



壳寡糖与腐植酸复配对小麦幼苗生长的影响初探

赵洁 张会平 许美玲* 冯梦喜*

河南黑色生态科技有限公司 新乡 453731

摘要: 以小麦“济麦 22”种子为试验材料,开展小麦幼苗水培试验,从生物刺激素复配角度出发,先筛选对小麦幼苗生长效果较好的壳寡糖产品,再将筛选出的壳寡糖产品和腐植酸结合,研究复配产品对小麦幼苗生长的影响。结果表明:相比空白对照,壳寡糖与腐植酸复配对小麦苗高和主根长有显著的促进作用;相比单独使用腐植酸,部分复配产品对小麦苗高、主根长表现出显著的促进作用。在提高小麦幼苗苗高方面最高可达 8.7%,在促进小麦幼苗主根长方面可提升至 12.4%。

关键词: 腐植酸;壳寡糖;生物刺激素;小麦;水培试验

中图分类号: TQ314.1, S512.1

文章编号: 1671-9212(2024)05-0041-05

文献标识码: A

DOI: 10.19451/j.cnki.issn1671-9212.2024.05.006

Preliminary Study on Effects of Combination of Chitooligosaccharide and Humic Acid on Growth of Wheat Seedlings

Zhao Jie, Zhang Huiping, Xu Meiling*, Feng Mengxi*

Henan Black Ecological Technology Co. Ltd., Xinxiang, 453731

Abstract: Using wheat “Jimai 22” seeds as material, the hydroponic experiment of wheat seedlings was carried out. From the perspective of biostimultin compounding, chitooligosaccharide products with good growth effect on wheat seedlings were screened first, and then the selected chitooligosaccharide products were combined with humic acid to study the effects of compound products on the growth of wheat seedlings. The results showed that, compared with blank control, the combination of chitooligosaccharide and humic acid combination significantly improved wheat seedling height and main root length. Compared with the use of humic acid alone, some of the combination products significantly improved wheat seedling height and main root length. The maximum effects of the combination products on wheat seedling height and main root length were 8.7% and 12.4%, respectively.

Key words: humic acid; chitooligosaccharide; biostimulant; wheat; hydroponic experiment

生物刺激素含有某种活性成分或微生物,可作用于植物叶片或根系,具有促进植物养分吸收、缓解非生物胁迫、加快生长发育进程、提高产量和改善品质等功效^[1~5]。国际上,一般将生物刺激素分为 5 类:腐植酸,蛋白水解物与氨基酸,海藻提取物,微生物菌剂,壳寡糖、几丁质及其衍生物等^[6]。近

年来,在农业生产实践中,将壳寡糖与腐植酸复配使用引起了越来越多的关注。夏萱等^[7]将壳寡糖与腐植酸相结合,能够以更低的使用浓度、更有效地调控植物的生长过程,从而减少化肥和农药的使用量,有利于农业的可持续发展。为此,本研究通过设置小麦幼苗水培试验,优选壳寡糖产品,再与腐

[收稿日期] 2022-10-27

[作者简介] 赵洁,女,1999 年生,助理农艺师,主要从事新型肥料开发与施肥技术研究工作, E-mail: zj163123123@163.com。* 通讯作者: 许美玲,女,农艺师, E-mail: 2352486618@qq.com; 冯梦喜,男,高级农艺师, E-mail: 44499724@qq.com。



植酸复配,初步探讨了 2 种生物刺激素复配对小麦幼苗生长的影响,以期壳寡糖和腐植酸复配在农业生产中推广应用提供参考。

1 材料与方法

1.1 供试材料及条件

供试作物:小麦,品种为“济麦 22”,种

子纯度 $\geq 99\%$ 、净度 $\geq 99\%$ 、发芽率 $\geq 88\%$ 、水分 $\leq 13\%$ 。

供试地点:河南黑色生态科技有限公司恒温培养室。

供试产品:壳寡糖,由 8 家公司生产的不同产品,含量均 $\geq 90\%$;腐植酸,由河南黑色生态科技有限公司生产,腐植酸含量 $\geq 60\%$ 。不同产品来源见表 1。

