~7.34%、产量增加 4.21%~8.28%。说明刈号微量元素水溶肥对大豆成熟期的倒伏株数有抑制效果,对单株荚数、单株粒数、百粒重、产量具有促进效果。

对大豆成熟期各指标进行差异显著性分析发现,处理 4 的百株倒伏数最少,为 5.00 株,极显著低于其他处理;株高最高,为 93.65 cm,与其他处理无显著性差异;单株荚数最多,为 47.25 荚,与其他处理无显著性差异;单株粒数最多,为 134.00 粒,与其他处理无显著性差异;百粒重最重,为 17.83 g,与处理 2、处理 3 无显著性差异,极显著高于处理 1;产量最重,为 3 852.06 kg·hm⁻²,与处理 2、处理 3 无显著性差异,极显著高于处理 1。说明刈号微量元素水溶肥用量 750.0 mL·hm⁻² 处理下对大豆成熟期倒伏抑制效果最佳,对其他性状促进效果最好。

表 3 刈号微量元素水溶肥对大豆成熟期农艺性状及产量的影响

处理	百株倒伏/株	株高/cm	单株荚数/荚	单株粒数/粒	百粒重/g	产量/(kg·hm ⁻²)
1(CK)	9.50±0.29 aA	92.38±4.29 aA	42.75±0.85 aA	121.25±1.32 aA	16.61±0.21 bB	3557.46±82.79 bB
2	8.75±0.25 abA	93.13±1.49 aA	44.00±3.89 aA	126.75±9.42 aA	17.37±0.14 aA	3707.27±60.37 abAB
3	8.00±0.41 bA	93.18±1.71 aA	45.50±0.29 aA	131.00±8.26 aA	17.56±0.17 aA	3797.96±3.97 aA
4	5.00±0.41 cB	93.65±0.48 aA	47.25±0.48 aA	134.00±4.18 aA	17.83±0.09 aA	3852.06±12.51 aA

2.2.2 玉米成熟期性状及产量 由表 4 和表 5 可知,与 CK 相比,处理 2、处理 3 和处理 4 在刈号微量元素水溶肥用量 375.0~750.0 mL·hm⁻² 下,玉米的倒伏株数降低 80.00%~100.00%、穗位降低 3.25%~5.42%、株高增长 2.16%~4.44%、果穗行数增加 0.00%~3.45%、行粒数增加 4.91%~13.50%、秃尖长度降低 25.00%~64.17%、果穗长度增加 1.41%~4.69%、果穗粗度增加 2.34%~5.85%、果穗重增加 1.99%~5.30%、单穗籽粒重增加 2.40%~6.40%、籽粒含水量降低 2.37%~3.04%、百粒重增加 0.56%~2.05%、产量增加 3.44%~6.98%。说明刈号微量元素水溶肥对玉米成熟期的倒伏株数、穗位高度、秃尖长度和籽粒含水量有抑制效果,对株高、果穗行数、行粒数、果穗长度、果穗粗度、果穗重、单穗籽粒重、百粒重和产量具有促进效果。

对玉米成熟期各指标进行差异显著性分析发现,处理 4 的百株倒伏数最少,为 0.00 株,但与其他处理无显著性差异;穗位最低,为 131.00 cm,与处理 2 和处理 3 无显著性差异,显著低于处理 1;果穗行数最多,为 15.00 行,与其他处理无显著性

差异;行粒数最多,为 46.25 粒,与处理 3 无显著性差异,极显著高于其他处理;秃尖长度最短,为 0.43 cm,与处理 3 无显著性差异,极显著低于其他处理;果穗长度最长,为 20.78 cm,与处理 2、处理 3 无显著性差异,显著高于处理 1;果穗粗度最粗,为 5.43 cm,与处理 2、处理 3 无显著性差异,极显著高于处理 1;果穗重最重,为 1.59 kg,显著高于处理 3,极显著高于其他处理;单穗籽粒重最重,为 1.33 kg,与处理 3 无显著性差异,极显著高于其他处理;籽粒含水量最低,为 24.53%,与处理 2、处理 3 无显著性差异,极显著低于处理 1;百粒重最重,为 40.32 g,与处理 2、处理 3 无显著性差异,显著高于处理 1;产量最重,为 9 943.08 kg·hm⁻²,与处理 3 无显著性差异,极显著高于其他处理。处理 3 的株高最高,为 326.38 cm,但与其他处理无显著性差异。说明刈号微量元素水溶肥用量 750.0 mL·hm⁻² 处理下对玉米成熟期百株倒伏数、穗位高度、秃尖长度、籽粒含水量抑制效果最佳,对其他性状促进效果最好(株高除外)。

