

NAA、IAA 与鱼肉蛋白酶解物 对小球藻生长和抗氧化能力的影响

赵子续 张宝龙 曲 木 唐子鹏 翟胜利*

天津现代晨辉科技集团有限公司/天津市水族动物功能性饲料企业重点实验室,天津 301800

摘要 采用正交试验法,以 NAA(0.5 mg/L、2.0 mg/L、3.5 mg/L)、IAA(0.5 mg/L、2.0 mg/L、3.5 mg/L)和蛋白酶解物(0.05 mL/L、0.20 mL/L、0.35 mL/L)为影响因素,配制 9 种不同的培养基,培养小球藻 10 d,测定其生长和生化指标,研究小球藻培养基中添加 NAA、IAA 和鱼肉蛋白酶解物对小球藻生长和生化指标的影响。试验结果显示:NAA、IAA 和蛋白酶解物存在一定的互作效应,能有效地提高小球藻的生长状况和比生长速率。4 组(NAA 0.5 mg/L、IAA 3.5 mg/L、蛋白酶解物 0.35 mL/L)和 6 组(NAA 2.0 mg/L、IAA 2.0 mg/L、蛋白酶解物 0.35 mL/L)小球藻的生长状况和生长速率优于其他 7 组。3 因素对小球藻生化指标的影响有显著性差异,对小球藻生化指标的影响大小均为蛋白酶解物>IAA>NAA。从各处理间的比较来看,小球藻较高的酶活力和较低的 MDA 含量均为 8 组 A3B3C2 和 4 组 A1B3C3,9 组 A1B1C1 酶活力较低且 MDA 含量较高。从各因素的最优水平来看,小球藻生化指标的最优组合为 A3B3C3,即 NAA 浓度为 3.5 mg/L、IAA 浓度为 3.5 mg/L、蛋白酶解物 0.35 mL/L。

关键词 NAA;IAA;蛋白酶解物;小球藻;抗氧化能力

植物激素又称植物内源激素,指植物体内产生的一些微量并能调节自身生理活动过程的小分子有机化合物,共分为生长素、乙烯、脱落酸、赤霉素、细胞分裂素和油菜素甾醇六类。其中,生长素是第 1 个被发现的植物激素,吲哚乙酸(IAA)为其重要的化学物质,具有促进植物生长的作用。而作为生长素类似物的萘乙酸(NAA)在植物生长过程中具有重要的调节作用,二者在农业生产上应用广泛。陈颖等^[1]研究表明,植物激素对螺旋藻的生长和代谢产物的合成有明显的促进作用。

在水产养殖中,一些低值鱼类被简单地加工成经济效益极低的饲料鱼粉,由于加工和回收手段的落后导致营养物质大量流失,产品使用价值较低。因此,提高低值鱼类的利用价值具有重要的研究意义。酶解法具有操作方便、对营养物质破坏小等优点,被广泛应用于动物蛋白的回收。何建君等^[2]研究

表明,鱼蛋白经酶降解后,功能和品质得到了显著提高。

小球藻(*Chlorella vulgaris*)隶属于绿藻门,小球藻属,是一种单细胞淡水藻类,具有生长速度快、易于培养、营养丰富等优点。在水产养殖中,常作为轮虫、桡足类等强化培育饵料,也可作为鱼类的开口饵料,具有很高的应用价值。罗川等^[3]研究表明,在小球藻培养基中添加 2 种植物激素,小球藻生长及脂质合成影响显著。叶林超等^[4]研究表明,动物蛋白酶解物与氮、磷的组合能显著提高小球藻的生物量,促进叶绿素和藻体蛋白质的合成。而研究植物激素和动物蛋白酶解物相结合对小球藻的影响却鲜有报道。本试验中研究了 2 种植物激素(NAA、IAA)和动物蛋白酶解物之间的不同组合对小球藻生长和生理生化的影响,旨在为植物激素和动物蛋白酶解物在藻类生长的研究提供方法,为小球藻的

收稿日期:2020-09-16

基金项目:宝坻区水族文化创意产业园建设(201921)

* 通讯作者

赵子续,男,1991 年生,硕士,工程师。

深入研究和大规模生产提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

藻种来源:中国科学院水生生物研究所购买藻种(普通小球藻 FACHB-1227),在天津现代晨辉科技集团有限公司研发中心实验室扩培至 30 L 以试验备用,测得其吸光度为 0.640。

