



2021년도 2학기 - 식물보호학

잡초 방제 - II

임종옥

농식품융합대학 생물환경화학과
(063-850-6396, limento21@wku.ac.kr)

I. 잡초의 특성과 분류

표 2.3 작물에 대한 잡초의 특성

번호	생장 특성	생식 특성	농업적 특성
1	초기에 생장속도 빠르다.	자가수분을 많이 한다.	생리생태적으로 작물과 유사하다.
2	광합성 능력이 우수한 것이 많다.	종자, 열매, 저장기관이 작다.	수확지수(harvest index)가 낮다.
3	잎과 뿌리 발달이 빠르다.	환경 적응력이 강하다.	제초제에 대한 내성과 저항성이 강하다.
4	영양생장에서 생식생장으로 전환이 빠르다.	수분 시에 종매나 풍매화가 많다.	영양번식으로 물리적 방제를 극복한다.
5	휴면이 없거나 짧다.	종자성숙기가 작물수확기와 유사하다.	수시로 발아한다.
6	종자의 발아력이 높다.	종자가 많고 성숙이 빠르다.	종자 수명이 길다.

1. 잡초의 특성과 분류

3. 잡초의 분류

➤ **식물학적 분류** : 현재까지 알려진 식물 종(약 20만 종) 중, 약 0.1%의 200여종 식물이 잡초로 분류

- ✓ 과(family)나 종(species)에 따른 분류
- ✓ 떡잎에 따라 쌍자엽 식물(dicotyledon)과 단자엽 식물(monocotyledon)로 분류
- ✓ 잎의 넓이에 따라 세엽 잡초(narrow leaf)와 광엽 잡초(broad leaf)로 분류



명아주(광엽 잡초)

➤ **잎과 줄기 형태에 따른 분류**

- ✓ 화본과 잡초(벼과, grass weed) : 줄기의 마디. 잎은 마디로부터 어긋나기. 잎은 줄기를 둘러싸서 보호하는 잎집(leaf sheath)과 잎몸(leaf blade)으로 구성
- ✓ 방동사니과 잡초(사초과, sedge weed) : 줄기 횡단면이 삼각형, 잎은 좁고 능선이 있으며 끝이 뾰족하고 소수에 작은 꽃.
- ✓ 광엽 잡초(broad-leaf weed) : 잎이 넓은 잡초. 잎은 주로 타원형, 난형, 피침형. 잎맥이 그물처럼 얽혀 있는 것이 특징

표 2.4 잡초의 구분 및 분류

구분	화본과(벼과) 잡초	방동사니과(사초과) 잡초	광엽 잡초
일년생 잡초	논피, 바랭이, 독새풀, 강아지풀, 새포아풀 등	알방동사니, 난쟁이사초, 바람하늘지기 등	물달개비, 명아주, 깨풀, 가막사리, 쇠비름 등
다년생 잡초	나도겨풀, 갈대, 억새, 띠, 그렁, 물참새피 등	올방개, 올챙이고랭이, 새섬매자기 등	벼풀, 올미, 소리쟁이, 쑥, 토끼풀, 쇠뜨기 등



논피(벼과)



바람하늘지기(방동사니과)

1. 잡초의 특성과 분류

표 2.5 전 세계적으로 재배되는 잡초의 과별 분류

순 위	과명	영문과명 (2개인 경우)	전 세계 (우리나라) 종수	주요 작물	주요 잡초	전세계 (국내) 비율(%)	누적 비율 (%)	기타
1	화본과 (벼과)	Gramineae (Poaceae)	10000 (180)	대나무, 보리, 옥수수	강아지풀, 개밀, 피, 새포아풀	44 (21)	21	외떡잎/1년생/영과
2	국화과	Compositae (Asteraceae)	20000 (390)	상추, 해바라기, 금잔화	민들레, 망초, 엉겅퀴	32 (16)	37	쌍떡잎식물/수과
3	방동사니과 (사초과)	cyperaceae	5000 (233)	주요작물 없음	방동사니, 울방개, 바늘풀, 매자기	12 (7)	43	줄기가 3각, 잎도 3 열이며 수술과 암술 도 3개임, 외떡잎 다년생으로 수과임
4	마디풀과	Polygonaceae	1100 (58)	대황, 하수오, 메밀	마디풀, 여뀌, 소리쟁이	8 (4)	47	쌍떡잎식물
5	비름과 (명아주과)	Amaranthaceae (Chenopodiaceae)	2400 (12)	맨드라미, 천일홍, 시금치	비름, 흰명아주	7 (4)	51	명아주과 일부 종을 비름과로도 분류함

표 2.5 전 세계적으로 재배되는 잡초의 과별 분류

순 위	과명	영문과명 (2개인 경우)	전 세계 (우리나라) 종수	주요 작물	주요 잡초	전세계 (국내) 비율(%)	누적 비율 (%)	기타
6	십자화과 (배춧과)	Cruciferae (Brassicaceae)	2000 (37)	배추, 무, 순무	냉이, 꽃다지,	7 (4)	55	쌍떡잎식물
7	두과 (콩과)	Leguminosae (Fabaceae)	13000 (92)	콩, 팥, 등나무	아까시나 무, 살갈 퀴, 토끼풀	6 (3)	58	쌍떡잎식물
8	메꽃과	Convolvulaceae	1500 (6)	나팔꽃, 고구마	갯메꽃, 새삼, 아욱메풀	5 (2)	60	쌍떡잎
9	대극과	Euphorbiaceae	8000 (20)	꽃기린, 포인세티아, 크로톤, 카사바	피마자, 등대풀, 낭독	5 (2)	62	다육식물이 많음, 독성이 있는 것이 많음
10	아욱과	Malvaceae	1500 (10)	무궁화, 접시꽃, 오크라, 두리안	아욱, 어저귀	4 (2)	64	쌍떡잎식물로 꽃잎은 5개임

1. 잡초의 특성과 분류

3. 잡초의 분류

➤ 생리생태적 분류

✓ 발생 시기에 따른 분류

- 하계(여름형) 잡초 : 주로 여름에 발생, 작물과 경합 해
- 동계(겨울형) 잡초 : 맥류나 사료작물, 잔디밭에 피해

✓ 생육 기간에 따른 분류

- 일년생(annual weed) 잡초 : 1년 이내에 한 세대의 생활사
 - (포장에서 발생 시기에 따라)
 - 하계일년생 : 봄에 발아, 여름 동안에 성장, 가을에 결실한 다음 고사(바랭이, 피, 쇠비름, 명아주 등) (주 방제 대상→주로 종자 번식, 많은 종자 생산 요인)
 - 동계일년생 : 늦여름부터 초겨울 사이 발아, 겨울을 보낸 후 이듬해 봄에 성장하고 봄부터 여름에 걸쳐 개화, 결실하고 고사(독새풀, 냉이 등)
- 이년생(biennial weed) : 1~2년 이내에 개화, 결실, 고사
- 다년생(perennial weed) : 2년 이상 생존하는 잡초. 종자 번식 가능하나, 대부분 영양기관에 의한 번식(민들레, 질경이, 갈대, 쑥, 애기수영, 올방개, 가래 등)



(일년생-하계일년생-바랭이)



(일년생-동계일년생-독새풀)



(다년생-질경이)



(다년생-애기수영)

1. 잡초의 특성과 분류

3. 잡초의 분류

➤ 생리생태적 분류

✓ 토양 수분 적응성에 따른 분류

- 수생 잡초 : 주로 담수 상태에서 발생하는 잡초(물달개비, 가래, 마디꽃, 물옥잠 등)
- 습생 잡초 : 주로 포화수분 상태에서 발생하는 잡초(독새풀, 황새냉이, 별꽃 등)
- 건생 잡초 : 포장용수량 상태에서 잘 발생하는 잡초(바랭이, 냉이, 개비름 등)

* **포장용수량** : 토양이 물로 포화된 후 토양에 따라서 하루 또는 사흘이 지나면 대공극의 물은 중력에 의해 다 빠지지만 소공극의 물은 그대로 남아 있음. 이때의 토양수분함량

- 부유 잡초 : 물에 뜨는 수생잡초(생이가래, 개구리밥, 좀개구리밥, 부레옥잠 등)



수생 잡초



습생 잡초



건생 잡초

1. 잡초의 특성과 분류

* 다년생 잡초의 종류

구분	설명
단순다년생 잡초	• 주로 종자로 번식하나, 근부나 절편으로도 번식 가능. • 수영, 민들레, 질경이
구근형다년생 잡초	• 덩이줄기(괴경), 땅속줄기(근경), 알줄기(구경), 기는줄기(포복경), 기는뿌리(포복근), 종자로 번식하는 잡초
포복형다년생 잡초	• 괴경, 근경 : 너도방동사니, 올방개, 매자기 • 구경 : 반하, 올챙이고랭이 • 포복경 : 선피막이, 사상자, 미나리, 병풀 • 포복근 : 쇠뜨기, 메꽃, 엉겅퀴, 겨풀

I. 잡초의 특성과 분류

Q) 잡초를 형태적 특성에 따라 분류할 때 속하지 않는 것은?

1. 화본과 잡초
2. 광엽잡초
3. 방동사니과 잡초
4. 가지과 잡초

Q) 다년생 잡초의 특징이 아닌 것은?

1. 대부분 종자로 번식한다.
2. 영양번식을 한다.
3. 생육기간이 길다.
4. 방제하기 어렵다.

I. 잡초의 특성과 분류

Q) 다음 중 괴경(덩이줄기)으로 번식하는 다년생 잡초는?

1. 사마귀풀
2. 물달개비
3. 올방개
4. 알방동사니

Q) 다음 중 부유성 잡초는?

1. 개구리밥, 부레옥잠
2. 올미, 생이가래
3. 너도방동사니, 개구리밥
4. 가래, 벼풀

I. 잡초의 특성과 분류

4. 잡초의 분포

➤ 논과 밭의 잡초

✓ 밭 토양 1 m² (깊이 2 cm) 당 6~10만 개 잡초 종자 매립 → 실제 발생하는 개체수는 1~5천개 정도(약 6%가 여름 작물 포장 내 발생)

✓ 여름철 고온다습하기 때문에 **6~8월**이 잡초 발생과 생육의 최성기 (→ 잡초 방제 최적 시기)

표 2.6 우리나라에서 발생하는 주요 잡초의 특성 분석

번호	잡초명	분류 잡초형	생태형	서식지	발생 계절	광/암 발아	개체당 종자 수
1	가래	광엽 잡초	다년생	논	하계	-	-
2	강아지풀	화본과	1년생	잔디밭	하계	-	-
3	개망초	광엽 잡초	월년생	맥류	동계	-	-
4	개비름	광엽 잡초	1년생	잔디밭	하계	광 발아	1800
5	고마리	광엽 잡초	1년생	과수원	하계	-	-
6	곡정초	광엽 잡초	1년생	논	하계	-	-
7	광대나물	광엽 잡초	1년생	맥류	동계	암 발아	-
8	괭이밥	광엽 잡초	다년생	맥류	동계	-	-
9	까마중	광엽 잡초	1년생	과수원	하계	-	-
10	깨풀	광엽 잡초	1년생	밭	하계	-	-
11	꽃다지	광엽 잡초	월년생	맥류	동계	-	-
12	나도겨풀	화본과	다년생	논	하계	-	-
13	냉이(황새)	광엽 잡초	월년생	맥류/잔디밭	춘계/동계	암 발아	1300
14	너도방동사니	방동사니과	다년생	논	하계	-	-
15	닭의장풀	광엽 잡초	1년생	잔디밭	하계	-	-
16	도꼬마리	광엽 잡초	1년생	밭	하계	-	-
17	독새풀	화본과	1년생	논/맥류/잔디밭	춘하추동	-	2000
18	마디꽃	광엽 잡초	1년생	논	하계	-	2900
19	망초	광엽 잡초	월년생	논/잔디밭	춘하추동	-	115000

20	매자기	방동사니과	다년생	논	하계	-	-
21	메귀리	화본과	1년생	맥류	동계	광 발아	-
22	메꽃	광엽 잡초	다년생	논	하계	-	-
23	명아주	광엽 잡초	1년생	맥류	하계/동계	-	-
24	물달개비	광엽 잡초	1년생	논	하계	-	44000
25	물옥잠	광엽 잡초	1년생	논	하계	-	-
26	미나리	광엽 잡초	다년생	맥류	동계	-	-
27	바늘골	방동사니과	1년생	논	하계	-	-
28	바람하늘지기	방동사니과	1년생	논	하계	-	-
29	바랭이	화본과	1년생/월년생	잔디밭	하계/동계	광 발아	2300
30	방동사니	방동사니과	1년생	논/잔디밭	하계	광 발아	-
31	발독외풀	광엽 잡초	1년생	논	하계	-	3800
32	버룩나물	광엽 잡초	월년생	맥류	동계	-	2100
33	별꽃	광엽 잡초	월년생	맥류	동계	암 발아	400

1. 잡초의 특성과 분류

4. 잡초의 분포

➤ 과수원과 비경지 잡초

✓ 과수원

- 평지보다 경사지에 조성/주로 초생재배 → 제초관리 미흡
- 평탄지 과수원에서는 '1년생 잡초 우점', 경사지 과수원에서는 '다년생 잡초 우점'
- 초기에는 호광성 잡초(바랭이 등) 우점, 과수 성목 기간에는 음지 선호성 잡초(포아폴류 등) 우점