表 1 供试产品明细
Tab.1 Product details of test

编号	产品名称	来源
1	壳寡糖	山东卫康生物医药科技有限公司
2	壳寡糖	武汉博润科技有限公司
3	氨基寡糖素(壳寡糖)	青岛中科兴海生物科技有限公司
4	壳寡糖(4代)	山东多芬农业有限公司
5	壳寡糖	中科荣耀(苏州)生物科技有限公司
6	壳寡糖	青岛博智汇力生物科技有限公司
7	壳寡糖	青岛中肽生物技术有限公司
8	壳寡糖	山东施高德植物营养科技有限公司
9	壳寡糖(2代)	山东施高德植物营养科技有限公司
10	壳寡糖(19代)	山东多芬农业有限公司
11	腐植酸	河南黑色生态科技有限公司

1.2 试验方法

1.2.1 试验设计

(1) 不同来源壳寡糖小麦水培试验。

试验共设 11 个处理,分别为:CK,去离子水,为空白对照;T1 ~ T10,对应表 1 编号为 1 ~ 10 的壳寡糖。每个处理均用去离子水以 1 : 1000000 的稀释倍数稀释后的产品水溶液进行小麦水培试验,且每个处理 3 次重复,其余管理方式相同。综合不同壳寡糖对小麦幼苗生长的影响和投入成本,筛选出效果较好的壳寡糖产品用于与腐植酸复配试验研究。

(2) 壳寡糖与腐植酸复配小麦水培试验。

将 T1、T3、T4 以及 T9 对应的壳寡糖产品稀释 10 倍后,再分别按照 1 : 10、1 : 20、1 : 45、1 : 100、1 : 200 的体积比与腐植酸复配,共形

成 20 个复配产品。

试验共设 22 个处理,见表 2。

每个处理均用去离子水以 1 : 8000 的稀释倍数稀释后进行水培试验,且每个处理 3 次重复,其余管理方法相同。

1.2.2 种子处理

选择颗粒饱满、均匀、发育良好、大小相近的小麦种子进行催芽处理。首先将酒精消毒后的小麦种子浸泡 4 h,待种子充分吸胀后,将其捞出并冲洗干净,沥干水分;然后将处理后的小麦种子均匀地铺在提前准备好的 2 个育苗盘上,每个育苗盘放置 500 粒小麦种子,并使种子不重叠,最后取打湿的育苗纸覆盖在种子上面。置于恒温培养室中催芽 1 ~ 2 天,保持湿润,直到小麦尖端出现白色小芽。将催芽后的小麦种子(1 cm 左右)均匀摆放于底



部铺有纱布的定植篮中，每个定植篮放置 50 粒，将定植篮放在育苗盆中；然后在育苗盆中倒入不同处理的溶液，高度以刚好浸湿定植篮中的纱布为准。每隔 3 ~ 5 天（依据温度而定）用对应处理的溶液进行置换。