以 BG11 培养基^[5]为小球藻基础培养基,其营养成分主要由 NaNO_3 、 K_2HPO_4 和 $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 等组成。各营养盐的添加量及 A5 组成见表 1 和表 2,调节其 pH 为 7.5~8.0,测得其吸光度为 0.011。

1.2 试验方法

1)蛋白酶解物的制取。取适量经绞碎的新鲜鱼肉,1:1 加水充分搅拌,按 500:1 添加枯草杆菌酶,一

定温度下水浴酶解 3 h 后,90 °C 灭酶 15 min,水浴冷却,5 000 r/min 离心 10 min,取上清液^[6]。

2)试验设计。本试验以 NAA、IAA 和蛋白酶解物为影响因素,进行三因素三水平正交试验^[7],研究不同浓度 (0.5、2.0、3.5 mg/L)NAA、IAA 和 (0.05、0.20、0.35 mL/L) 蛋白酶解物对小球藻生长及营养含量的影响;比较不同添加剂的不同添加量对小球藻生长的诱导效果。小球藻藻种与添加相应植物激素和蛋白酶解物的 BG11 培养基按 1:3 的比例扩培,测得初始小球藻吸光度为 0.145 ± 0.006 。正交试验因素水平见表 3。

3)培养条件。试验采用混养模式,将培养瓶置于光照培养箱培养,光照 3 000~4 000 lx,光暗周期为 12 h:12 h,温度 25~30 °C,每组设置 3 个平行^[8],培养周期为 10 d。

表 1 小球藻 BG11 培养基组成

组份	用量 mL/L	母液浓度
NaNO_3	10	15 g/100 mL dH ₂ O
K_2HPO_4	10	2 g/500 mL dH ₂ O
$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	10	3.75 g/500 mL dH ₂ O
$\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	10	1.8 g/500 mL dH ₂ O
柠檬酸	10	0.3 g/500 mL dH ₂ O
柠檬酸铁钠	10	0.3 g/500 mL dH ₂ O
EDTA 二钠	10	0.05 g/500 mL dH ₂ O
Na_2CO_3	10	1.0 g/500 mL dH ₂ O
A ₅	1	

表 2 A5 试剂的组成

组份	浓度
H_3BO_3	2.86 g/L dH ₂ O
$\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	1.86 g/L dH ₂ O
$\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	0.22 g/L dH ₂ O
$\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	0.39 g/L dH ₂ O
$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	0.08 g/L dH ₂ O
$\text{Co}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	0.05 g/L dH ₂ O

注:用 NaOH 或 HCl 调节其 pH 范围为 7.5~8.0。

表 3 NAA、IAA 与蛋白酶解物组合的正交试验设计

组别	NAA/(mg/L)	IAA/(mg/L)	蛋白酶解物/(mL/L)
1	3.5	2.0	0.05
2	0.5	2.0	0.20
3	3.5	0.5	0.35
4	0.5	3.5	0.35
5	2.0	3.5	0.05
6	2.0	2.0	0.35
7	2.0	0.5	0.20
8	3.5	3.5	0.20
9	0.5	0.5	0.05

4) 试验测定。

① 生长指标测定

A. 吸光度: 试验开始时, 采用分光光度计于波长 680 nm 测定不同植物激素添加量的小球藻液的吸光度值, 并在培养期间每天测 1 次吸光度, 测定小球藻的繁殖速度。

B. 细胞密度: 采用 0.1 mL 计数框计数, 取稀释后的小球藻液 0.1 mL 于浮游植物计数框, 在生物显微镜(400~600 倍)下, 选取 5 个视野观察计数; 每个水样计数 2 次, 取其平均值, 把计数所得结果换算为原来水样中藻类的数量时, 用下式计算:

$$N=1000 \times 10 \times 20 \quad n \times A$$

式中:

N——1 L 原水样中浮游植物数量(个/L);

n——计数所得每次计数框藻类的平均数量;