✓ 잔디밭의 잡초

표 2.7 잔디밭 주요 잡초와 분류

번호	잡초명	과명	생활형	발생계절	월동형태
1	강아지풀	화본과	1년생	하계	종자
2	개비름	비름과	1년생	하계	종자
3	냉이	십자화과	월년생	춘/동계	로제트형
4	닭의장풀	닭의장풀	1년생	하계	종자
5	독새풀	화본과	월년생	춘/동계	지상부 생존
6	망초	국화과	월년생	춘/동계	로제트형
7	바랭이	화본과	1년생	하계	종자
8	방동사니	사초과	1년생	하계	종자
9	새포아풀	화본과	월년생	동계	지상부 생존
10	쇠뜨기	속새과	다년생	하계	지상부 생존
11	쇠비름	쇠비름과	1년생	하계	종자
12	썩	국화과	다년생	하계	로제트형
13	여뀌	마디풀과	1년생	하계	종자
14	점나도나물	석죽과	월년생	춘/동계	로제트형
15	질경이	질경이과	월년생	하계	지상부 생존
16	향부자	사초과	다년생	하계	지상부 생존



과수원 내 잡초



골프장 내 잡초



운동장 내 잡초

I. 잡초의 특성과 분류

이 등(2016) 한국잡초학회(초록집)
- 우리나라 농경지에 발생하는 잡초 현황

표 1. 우리나라 농경지에 발생하는 잡초현황

구분	는	발	과수원	목초지	계
종 수	28과 90종	50과 375종	64과 506종	52과 275종	81과 621종

표 2. 농경지에 발생하는 잡초의 과별 분포현황(우점순위 10위)

순위	과명	초종수	비율(%)	순위	과명	초종수	비율(%)
1	국화과	96	15.5	6	심자화과	27	4.3
2	화본과	81	13.0	7	꿀풀과	24	3.9
3	두과	34	5.5	8	장미과	21	3.4
4	사초과	31	5.0	9	현삼과	19	3.1
5	마디풀과	30	4.8	10	메꽃과	16	2.6

표 3. 농경지 발생잡초의 우점도별 상위 10초종

No.	잡초명	발생빈도	상대빈도	피도	상대피도	우점도
1	<i>Digitaria ciliaris</i> (바랭이)	42.7	4.1	15847.4	5.7	4.9
2	<i>Portulaca loeracea</i> (쇠바름)	34.2	3.3	11487.2	4.1	3.7
3	<i>Acalypha australis</i> (개풀)	31.3	3.0	9683.3	3.1	3.0
4	<i>Chenopodium album</i> (흰명아주)	27.0	2.6	8091.7	2.9	2.7
5	<i>Echinochloa crusgalli</i> (들피)	22.9	2.2	7871.8	2.8	2.5
6	<i>Rorippa palustris</i> (속속이풀)	22.7	2.2	6459.5	2.3	2.2
7	<i>Artemisia princeps</i> (쑥)	21.5	2.1	6139.5	2.2	2.1
8	<i>Capsella bursa-pastoris</i> (넙이)	21.1	2.0	6022.9	2.2	2.1
9	<i>Conyza canadensis</i> (망초)	22.0	2.1	5398.0	1.9	2.0
10	<i>Stellaria aquatica</i> (쇠별꽃)	16.9	1.6	5604.8	2.0	1.8

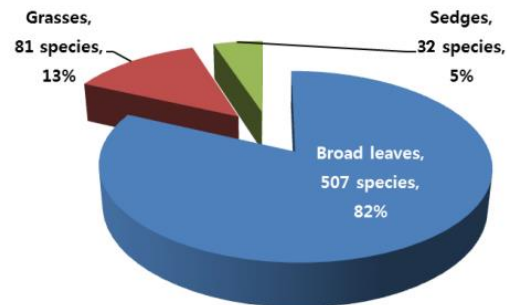


Fig. 1. Classification of weed species by morphological characterization in arable land of Korea.

이 등(2017) 한국잡초학회
- 우리나라 농경지에 발생하는 잡초 현황

Weed Turf. Sci. 7(1):1-14
<https://doi.org/10.5660/WTS.2018.7.1.1>

Print ISSN 2287-7924
Online ISSN 2288-3312

Research Article

우리나라 농경지에 발생하는 외래잡초 현황

김창석^{1*}, 김진원^{2*}, 오영주³, 홍선희³, 허수정⁴, 이채영⁵, 박기웅⁶, 조승현⁷, 권오도⁸, 임일빈⁹, 김상국¹⁰, 성덕경¹¹, 정영재¹², 이정란², 이안용^{2*}

Table 3. Introduction period of exotic weeds occurred in Korean croplands.

Introduction period (year)	No. of species	Ratio (%)
1 st period (1876-1921)	46	27.7
2 nd period (1922-1963)	16	9.6
3 rd period (1964-2015)	104	62.7
Total	166	100

Table 5. Occurred exotic weeds in upland fields and orchards in Korea.

Province	Upland fields		Orchards	
	No. of family	No. of species	No. of family	No. of species
Gyeonggi-do	18	76	13	38
Gangwon-do	19	75	18	63
Chungcheongbuk-do	18	50	19	65
Chungcheongnam-do	19	56	16	39
Jeollabuk-do	19	57	14	44
Jeollanam-do	18	62	15	52
Gyeongsangbuk-do	18	68	13	35
Gyeongsangnam-do	17	50	14	50
Jeju-do	18	66	18	68
Total	24	130	24	126

1. 잡초의 특성과 분류

5. 주요 우점 잡초들

➤ 논 잡초

논피 (<i>Echinochloa orzicola</i>)	물옥잠 (<i>Monochoria korsakowii</i>)	자귀풀 (<i>Aeschynomene indica</i>)	여뀌바늘 (<i>Ludwigia prostrata</i>)	가래 (<i>Potamogeton distinctus</i>)
				
• 화본과 • 전국 논 발생 • 하계 일년생 잡초 • 줄기 높이 50~110 cm • 벼처럼 모여 발생	• 물옥잠과 • 전국 분포(특히 서해안 논 지역) • 줄기 높이 20~40 cm	• 자귀풀(콩과) • 전국 논 발생, 하계 일년생 잡초 • 줄기 높이 50~200 cm • 잎은 어긋나게 달림	• 바늘꽃과 • 전국 논 발생, 하계 일년생 잡초 • 줄기 높이 30~100 cm	• 가래과 • 논, 도랑, 얇은 습지 등지 발생 • 여러해살이 잡초 • 뿌리 줄기는 물 밑의 흙 속에서 옆으로 여러 갈래로 길게 뻗어 번식

1. 잡초의 특성과 분류

5. 주요 우점 잡초들

➤ 발 잡초

쇠비름 (<i>Portulaca oleracea</i>)	흰명아주 (<i>Chenopodium album</i>)	털별꽃아재비 (<i>Galinsoga ciliata</i>)	망초 (<i>Conyza canadensis</i>)	환삼덩굴 (<i>Humulus japonicas</i>)
				
• 쇠비름과 • 건조에 강한 다육식물 • 전국 밭, 과수원 발생 • 하계 일년생 잡초	• 명아주과 • 전국 밭, 과수원 발생 • 하계 일년생 잡초	• 국화과 • 봄에 이른 여름 발생 • 미대륙 원산 • 종자의 전파는 주로 바람에 의함 • 한 해 동안 3~4세대 • 종자 생산량이 많은 잡초	• 국화과 • 미대륙 원산 귀화식물 • 전국 들, 길가 분포 • 두해살이풀	• 삼과 • 훼손된 들에 흔하게 발생 • 덩굴성 한해살이풀 • 우리나라 전역 자생 • 동아시아 지역 분포

I. 잡초의 특성과 분류

6. 잡초의 잡초성

- 잡초의 종자는 땅 속에서 오래 생존할 수 있다.
- 잡초 종자는 광발아성으로, 땅 위로 올라와야 발아할 수 있다.
- 잡초 종자는 휴면성이 복잡하여 발생기간이 길다.
- 종자 생산량이 많다.
- 발아가 불균일하다.
- 개화가 빠르다.
- 자가수정을 한다.
- 종자 생산기간이 길다.
- 종자의 전파수단이 다양하다.
- 경합기능이 특이하다.
- 발취 저항성이 있다.

II. 잡초의 생리 생태

* 잡초 종자 발아 5단계

단계	설명
1	• 물의 흡수(전분에 의한 물리적 흡수, 배에 의한 생리적 흡수 및 전분의 가수분해)
2	• 세포분열 및 신장의 대사과정
3	• 종근 및 유아의 신장
4	• 유아의 출현
5	• 발생 후부터 이유기까지

II. 잡초의 생리 생태

1. 잡초의 발아 및 출현 특성

➤ 발아에 관여하는 환경요인

✓ 수분(water)

- 수분의 흡수는 발아의 1단계
- 살아있는 종수나 죽은 종자 모두 수분을 흡수를 통해 팽만해짐
- 단백질, 점액 물질, 펙틴은 전분보다 교질성과 친수성이 커서 더 많은 수분 흡수 가능

✓ 온도(temperature)

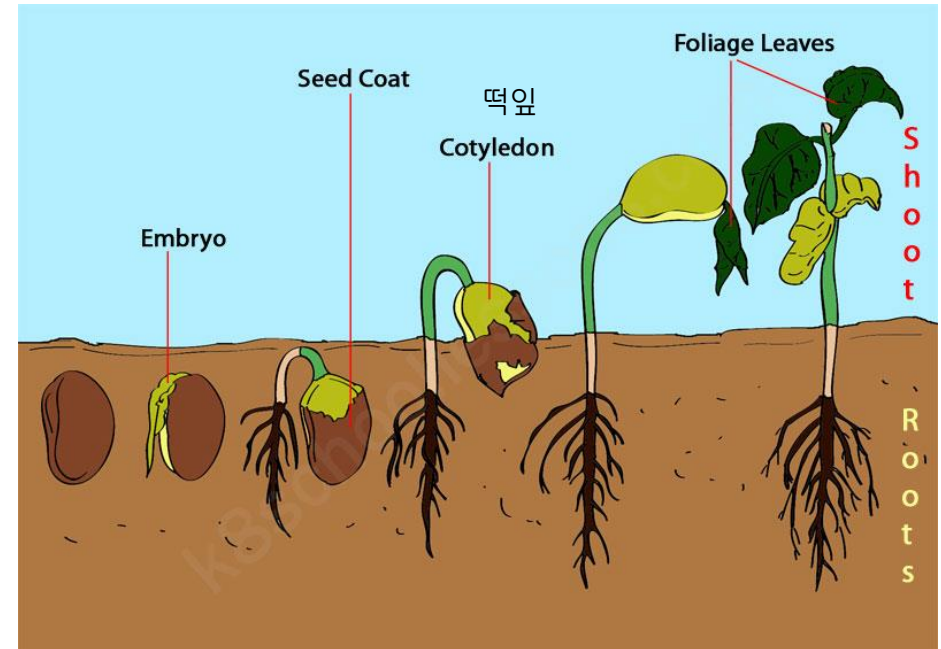
- 잡초 종자의 발아적온 일정치 않으며, 대체로 15~30도 범위

✓ 산소(oxygen)

- 발아에서 호흡할 때, 높은 수준의 산소 요구
- 대부분의 잡초는 산소 20%, 이산화탄소 0.03%, 질소 80%에서 최고의 발아율
- 산소 농도 20% 이하 → 발아율 감소

✓ 광(light)

- 겉흙에서 광을 받은 후 발아
- 광 발아 줄아, 암 발아 종자, 광과 상관없이 발아하는 종자로 구분



II. 잡초의 생리 생태

1. 잡초의 발아 및 출현 특성

➤ 발아에 관여하는 환경요인

* 광 조건에 따른 종자 종류

구분	설명
광발아 종자	• 바랭이, 쇠비름, 개비름, 향부자, 강피, 참방동사니, 소리쟁이, 메귀리
암발아 종자	• 별꽃, 냉이, 광대나물, 독말풀
광무관계 종자	• 화곡류, 옥수수

* 산소 조건에 따른 종자 종류

구분	설명
호기성 잡초	• 너도방동사니, 바랭이, 향부자
혐기성 잡초	• 돌피, 올챙이고랭이, 가래, 물달개비, 올미

II. 잡초의 생리 생태

1. 잡초의 발아 및 출현 특성

➤ 잡초 종자의 발아 특성

✓ 발아주기성(periodicity)

- 종자의 후숙 과정에서의 생리적, 환경적 조건이 긴밀하게 관여하기 때문에 같은 조건에 두어도 일정한 간격(어떤 주기성)을 가지고 최고의 발아율을 나타내는 것

✓ 발아의 계절성과 기회성

- 계절성 : 온도보다 일반적으로 계절특성을 더욱 일정하게 나타내는 일장에 반응하여 휴면 타파, 발아하는 특성
- 발아기회성 : 일장보다 같은 계절에서 변이성이 큰 온도 조건에 더 기회적으로 감응하여 발아하는 특성

✓ 발아의 동시성 및 연속성

- 동시성 발아 : 일정한 기간 이내에 대부분 종자가 발아를 마치는 집중발아형
- 연속성 발아 : 발아 조건을 주어도 오랜 기간에 걸쳐 지속해서 발아하는 유형

II. 잡초의 생리 생태

1. 잡초의 발아 및 출현 특성

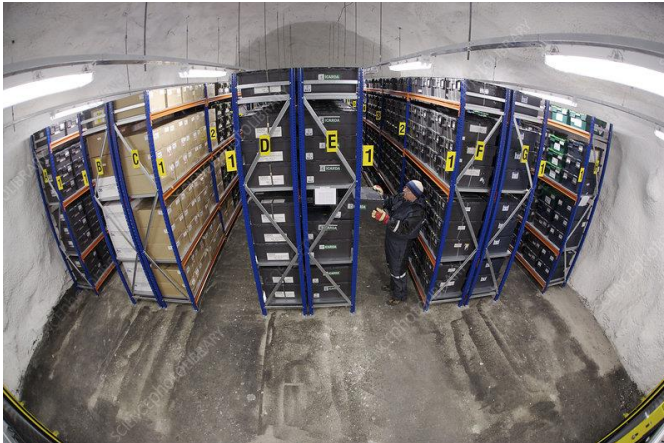
➤ 종자 수명

✓ 종자의 활력과 수명은 '유전형', '휴면기작', '저장 환경'에 따라 상이함.

