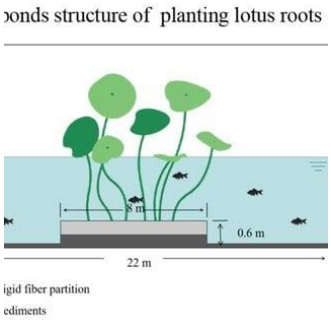
연못 수질개선 및 연꽃-연근재배

SMO Power Reactor™로 순환 → 나노캐비티 + 나노자임 활성수화하는 접근은 연꽃(연잎·연꽃)과 연근(연뿌리) 재배에 **상당히 유의미한 생산성 개선 효과**를 줍니다.
이것은 나노자임 효소활성수화 이므로 "비료 대체"가 아니라 **생리 활성 + 수질 최적화**에 기인하므로 **친환경 저탄소 기후농업 기술입니다**.

아래에 **실제 작물 생리 및 수질공정 관점**에서의 효과를 체계화해 드립니다.

1. 연꽃·연근 생육 메커니즘과 SMO 작용 포인트



연근은 **뿌리 작물이지만 완전한 수중 생태계 작물**입니다.
핵심 특징:

- 뿌리(연근) → **저산소/환원 환경 (진흙층)**
- 잎/줄기 → 산소 생성 → 일부 뿌리로 공급
- 수질 상태가 직접 생장·수확량을 결정

즉, "물 = 토양 + 공기 역할"을 동시에 수행

2. SMO 나노자임 활성수가 주는 핵심 5 가지 효과

① 용존산소(DO) 증가 + 미세기포 효과

- 나노캐비티 → 초미세 기포 → **산소 전달 효율 증가**

- 뿌리 주변 **미세 산화존 형성**

효과:

- 뿌리 부패 감소
- 연근 내부 조직 치밀화
- 성장 속도 ↑

② 유기물 분해 (슬러지 → 용존영양)

- 연못 바닥 = 유기물 축적 (분뇨, 낙엽 등)
- SMO → SCOD 증가 (용해화)

효과:

- "썩는 유기물" → "흡수 가능한 영양소" 전환
- 질소·인 이용률 증가

③ 악취/독성물질 제거

- 황화수소(H_2S), 암모니아, 유기산 제거

효과:

- 뿌리 독성 스트레스 감소
- 병원균 활동 억제

④ 수분 구조 변화 (표면장력 감소)

- 나노자임 활성수 → 물 클러스터 감소

효과:

- 뿌리 내 수분 이동 ↑
- 영양 흡수 속도 ↑
- 광합성 효율 간접 증가

⑤ 미생물 군집 리셋 + 재활성화

- 초기: 산화 → 일부 미생물 감소
- 이후: **유익균 중심 재편성**

효과:

- 병원균 ↓
- 유익균(분해균) ↑

3. 실제 기대 성능 (현장 적용 기준 추정)

항목	기존	SMO 적용
연근 수확량	100	**120~130 (+20~30%)**
뿌리 비대도	보통	**굵고 균일**
병해 발생	중간	**감소 (20~50%)**
수질 탁도	높음	**대폭 감소**
악취	존재	**대폭 감소**
DO (용존산소)	낮음	**대폭 증가**

특히 **저수질 연못일수록 효과가 큼**

4. 중요한 포인트 (오해 방지)

㈜ 오알피이노베이션 경기 용인시 기흥구 흥덕1로 13, P168호 (흥덕IT밸리) 031-340-3551

SMO 가 비료를 대체하는 것이 아닙니다.

→ 영양분 "생성"이 아니라
부영양원을 **흡수 가능 상태로 변환 + 이용률 증가**

❌ 과도한 산화는 오히려 역효과

- 너무 강하면:
  - 뿌리 손상
  - 미생물 붕괴

→ **적정 조건 필수:**

- **ORP: +200 ~ +350 mV**
- **온도: 25~32℃**
- **순환: 하루 1~3 회**

5. 가장 큰 효과가 나는 조건

다음 조건에서 **효과 폭발적으로 증가**:

유기물 많은 연못

- 가축분 유입
- 낙엽 축적

부영양화 상태

- 녹조 발생
- 탁도 높음

㈜ 오알피이노베이션 경기 용인시 기흥구 흥덕1로 13, P168호 (흥덕IT밸리) 031-340-3551

악취 발생 연못

- H_2S, 암모니아 존재

상기와 같은 연못은

"생산성 30% 이상 개선" 가능

6. ORP 기술 관점 핵심 가치

SMO 는 단순 수질개선이 아니라

"연못을 생물반응기(Bioreactor)로 전환"