A——稀释倍数。

C. 比生长速率(μ)^[9]: $\mu = (\ln N_t - \ln N_0) / T$

式中, N_t 和 N_0 分别为经过 T 天后细胞密度和初始细胞密度。

② 生化指标测定。

试验周期结束以后, 准确称取小球藻组织湿重, 按重量(g): 体积(mL)=1:4 的比例, 加入 4 倍体积的 PBS 缓冲液, 冰水浴条件下匀浆, 3 500 r/min, 离心 10 min, 取上清液稀释成相应的浓度用于生化指标的测定。蛋白质定量、过氧化氢酶(CAT)、丙二醛(MDA)、超氧化物歧化酶(SOD)均采用试剂盒测定, 购于南京建成生物工程研究所。

5) 数据分析。采用 Excel 对数据进行分析, 试验数据以“平均值±标准差 (mean±SD)”表示。采用 SPSS 18.0 统计分析软件进行单因素方差分析, 若差异性显著 ($P < 0.05$) 则进行 Duncan's 多重比较分析。

2 结果与分析

2.1 对小球藻生长指标的影响

1) 对小球藻吸光度的影响。植物激素与动物蛋白酶解物的不同组合对小球藻生长的影响从图 1 可知, 在试验周期内, 小球藻培养基中添加相应的不同植物激素和蛋白酶解物, 小球藻吸光度的变化范围为 0.673~0.821。各组之间小球藻吸光度差异显著 ($P < 0.05$)。4 组(NAA 0.5 mg/L、IAA 3.5 mg/L、蛋白酶解物 0.35 mg/L) 和 6 组 (NAA 2.0 mg/L、IAA

2.0 mg/L、蛋白酶解物 0.35 mg/L) 小球藻的吸光度较高, 分别为 0.821 ± 0.010 和 0.802 ± 0.009 , 且 2 组之间小球藻吸光度无显著性差异 ($P > 0.05$)。9 组 (NAA 0.5 mg/L、IAA 0.5 mg/L、蛋白酶解物 0.05 mg/L) 小球藻的吸光度较低, 为 0.673 ± 0.011 , 9 组比 4 组降低了 18.03%。基于小球藻吸光度的评价, 4 组和 6 组小球藻的生长状况较好。

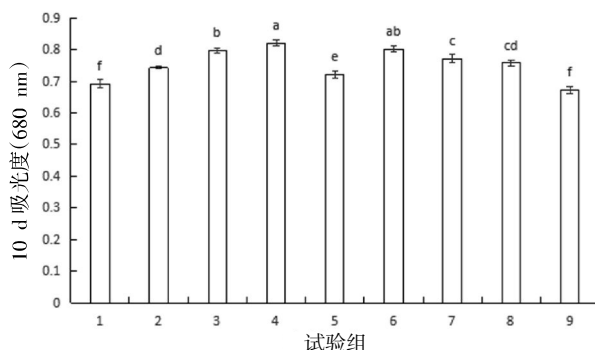


图 1 植物激素与动物蛋白酶解物的不同组合对小球藻比生长速率的影响

2) 对小球藻比生长速率的影响。植物激素与动物蛋白酶解物的不同组合对小球藻比生长速率的影响如图 2 所示, 在试验周期内, 小球藻培养基中添加相应的不同植物激素和蛋白酶解物, 小球藻比生长速率的变化范围为 0.153~0.173/d。各组之间小球藻比生长速率差异显著 ($P < 0.05$)。4 组(NAA 0.5 mg/L、IAA 3.5 mg/L、蛋白酶解物 0.35 mg/L) 和 6 组 (NAA 2.0 mg/L、IAA 2.0 mg/L、蛋白酶解物 0.35 mg/L) 小球藻的比生长速率较高, 分别为 0.173/d 和 0.171/d, 且 2 组之间小球藻比生长速率无显著性差异 ($P > 0.05$)。9 组(NAA 0.5 mg/L、IAA 0.5 mg/L、蛋白酶解物 0.05 mg/L) 小球藻的比生长速率较低, 为 0.153/d, 9 组比 4 组降低了 11.56%。基于小球藻比生长速率的评价, 4 组和 6 组小球藻的生长速率较快。