1.2.3 指标测定

室内培养 10 天后进行指标测定，测定指标包括：苗高、主根长、单株干重。干重测定方法：105 ℃烘箱杀青处理，80 ℃烘干 2 h，称恒重为止。

表 2 试验设计
Tab.2 Experimental design

处理编号	壳寡糖编号	复配比例
F0	—	去离子水
F-CK	—	腐植酸
F1	4	壳寡糖：腐植酸=1：10
F2	4	壳寡糖：腐植酸=1：20
F3	4	壳寡糖：腐植酸=1：45
F4	4	壳寡糖：腐植酸=1：100
F5	4	壳寡糖：腐植酸=1：200
F6	1	壳寡糖：腐植酸=1：10
F7	1	壳寡糖：腐植酸=1：20
F8	1	壳寡糖：腐植酸=1：45
F9	1	壳寡糖：腐植酸=1：100
F10	1	壳寡糖：腐植酸=1：200
F11	3	壳寡糖：腐植酸=1：10
F12	3	壳寡糖：腐植酸=1：20
F13	3	壳寡糖：腐植酸=1：45
F14	3	壳寡糖：腐植酸=1：100
F15	3	壳寡糖：腐植酸=1：200
F16	9	壳寡糖：腐植酸=1：10
F17	9	壳寡糖：腐植酸=1：20
F18	9	壳寡糖：腐植酸=1：45
F19	9	壳寡糖：腐植酸=1：100
F20	9	壳寡糖：腐植酸=1：200

1.3 数据处理

采用 SPSS 19.0 统计软件中的单因素方差分析法进行数据处理。

2 结果与分析

2.1 不同壳寡糖对小麦幼苗生长的影响

2.1.1 不同壳寡糖对小麦水培幼苗苗高的影响

由表 3 可知，不同壳寡糖对小麦幼苗苗高影响不同。除 T7 处理小麦幼苗苗高显著低于 CK 且达到显著差异外，其他处理与 CK 均未达到显著差异。不同处理小麦幼苗苗高从大到小排列依次为 T1 > T9 > T8 > T4 > T2 > T5 > CK > T10 > T3 > T6 > T7。T1 ~ T10 处理小麦幼苗苗高较 CK 分别增加了 2.2%、1.2%、-1.9%、1.5%、1.0%、-2.9%、-5.8%、1.8%、1.9%、-0.8%。以 T1 处理效果最好，其次是 T9 处理；T10、T3、T6、T7 处理则对小麦幼苗生长产生了抑制作用。

2.1.2 不同壳寡糖对小麦水培幼苗主根长的影响

由表 3 可知，不同壳寡糖对小麦幼苗主根长影响不同。除 T1 和 T6 处理小麦主根长显著低于 CK 外，其他处理与 CK 相比均未达到显著差异。不同处理小麦主根长从大到小排列依次为 T3 > T10 > CK > T7 > T5 > T4 > T9 > T8 > T2 > T1 > T6。T3 处理最好，较 CK 小麦主根长增加 1.5%，T10 处理与 CK 主根长长度接近，T1、T2、T4 ~ T9 处理小麦主根长较 CK 分别减少了 15.7%、9.2%、4.3%、3.1%、18.0%、1.5%、5.7%、4.5%。

2.1.3 不同壳寡糖对小麦水培幼苗单株干重的影响

由表 3 可知，不同壳寡糖对小麦幼苗单株干重影响不同。小麦幼苗单株干重从大到小排列依次为 T4 = T7 = T9 > T1 > T3 = CK > T5 > T6 = T8 > T10 > T2。其中，T4、T7、T9、T1 处理小麦幼苗单株干重较 CK 分别增加了 1.5%、1.5%、1.5%、0.4%；T5、T6、T8、T10、T2 处理较 CK 则分别减少了 0.4%、0.8%、0.8%、1.5%、3.4%。

综上所述，在 1000000 的稀释倍数下，不同来源的壳寡糖产品处理与 CK 相比无明显差异。综合其效果及成本，最终筛选出 4 号壳寡糖、1 号壳寡糖、3 号壳寡糖以及 9 号壳寡糖 4 种产品，用于与腐植酸复配的小麦水培试验研究。

表 3 不同壳寡糖对小麦幼苗生长的影响
Tab.3 Effects of different chitooligosaccharide on the growth of wheat seedlings