즉: 기존: 정체된 연못에 SMO 기후농업기술을 적용하면,:

→ **활성화된 영양 순환 시스템**

7. 결론

연근/연꽃 재배에서 SMO 적용 효과:

- 수확량 증가 (10~30%)
- 뿌리 품질 향상
- 병해 감소
- 악취 제거
- 수질 안정화

특히

"저수질 연못일수록 ROI 매우 높음"

㈜ 오알피이노베이션 경기 용인시 기흥구 흥덕1로 13, P168호 (흥덕IT밸리) 031-340-3551

㈜ 오알피이노베이션 경기 용인시 기흥구 흥덕1로 13, P168호 (흥덕IT밸리) 031-340-3551

현장설치 1차 설계안

연근/연꽃의 일반 생육수질 조건과 **수생식물 근권에서 DO(용존산소)·질소전환이 중요하다는 연구**와 SMO 성능적용 경험을 결합한 **파일럿 설계용 권장 시작점**

1) 설계 목표

연근 연못에서 SMO 의 목적은 비료를 대신하는 것이 아니라, 다음 4 가지를 동시에 만드는 것입니다.

- **연못수 순환 활성화**
- **근권 산소환경 개선**
- **바닥 유기물의 과도한 환원·부패 억제**
- **녹조·악취·탁도 리스크 완화**

연근은 수질의 영향을 크게 받으며, 물 pH 는 대체로 **5.5~8.0 범위**에서 생육이 가능하다고 보고되어 있습니다. 또 연꽃/연근 재배와 관련한 실험·관측에서는 수온, 수심, DO, 탁도, 영양염 상태가 생육과 직접 연결됩니다. 수생식물 근권에서는 산소 방출로 인해 질산화와 근권 환경이 달라질 수 있어, 물 순환과 DO 관리가 중요합니다.

2) 권장 PFD

A. 기본형 PFD

[연못 본체]
↓ 취수 (표층 30%, 중층 40%, 저층 30%)
[흡입 스크린/Trash Basket]
↓
[순환 이송펌프]
↓
[SMO Power Reactor]

↓

[완충·기액분리 탱크]

↓

[분배헤더]

├── 표층 환류 (조류/녹조 억제, 수면 순환)

├── 중층 환류 (주 순환)

└── 저층 환류 (바닥 경계층 활성화, 단 직접 분사 금지)

↓

[연못 복귀]

B. 권장 보강형 PFD

[연못]

↓

[흡입 스크린]

↓

[이송펌프 + 유량계]

↓

[SMO Reactor]

↓

[열교환기(선택)]

↓

[완충탱크]

↓

[미세기포/산기 보조라인(선택)]

↓

[분배헤더]

├── 표층 순환라인

├── 중층 순환라인

└── 저층 확산라인

↓

[연못]

㈜ 오알피이노베이션 경기 용인시 기흥구 흥덕1로 13, P168호 (흥덕IT밸리) 031-340-3551

계측:

DO, pH, ORP, 수온, EC, 탁도, NH4-N(주기분석), 수위

핵심은 "**바닥 진흙층을 직접 세게 때리지 않는 것**"입니다.

연근은 결국 진흙층의 뿌리줄기 작물이므로, 저층 환류는 **바닥 20~30 cm 상부의 경계층**을 부드럽게 움직이는 방식이 안전합니다. 너무 강한 바닥 교란은 탁도 상승, 근경 손상, 환원성 오염물 재부상으로 역효과를 낼 수 있습니다. 이 부분은 수생환경에서 탁도와 조류 증가가 DO 고갈과 자기정화능 저하를 부를 수 있다는 점과도 맞닿아 있습니다.

3) 최적 운전 조건: 시작 권장값

아래는 **파일럿 1 차 세팅값**입니다.