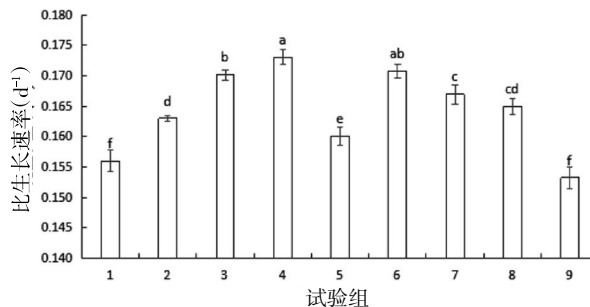


图 2 植物激素与动物蛋白酶解物的不同组合对小球藻生长的影响

2.2 植物激素与蛋白酶解物对小球藻生化指标影响的正交分析

1)植物激素与蛋白酶解物对小球藻总蛋白浓度的正交分析。由表 4 正交分析结果可知,3 因素对小球藻总蛋白浓度的影响有显著性差异 ($P<0.05$)。3 个因素的极差表现为蛋白酶解物>IAA>NAA,说明 3 种因素对小球藻总蛋白浓度的影响大小依次为蛋白酶解物>IAA>NAA。从各因素不同水平间的差异来看,不同 NAA 浓度下总蛋白浓度的大小为 A3 (3.5 mg/L)>A2(2.0 mg/L)>A1(0.5 mg/L);不同 IAA 浓度下总蛋白浓度的大小为 B3(3.5 mg/L)>B2(2.0 mg/L)>B1(0.5 mg/L);不同蛋白酶解物下总蛋白浓度的大小为 C3 (0.35 mL/L)>C2 (0.20 mL/L)>C1 (0.05 mL/L)。说明各因素的水平差异会对小球藻总蛋白浓度造成影响。

从各处理间的比较来看,小球藻总蛋白浓度较高的为 8 组(A3B3C2)和 4 组(A1B3C3),分别为 147.33±3.59 μg/mL 和 143.11±4.78 μg/mL,小球藻总蛋白浓度最低的为 9 组(A1B1C1),为 110.97±4.70 μg/mL。9 组比 8 组和 4 组分别降低了 24.70%、22.46%。说明各因素不同水平的不同组合对小球藻总蛋白浓度有较大影响。从各因素的最优

水平来看,小球藻总蛋白浓度的最优组合为 A3B3C3,即 NAA 浓度为 3.5 mg/L、IAA 浓度为 3.5 mg/L、蛋白酶解物 0.35 mL/L。

2)植物激素与蛋白酶解物对小球藻总 SOD 活力的正交分析。由表 5 正交分析结果可知,3 因素对小球藻总 SOD 活力的影响有显著性差异($P<0.05$)。3 个因素的极差表现为蛋白酶解物>IAA>NAA,说明 3 种因素对小球藻总 SOD 活力的影响大小依次为蛋白酶解物>IAA>NAA。从各因素不同水平间的差异来看,不同 NAA 浓度下总 SOD 活力的大小为 A3 (3.5 mg/L)>A2(2.0 mg/L)>A1(0.5 mg/L);不同 IAA 浓度下总 SOD 活力的大小为 B3(3.5 mg/L)>B1(0.5 mg/L)>B2 (2.0 mg/L);不同蛋白酶解物下总 SOD 活力的大小为 C3(0.35 mL/L)>C2(0.20 mL/L)>C1(0.05 mL/L)。说明各因素的水平差异会对小球藻总 SOD 活力造成影响。

从各处理间的比较来看,小球藻总 SOD 活力较高的为 4 组(A1B3C3)和 8 组(A3B3C2),分别为 86.75±3.14 U/mg 和 86.53±2.28 U/mg,小球藻总 SOD 活力最低的为 9 组(A1B1C1),为 63.66±1.83 U/mg。9 组比 4 组和 8 组分别降低了 26.62%和 26.43%。说明各因素不同水平的不同组合对小球藻

表 4 小球藻总蛋白浓度正交试验结果

组别	因素			总蛋白浓度/ (μg/mL)
	NAA A	IAA B	蛋白酶解物 C	
1	3	2	1	121.02±3.25d
2	1	2	2	115.23±4.36de
3	3	1	3	131.54±3.04c
4	1	3	3	143.11±4.78ab
5	2	3	1	125.23±3.10cd
6	2	2	3	136.80±3.93b
7	2	1	2	126.28±4.30cd
8	3	3	2	147.33±3.59a
9	1	1	1	110.97±2.70e
K1	123.107b	122.932b	119.076b	
K2	129.439ab	124.352b	129.613a	
K3	133.297a	138.558a	137.153a	
极差	3.97	11.198	12.366	
最佳水平	A3	B3	C3	
影响程度		C>B>A		
理论最佳组合		A3B3C3		