处理编号	浓度 (mg/mL)	苗高 (mm)	主根长 (mm)	单株干重 (g)
CK	—	14.39 ± 0.26a	10.83 ± 0.33a	0.0261
T1	0.8992	14.71 ± 0.30a	9.13 ± 0.25b	0.0262
T2	0.8992	14.56 ± 0.22a	9.83 ± 0.33ab	0.0252
T3	0.8992	14.12 ± 0.28ab	10.99 ± 0.39a	0.0261
T4	0.8992	14.61 ± 0.26a	10.36 ± 0.36a	0.0265
T5	0.8992	14.53 ± 0.24a	10.49 ± 0.34a	0.0260
T6	0.8992	13.97 ± 0.31ab	8.89 ± 0.45b	0.0259
T7	0.8992	13.55 ± 0.30b	10.67 ± 0.42a	0.0265
T8	0.8992	14.65 ± 0.26a	10.21 ± 0.37a	0.0259
T9	0.8992	14.66 ± 0.20a	10.34 ± 0.31a	0.0265
T10	0.8992	14.27 ± 0.31ab	10.84 ± 0.41a	0.0257

注：同列不同小写字母表示差异显著 ($P < 0.05$)，下同。

2.2 不同壳寡糖与腐植酸复配对小麦幼苗生长的影响

2.2.1 不同复配处理对小麦水培幼苗苗高的影响

由表 4 可知，不同复配处理对小麦幼苗苗高影响不同。小麦幼苗苗高从大到小排列依次为 F12 > F18 > F15 > F19 > F11 > F14 > F6 > F7 > F17 > F-CK > F13 > F1 > F9 > F20 > F8 > F2 > F16 > F3 > F5 > F10 > F4 > F0。

与 F0 处理相比，壳寡糖与腐植酸复配后的各处理 (F1 ~ F20) 均促进了小麦幼苗生长，差异均达到显著水平。各复配处理小麦幼苗苗高分别比 F0 处理增加了 55.9%、54.9%、53.6%、47.2%、53.3%、59.2%、57.6%、55.3%、55.6%、49.6%、61.8%、70.8%、56.5%、59.3%、65.0%、54.8%、57.5%、66.0%、63.7%、55.5%，对苗高促进作用均在 47.0% 以上。

与 F-CK 处理相比，所有复配处理除 F12 处理小麦幼苗苗高显著增加外，其余复配处理与 F-CK 处理相比均未达到显著差异。其中，F12、F18、F15、F19、F11、F14、F6、F7、F17 处理分别较 F-CK 处理增加了 8.7%、5.6%、5.0%、4.1%、2.9%、1.3%、1.2%、0.2%、0.2%；其他复配处理较 F-CK 处理略有减少，但差异不显著。

2.2.2 不同复配处理对小麦水培幼苗主根长的影响

由表 4 可知，不同复配处理对小麦幼苗主根长影响不同。小麦主根长从大到小排列依次为 F5 > F9 > F3 > F6 > F4 > F2 > F7 > F18 > F8 > F10 > F1 > F17 > F12 > F13 > F16 > F15 > F14 > F-CK > F11 > F20 > F19 > F0。

与 F0 处理相比，所有处理小麦幼苗主根长均有不同程度的增加，且差异均达到了显著水平，主根长增加了 88% ~ 118%。

与 F-CK 处理相比，F2 ~ F7、F9 处理下小麦幼苗主根长明显增加，差异达到显著水平，以 F5 处理效果最好，增加了 12.4%；F11、F20、F19 处理则略有减少，F19 处理效果最差，减少了 2.9%。除 F11 与 F-CK 处理数值接近外，F1 ~ F10、F12 ~ F18 处理的小麦幼苗主根长较 F-CK 处理分别增加了 3.1%、7.7%、12.2%、9.4%、12.4%、11.0%、7.6%、5.0%、12.3%、4.2%、2.7%、2.6%、5.1%、1.8%、2.1%、2.8%、5.5%。

2.2.3 不同复配处理对小麦水培幼苗单株干重的影响

由表 4 可知，不同复配处理对小麦幼苗单株干重影响不同。小麦幼苗单株干重从大到小排列依次为 F6 > F8 > F3 > F2 > F10 = F1 > F4 = F18 > F7 > F-CK > F12 = F15 = F16 = F19 > F5 > F9 >