수질 목표값

- **DO**: 새벽 기준 **3.5~5.0 mg/L 이상**, 주간 **5~8 mg/L**
- **pH**: **6.2~7.8**
- **수온**: **20~32°C**, 이상적으로 **24~30°C**
- **ORP**: 수중 벌크 기준 **+50 ~ +220 mV**
- **탁도**: 기존 대비 급격한 상승이 없도록 관리
- **암모니아성 질소**: 상승 추세 억제

연꽃 관련 자료에서는 물 pH 5.5~8.0 범위에서 생육이 가능하다고 정리되어 있고, 실험계에서는 수온·DO 가 수심과 함께 변동하며, DO 는 대략 6.6 ± 2.0 mg/L 수준 사례도 보입니다. 또 DO 가 너무 낮으면 얕은 호수 생태계 전반에 문제가 생길 수 있다는 수질 자료도 있습니다.

순환량

- **연못 총수량의 10~20%/일**부터 시작

㈜ 오알피이노베이션 경기 용인시 기흥구 흥덕1로 13, P168호 (흥덕IT밸리) 031-340-3551

- 수질이 나쁘면 **20~35%/일**
- 처음부터 전량 순환은 비권장

예시:

- 연못 체적 1,000 m³이면
  - 초기: **100~200 m³/일**
  - 문제수질 연못: **200~350 m³/일**

1 일 운전시간

- 기본: **하루 4~8 시간**
- 권장 패턴:
  새벽 2~3 시간 + 오후 2~3 시간 + 필요시 야간 1~2 시간

이유는 새벽에 DO 가 가장 낮아지기 쉽고, 오후에는 수온 상승·조류·유기물 반응이 커질 수 있기 때문입니다.

분사/환류 방식

- 표층: 전체 유량의 **30~40%**
- 중층: **40~50%**
- 저층: **10~20%**
- 저층 노즐 유속은 약하게, **직접 바닥 타격 금지**

4) 계절별 제어 조건

봄철 정식·초기 활착기

- 목표: 뿌리 활착, 부패 억제
- 운전: **중간 유량, 짧은 시간, 매일**
- DO 목표: **4 mg/L 이상**
- 비고: 탁도 상승 억제가 가장 중요

㈜ 오알피이노베이션 경기 용인시 기흥구 흥덕1로 13, P168호 (흥덕IT밸리) 031-340-3551

여름 생육 왕성기

- 목표: 녹조/악취/저산소 방지
- 운전: **새벽 + 오후 분할운전**
- DO 목표: **5 mg/L 전후**
- 비고: 수온이 높으면 필요시 열교환기 또는 야간운전 비중 확대

비대기(연근 굵어지는 시기)

- 목표: 근경 비대와 품질 유지
- 운전: **강한 순환보다 안정순환**
- 비고: ORP 를 너무 높이지 말 것. 과산화 환경은 피하는 것이 안전

수확 전

- 목표: 탁도·취기·바닥교란 최소화
- 운전: **약운전 또는 부분정지**
- 비고: 수확 7~10 일 전에는 강한 저층 환류 비권장

5) 제어 로직

자동 운전 권장 로직

IF 새벽 DO < 3.5 mg/L:

SMO + 순환펌프 가동

IF 수온 > 30°C AND DO 하강 추세:

운전시간 증가 또는 야간운전 전환

IF 탁도 급상승:

저층라인 유량 30~50% 감축

IF ORP > +220 mV:

SMO 부하 단계 하향

IF pH > 8.2 지속:

조류 과성장 의심 → 표층순환 확대, 외부 영양염 유입 점검

IF 악취(H2S/환원취) 발생:

새벽 저층 경계층 순환 1~2시간 추가

6) 권장 계장 사양

필수 계측은 아래 5 개입니다.

- **DO 센서**: 표층 1 개, 중·저층 1 개
- **pH/ORP 복합센서**
- **수온 센서**
- **유량계**
- **탁도계**

주 1~2 회 수동 분석:

- NH4-N
- NO3-N
- COD 또는 TOC
- SS
- 필요시 Chl-a

수생식물 및 습지계 연구들에서 DO, 수온, 질소형태, 조류/탁도는 성능 판단의 핵심 변수로 반복 측정됩니다.

7) 절대 피해야 할 운전

다음은 피하시는 것이 좋습니다.

- **연못 전수량을 단시간에 강순환**
- **바닥 진흙 직접 재부상**
- **과도한 ORP 상승**
- **한낮 고수온 시간대 연속 강운전**
- **농약·산화제와 무계획 병용**

연근은 식용 뿌리줄기이므로, 특히 식용 출하를 생각하면 **중금속·오염물·약품 잔류**는 매우 보수적으로 접근해야 합니다. 최근 연구에서도 연 재배환경의 잠재유해원소 흡수 리스크를 따로 평가하고 있습니다.