注:数据之间不同小写字母表示差异显著($P<0.05$),相同字母表示差异不显著($P>0.05$)。其中,K 值为均数,A 为 NAA(K1-K3 依次为添加量 0.5、2.0、3.5 mg/L);B 为 IAA(K1-K3 依次为添加量 0.5、2.0、3.5 mg/L);C 为蛋白酶解物(K1-K3 依次为添加量 0.05、0.20、0.35 mL/L),下同。

总 SOD 活力有较大影响。从各因素的最优水平来看, 小球藻总 SOD 活力的最优组合为 A3B3C3, 即 NAA 浓度为 3.5 mg/L、IAA 浓度为 3.5 mg/L、蛋白酶解物 0.35 mL/L。

3) 植物激素与蛋白酶解物对小球藻 CAT 活力的正交分析。由表 6 正交分析结果可知, 3 因素对小球藻 CAT 活力的影响有显著性差异 ($P < 0.05$)。3 个因素的极差表现为蛋白酶解物 > IAA > NAA, 说明 3 种因素对小球藻 CAT 活力的影响浓度下 CAT 活力的大小为 A3(3.5 mg/L) > A2(2.0 mg/L) > A1(0.5 mg/L); 不同 IAA 浓度下 CAT 活力的大小为 B3(3.5 mg/L) > B2(2.0 mg/L) > B1(0.5 mg/L); 不同蛋白酶解物下 CAT 活力的大小为 C3(0.35 mL/L) > C2(0.20 mL/L) > C1(0.05 mL/L)。说明各因素的水平差异会对小球藻 CAT 活力造成影响。

从各处理间的比较来看, 小球藻 CAT 活力较高的为 8 组(A3B3C2)和 4 组(A1B3C3), 分别为 5.86 ± 0.07 U/mg 和 5.25 ± 0.10 U/mg, 小球藻 CAT 活力最低的为 9 组(A1B1C1), 为 3.32 ± 0.08 U/mg。9 组比 8 组和 4 组分别降低了 43.34%、36.76%, 说明各因素不同水平的不同组合对小球藻 CAT 活力有较大影响。从各因素的最优水平来看, 小球藻 CAT 活力的最优组合为 A3B3C3, 即 NAA 浓度为 3.5 mg/L、IAA 浓度为 3.5 mg/L、蛋白酶解物 0.35 mL/L。

4) 植物激素与蛋白酶解物对小球藻 MDA 含量的正交分析。由表 7 正交分析结果可知, 3 因素对小球藻 MDA 含量的影响有显著性差异 ($P < 0.05$)。3 个因素的极差表现为蛋白酶解物 > IAA > NAA, 说明 3 种因素对小球藻 MDA 含量的影响大小依次为蛋白酶解物 > IAA > NAA。从各因素不同水平间的差异来看, 不同 NAA 浓度下 MDA 含量的大小为 A3(3.5 mg/L) > A2(2.0 mg/L) > A1(0.5 mg/L); 不同 IAA 浓度下 MDA 含量的大小为 B3 (3.5 mg/L) > B2(2.0 mg/L) > B1(0.5 mg/L); 不同蛋白酶解物下 MDA 含量的大小为 C3 (0.35 mL/L) > C2 (0.20 mL/L) > C1 (0.05 mL/L)。说明各因素的水平差异会对小球藻 MDA 含量造成影响。

从各处理间的比较来看, 小球藻 MDA 含量较低的为 4 组(A1B3C3)和 8 组(A3B3C2), 分别为 0.69 ± 0.04 nmol/mg 和 0.74 ± 0.03 nmol/mg, 小球藻 MDA 含量最高的为 9 组(A1B1C1), 为 1.07 ± 0.07 nmol/mg。9 组比 4 组和 8 组分别升高了 35.51% 和 30.84%, 说明各因素不同水平的不同组合对小球藻 MDA 含量有较大影响。从各因素的最优水平来看, 小球藻 MDA 含量的最优组合为 A3B3C3, 即 NAA 浓度为 3.5 mg/L、IAA 浓度为 3.5 mg/L、蛋白酶解物 0.35 mL/L。