表 4 刈号微量元素水溶肥对玉米成熟期农艺性状的影响

处理	百株倒伏/株	穗位/cm	株高/cm	果穗行数/行	行粒数/粒	秃尖长/cm	穗长/cm	穗粗/cm
1 (CK)	1.25±0.75 aA	138.50±3.35 aA	312.50±10.33 aA	14.50±0.50 aA	40.75±0.48 cC	1.20±0.04 aA	19.85±0.09 bA	5.13±0.09 bB
2	0.25±0.25 aA	134.00±2.58 abA	320.63±3.35 aA	14.50±0.50 aA	42.75±0.95 bcBC	0.90±0.17 abAB	20.13±0.23 abA	5.25±0.05 abAB
3	0.00±0.00 aA	133.25±1.75 abA	326.38±1.76 aA	14.50±0.50 aA	44.75±0.75 abAB	0.65±0.06 bcBC	20.63±0.35 abA	5.28±0.05 abAB
4	0.00±0.00 aA	131.00±1.10 bA	319.25±4.72 aA	15.00±0.58 aA	46.25±0.48 aA	0.43±0.05 cC	20.78±0.28 aA	5.43±0.06 aA

表 5 刈号微量元素水溶肥对玉米产量及其构成因素的影响

处理	果穗重/kg	单穗籽粒重/kg	籽粒含水量/%	百粒重/g	产量/(kg·hm ⁻²)
1(CK)	1.51±0.01 dC	1.25±0.01 cC	25.30±0.14 aA	39.51±0.10 bA	9294.40±51.70 cC
2	1.54±0.00 cB	1.28±0.01 bB	24.70±0.08 bB	39.73±0.20 abA	9614.03±30.43 bB
3	1.57±0.01 bAB	1.31±0.00 aAB	24.68±0.15 bB	40.03±0.33 abA	9769.69±43.84 abAB
4	1.59±0.00 aA	1.33±0.01 aA	24.53±0.17 bB	40.32±0.04 aA	9943.08±102.81 aA

2.3 喷施刈号微量元素水溶肥的经济效益

由表 6 可知,与 CK 相比,处理 2、处理 3 和处理 4 在刈号微量元素水溶肥用药量 375.0~750.0 mL·hm⁻² 下,大豆产量增加 149.81~294.60 kg·hm⁻²,玉米产量增加 319.63~648.68 kg·hm⁻²;大豆净增利润 583.97~1 140.84 元·hm⁻²,玉米净增利润 553.18~

1 127.09 元·hm⁻²。并且表现出,随着施药量的增加,作物的产量越高、净利润越大。处理 4 施用刈号微量元素水溶肥 750.0 mL·hm⁻²,大豆产量增加 294.60 kg·hm⁻²,净增利润 1 140.84 元·hm⁻²;玉米产量增加 648.68 kg·hm⁻²,净增利润 1 127.09 元·hm⁻²。

表 6 喷施刈号微量元素水溶肥对大豆和玉米经济效益的影响

作物	处理	产量/(kg·hm ⁻²)	单价/(元·kg ⁻¹)	增加产量/(kg·hm ⁻²)	投入成本/(元·hm ⁻²)	增收成本/(元·hm ⁻²)	净增利润/(元·hm ⁻²)
大豆	1(CK)	3557.46	5.40	—	—	—	—
	2	3707.27	5.40	149.81	225.00	808.97	583.97
	3	3797.96	5.40	240.50	337.50	1298.69	961.19
	4	3852.06	5.40	294.60	450.00	1590.84	1140.84
玉米	1(CK)	9294.40	2.20	—	—	—	—
	2	9614.03	2.20	319.63	150.00	703.18	553.18
	3	9769.69	2.20	475.29	225.00	1045.64	820.64
	4	9943.08	2.20	648.68	300.00	1427.09	1127.09