- (캐나다) 추운지대에서 발견된 루핀(*Lupinus articus*) 경우, 10,000년이 지난 후 발아 성공(Harrington, 1967)
- (중국) 추운 만주 호수에서 발견된 연꽃 종자 경우, 1,000년 이후 발아 성공(Copeland, 1967)
- 일부 콩과 작물 종자는 건조상태에서 100~150년 후 발아 확인

✓ 양호한 저장 조건(낮은 온도, 낮은 습도(수분), 낮은 산소)에서 긴 종자 수명 확인

- 일부 사료작물의 종자 : 38도 고온에서 저장(수분함량 6% 이하) → 6년 후 발아 양호 확인



Svalbard Global Seed Vault
(노르웨이령 스발바르제도 내)



Seed Vault
(국립백두대간수목원, 경북 봉화)

표 2.8 종자 수명에 관한 실험 결과들

실험자	실험 조건	매몰 기간(년)	발아 개수	실험 작물(발아율)
듀벨 (Duvel)	식토가 든 포트에 20, 55, 100cm 길이로 107종을 매몰 파종함	1	71	
		10	68	
		20	57	
		38	36	독말풀(91%), 담배풀(48%), 어저귀(38%), 달맞이꽃(17%), 명아주(7%), 강아지풀(1%), 소리쟁이(1%)
빌 (Beal)	뚜껑을 닫지 않은 시험관 내에 20종 을 매몰 파종함	20	11	20종
		40	9	비름, 거자, 질경이, 쇠비름, 담배풀, 달맞이꽃, 소리쟁이
		70	3	담배풀, 달맞이꽃, 소리쟁이
		90	1	담배풀(70~80%)

출처: Klingman and Ashton 1975.

II. 잡초의 생리 생태

1. 잡초의 발아 및 출현 특성

➤ 유묘 출현에 관여하는 요인

- ✓ 잡초는 발아한 후, 토양층을 통과하여 지표면 위로 출현하므로 여러 토양조건의 영향을 받음.
- ✓ 유묘의 출현에 관여하는 요인으로는 토양심도, 토양온도, 토양수분, 토양산소, 토양산도, 토양비옥도, 토양염도 등이 있음.

토양심도	일반적으로 종자의 무게가 무거울수록 발생심도가 깊다. 사질토는 중점토보다 발생심도가 깊고 토양이 너무 습하거나 건조하면 종자의 출현율이 감소한다. 냉이류·별꽃: 2cm 내외, 올미: 0~5cm, 명아주: 5cm 내외, 너도방동사니: 3~5cm, 벼풀: 5~10cm, 가래: 15~20cm, 올방개: 10~25cm, 메귀리: 최대심도 17.5cm
토양온도	출현 최적온도는 대체로 발아적온과 같다. 가래: 18~22°C, 올미: 18~26°C, 올방개: 26°C
토양수분	토양수분 함량이 70~85% 정도에서 출현율이 높고, 55% 이하에서는 출현율이 극히 저하된다. 바랭이·여뀌 등은 건조에 강하다.
토양산소	일반적으로 강피 등의 논잡초는 저농도에서, 별꽃·향부자 등의 밭잡초는 고농도에서 발아가 양호하다.
토양산도	경지잡초는 알칼리성보다 산성쪽에서 잘 출현하는 경향이 있으며 일반적으로 논잡초는 산성토양, 밭잡초는 중성~알칼리성 토양에 잘 적응한다.
토양비옥도	질소요구량이 큰 바랭이·뚝새풀·갈퀴덩굴 등은 비옥한 토양에서, 꽃마리·발독외풀·올방개 등은 질소결핍지나 척박한 토양에서 잘 적응한다.
토양염도	매자기 등은 간척답(염류 0.5%)에서만 번식한다.

II. 잡초의 생리 생태

2. 잡초의 번식, 전파, 휴면

➤ 잡초의 번식(유성생식, 영양생식)

✓ 유성생식(sexual reproduction)

- 종자만으로 번식하는 방식
- 1년생 잡초와 일부 2년생, 일부 다년생 잡초 해당

✓ 영양생식(vegetative reproduction)

- 주로 다년생 잡초 해당
- 대부분 영양번식을 하는 잡초 종들은 두 가지 이상의 번식 수단을 동시 나타냄
- 영양체 번식을 하면서도 종자인 유성생식 방법을 동반

→ 유전적으로 다양한 종자를 생산

→ 번식력과 적응력 모두 향상

표 2.9 잡초의 종자 생산량(개/주)

번호	잡초종	종자 생산량
1	갈퀴덩굴	615
2	개갯냉이	7,066
3	개비름	1,843
4	독새풀	1,998
5	마디꽃	2,921
6	마디풀	754
7	망초	114,816
8	물달개비	44,799
9	바랭이	2,366
10	발독외풀	3,881

번호	잡초종	종자 생산량
11	벼룩나물	2,159
12	별꽃	359
13	사마귀풀	28
14	쇠비름	13,168
15	알방동사니	5,600
16	참방동사니	1,930
17	피	42,388
18	한련초	884
19	황새냉이	1,339
20	흰여뀌	429

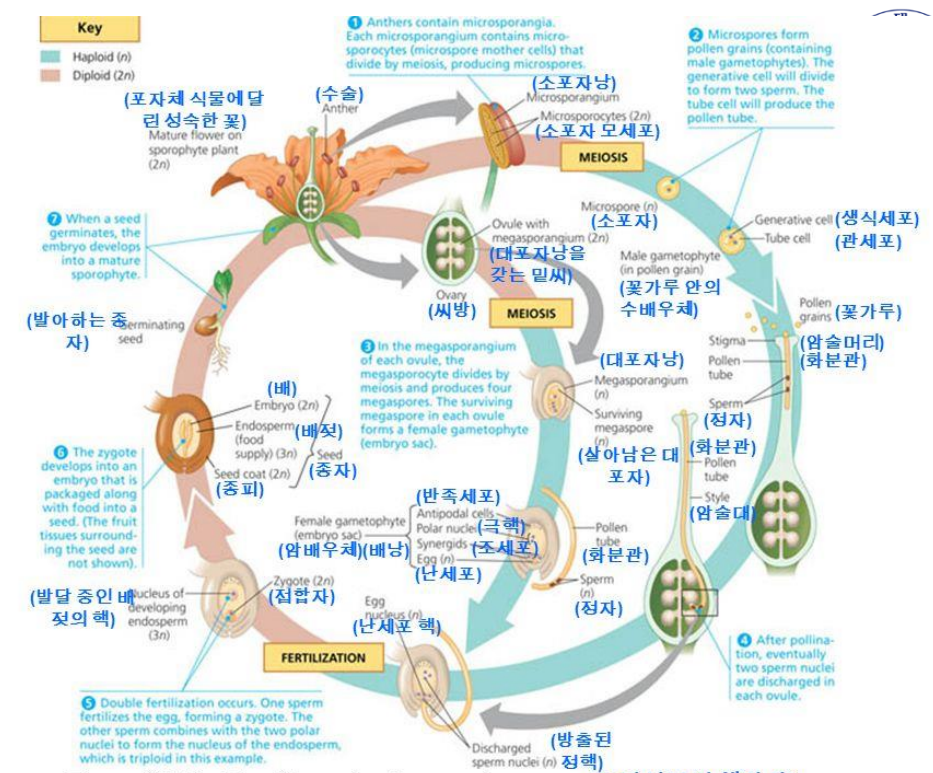
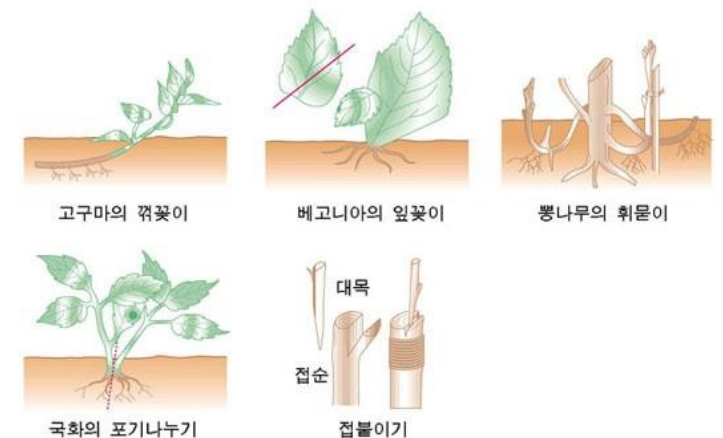


Figure 30.10 The life cycle of an angiosperm. (속씨식물의 생활사)



[식물의 여러 가지 인공 영양 생식]

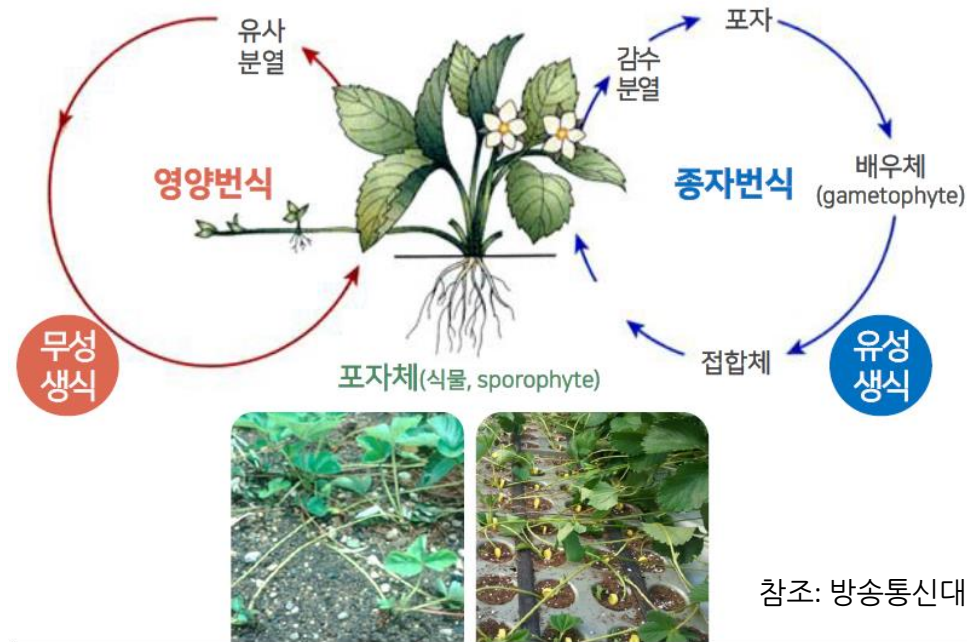
II. 잡초의 생리 생태

2. 잡초의 번식, 전파, 휴면

➤ 잡초의 번식(유성생식, 영양생식)

✓ 유성생식과 영양번식의 장단점

- 영양번식은 유성번식에 비해 번식력, 이동성은 떨어지나 적응성 및 정체성이 강하다.
- 유성번식은 영양번식에 비해 산포성과 휴면성이 강하다.
- 영양번식으로 생산된 개체는 종자로부터 생산된 개체보다 강하며, 적당한 경운조건 및 제초제에 강하다.
- 영양번식으로 생산된 개체는 종자로부터 생산된 개체보다 양이 적고, 환경이 더욱 불량해지면 영양체로만 번식한다.