F14 > F20 > F17 > F11 > F0 > F13。

与 F0 处理相比，除 F13 处理小麦幼苗单株干重略低外，其他处理较 F0 处理均有不同程度的增加。

与 F-CK 处理相比，不同复配处理对小麦单株干重的影响高于腐植酸产品处理。其中，F6 处理表现效果最好，增加 4.4%；其次是 F3 处理，增加 3.0%。

表 4 不同复配处理对小麦幼苗生长的影响
Tab.4 Effects of different compound treatment on growth of wheat seedlings

处理编号	浓度（mg/mL）	苗高（mm）	主根长（mm）	单株干重（g）
F0	—	13.29 ± 0.17e	10.83 ± 0.37h	0.0248
F-CK	0.0750	20.89 ± 0.31bcd	21.02 ± 0.34efg	0.0270
F1	0.1250	20.72 ± 0.54bcd	21.67 ± 0.44defg	0.0275
F2	0.1250	20.58 ± 0.44bcd	22.64 ± 0.34abcd	0.0277
F3	0.1250	20.41 ± 0.56bcd	23.59 ± 0.38a	0.0278
F4	0.1250	19.56 ± 0.51d	23.00 ± 0.33abc	0.0272
F5	0.1250	20.36 ± 0.51cd	23.63 ± 0.42a	0.0266
F6	0.1250	21.15 ± 0.66bcd	23.33 ± 0.36ab	0.0282
F7	0.1250	20.94 ± 0.42bcd	22.63 ± 0.35abcd	0.0271
F8	0.1250	20.64 ± 0.48bcd	22.07 ± 0.37bcdef	0.0280
F9	0.1250	20.67 ± 0.45bcd	23.60 ± 0.41a	0.0264
F10	0.1250	19.87 ± 0.46d	21.91 ± 0.48cdef	0.0275
F11	0.1250	21.51 ± 0.45abc	21.00 ± 0.45efg	0.0250
F12	0.1250	22.70 ± 0.49a	21.59 ± 0.45defg	0.0268
F13	0.1250	20.80 ± 0.49bcd	21.56 ± 0.45defg	0.0244
F14	0.1250	21.17 ± 0.47bcd	21.10 ± 0.45bcdef	0.0263
F15	0.1250	21.93 ± 0.42abc	21.40 ± 0.45defg	0.0268
F16	0.1250	20.57 ± 0.5bcd	21.45 ± 0.45defg	0.0268
F17	0.1250	20.93 ± 0.44bcd	21.60 ± 0.45defg	0.0253
F18	0.1250	22.07 ± 0.62ab	22.18 ± 0.45bcde	0.0272
F19	0.1250	21.75 ± 0.48abc	20.42 ± 0.45g	0.0268
F20	0.1250	20.66 ± 0.46bcd	20.82 ± 0.45fg	0.0257

3 结论与讨论

总的来说，壳寡糖和腐植酸复配后对小麦幼苗生长有一定的促进作用，与 F0 处理相比均能显著促进小麦苗高、主根长，促进单株干重的增加。但与 F-CK 处理相比，对小麦苗高的影响，仅 F12 处理（3 号壳寡糖：腐植酸 = 1：20）与腐植酸处理达到了显著差异；对小麦主根长的影响，

F3 处理（4 号壳寡糖：腐植酸 = 1：45）、F5 处理（4 号壳寡糖：腐植酸 = 1：200）、F6 处理（1 号壳寡糖：腐植酸 = 1：10）、F9 处理（1 号壳寡糖：腐植酸 = 1：100）、F19 处理（9 号壳寡糖：腐植酸 = 1：100）、F20 处理（9 号壳寡糖：腐植酸 = 1：200）与腐植酸处理达到了显著差异。综合 3 个指标的数据来看，以 F6（1 号壳寡糖：腐植酸 = 1：10）（下转第 58 页）



和发育,并最终影响产量。

4 结论

在本试验中,与 U 相比,U-HA 在减少土壤氮素损失方面具有一定的优势,它促进了氨的非生物固定,防止了尿素引起的土壤酸化,减少了硝化作用和 N_2O 的排放。微生物生物量也保持更稳定,其功能受到的干扰较小。