3 讨论

本研究中定义大豆的倒伏为大豆植株与地面垂直夹角大于 30°,并不可逆转的现象。大豆植株与地面垂直夹角小于 30°时,称之为倾斜。大豆田间调查时发现,喷施刈号微量元素水溶肥 750.0 mL·hm⁻² 后,抑制了大豆的倒伏,但促进了大豆的倾斜。这可能是因为该大豆品种为亚有限品种,喷施刈号微量元素水溶肥 750.0 mL·hm⁻² 后,促进了最顶端荚的数量和结实率,使豆株重心上移而导致的。

与 CK 相比,刈号微量元素水溶肥用药量 375.0~750.0 mL·hm⁻² 处理玉米的穗位高度得到了有效的降低,植株高度却得到不同程度的增高,百株倒伏数不同程度降低。说明相对于植株

总高度而言,果穗高度对玉米的倒伏影响更大。玉米籽粒中的含水量得到显著降低,减少了仓储和加工成本,更有利于储存和进一步深加工。

为了提高作物的产量与品质,Ma 等^[17]在芹菜生长过程中,Cu 肥随基肥施用且喷施 Zn、B 叶面肥显著提高了其体内微量元素的浓度及其品质和产量,同时降低了硝酸盐含量和病害指数;Gaj 等^[18]在马铃薯生长过程中,喷施含有 Zn、Cu、Mn、B 的叶面肥后提高了块茎重及单位面积产量;夏秀波等^[19]在番茄生长过程中,喷施 5 次那氏齐多多微量元素水溶肥(含有 Cu、Fe、Mn、Zn、B、Mo)后提高了单株果数及其产量。谢进等^[8]在玉竹生长过程中,喷施 5 kg·hm⁻² 的 Zn、B、Mo 肥后,其块茎内总皂苷含量分别提高了 89.20%、80.70% 和 51.20%,总黄酮含量分别提高了

80.40%、40.60%和59.70%；朱春弟等^[20]在小麦始穗期喷施“真打粮”(含Fe、Mn、Zn)，增产16.3%；陈爱晶等^[21]在水稻分蘖期、孕穗期、扬花灌浆期各喷施1次氨基酸水溶肥(含有Cu、Zn、B、Mo)后，单位面积产量较常规施肥对照和清水对照分别增加9.06%和10.29%。可见在作物生长过程中喷施微量元素水溶肥，可有效地提高作物的品质和产量。本研究也发现，喷施刈号微量元素水溶肥增加了大豆和玉米的百粒重和产量，这与吴拓等^[22]在大豆生产中利用Mo肥拌种、Zn+B肥叶面喷雾、刘天昊等^[23]于玉米拔节期喷施不同浓度Si肥后所得结论相似。进一步证明喷施微量元素水溶肥可有效地提高大豆与玉米的产量和品质。

4 结论

在大豆生产过程中，建议在3~5叶期、始花期、结荚期各喷施1次刈号微量元素水溶肥750.0 mL·hm⁻²，可提高植株的抗逆性，大豆增产294.60 kg·hm⁻²，净增利润1140.84元·hm⁻²。在玉米生产过程中，建议在3~5叶期和喇叭口期各喷施1次刈号微量元素水溶肥750.0 mL·hm⁻²，可提高植株的抗逆性，玉米产量增加648.68 kg·hm⁻²，增收净增利润1127.09元·hm⁻²。

参考文献：

- [1] 高宇,孙晨棋,罗英,等.中国大豆种子处理剂应用现状及研究进展[J].大豆科学,2022,41(5):617-623.
- [2] 罗屹,张昆扬,韩静波,等.中资企业在中国大豆进口中的地位分析[J].大豆科学,2022,41(5):600-609.
- [3] 任寒,刘鹏,董树亭,等.高温胁迫影响玉米生长发育的生理机制研究进展[J].玉米科学,2019,27(5):109-115.
- [4] 杨晓贺,王平,顾鑫,等.玉米三空栽培模式技术研究与集成[J].中国农学通报,2017,33(27):14-18.
- [5] 宋利玲,郝燕爽,马灌洋,等.河北平乡县玉米中微量元素肥效试验探究[J].特种经济动植物,2023,26(5):43-45.
- [6] 刘家友,杨国宝,王齐龙,等.减氮配施中微量元素肥对冬瓜产量和品质的影响[J].土壤,2023,55(1):30-36.
- [7] 马琦琦,李丽君,王斌,等.微肥对植物生长作用及施用技术的研究进展[J].安徽农业科学,2022,50(13):4-6.
- [8] 谢进,戴艳娇,宋荣,等.叶面喷施微肥对玉竹产量和品质的

影响[J].湖南农业科学,2022(3):38-42.