참조: 방송통신대학교 농학과 자료

II. 잡초의 생리 생태

2. 잡초의 번식, 전파, 휴면

➤ 잡초의 전파

- ✓ 자연력에 의한 전파 : 바람이나 물 등에 날아가고 떨어려 감
- ✓ 동물에 의한 전파 : 종자에 갈고리나 가시가 돋친 종자는 동물에 의한 전파 용이
- ✓ 사람에 의한 전파 : 농작물의 종자나 퇴구비, 가축의 분뇨, 농기구 등에 의한 전파



바람에 의한 전파



동물에 의한 전파



사람에 의한 전파



II. 잡초의 생리 생태

3. 잡초의 군락과 천이

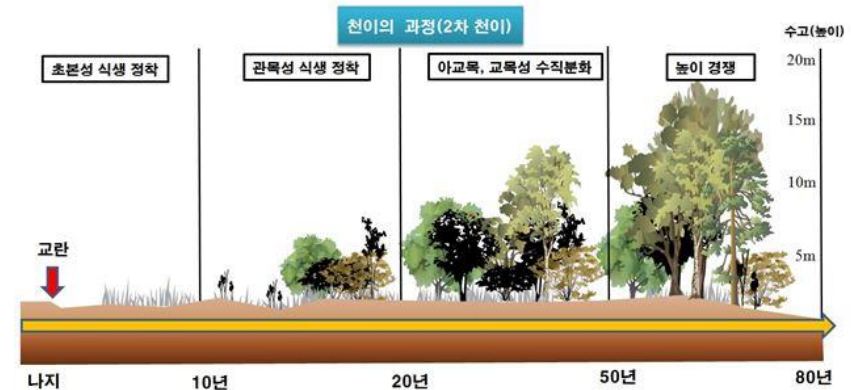
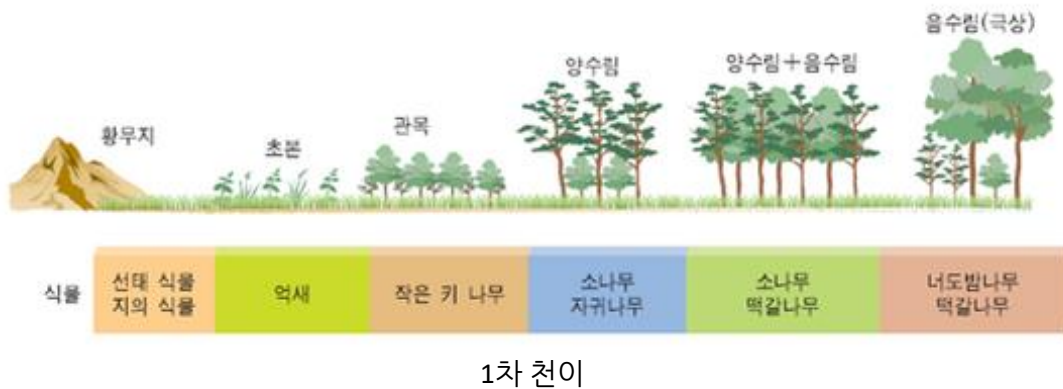
➤ 식생의 천이

✓ 천이(succession) : 어느 지역에서 시간에 따라 종의 조성, 식생의 모습이 방향성을 가지고 자연적으로 변화하여 가는 현상

• 토양, 광선 등의 환경조건이 변화 → 새로운 환경에서 보다 잘 생활할 수 있는 식물 침입 → 기존 식물과의 경쟁에서 이겨내서 토착

• 식생과 생육환경의 상호작용 → 최종적으로 안정된 식생이 오랜기간 동안 지속되는 상태(극상: 천이의 마지막 단계)

구분	설명
1차 천이	- 식물이 전혀 없는 곳에서부터 시작되는 천이 - 첫 식물이 들어와 비교적 안정된 식생으로 변화하는 과정
2차 천이(갱신천이)	원래의 식생이 화재, 태풍, 병충해, 벌채 등과 같은 자연적, 인위적 피해를 받은 다음 성숙된 식생으로 회복되는 과정



2차 천이

II. 잡초의 생리 생태

3. 잡초의 군락과 천이

➤ 잡초 군락의 천이

✓ 군락: 환경에 적응하여 생존하는 식물종들의 집합체

• 잡초 군락의 천이: 재배작물의 변화, 경종조건의 변화, 제초방법의 변화 등 농경법의 변천이 가장 큰 요인

구분	설명
재배작물 및 작부체계의 변화	• 벼, 보리, 채소 등의 재배작물과 단작, 이모작 등 작부체계의 변화
경종조건(seeding condition)의 변화	• 본답시기, 물 관리, 경운, 시비, 수확방법 및 시기 → 잡초 종자의 오염 기회 증대
제초방법의 변화	• 손 제초 및 기계적 잡초 방제의 감소, 선택성 제초제의 사용 증가, 제초방법 개선

II. 잡초의 생리 생태

2. 잡초의 번식, 전파, 휴면

➤ 잡초의 휴면

✓ 휴면의 정의

- 작물이 일시적으로 생장활동을 멈추는 생리 현상. 작물은 대부분 휴면함.
- 발아시기의 조절, 불량환경(고온, 저온)의 회피, 종자의 수명 연장 등 식물 자신이 처한 불량환경의 극복 수단
- 성숙한 종자에 적당한 발아조건을 주어도 일정 기간동안 발아하지 않을 때에 이 종자는 휴면을 함(→ 휴면은 생육의 일시적인 정지상태)
- 자발휴면(생득휴면): 외적 조건이 생육에 부적당하지 않을 때에도 내적 원인에 의해서 유발되는 진정한 휴면
- 타발휴면(강제휴면): 발아력을 가진 종자라도 외적 조건이 부적당하기 때문에 유발되는 휴면

1차 휴면과 2차 휴면

- 자발휴면과 타발휴면을 합쳐 '1차 휴면'
- 성숙한 종자가 불리한 환경조건에 장기간 보존되어 휴면이 새로 생기는 것을 '2차 휴면'

II. 잡초의 생리 생태



뉴스룸 | 최신키사

외래 잡초 증가세...제초제 안 듣는 풀도 2.8배 ↑

송고시간 | 2018-05-16 11:00



이태수 기자
기자 페이지

| 농진청, 외래 잡초 방제법 연구



외래 잡초 '갯드렁새'가 자란 논(오른쪽)과 분포 지역 (왼쪽)
[농촌진흥청 제공=연합뉴스]

(세종=연합뉴스) 이태수 기자 = 농사를 방해하는 외래 잡초와 제초제도 잘 듣지 않는 '악성' 잡초가 두 큰 폭으로 늘어난 것으로 조사됐다.

농촌진흥청은 경기도 농업기술원·충남대 등과 함께 2013~2015년 국내 논·밭과수원 등을 돌아다본 결과 619종의 잡초를 확인했다고 16일 밝혔다.

이 가운데 외래 잡초는 166종으로 27%를 차지했다.



8뉴스 | 생활·문화

공포의 '슈퍼잡초'...제초제 뿌려도 '꿇꿇'

정형택 기자 goodi@sbs.co.kr 작성 2012.09.01 20:36 수정 2012.09.01 22:29 조회 17,098

<앵커>

가뭄에 이은 태풍으로 시름이 깊은 농민들에게 또 다른 골칫거리가 있습니다. 바로 잡초인데, 옛날 잡초가 아닙니다. 독한 외래종에다 슈퍼 잡초까지 번지고 있습니다.

정형택 기자입니다.



II. 잡초의 생리 생태

잡초의 생육 특성

- ✓ 종자를 많이 생산하고 종자의 크기가 작아 발아가 빠르다.
- ✓ 이유기가 빨라 독립생장을 통한 초기의 성장속도가 빠르다.
- ✓ 불량환경에 잘 적응하고 잡초 종자는 휴면을 통해 불량환경을 극복한다.
- ✓ 작물과의 경합력이 강하여 작물의 수량 감소를 초래한다.
- ✓ 지하기관을 통한 영양번식과 종자번식 등 번식기관이 다양하고 번식력도 비교적 강하다.
- ✓ 밀도의 변화에 대응하여 생체량을 유연하게 변동시키므로 단위면적당 성장량은 거의 일정하다(잡초생육의 유연성)

- 잡초의 해와 방제
- 제초제의 작용기작

I. 잡초의 해와 방제(Weed damage and control)

1. 잡초의 생육 및 경합 특성

➤ 잡초의 생장 특성 : 작은 크기, 빠른 발아, 빠른 초기 생장 속도

➤ 생육 특성

✓ 생육의 유연성

• 밀도 변화가 있어도 유연한 개체당 생체량 변동 → '일정량 후대 생산'과 '개체군 생체 물량' 확보 가능

- (높은 밀도) 고사 개체 및 기관 비율 상승, 영양체 형성 경향 증대

- (낮은 밀도) 개화 및 결실률 증대 → 종자 생산량 증가, 영양체 형성 경향 감소

✓ 기회적 생장 능력

• 많은 잡초는 '기회적 생장' 강한 C_4 식물(주요 작물은 C_3 작물)

• C_4 식물은 C_3 식물보다 양호한 조건에서 광합성 효율과 순간적 생산효율 높음.

< C_4 식물 >

CO_2 가 부족한 환경에서도 광합성의

암반응(광비의존성반응)을 계속 할

수 있는 식물



I. 잡초의 해와 방제(Weed damage and control)

1. 잡초의 생육 및 경합 특성

➤ 경합의 정의

- ✓ 일정한 환경조건에서 한 종류 이상의 식물이 동시에 동일한 자원을 요구함으로써 일어나는 '상호억제작용'
- ✓ 경합의 원인 : 단위면적에서 환경이 식물에게 제공하는 자원의 공급력 제한
- ✓ 식물간의 상호작용 : 생리적으로 서로 공유하는 기생과 공생, 서로 공유를 하지 않는 경합, 편리, 편해, 원협 작용

구분	설명
편리작용	서로 작용하는 두 개체군 사이에서 한쪽은 항상 이익을 얻는 경우
편해작용	서로 작용하는 두 개체군 사이에서 한쪽은 항상 피해를 입는 경우
원협작용	서로 작용하는 두 개체군이 서로 협동하여 이익을 얻는 경우

➤ 작물의 경합 특성

- 식물의 경합력 : 잡초 종류, 발생 밀도에 따라 → 잡초에 대한 작물 경합력이 달라짐
- 작물의 품종 : 주어진 토양, 수분, 기후 조건에 적응력이 큰 작물/품종 선택 → 잡초 제어 유리
- 재배 방법 : 육묘이식, 재식밀도 증가, 작물 발아/초기 생육에 최적인 시기에 파종 → 잡초에 대한 작물 경합력 증대
- 토양비옥도 : 높은 비옥도/시비 → 제초작업 증가.
 - 조파작물/산파작물, 추파작물/춘파작물, 초형이 서로 다른 작물을 전작/후작으로 선택 → 잡초 발생과 경합 피해 감소 효과

1. 잡초의 해와 방제(Weed damage and control)

2. 잡초의 군락과 천이 특성

➤ 잡초 군락의 천이(succession, 이미 조성된 초종이 변화되는 과정)

✓ 시간 경과에 따라 농경지(자연적, 인위적 교란 상태가 계속되는 조건) 적응, 생존

➤ 식생 천이 관여 요인

✓ 제초 방법

• '선택성 제초제' 사용이 가장 극적인 천이 유발 요인

- 1년생 잡초의 선택성제초제(클로르니트로펜, chlornitrofen) 연용 → 다년생 잡초(너도방동사니, 올챙고랭이 등)의 우점화 현상 초래

- 최근 논 잡초 군락이 올미, 가래, 올방개, 너도방동사니, 벼풀 등의 다년생으로 천이된 것 = '제초제 사용, 재식법, 경운법, 물관리, 재배방법의 변천'에 따른 결과물

✓ 물 관리와 시비 방법

• 물을 깊이 대거나 밭/논 작물 교호적 재배, 질소/석회비료 사용 → 잡초 생육 억제 재배적 방제법

✓ 작물 품종과 재배 양식

• 작물 품종에 따라 '초형(plant type), 조만성(earliness), 비료 요구도, 내한성 등' 차이

• 잡초와의 경합력에도 차이가 있어 초종 조성에도 변화 초래

• 작물의 재배 시기(조기, 만기, 보통재배), 재배양식(이앙재배, 직파재배)도 잡초의 초종 조성을 바꾸는 데 영향 미침



1. 잡초의 해와 방제(Weed damage and control)

2. 잡초의 군락과 천이 특성

➤ 제초제 내성(저항성) 잡초의 출현

- ✓ 여러 요인 중, 잡초 개체군에서 가장 치명적/직접적인 요인 = 제초제
- ✓ 장기간 제초제(트리아진계, 그리목손, 설폰닐우레나 등) 사용 → 세계 각지에서 제초제 내성(저항성) 잡초 종 출현
- ✓ '제초제 사용량 조절', '다른 작용기작 계통 제초제 교호 처리'
 - 저항성 잡초의 종 수 감소, 잡초발생 억제, 작물의 경합 피해 감소
- ✓ 내성과 저항성
 - 내성(tolerance)
 - 어느 한 개체군이나 다른 종간에 항상 존재하는 일종의 내부 변이 현상. 잡초가 제초제가 건디는 현상
 - 저항성(resistance)
 - 이전에는 감수성이었던 잡초가 극단의 내성에 이를 정도로 바뀐 상태. 제초제를 바꾸어 사용하거나 사용을 중단하면 저항성 제어 가능.