表 5 小球藻总 SOD 活力正交试验结果

组别	因素			总 SOD 活力/ (U/mg)
	NAA A	IAA B	蛋白酶解物 C	
1	3	2	1	69.23±2.52c
2	1	2	2	67.41±3.84cd
3	3	1	3	77.87±3.02b
4	1	3	3	86.75±3.14a
5	2	3	1	70.41±1.52c
6	2	2	3	78.39±1.06b
7	2	1	2	76.97±1.73b
8	3	3	2	86.53±2.28a
9	1	1	1	63.66±1.83d
K1	72.606b	72.834b	67.766c	
K2	75.256ab	71.673b	76.97b	
K3	77.878a	81.231a	81.003a	
极差	3.835	15.012	25.409	
最佳水平	A3	B3	C3	
影响程度		C>B>A		
理论最佳组合		A3B3C3		

表 6 小球藻总 CAT 活力正交试验结果

组别	因素			总 SOD 活力/ (U/mg)
	NAA A	IAA B	蛋白酶解物 C	
1	3	2	1	3.89±0.10d
2	1	2	2	3.65±0.05e
3	3	1	3	4.72±0.10c
4	1	3	3	5.25±0.10b
5	2	3	1	4.04±0.07d
6	2	2	3	5.11±0.11b
7	2	1	2	4.59±0.11c
8	3	3	2	5.86±0.07a
9	1	1	1	3.32±0.08f
K1	4.073b	4.209b	3.748c	
K2	4.578a	4.213b	4.699b	
K3	4.821a	5.05a	5.026a	
极差	12.48	20.124	37.804	
最佳水平	A3	B3	C3	
影响程度		C>B>A		
理论最佳组合		A3B3C3		

表 7 小球藻 MDA 含量正交试验结果

组别	因素			总 SOD 活力/ (U/mg)
	NAA A	IAA B	蛋白酶解物 C	
1	3	2	1	3.89±0.10d
2	1	2	2	3.65±0.05e
3	3	1	3	4.72±0.10c
4	1	3	3	5.25±0.10b
5	2	3	1	4.04±0.07d
6	2	2	3	5.11±0.11b
7	2	1	2	4.59±0.11c
8	3	3	2	5.86±0.07a
9	1	1	1	3.32±0.08f
K1	4.073b	4.209b	3.748c	
K2	4.578a	4.213b	4.699b	
K3	4.821a	5.05a	5.026a	
极差	12.48	20.124	37.804	
最佳水平	A3	B3	C3	
影响程度		C>B>A		
理论最佳组合		A3B3C3		

3 讨论

3.1 植物激素、蛋白酶解物对小球藻生长的影响

植物激素在促进植物生长、提高生物量等方面作用显著^[10-11]。对植物体的生长发育有多方面的影响,是植物生存所必需的内生激素,至今还未发现有离开生长素而独立存在的突变体^[12]。天然提取激

素吲哚-3-乙酸(IAA)和人工合成类似激素 1-萘乙酸(NAA)在农业生产中是较为成熟的 2 种植物激素^[13]。有研究表明,生长素在微藻中的作用与植物相似,在藻类培养基中添加适量浓度的 IAA 不仅促进部分单细胞藻类的生长,还对促进细胞分裂,提高藻类生物量有显著影响^[14-16]。此外,也有利用人工合成类似物 NAA 来诱导藻类产生更多生长素从而促

进其生长^[17]。动物蛋白酶解物主要是一些小分子肽,饲料中添加一些小分子肽有助于矿物质的利用率,促进体内蛋白质的合成^[18]。叶林超^[19]研究氮、磷源与蛋白酶解物的营养组合对小球藻增殖机理和缢蛭生长影响,表明添加 N 50 mg/L、P 4 mg/L、蛋白酶解物 12 mL/L 能显著促进小球藻的生长。罗川等^[3]研究表明 1~2 mg/L 的 IAA 和 0.05~2 mg/L 的 NAA 表现为促进小球藻生长,而高浓度(5 mg/L)表现为抑制生长。试验结果表明,4 组(NAA 0.5 mg/L、IAA 3.5 mg/L、蛋白酶解物 0.35 mL/L)和 6 组(NAA 2.0 mg/L、IAA 2.0 mg/L、蛋白酶解物 0.35 mL/L)小球藻的生长状况及生长速率较快,与叶林超^[19]和罗川等^[3]的研究结果相似。