值得注意的是,这些影响除了具有农业价值外,对环境也很重要。氨和 N_2O 的排放不仅会导致氮肥的非生产性损失,而且还会造成不利的环境后果,加剧全球温室效应。

与 U-UI 处理相比,U-HA 处理的结果介于 U-UI 和 U 处理之间。同时,一些土壤生物活性指标显示 NBPT 对土壤生物有潜在的负面影响。因此,与 U-HA 处理和对照土壤相比,代谢熵 $q\text{CO}_2$ 较低,表明 NBPT 可能对土壤生物的其他功能产生非特异性的负面影响。考虑到 U-HA 的效果与 U-UI 的效果趋势相同,并且考虑到腐植酸原料的成本较低,

使用 U-HA 在经济上是可行的。

然而,有必要考虑的是,观察到的趋势在本试验特定条件下是有效的。本试验中所使用的淋溶土壤的特点是具有较高的生物活性,pH 呈中性,并在 $22\text{ }^\circ\text{C}$ 恒定光照下进行的。可以假设,在其他试验条件下,尿素与其他浓度的腐植酸或在其他土壤和生物气候条件下,揭示的模式可能更明显。针对不同土壤的这一问题的进一步研究。因此,在低 HSs 沙质土壤和氨挥发剧烈的干旱地区,尿素颗粒表面的腐植酸包膜不仅可以作为脲酶抑制剂,还可以改善土壤 HSs 状态。在硝酸盐淋溶和 N_2O 排放旺盛的湿润地区,腐植酸包膜尿素也将有助于减少这些负面影响。尽管与合成 UI 相比,U-HA 效果不那么明显,但使用这种产品可以被认为是减少农业化学负荷的一种工具,也是迈向“绿色”农业的一个步骤。

基金、致谢、参考文献等(略)

译自: *Agronomy*, 2023, 13: 1958。

(上接第 45 页)复配效果最好。

本试验在不同来源壳寡糖产品比较试验中,与空白对照相比,各壳寡糖产品对小麦幼苗苗高、主根长的影响没有达到显著的促进作用,但与腐植酸复配后,虽然浓度降低了,对小麦苗高和主根长的促进作用达到了显著差异。在本试验中,初步筛查了壳寡糖与腐植酸复配的最佳比例,但没有发现壳寡糖与腐植酸复配对小麦幼苗株高和根系生长呈现出较为明显的规律。

下一步,在本试验基础上,需要深入开展壳寡糖与腐植酸复配对小麦全生育期的影响、对小麦产量和品质的影响、对小麦抗性的影响等系统研究,以为二者复配在小麦种植中大面积推广应用提供参考。

参考文献

[1] 谢尚强,王文霞,张付云,等.植物生物刺激素研究

进展[J].中国生物防治学报,2019,35(3):487~496.

[2] 李炳言,宋大利,王秀斌,等.不同生物刺激素对玉米生长及土壤微生物群落结构的影响[J].植物营养与肥料学报,2023,29(11):2172~2180.

[3] 应学兵,姜淑芳,高源,等.高钾型水溶肥配施生物刺激素对茄子生长及品质的影响[J].北方园艺,2023(14):1~7.

[4] 林家欣,陆苑莹,伏广农,等.不同生物刺激素对水培上海青产量及品质的影响[J].农业工程技术,2023,43(6):11~15.

[5] 黄哈达,韩效钊,梅万付,等.4种生物刺激素对韭菜种子萌发及幼苗生长的影响[J].天津农林科技,2020(5):13~15,18.

[6] 张桂娟,林雪,陈虹,等.生物刺激素在春季花椰菜上的应用研究[J].蔬菜,2020(5):26~31.

[7] 夏萱.一种海洋寡糖复合植物生长调节剂的研究[D].中国海洋大学硕士学位论文,2012.