잡초명	사 진	잡초명	사 진
물 옥 점 (일년생잡초, 1998년 확인)		올 미 (다년생잡초, 2004년 확인)	
물 달 게 비 (일년생잡초, 1999년 확인)		새 섬 매 자 기 (다년생잡초, 2004년 확인)	
미 국 외 풀 (일년생잡초, 2000년 확인)		올 썩 이 자 리 (일년생잡초, 2006년 확인)	
마 디 꽃 (일년생잡초, 2000년 확인)		쇠 털 골 (일년생잡초, 2007년 확인)	
올 썩 이 고 랭 이 (다년생잡초, 2000년 확인)		피 (일년생잡초, 2008년 확인)	
알 방 동 사 니 (일년생잡초, 2001년 확인)		벗 풀 (다년생잡초, 2013년 확인)	

2017년 우리나라 논에 발생한 제초제 저항성 잡초 발생현황			
도	벼 재배 면적 (ha)	저항성잡초 발생추정면적(ha)	저항성잡초 발생비율(%)
경기도	103,681	65,153	62.80%
강원도	37,763	22,896	60.60%
충청북도	35,069	28,226	80.50%
충청남도	159,069	74,762	47.00%
전라북도	118,353	83,439	70.50%
전라남도	183,530	95,985	52.30%
경상북도	99,830	51,093	51.20%
경상남도	97,728	66,413	68.00%
합계	835,023*	487,967	58.40%

*유기농 벼 재배면적 제외

I. 잡초의 해와 방제(Weed damage and control)

3. 잡초 경합의 생태적 원리

- 잡초와 작물과의 경합 : 제한된 공통자원에 대하여 근연관계를 가지는 생물 간에 나타나는 자연현상
- 종내 경합(intra-specific competition)과 종간 경합(inter-specific competition)으로 구분
 - ✓ 종내 경합 : 동일 초종내에 개체간 경합 : 잔디와 잔디/새포아풀과 새포아풀
 - ✓ 종간 경합 : 이종(서로 다른) 식물간의 경합: 잔디와 새포아풀, 새포아풀과 바랭이 등



바랭이



방동사니



마디풀



토끼풀

경합의 측면에서 잡초의 생육 특성

- ✓ 발아 및 초기생육이 빨라 초기에 경합력 우위
- ✓ 근군(根群)이 발달되어 수분이나 영양분의 경합 유리
- ✓ 강한 번식력과 재생력이 의해 낮은 예고에서도 견딤
- ✓ 환경(불량) 적응성이 강하여 지속적인 경합 대상
- ✓ 광합성 능력이 높은 C4 식물이 많음.

출처: 교육부(2016) 『NCS 학습모듈: 잔디식재공사(1405010205_14v2)』. 한국직업능력개발원. p.80.

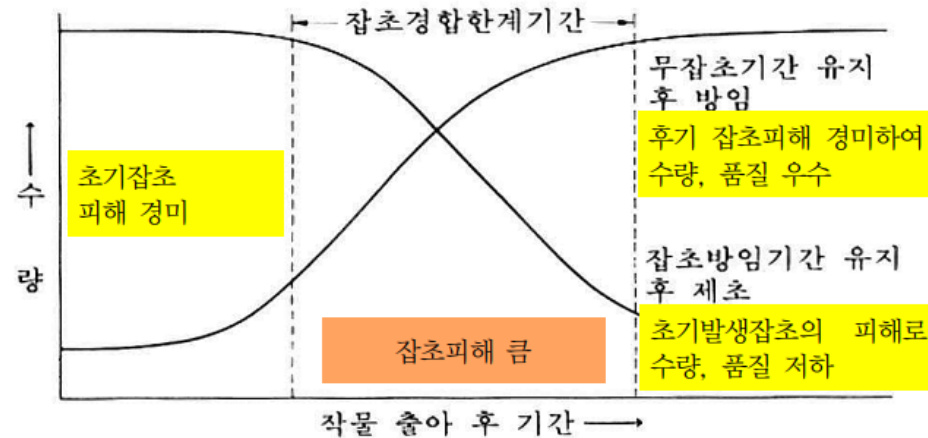
[그림 6-1] 잔디밭에 발생하는 주요 잡초

잔디밭에 발생하는 주요 잡초

1. 잡초의 해와 방제(Weed damage and control)

4. 잡초경합의 한계기간과 허용한계 밀도

- 작물의 수량 감소 방지 위해 잡초 방제 한계기간(critical period) 동안 잡초 방제
- 잡초경합한계기간(critical period for weed competition) 동안 작물과 잡초간 경합이 계속되지 않도록 잡초 방제
 - * 잡초경합한계기간: 작물의 초관형성기~생식생장기 사이에 잡초와의 경합
- 작물의 전 생육기간 중 첫 1/3~1/2기간 또는 1/4~1/3기간에 비교적 생육초기에 해당 → 철저한 방제 요구
- 잡초의 허용한계밀도(threshold density for weed competition)에 잡초는 병이나 해충과 달리 무조건 박멸시켜야 할 대상으로 취급할 필요가 없으므로, 어느 정도 허용할 수 있다고 판단되는 발생 밀도를 의미함.
- 경제적 허용한계밀도(economic threshold density for weed competition): 방제 노력/방제로 인한 이익이 같아지는 수준까지의 밀도 한계구역



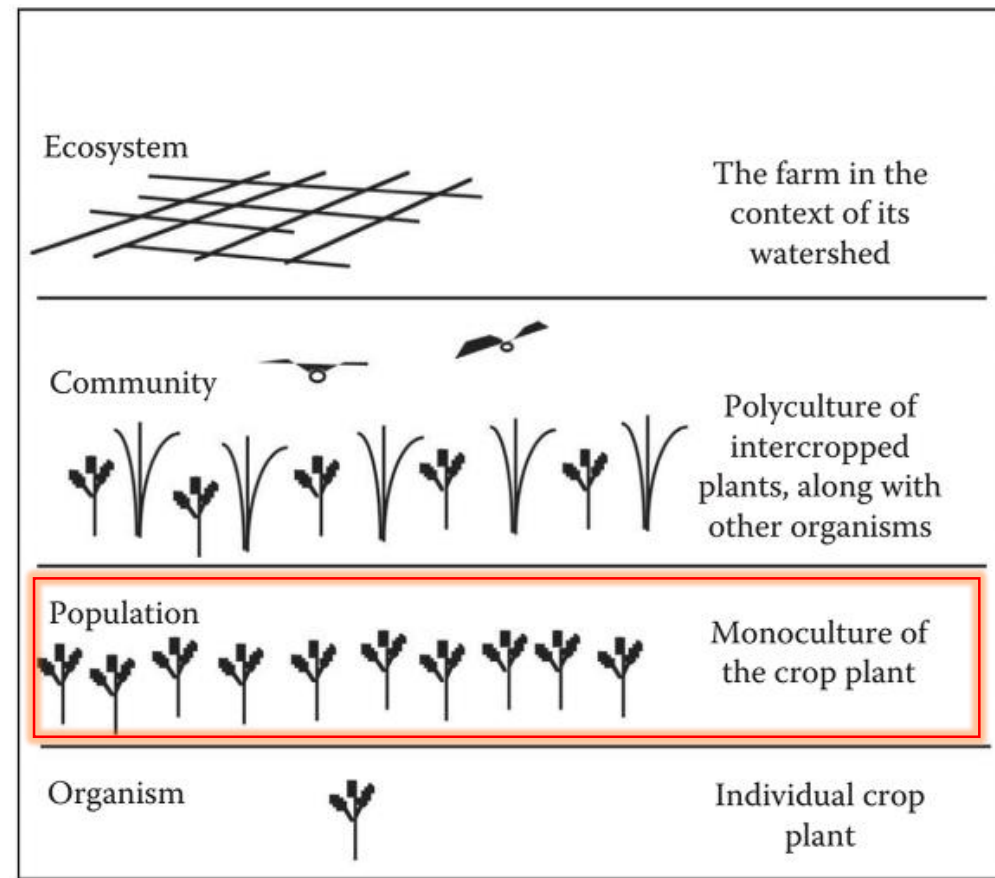
〈그림 3〉 잡초경합 한계기간

1. 잡초의 해와 방제(Weed damage and control)

5. 잡초의 방제와 농업

➤ 농업생태계의 특성

- ✓ 자연생태계의 생물들에 비해 짧은 수명
- ✓ 환경에 대한 약한 저항성
- ✓ 높은 균질도와 낮은 종 다양도
- ✓ 재배와 관리 등으로 큰 인위적 요소 관여



1. 잡초의 해와 방제(Weed damage and control)

5. 잡초의 방제와 농업

➤ 잡초 방제의 역사

- ✓ 유랑농경시대 '화전농법', 정착농경시대 '경운 또는 중경으로 잡초 방제'
- ✓ 벼농사의 담수재배, 밭농사의 조파도 잡초방제의 효과를 가지고 있으며, 20세기 후반부터 제초제 사용 시작
- ✓ 최근의 잡초 방제는 여러 방제법의 장점이 혼용된 종합적 방제법과 환경친화적 방제법 도입

➤ 잡초와 병해충의 특이성 비교

구분	잡초	병해충
국면성	정체적	동태적
문제대상	식물	동물/미생물
진전성	완만성	급진성
가해 특성	생산활동 억제	생산물 탈취
피해 판단 근거	허용한계 수준	출현 자체
방제 개념	방제	박멸/근절
방제 기술	작물의 경합특성 이용	유해생물의 가해특성 이용

1. 잡초의 해와 방제(Weed damage and control)

5. 잡초의 방제와 농업

➤ 작물의 방제 원칙

- ✓ 병이나 해충에 노출되거나 피해가 생기지 않게 회피, 예방
- ✓ 일단 병에 걸리면 적절한 방제(control)
- ✓ 경제적 가해수준을 넘어서지 않았는데도 지나치게 박멸(eradication) 지양

표 2.10 잡초와 병충해 방제의 특성 비교

번호	항목	병해	충해	잡초해
1	문제대상	동물, 식물, 미생물	동물, 식물	식물
2	진전속도	급진적임	급진적임	완만함
3	가해특성	생산물 고사	생산물 식이	작물생육 억제
4	피해판단	병징과 사인	병징과 사인	개체존재
5	방제기술	균류의 특성	해충의 특성	잡초의 특성
6	방제약제	살균제	살충제(살선충제)	제초제
7	약제농도 준수	유연함	유연함	엄격함
8	친환경 방제	청결, 종자소독	물리적 방제, 천적이용, 생물농약	물리적 방제, 생물농약
9	피해발생	작물가해	작물가해	작물경합
10	방제개념	예방, 박멸	경제적 가해수준	방제



1. 잡초의 해와 방제(Weed damage and control)

6. 잡초 방제 방법

➤ 예방적 방제(preventive control)

✓ 위생과 청결

- 잡초가 없는 청결한 상태의 농경지 유지/새로운 종자 및 영양체를 생성할 수 없게 이들의 번식시기 청결 유지
 - 재배관리의 합리화 : 적절한 시비기술(작물 초관형성 촉진), 제한적 관개와 제한적 경운, 철저한 병해충방제, 잡초를 제어하는 윤작, 개화 이전의 잡초제거, 수확 후 토양 화염방제 및 소토처리 등
 - 작물이나 관상식물의 종자 정선, 오염 종자 감소 → 잡초 종자 비산 방지
 - 농기계나 기구 청소
 - 사료나 퇴구비, 가축 관리로 종자 전파 방지
 - 관개수로나 운반 토양 관리

✓ 법적 방제 : 국가/지역 간의 종묘유통과정에서 검역 및 검사제도를 두어 문제성 잡초로 오염된 종묘의 유통 통제

1. 잡초의 해와 방제(Weed damage and control)

6. 잡초 방제 방법

➤ 주요 방제 방법

✓ 물리적 방제

- 기계/힘으로 하는 손 제초, 경운, 예취, 피복, 열처리, 침수처리와 같은 방제법
 - 기계, 기구, 온습도, 빛(유아등, 자외선 등) 이용. 열(온탕소독)/수목의 해충서식지 제거
 - 황색, 청색 또는 적색 끈적이 판 설치, 황색 수반 등 설치
 - 한랭사로 하우스나 온실을 덮어 해충 침입 차단(방충망 설치) → 진딧물, 나방류의 침입 방지
 - 과실에 봉지를 씌움. 토양소독은 재식 전 증기로 훈증 소독, 담수처리, 태양열 소독 등
 - 집단서식지 및 이병 정도가 심한 가지도 절단, 소각 등



구분	설명
침수처리	논에서 10~15 cm 수심을 유지하면 잡초 발생 억제
중경과 배토	범용관리기를 이용하여 자연적인 잡초 제거
토양피복	벼집 등으로 피복하면 잡초발생 및 생육 억제
흑색비닐멀칭	광발아성 잡초 발아 억제, 잡초의 광합성 방해
예취	잡초를 베어 결실을 방지, 잡초의 저장양분 고갈
화염제초	잡초 소각 및 흙속의 잡초 종자까지 사멸

1. 잡초의 해와 방제(Weed damage and control)

6. 잡초 방제 방법

➤ 주요 방제 방법

✓ 화학적 방제 : 제초제를 사용하는 방제법

- 농약을 이용하여 방제하는 것으로, 예방 위주로 적기에 방제
- 농약 살포 시, 적절한 희석배수, 살포량, 횟수를 선택(과다 사용 방지)
- 살포 시 충분한 양을 골고루 살포(약흔 및 약해 주의)
- 여러 가지 적용 약제를 교호적 살포 → 저항성 방지
- 단점 : 생태계 균형 파괴, 저항성 유발, 환경 오염 등
- 장점 : 효과가 빠름
- 페로몬(pheromone)이나 미생물농약도 이 범주에 속함.



1. 잡초의 해와 방제(Weed damage and control)

6. 잡초 방제 방법

➤ 주요 방제 방법

✓ 재배적 방제 : 생태적 방제법이라고도 함.