3.2 植物激素、蛋白酶解物对小球藻生化指标的影响

小球藻所含粗蛋白含量可达 50%以上,必需氨基酸比例平衡,是作为蛋白质补充饲料的理想选择^[20]。SOD、CAT 均为抗氧化酶,是机体清除活性氧保护细胞免受氧化损伤的重要屏障^[21]。MDA 的高低间接反映了机体细胞免受自由基攻击的严重程度。本试验结果表明,小球藻培养基添加植物激素和蛋白酶解物对小球藻的生化指标影响差异显著($P<0.05$)。4 组 A1B3C3 和 8 组 A3B3C2 的酶活力较高且能降低 MDA 的含量。

4 结 论

试验表明,NAA、IAA 和蛋白酶解物存在一定的互作效应,能有效地提高小球藻的生长状况和生长速率。基于小球藻的吸光度和比生长速率评价,4 组(NAA 0.5 mg/L、IAA 3.5 mg/L、蛋白酶解物 0.35 mL/L)和 6 组(NAA 2.0 mg/L、IAA 2.0 mg/L、蛋白酶解物 0.35 mL/L)小球藻的生长状况和生长速率优于其他 7 组。

正交试验结果表明,3 因素对小球藻生化指标的影响有显著性差异($P<0.05$),对小球藻生化指标的影响大小均为蛋白酶解物>IAA>NAA。从各处理间的比较来看,小球藻较高的酶活力和较低的 MDA 含量均为 8 组 A3B3C2 和 4 组 A1B3C3,9 组 A1B1C1 酶活力较低且 MDA 含量较高。从各因素的最优水平来看,小球藻生化指标的最优组合为 A3B3C3,即 NAA 浓度为 3.5 mg/L、IAA 浓度为 3.5 mg/L、蛋白酶解物 0.35 mL/L。在实际生产中,为了

促进小球藻的生长和营养物质的积累,要考虑最优的组合及适宜浓度的添加量。由于本试验设计的植物激素和蛋白酶解物的添加量梯度较小,对于植物激素和蛋白酶解物对小球藻生长的最优化还有待进一步研究。

参 考 文 献

- [1] 陈颖,赵培,王雪青,等.3 种植物激素对螺旋藻生长和代谢产物含量的影响[J].海洋科学,2009,33(2):11-16.
- [2] 何建君,张弘,陈建华,等.低盐液化鱼蛋白粉的研究[J].食品工业,1994(5):50-52.
- [3] 罗川,任丽平,张智,等.植物激素与底物浓度对小球藻生长及油脂积累的影响[J].应用与环境生物学报,2020(1):167-173.
- [4] 叶林超,叶均安,徐国忠,等.动物蛋白酶解物与无机氮、磷源的组合对小球藻(*Chlorella vulgaris*)生长和生化指标的影响[J].海洋与湖沼,2009,40(2):176-180.
- [5] 梁颖,冯俊丽,徐方娇,等.一株产油微藻——小球藻的纯化鉴定与培养基的筛选[J].科技通报,2013,29(3):40-46.
- [6] MEARA G M, MUNRO P A. Effects of reaction variables on the hydrolysis of lean beef tissue by alcalas [J]. Meat science, 1984(11):227-238.
- [7] 吕兴萍,武晓晶,杨薇红.正交试验法优选羊肚菌颗粒剂的处方[J].安徽农业科学,2019(20):192-194,198.
- [8] 赵婷,韩笑天,詹天荣,等.温度对四种产油微藻生长和油脂特性的影响[J].海洋与湖沼,2016,47(6):1140-1148.
- [9] 卫治金,李晓,王皓楠,等.小球藻与固氮菌 *Mesorhizobium* sp. 共培养对小球藻生长和油脂积累的促进效果[J].中国生物工程杂志,2019,39(7):56-64.
- [10] 李雅娟,李梅,毛连菊,等.几种植物生长物质对底栖硅藻生长速率的影响[J].大连水产学院学报,1999(4):1-6.
- [11] 史成颖,蔡为荣,甘旭华,等.6 种植物生长调节剂对钝顶螺旋藻生长的影响[J].安徽农业大学学报,2004(1):26-29.
- [12] ALESSANDRO E B. Concepts and studies on lipid and pigments of microalgae: a review [J]. Renewable & sustainable energy reviews, 2016, 58: 832-841.
- [13] PIOTROWSKANICZYPORUK A, BAJGUZ A. The effect of natural and synthetic auxins on the growth, metabolite content and antioxidant response of green alga *Chlorella vulgaris* (Trebouxio-phyceae) [J]. Plant growth regulation, 2014, 73(1):57-66.
- [14] 杨凯,史全良.不同浓度 IAA 对微藻 TH6 (*Oedocladium* sp.) 生长及脂肪酸含量的影响[J].植物资源与环境学报,2009,18(2):80-83,96.
- [15] 邓晓东,吴小霞,范新照,等.激素 IAA 和 ABA 对小球藻 (*Chlorella* sp.) 生长和油脂积累的影响[J].中国油料作物学报,2013,35(1):58-63.
- [16] 黄翔鹤,王庆恒.对虾高位池优势浮游植物种群与成因研究[J].热带海洋学报,2002(4):36-44.