8) 기대 효과

파일럿이 잘 맞으면 기대할 수 있는 방향은 다음입니다.

- 새벽 DO 저하 완화
- 바닥 환원취 감소
- 뿌리 부패·흑변 감소 가능성
- 수면 녹조 및 탁도 완화
- 연근 비대 균일성 개선 가능성

다만 이 수치는 아직 **SMO-연근 전용 공개 실증데이터가 없어서 정량 보증은 어렵고**, 반드시 파일럿으로 검증해야 합니다. 저는 **"수확량 +10~20%, 불량률 감소" 정도를 목표 KPI 로 두고 파일럿 설계**하는 것이 현실적이라고 봅니다. 이 부분은 제 추정입니다.

9) 파일럿 권장 조건

가장 안전한 1 차 파일럿은 이렇게 가시면 됩니다.

㈜ 오알피이노베이션 경기 용인시 기흥구 흥덕1로 13, P168호 (흥덕IT밸리) 031-340-3551

- 파일럿 규모: **연못 1 구역만 분리 적용**
- 기간: **6~8 주**
- 대조구 운영: **무처리 구역 1 개 필수**
- 측정:
  - DO, pH, ORP, 수온: 연속
  - 탁도, NH4-N, NO3-N, COD: 주 1~2 회
  - 잎수, 잎직경, 꽃수, 연근 평균직경, 수확중량: 생육조사
- 판정 기준:
  - 새벽 DO 상승
  - 악취 감소
  - 탁도 안정
  - 수확량 또는 상품율 개선