• 경합 특성 이용법 : 작물의 경합력 증진을 위한 방법

- 작부체계의 전환(윤작), 제초제의 교호적 사용, 목초류의 방목 횟수 증대
- 육묘하여 이식(이앙), 재식밀도 조절(작목, 품종/종자 선정, 재파종 및 대파 등 활용)
- 피복작물, 경운, 재배 시기 조절과 같은 재배수단 이용, 건전 우량, 무병묘 구입하여 심음
- 저항성(내충성) 품종 선택, 재배
- 윤작/혼작 → 병원균 숙주 제거, 대항 식물/유인 작물로 병원균의 서식 줄임

• 환경 제어법 : 잡초의 경합력 약화를 위한 방법. 작물에는 유리하고 잡초에는 불리하도록 인위적 환경 조성

- 시비는 전면 살포보다 작물의 비료 흡수 층에만 시비
- 토양산도 : 작물에 최적 범위가 되도록 조절
- 관배수 조절, 제한적 경운
- 묘포장, 통로, 주차장, 정원 저수지, 관배수로 등에 콘크리트나 방제용 천과 같은 시설 설치
- 포장 청결 : 전염원 제거/확산 방지, 전작물 전사물 수거/소각, 포장 전염원/월동처 제거, 인근 서식처 방제, 묘목의 상처나 전정가위 등 소독

1. 잡초의 해와 방제(Weed damage and control)

6. 잡초 방제 방법

➤ 주요 방제 방법

✓ 생물적 방제

- 천적/생물(대항식물) 이용
- 천적, 기생성 동물, 병원미생물, 포식성 동물 이용
- 기생성, 식해성 및 병원성을 지닌 생물 이용 → 잡초 집합밀도 감소
- 단점 및 장점 : 방제로 효과는 느리나 환경부하가 적고 지속적
- 천적을 이용한 방제 성공 조건
 - 철저한 먹이 섭식성, 이동성이 있어야 함.
 - 문제 잡초 이외의 유용식물을 가해하지 말아야 함.
 - 천적의 천적이 없어야 하고, 환경과 다른 생물에 대한 적응성, 공존성 및 저항성이 있어야 함.
 - 식물은 문제 잡초보다 신축성 있게 빠른 번식특성을 지니고 있어야 함.

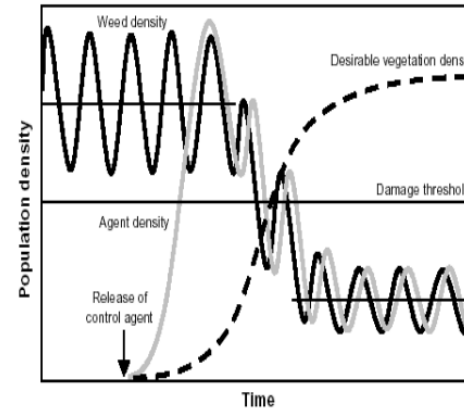


그림 1. 생물적 방제군 투입 후 시간경과에 따른 잡초 경감효과

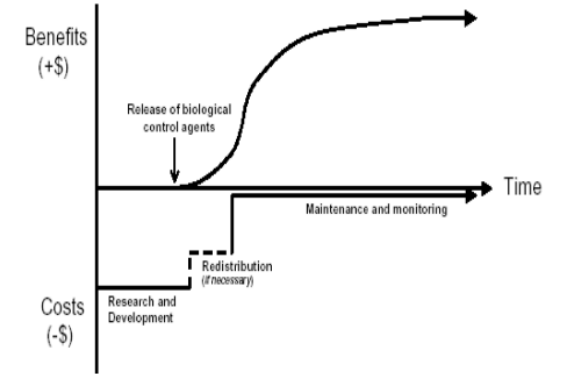


그림 2. 생물적 방제의 투여 비용 및 이익 상관 그래프

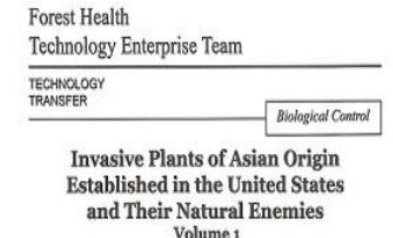
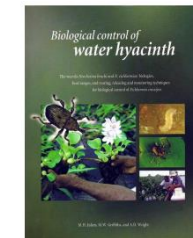
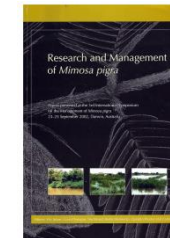


그림 4. 외국의 잡초 생물적 방제 성공 사례에 관한 정보



1. 잡초의 해와 방제(Weed damage and control)

6. 잡초 방제 방법

➤ 주요 방제 방법

✓ 생물적 방제

- 민간농법에 의한 생물학적 잡초 방제



구분	설명
오리농법	오리가 생육중의 잡초를 직접 먹어 없애거나 토양표면이나 표토의 흙속에 있는 잡초 종자 섭식
왕우렁이농법	수면과 수면 아래의 연한 풀을 먹는 먹이습성을 이용 논에 발생하는 물달개비, 알방동사니, 발독외풀 등 잡초 방제
쌀겨농법	쌀겨에는 인산, 미네랄, 비타민이 많이 들어 있고, 미생물의 활동에 의해 피 같은 잡초의 생장을 억제, 분해 쌀겨를 뿌린 논은 온도가 높아 저온기에 뿌리를 보호하고 등숙에 도움을 줌
참게농법	참게의 탈피습성 이용 탈피각에는 칼슘이 많아 벼의 생육과 토양의 비옥도를 높임



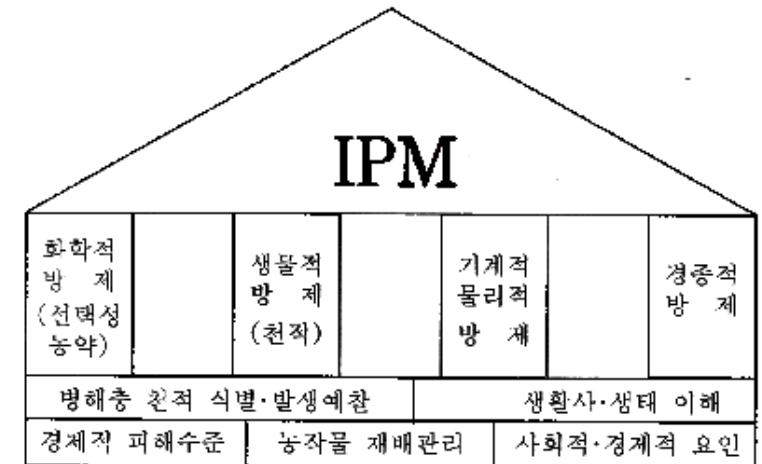
I. 잡초의 해와 방제(Weed damage and control)

6. 잡초 방제 방법

➤ 주요 방제 방법

✓ 종합적 방제

- 비료와 농약을 과다하게 많이 사용함으로 환경부하가 커짐에 따라 도입된 개념
- 최적의 농약(생물적 방제 포함)을 최소한으로 그 지역에서 효율적으로 사용하자는 개념으로 비료나 농약 등에 적용
- 장점 : 전체적인 잡초군락의 크기 감소, 예방적/생태적 방법이 병행됨으로써 작물 생산력을 간접적 증대
- 종합적 방제와 종합적 관리
 - 종합적 방제 : 육종적, 재배적, 생물적 방제법을 동원 → 농약의 사용량 감소, 병해충/잡초 방제
 - 종합적 관리 : 환경친화적인 방법으로 경제적 피해 수준 이하로 관리하는 농업경영의 개념



< IPM 구성요소 >

1. 잡초의 해와 방제(Weed damage and control)

표 2.11 잡초를 포함한 병충해 방제법

구분	주요 방제 방법
재배적 방제 (cultural control)	• 저항성(내충성) 품종이나 경운, 재배시기 조절과 같은 재배수단을 이용하는 방제 방법으로 건전 우량, 무병묘를 구입하여 재식한다. • 저항성 품종을 선택하여 재배한다. • 윤작이나 혼작으로 병원균의 숙주를 제거하고 대항식물이나 유인작물로 병원균의 서식을 줄인다. • 포장 청결로 전염원 제거 및 확산 방지, 전작물 잔사물의 수거 및 소각, 포장 전염원 및 월동처 제거(낙엽, 전정한 가지 등을 소각), 인근 서식처 방제(잡초 및 중간숙주 등), 묘목의 상처나 전정가위 등을 소독한다.
화학적방제(농약) (chemical control)	• 농약을 이용하여 방제하는 것으로 예방위주 적기 방제를 한다. • 농약 살포 시 적절한 희석배수, 살포량, 횟수를 선택(과다사용 방지)한다. • 살포 시 충분한 양을 골고루 살포(약흔 및 약해 주의)한다. • 여러 가지 적용 약제를 교호적으로 살포하여 저항성이 생기는 것을 막는다. • 화학적 방제의 단점은 생태계 균형파괴, 저항성 유발, 환경오염 등이 있으나 장점은 효과가 빠르고 확실하다. 페로몬이나 미생물농약도 이 범주에 속한다.

표 2.11 잡초를 포함한 병충해 방제법

구분	주요 방제 방법
물리적 방제 (physical control)	• 기구나 온습도, 광선 등 힘으로 방제하는 방법으로 유살등이나 자외선 등 빛을 이용한다. 열로 온탕소독을 한다. 수목에 해충서식지를 만들고 모아서 태운다. • 황색, 청색 또는 적색 끈적이 판을 설치하고, 황색 수반 등을 설치한다. • 한랭사로 하우스나 온실을 덮어 해충의 침입을 차단하는 방충망을 설치하여 (환기창, 출입문 등) 진딧물, 나방류 등의 침입을 막는 것을 말한다. • 과실에 봉지를 씌운다. 토양소독은 재식 전 증기훈증 소독, 담수처리, 태양열 소독을 한다. • 집단 서식지 및 이병정도가 심한 가지도 절단하여 소각한다.
생물적 방제 (biological control)	• 천적이나 생물(대항 작물)을 이용한다. 천적, 기생성 동물이나 병원미생물, 포식성 동물 등을 이용하는 것은 효과는 느리나 환경부하가 적고 지속적이다.
종합적 방제 (Integrated Pest Management, IPM)	• 비료와 농약을 많이 사용함으로 환경부하가 커짐에 따라 도입된 개념이다. • 최적의 농약(생물적 방제 포함)을 최소한으로 그 지역에서 효율적으로 사용하자는 개념으로 비료나 영양, 농약 등에 적용되고 있다. • 모든 방법을 같이 쓰는 것 보다는 여러 방법 중에서 가장 적절하고 가장 효율적이며 환경에 피해가 적도록 방제하는 것을 말한다.

II. 제초제의 작용기작(mechanism of herbicide)

1. 제초제의 흡수 및 이행

- 제초제 흡수 : 식물 형태/내부구조, 환경조건 등에 의해 영향을 받음
- 제초제가 흡수되면 → 살초효과 발현 위해, 일정 농도 이상의 제초제가 작용 부위로 이행, 축적되어야 함.
- 제초제의 흡수/이행 정도 : 제초제 화학적 성질 뿐만 아니라, 제초제의 처리 부위/식물의 형태적/생리적 특성에 따라 좌우됨.
- 적용 부위에 도달하기전까지는 여러 과정에서 장애를 받게 되므로, 이행되는 제초제의 양은 처리한 양에 비하여 점차 감소

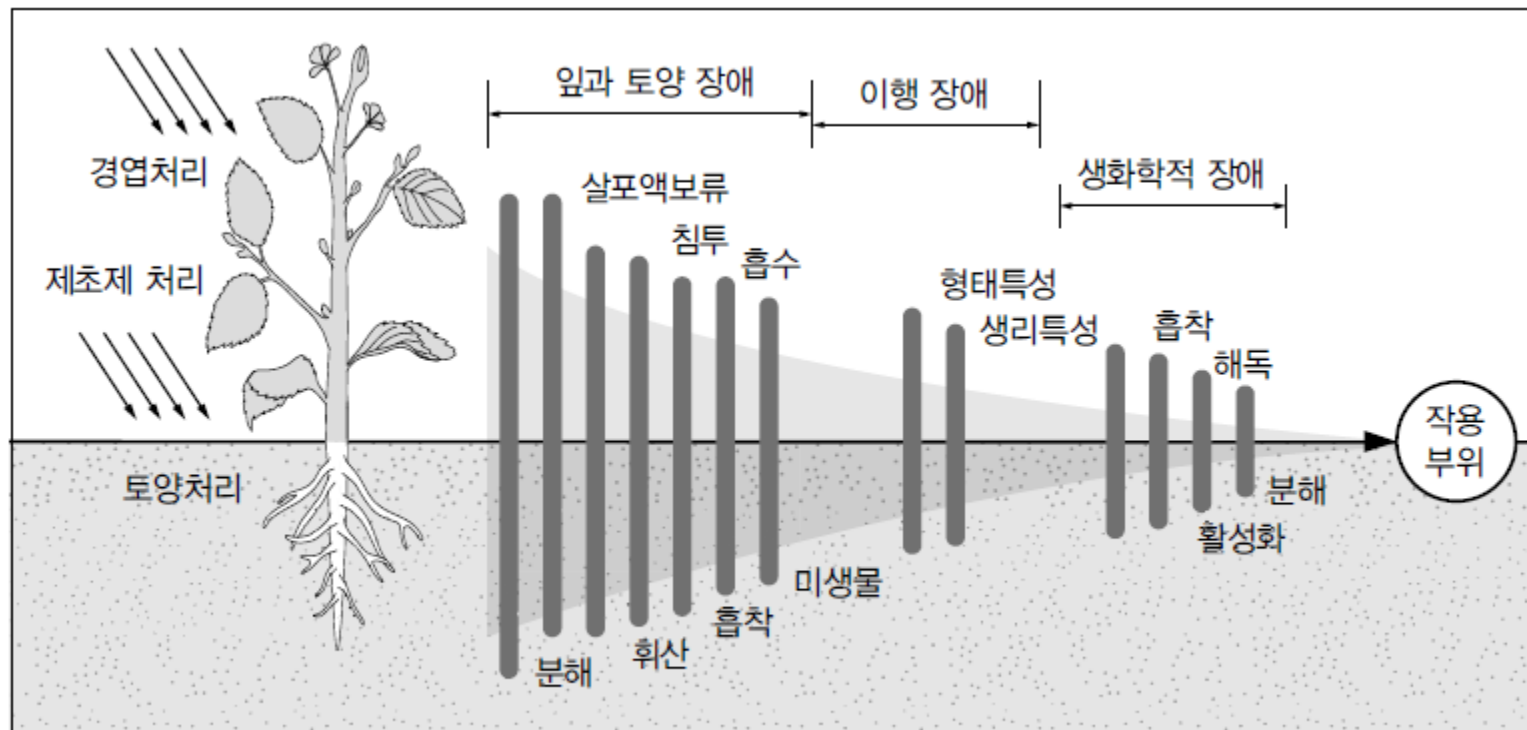


그림 2.28 식물체 내에서 제초제의 흡수 및 이행을 저해하는데 관여하는 요인(SHAW 등, 1960)