保育猪的饲养管理

张 萍

江苏省泰兴市畜牧兽医中心,江苏泰兴 225400

摘要 保育猪的饲养管理对其后期育肥性能的发挥有至关重要的作用,一旦饲养管理出现问题,就会使猪场遭受严重的经济损失。为此,本文从保育猪的生理特点、保育猪的营养需求、仔猪的科学断奶、保育舍的准备、保育猪的分群调教、保育猪的饲喂、保育舍的卫生消毒、保育舍的温湿度和通风、保育猪的疾病防控等方面介绍了保育猪的饲养管理要点,以供参考。

关键词 保育猪;断奶;饲养管理

保育猪通常是在体重达到了 25~30 kg 之后的断奶仔猪,仔猪在进入保育期后,由于断奶不能从母体获得相应的母源抗体,必须依靠自身的体质和免疫性能来抵御外界环境的不利因素,如果饲养管理出现问题,就会导致其发生各种疾病,如腹泻、咳嗽和生长停止等。所以需要保育猪进行精细的管理,避免受到各种应激因素的刺激,为其提供优质、适口性好的饲料和清洁的饮水,为其生长发育、育肥性能打基础。

1 保育猪的生理特点

保育猪的消化系统还没有发育完善,对饲料中的原料成分较为敏感,而且断奶后还需要经历多种应激因素的刺激,如断奶应激、环境变化、消化机能的适应等,如果没有及时对这些应激因素进行关注,必然会导致保育猪的健康和生长发育受到影

响。所以在饲养过程中要尽可能为保育猪提供营养浓度和消化率较高的饲料,保证仔猪健康的生长发育^[1]。在保育猪的饲养管理过程中,要尽快让其适应保育期饲料。

2 保育猪的营养需求

保育猪的增重,取决于其能量性饲料的高低,摄入较高的能量性饲料,仔猪的生长发育就较快,饲料转化率也较高。蛋白质的需求虽然与能量性饲料具有一定的相关性,但不及能量性物质重要,因此,在仔猪断奶后需要重点考虑能量性饲料的水平。

虽然保育猪的营养需求随着其生理特点的变化而有所变化,但总体来说其需要高营养、适口性好以及容易消化的饲料。在饲料的原料中可以取消或者减少乳制品的使用量,增加豆粕等原料的使用

收稿日期:2020-10-09

张 萍,女,1974 年生,畜牧师。

[17] LIU T,LIU F,WANG C,et al.The boosted biomass and lipid accumulation in *Chlorella vulgaris* by supplementation of synthetic phytohormone analogs[J]. Bioresou technol,2017,232:44-52.

[18] 冯俊荣,李秉钧.合理进行营养调控缓解养殖水体富营养化[J]. 齐鲁渔业,2004(10):3-5.

[19] 叶林超.氮、磷源与蛋白酶解物的营养组合对小球藻增殖机理和

缢蛭生长影响的研究[D].杭州:浙江大学,2007.

[20] 韦进钟.小球藻的营养价值及其开发利用简述[J].畜牧兽医科技信息,2004(8):12-13.

[21] 窦勇,乔秀亭,陈丽梅,等.茶暴露对环文蛤的氧化胁迫与损伤研究[J].南方水产科学,2014,10(4):39-44.

【责任编辑:胡 敏】