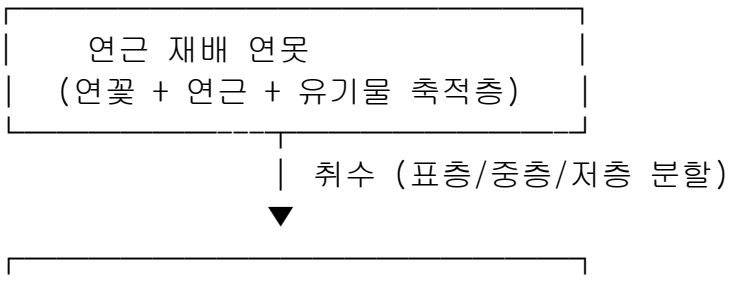
10) 결론

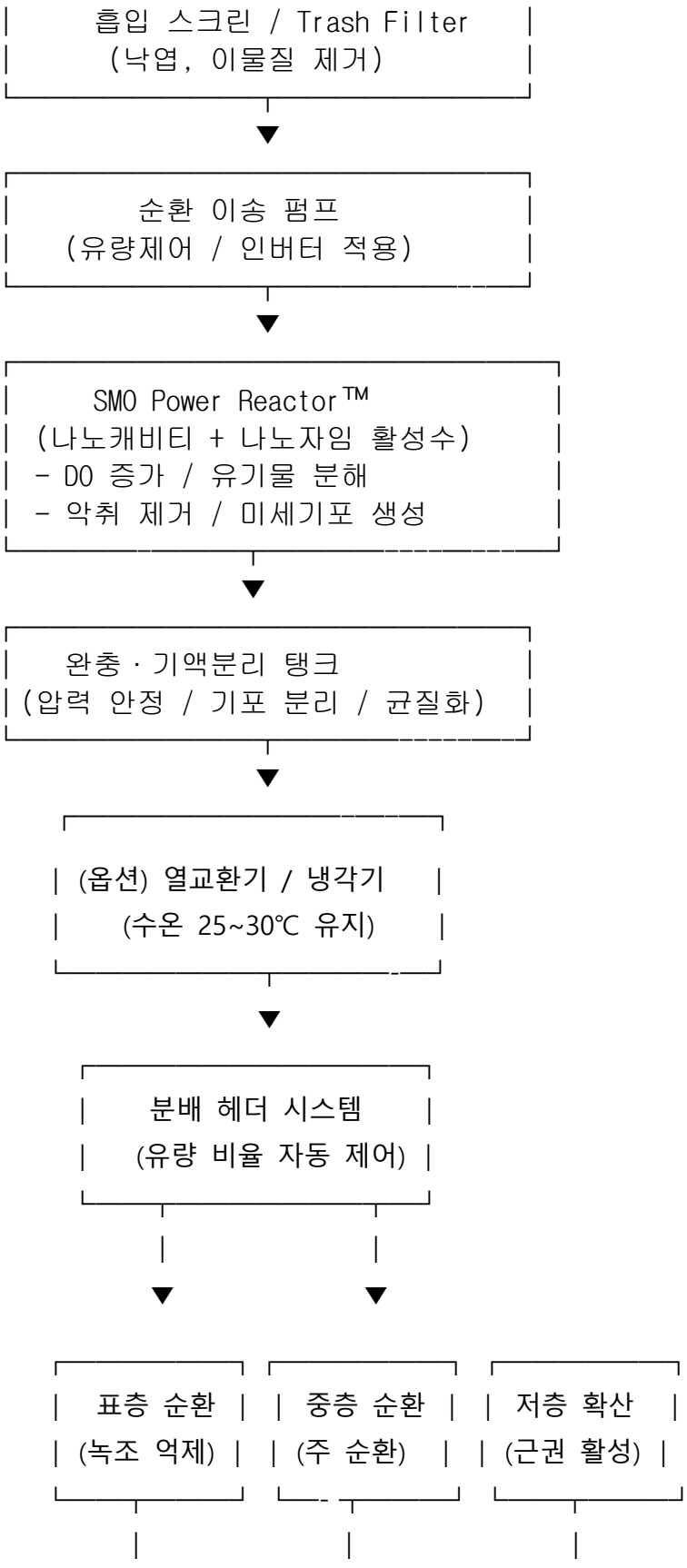
가장 실전적으로 줄여서 간략히 설명하면,

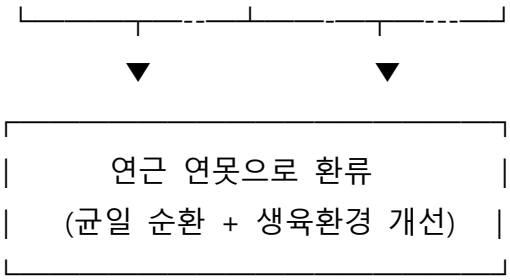
"연못수의 10~20%/일을 SMO 로 순환시키되, 새벽 중심 분할운전, DO 3.5 mg/L 이상 유지, ORP +50~+220 mV 관리, 저층은 바닥 비타격 확산환류로 운전"

연근 연못용 SMO 시스템을 위한 아래의 공정도 (PFD)를 참조하세요.

연근 연못용 SMO 시스템 PFD




흡입 스크린 / Trash Filter
(낙엽, 이물질 제거)
순환 이송 펌프
(유량제어 / 인버터 적용)
SMO Power Reactor™
(나노캐비티 + 나노자임 활성수)
- DO 증가 / 유기물 분해
- 악취 제거 / 미세기포 생성
완충 · 기액분리 탱크
(압력 안정 / 기포 분리 / 균질화)
(옵션) 열교환기 / 냉각기
(수온 25~30℃ 유지)
분배 헤더 시스템
(유량 비율 자동 제어)
표층 순환
(녹조 억제)
중층 순환
(주 순환)
저층 확산
(근권 활성)



제어·계측 시스템 (자동화 블록)

[센서 입력]

DO / pH / ORP / 수온 / 탁도 / 유량

▼

[PLC 제어 시스템]

▼

제어 로직
- DO < 3.5 → SMO 가동
- ORP > 220 → 출력 감소
- 탁도 상승 → 저층 유량 감소
- 수온 상승 → 냉각/야간운전

▼

[펌프 + SMO + 밸브 자동 제어]

시스템 개념 (한 줄 요약 도식)

"정체된 연못"

↓

[SMO 순환]

↓

"활성화된 생물반응형 연못"

제안용 핵심 안건

✔ **기존 연못**

- 정체수
- 유기물 축적
- 저산소 / 악취
- 생산성 불안정

✔ **SMO 적용 후**

- 순환 활성화
- 나노자임 활성수 형성
- 근권 산소환경 개선
- 유기물 → 영양 전환

→ **"연못 자체를 고효율 생물반응 시스템으로 전환"**

㈜ 오알피이노베이션 경기 용인시 기흥구 흥덕1로 13, P168호 (흥덕IT밸리) 031-340-3551