II. 제초제의 작용기작(mechanism of herbicide)

1. 제초제의 흡수 및 이행

표 2.12 제초제의 작용단계

단계	구분	세부 과정	관련 요인
1	처리와 흡수 (treatment and uptake)	약제 살포(herbicide application)	비산
		식물체 체류(plant retention)	전착제, 강우
		흡착(absorption)	토양과 엽면흡수(계면활성제)
2	이동(movement)	투과(penetration)	식물체 저항, 온도
		이행(translocation)	약제 특성, 식물체 구조
3	대사(metabolism)	목적 부위에 작용(target action site)	식물체 부위, 약제 특성
		분자화(molecular fate)	약제 작용
3	대사(metabolism)	세포의 구조와 기능변화(change in cell structure and function)	약제(광합성, 단백질 등)와 식물 특성(광엽)
		식물체 고사(plant death)	식물과 약제 특성
4	분해와 잔류 (decomposition and residue)	기상과 토양 요인(climate and soil factor)	온도, 토양분해 등
		약제 반감기(half life)	약제 특성
		제도적 대책(legal policy)	유기농, 농약잔류허용기준 (PLS 제도)
5	이용 문제(usage)	식품 잔류(food), 용도 외 사용(그라목손)	약제 특성, 살포 시기 등

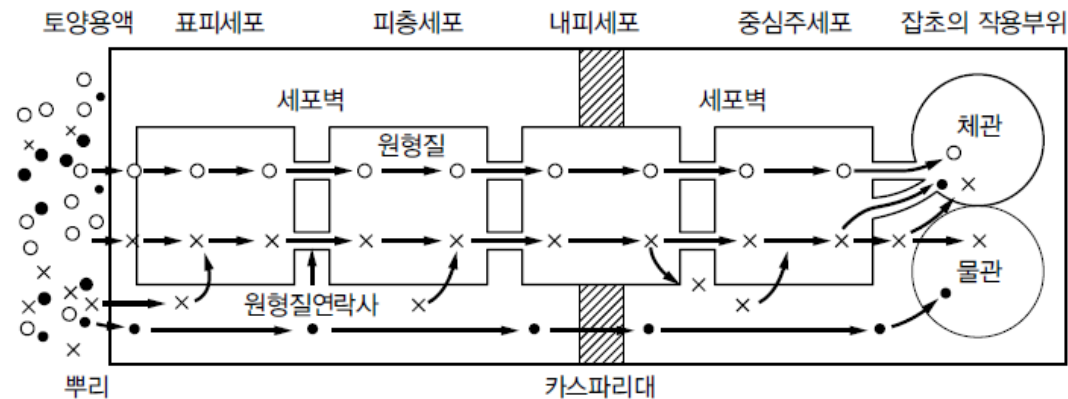
II. 제초제의 작용기작(mechanism of herbicide)

1. 제초제의 흡수 및 이행

➤ 제초제의 흡수

✓ 뿌리에 의한 흡수

- 토양 중의 제초제는 **3가지 경로(아포플라스트, 심플라스트, 아포플라스트-심플라스트)**를 통해 식물 뿌리 속으로 들어감
- **아포플라스트(apoplast) 경로** : 세포간극, 세포벽, 물관 등으로 이어지는 죽은 세포조직을 통하여 이동, 제초제가 내피의 카스파리대를 우회하여 물관으로 들어감
- **심플라스트(symplast) 경로** : 세포벽으로 들어간 다음 표피와 피층 세포의 원형질 속으로 들어가고, 원형질연락사에 의하여 내피, 중심주, 체관 순으로 통과
- **아포플라스트-심플라스트(symplast) 경로** : 심플라스트 경로와 같지만, 제초제가 카스파리대를 거치지 않고 세포벽으로 다시 들어간 다음 물관으로 들어감



〈○ 심플라스트를 통한 흡수 ● 아포플라스트를 통한 흡수 × 아포플라스트와 심플라스트를 통한 흡수〉

그림 2.29 제초제가 뿌리로 흡수하는 경로를 나타내는 모식도

II. 제초제의 작용기작(mechanism of herbicide)

1. 제초제의 흡수 및 이행

➤ 제초제의 흡수

✓ 잎에 의한 흡수

- 대부분은 잎의 표면으로 직접 침투, 흡수
- 잎을 통한 제초제 흡수에 영향을 미치는 요인
 - 습윤제로 계면장력을 적게 하여 흡수를 증가시키고 큐티클의 납질이나 유성물질을 용해함으로써 엽면흡수를 증가시킴
 - 강우는 약제를 씻겨 내므로 흡수 저하
 - 온도가 상승하면 흡수가 촉진되어 선택성 감소

✓ 제초제의 이행

- 체관부는 심플라스트, 물관부는 아포플라스트/세포간극을 통해 이루어 짐
- 뿌리에서 흡수한 아포플라스트 이행 제초제는 물관으로 들어가서 증산류를 따라 상승
- 잎을 통하여 흡수한 심플라스트 이행 제초제는 광합성 산물과 함께 같은 경로를 통해 이행(잎→체관→뿌리, 눈, 발육 중인 과실, 생장점 등과 같은 광합성 산물 수용기관으로 이행)

II. 제초제의 작용기작(mechanism of herbicide)

2. 제초제에 대한 식물의 반응

- 많은 제초제는 세포와 조직의 파괴, 세포의 분열, 신장/분화 변화
- 변화의 종류 : 생장 억제, 상편생장(epinasty), 잎 황화(chlorosis), 백화(albino), 괴사(necrosis), 세포의 미세기관/막 변형, 큐티클 형성 저하 등
 - ✓ 생장 억제 : 모든 제초제. 접촉형 제초제는 생장이 억제되기 전에 조직 고사시킴.
 - ✓ 세포 분열 : 카바메이트계, 히오카바메이트계, 디니트로아닐린계 제초제 등.
 - ✓ 세포 신장 : 세포분열이 저해되는 경우 관련 세포는 정상 세포보다 더 크다. 나프탈람/2,3,6-TBA는 세포 신장 증대
 - ✓ 상편 생장 : 식물의 줄기와 잎이 구부러지거나 비틀리는 현상. 페녹시계, 옥신계 제초제.
 - ✓ 황화 현상 : 우레아계, 라실계, 트리아진계 제초제. 프로파닐 등의 광합성 저해형 제초제.
 - ✓ 백화 현상 : 아미트룰 처리 시 새로 발생한 잎에서 나타남(엽록체 발달이 되지 않기 때문)
 - ✓ 잎의 괴사 : 다이콤파트계 등의 접촉형 제초제. 일반적으로 세포막의 파괴와 관련

II. 제초제의 작용기작(mechanism of herbicide)

3. 토양에서 제초제 동태

➤ 토양 중 잔류성

- ✓ 제초제가 후작물에 대한 해로운 영향이 없이 잡초방제 효과가 있으려면 '일정기간 활성을 가진 채로 토양 내 중에 남아있어야' 한다.
- ✓ 고온다습 조건에서 분해가 빠름
- ✓ 제초제의 토양 중 지속성은 일반적으로 '반감기(half life)'로 나타냄 : 처리한 제초제의 1/2이 소실되는데 필요한 시간

표 2.13 온도와 습도 조건에 따른 제초제의 분해율(반감기, 단위: 일수)

제초제명	습도	온도			
		10℃	20℃	25℃	30℃
프로피자마이드 (propyzamide)	다습	110	38	—	—
	저습	350	121	73	44
시마진 (simazine)	다습	120	49	—	—
	저습	454	186	122	80
리누론 (linuron)	다습	116	75	—	—
	저습	232	150	122	100

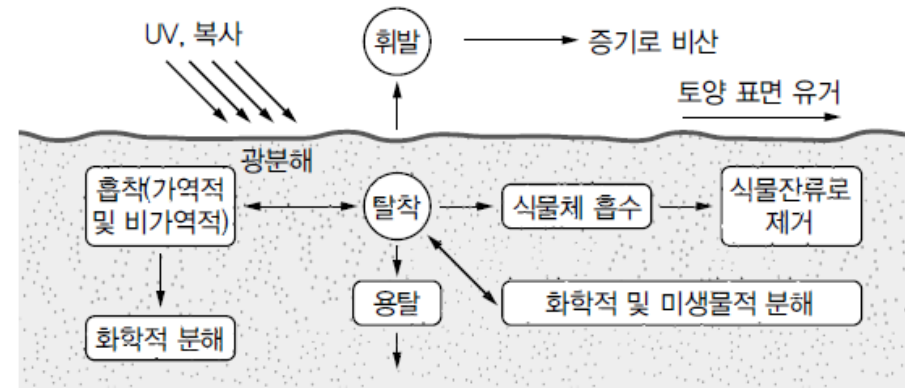


그림 2.31
토양 중 제초제의 소실경로
(Devin & Duke, 1993)

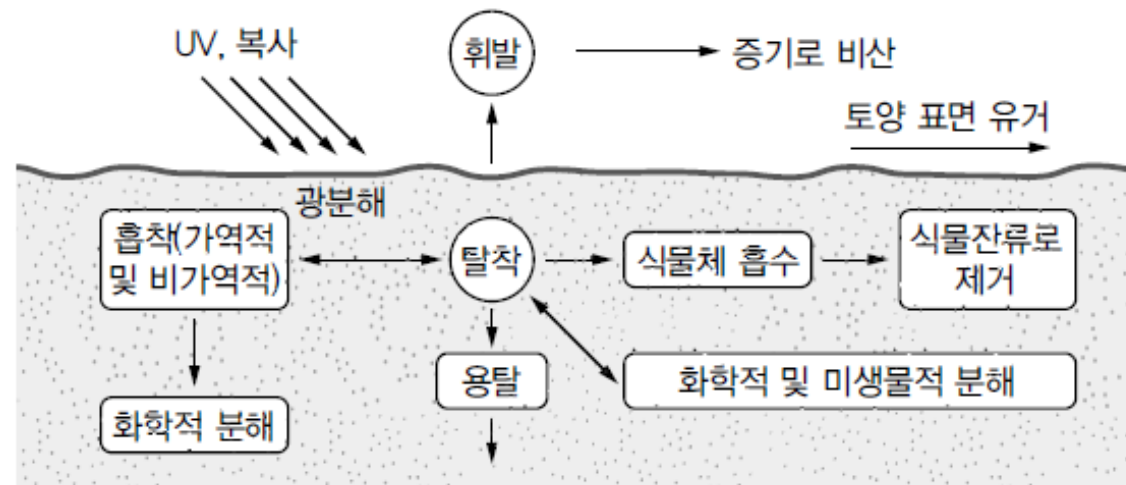
II. 제초제의 작용기작(mechanism of herbicide)

< 흡착 >

토양입자 표면에 제초제 분자 또는 이온의 부착 또는 끌어당김(점토 광물, 토양 유기물 관여)

< 휘발 >

화합물이 고체나 액체상태로부터 기체형태로 되어 대기 중으로 소실되는 것



< 용탈 >

토양 중 물에 의한 제초제의 하방 이동

< 표면 이동 >

물, 바람에 의한 유실.
제초제는 식물이 흡수하는 양이 매우 적음.