- [9] 杨丽丽.铁、锰、锌缺乏下马铃薯试管苗差异蛋白质组分析[D].兰州:甘肃农业大学,2017.
- [10] LI M, WANG S X, TIAN X H, et al. Zinc and iron concentrations in grain milling fractions through combined foliar applications of Zn and macronutrients[J]. Field Crops Research, 2016, 187:135-141.
- [11] 张梦真,李亚婷,马超,等.施锌对作物生长发育及籽粒产量和品质的影响[J].河南农业,2022(7):25-26.
- [12] WILL S, EICHERT T, FERNÁNDEZ V, et al. Boron foliar fertilization of soybean and lychee: effects of side of application and formulation adjuvants[J]. Journal of Plant Nutrition and Soil Science, 2012, 175(2):180-188.
- [13] SIMOGLU K B, DORDAS C. Effect of foliar applied boron, manganese and zinc on tan spot in winter durum wheat[J]. Crop Protection, 2005, 25(7):657-663.
- [14] 马琦琦,李丽君,王斌,等.微肥对植物生长作用及施用技术的研究进展[J].安徽农业科学,2022,50(13):4-6.
- [15] 李艳杰.中微量元素肥料处理种子对大豆生长及产量的影响[J].黑龙江农业科学,2021(7):19-23.
- [16] 张鑫坪,王炜鑫,杨文茹,等.叶面施硒对不同小站稻品种吸收累积硒及微量元素的影响[J].天津农林科技,2021,284(6):6-8.
- [17] MA J Z, ZHANG M, LIU Z G, et al. Copper-based-zinc-boron foliar fertilizer improved yield, quality, physiological characteristics, and microelement concentration of celery (*Apium graveolens* L.)[J]. Environmental Pollutants and Bioavailability, 2019, 31(1):261-271.
- [18] GAJ R, GÓRSKI D, MAJCHRZAK L. The effect of potassium and micronutrient foliar fertilisation on the content and accumulation of microelements, yield and quality parameters of potato tubers[J]. Agriculture, 2020, 10(11):530-530.
- [19] 夏秀波,李涛,曹守军,等.不同类型叶面肥在设施番茄上的应用效果[J].长江蔬菜,2022,556(14):71-74.
- [20] 朱春弟,徐冬根,徐军,等.麦用叶面肥“真打粮”在小麦上的效果试验[J].浙江农业科学,2022,63(1):50-51.
- [21] 陈爱晶,张璇.叶面喷施氨基酸水溶肥对水稻生育性状及产量的影响[J].南方农业,2022,16(11):27-29.
- [22] 吴拓,杨刘,降志兵.钼、锌、硼微量元素对大豆产量和品质的影响[J].南方农业,2015,9(31):6-8.
- [23] 刘天昊,张翼飞,王怀鹏,等.叶面喷施硅肥对寒地玉米干物质积累分配及产量品质的调控效应[J].作物杂志,2021(4):112-117.

Effects of Yihao Trace Element Water-Soluble Fertilizer on Agronomic Characters and Yield of Soybean and Maize

WANG Zijie, YANG Xiaohe, QIU Lei, ZHANG Maoming, YAO Liangliang, GAO Xuedong, FENG Haoyuan, DING Junjie

(Jiamusi Branch, Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences/Jiamusi Crop Pest Science Observation and Experiment Station of the Ministry of Agriculture and Rural Affairs/Key Laboratory of Main Crop Breeding and Cultivation in Sanjiang Plain, Jiamusi 154007, China)

(下转第46页)

- [21] 李舒依,李方乐,王颖杰,等. NaCl 胁迫下哈茨木霉对黄瓜种子萌发的影响[J]. 科学技术与工程, 2016, 16(9): 164-166.
- [22] 邵红涛,许艳丽. 具有生防能力的木霉菌(*Trichoderma* spp.)与两株大豆根腐病病原菌(*Fusarium oxysporum*、*Rhizoctonia solani*)对碳、磷、铁的竞争研究[J]. 黑龙江大学自然科学学报, 2007(1): 126-129.
- [23] 梁松,王建霞,魏甜甜,等. 深绿木霉 T1 和哈茨木霉 T21 抑菌活性及对番茄幼苗促生效果研究[J]. 天津农业科学, 2022, 28(6): 80-86.
- [24] 张祖衍,邓薇,李春,等. 施加枯草芽孢杆菌和哈茨木霉对黄瓜幼苗生长的影响[J]. 北方园艺, 2021, (23): 11-20.
- [25] 武慧,刘畅,樊航,等. 枯草芽孢杆菌与哈茨木霉对黄瓜幼苗生长的协同促进作用[J]. 吉林师范大学学报(自然科学版), 2021, 42(3): 95-99.
- [26] 李松鹏,崔琳琳,程家森,等. 两株哈茨木霉菌株防治水稻纹枯病及促进水稻生长的潜力研究[J]. 植物病理学报, 2018, 48(1): 98-107.
- [27] 董斯琳,姚桐桐,谢琳森,等. 哈茨木霉对镉胁迫下草地早熟禾的促生和增抗效应及其生理机制[J]. 浙江农业科学, 2022, 63(9): 2046-2053.
- [28] 陈臻,曾翠云. 盐胁迫下哈茨木霉对黄苣种子萌发及幼苗生长的影响[J]. 磷肥与复肥, 2022, 37(12): 50-52.
- [29] 郑旭蕊. 复合微生物菌剂的研制及其对尖孢镰刀菌防治效果研究[D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2021.

Effects of Seed Dressing Treatment with *Trichoderma harzianum* on Soybean Growth and Root Rot Disease

ZHANG Wu, YANG Shu, XIANG Peng, WU Junyan, LI Yanjie

(Heihe Branch, Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Heihe 164300, China)

Abstract: In order to clarify the control effect of *Trichoderma harzianum* Th7 seed dressing treatment on soybean root rot and field application, and provide basis for the promotion and application of *T. harzianum* Th7 seed dressing agent. This experiment studied the effect of *T. harzianum* Th7 on the occurrence of soybean root rot, the emergence rate, growth and yield of soybean from 2020 to 2022. The results showed that the control effect of *T. harzianum* Th7 on soybean root rot at 30 days after emergence was 37.51%-53.80%. The control effect was 38.44%-43.28% at 60 days after emergence. The emergence rate, plant height, pod number per plant, seed number per plant and 100-seed weight of soybean were all increased. The yield of *T. harzianum* Th7 treatments was 3.27%-12.64% higher than that of non-seed dressing treatments. Therefore, *T. harzianum* Th7 can be used as a green substitute for chemical seed dressing agent in soybean production.

Keywords: *Trichoderma harzianum*; seed dressing; soybean; soybean root rot

(上接第 34 页)

Abstract: In order to improve the quality and yield of soybean and maize, the effects of Yihao water soluble fertilizer spraying with trace elements on agronomic characters and yield of soybean and maize were studied. Water soluble fertilizer of trace elements were applied in the 3rd to 5th leaf stage, the first flowering stage and the pod stage of soybean, and applied in the 3rd to 5th leaf stage and the trumpet stage of maize. The results showed that after spraying 375.0-750.0 mL·ha⁻¹, the number of lodging plants was inhibited, and the root length, fresh root weight, dry root weight, nodal number, plant height, pod number per plant, grain number per plant, 100 grain weight and hectare yield of soybean were improved. It reduced the height of ear position and grain water content, inhibited the number of lodging plants and the length of bald tip, and promoted the root length, fresh root weight, dry root weight, row number of ear, row number of ear, ear length, ear thickness, ear weight, grain weight per ear, 100 grain weight and hectare yield of maize. In the process of soybean production, spraying 750.0 mL·ha⁻¹ water soluble fertilizer of trace elements three times could improve the stress resistance of plants, increase the yield by 294.60 kg·ha⁻¹, and increase the net profit by 1 140.84 yuan·ha⁻¹. In the process of maize production, it is recommended to spray 750.0 mL·ha⁻¹ water soluble fertilizer of trace elements twice, which can improve the stress resistance of plants, increase the yield of maize by 648.68 kg·ha⁻¹, and increase the net profit by 1 127.09 yuan·ha⁻¹.

Keywords: soybean; maize; trace element water-soluble fertilizer; agronomic characters; yield