그림 2.31
토양 중 제초제의 소실경로
(Devin & Duke, 1993)

II. 제초제의 작용기작(mechanism of herbicide)

4. 제초제의 선택성

➤ 선택성(selectivity)

- ✓ 제초제의 일정 농도 범위에 있어서 식물체에 따라 해를 입는 정도가 다른데, 이와 같은 현상을 '**제초제 선택성**'이라고 함.
- ✓ 일반적으로 감수성은 제초제에 대한 식물체 반응이 정비례, 내성/저항성은 반비례
- ✓ 잡초를 골라 죽이는 특성 = '선택성'

➤ 선택성의 유형

✓ 물리적 선택성(physical selectivity)

- **생태적 선택성** : 인위적인 방법에 따름. 작물과 잡초 생육의 시간적 차이나 작물과 잡초의 생육 공간의 차이 이용
 - 차폐막에 의한 선택성이나 과수나 산림의 하초 또는 키가 큰 작물 아래나 주간에 발생하는 잡초 방제법
- **형태적 선택성** : 생장점의 위치, 뿌리의 발생 위치 차이 등에 의하여 선택성 부여

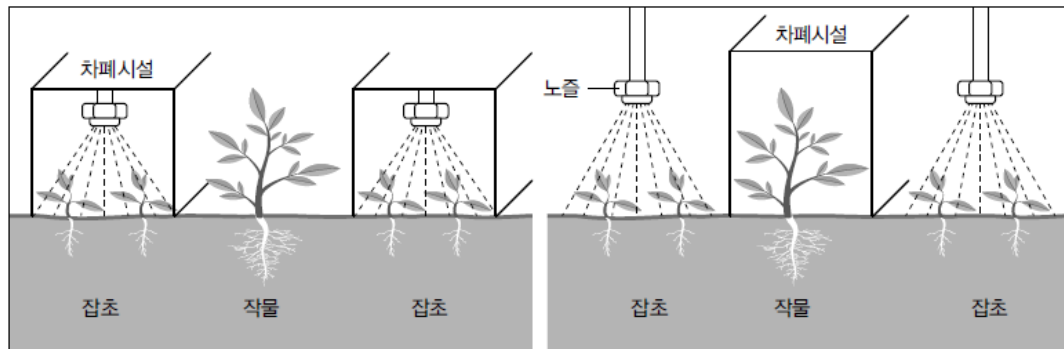


그림 2.32 차폐처리로 작물을 보호하는 제초제 살포모습(Ashron & Minaco, 1991)

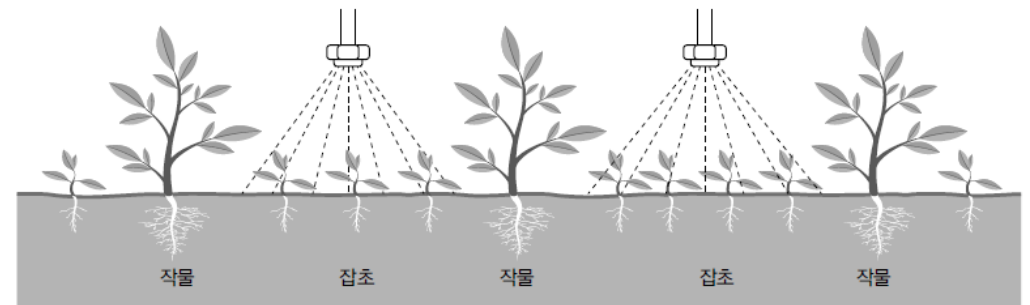


그림 2.33 작물 기부에 제초제를 직접 살포하는 방법

작물에는 최소량이 그리고 잡초에는 최대량이 살포된다.(Ashron & Minaco, 1991)

II. 제초제의 작용기작(mechanism of herbicide)

4. 제초제의 선택성

➤ 선택성의 유형

✓ 생리적 선택성(physiological selectivity)

- 제초제의 흡수, 이행, 대사 및 식물체의 대사에 대한 제초제의 영향 등의 차이에 따라 부여되는 선택성

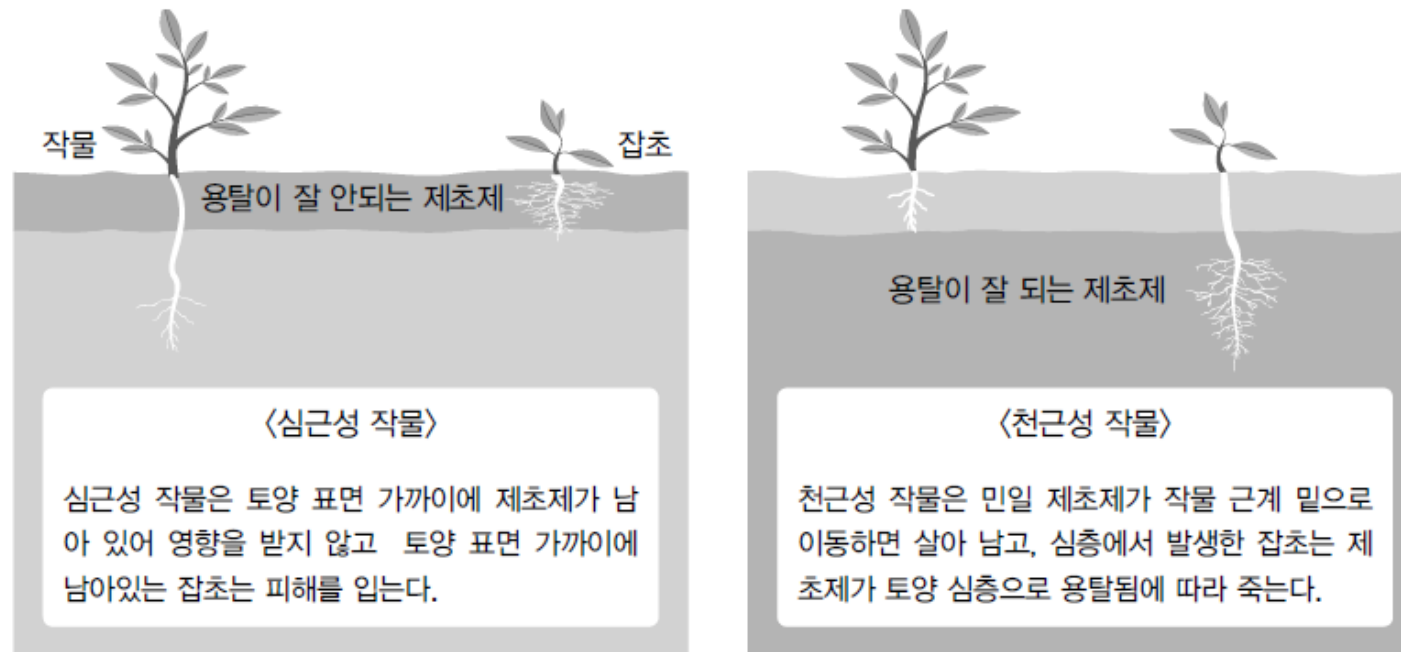


그림 2.34 제초제의 용탈 차이

토양 중 제초제의 위치에 따라 선택상에 차이가 난다(Ashron & Minaco, 1991).

II. 제초제의 작용기작(mechanism of herbicide)

4. 제초제의 선택성

➤ 선택성의 유형

✓ 제초제의 작용 기작

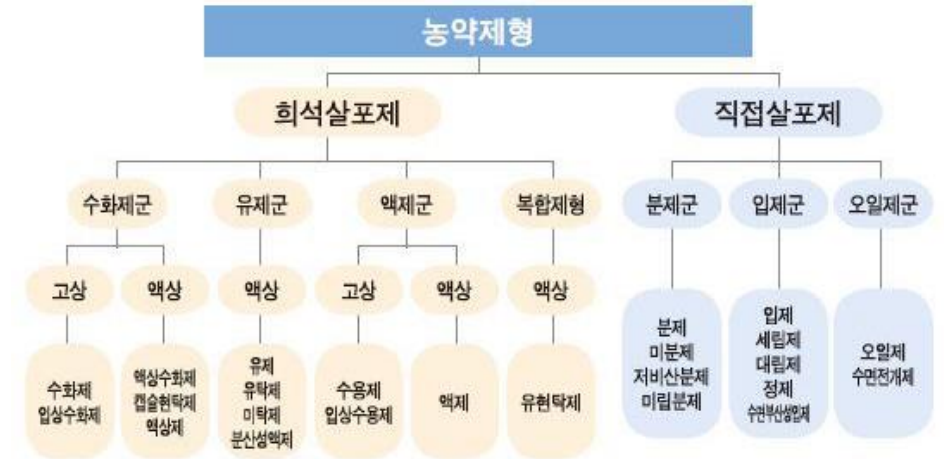
작용기작	제초제의 분류 및 종류
광합성 저해	• 벤토티아디아졸계 bentazone • 트리아진계 simazine, atrazine • 요소계 linuron, methabenzthiazuron • 아마이드계 proramil • 비피리딜리움계 paraquat dichloride
호흡작용 및 산화적 인산화 저해	• 카바메이트계 chlorpropham • 유기염소계 dalapon
호르몬 작용 교란	• 페녹시계 2,4-D, MCP • 벤조산계 dicamba
단백질 합성 저해	• 아마이드계 alachlor, butachlor • 유기인계 glyphosate
세포분열 저해	• 디니트로아닐린계 trifluralin • 카바메이트계 chlorpropham
아미노산 생합성 저해	• 설폰닐우레아계 • 이미다졸리논계 • 유기인계 glyphosate

II. 제초제의 작용기작(mechanism of herbicide)

5. 제초제의 사용

➤ 제형(formulation)

- ✓ 제형 : 실제 사용하기 위하여 생산자가 공급한 제초제 제품
- ✓ 유효성분, 기타 보조제가 포함되는 다양한 형태
- ✓ 제형의 목적
 - 포장조건에서 쉬운 처리
 - 효과 증진
- ✓ 화학자들은 화합물의 용해도, 휘발성, 식물에 대한 독성/기타 여러 가지 특성을 제제를 통해 변경 가능
- ✓ 제형의 종류



종류	설명
유제(emulsifiable concentrate, EC)	- 비극성 액상 제형 - 구성 : 액상 유효성분, 유기용매, 유화제 - 액상이 물에 분산되어 유탁액(기름방울이 물에 둘러싸인 형태) 형성
수화제(wettable powder, WP)	- 구성 : 증량제, 유효성분, 분산제를 대략 10~20um의 입자 크기로 미분화 - 물에 직접 분산시켜 사용 - 대부분 토양에 처리
수용제(water soluble powder, SP)	- 유효성분이 수용성 - 수용성 물질의 수용제를 이용하여 만든 제제로서, 물에 희석한 살포액이 투명
액상수화제(flowable, FL)	- 아주 미분화된 고체 입자가 액상 내에 현탁되어 있는 제제로 입자 크기가 수화제보다 작음. - 희석없이 제품 그대로 수로의 입구에 처리, 물로 희석하여 사용
입제(granule, GR)	- 건조한 상태의 고체 제형 - 희석함이 없이 곧바로 처리

II. 제초제의 작용기작(mechanism of herbicide)

5. 제초제의 사용

➤ 제형(formulation)

농약의 제형 일람(도표)

구분	제 제 형 태
희석살포제	· 가루 형태 : 수용제(SP), 수화제(WP), 수화성미분제(WF) · 모래 형태 : 입상수용제(수용성입제, SG), 입상수화제(WG) · 바독알~장기알 형태 : 정제상수화제(WT) · 액체 형태 : 미탁제(ME), 분산성액제(DC), 액상수화제(SC), 액제(SL), 오일제(OL), 유제(EC), 유상수화제(OD), 유탁제(EW), 유현탁제(SE), 캡슐현탁제(CS) · 미생물제제용 제형 : 고상제(GM), 액상제(AS), 액상현탁제(SM), 유상현탁제(EB)
직접살포제	· 가루 형태 : 미립제(MG), 미분제(GP), 분의제(DS), 분제(DP), 저비산분제(DL), 종자처리수화제(WS) · 모래 형태 : 세립제(FG), 입제(GR) · 바독알~장기알 형태 : 대립제(GG), 수면부상성입제(UG), 직접살포정제(DT), 캡슐제(CG) · 액체 형태 : 수면전개제(SO), 종자처리액상수화제(FS), 직접살포액제(AL)
특수 형태 (특수 제형)	과립혼연제(FW), 도포제(PA), 마이크로캡슐혼증제(VP), 비닐멀칭제(PF), 연무제(AE), 판상줄제(SF), 혼연제(FU), 혼증제(GA)

II. 제초제의 작용기작(mechanism of herbicide)

5. 제초제의 사용

➤ 보조제(adjutant) : 제초 효과의 증진, 제초제의 취급을 용이하게 하기 위하여 사용하는 물질

✓ 계면활성제(surfactant) : 유화성, 확산성, 분산성, 습윤성 등을 증진, 액체의 표면 성질을 바꾸어 주는 물질

- 유화제(emulsifier) : 하나의 액체가 다른 액체에 현탁되는 정도를 증진시키는 물질

- 습윤제(wetting agent) : 서로 반발하는 계면 사이의 표면장력을 감소시켜주는 물질. 수용성 살포액에 습윤제를 첨가하여 식물체의 왁스 표면에 쉽게 접촉할 수 있게 함.

- 전착제(sticker) : 식물체의 경엽에 제초제가 부착되도록 하는 보조제. 강우로 주성분이 씻겨 내려가는 것 감소

II. 제초제의 작용기작(mechanism of herbicide)

5. 제초제의 사용

➤ 제초제의 효과 평가: 약해, 제초 효과의 2가지 측면 실시

✓ 약해 : 제초제 처리로 인해 작물체 외관에 나타나는 증상

✓ 약해 평가 방법 : 달관평가(visual score)와 식물체를 직접 측정하여 무처리 대비 약해 정도 평가

✓ 제초 효과

• 육안으로 관찰하여 평가하는 달관 평가

• 방제 후 남아있는 잡초의 건물중 또는 생체중을 무제초구 대비로 평가

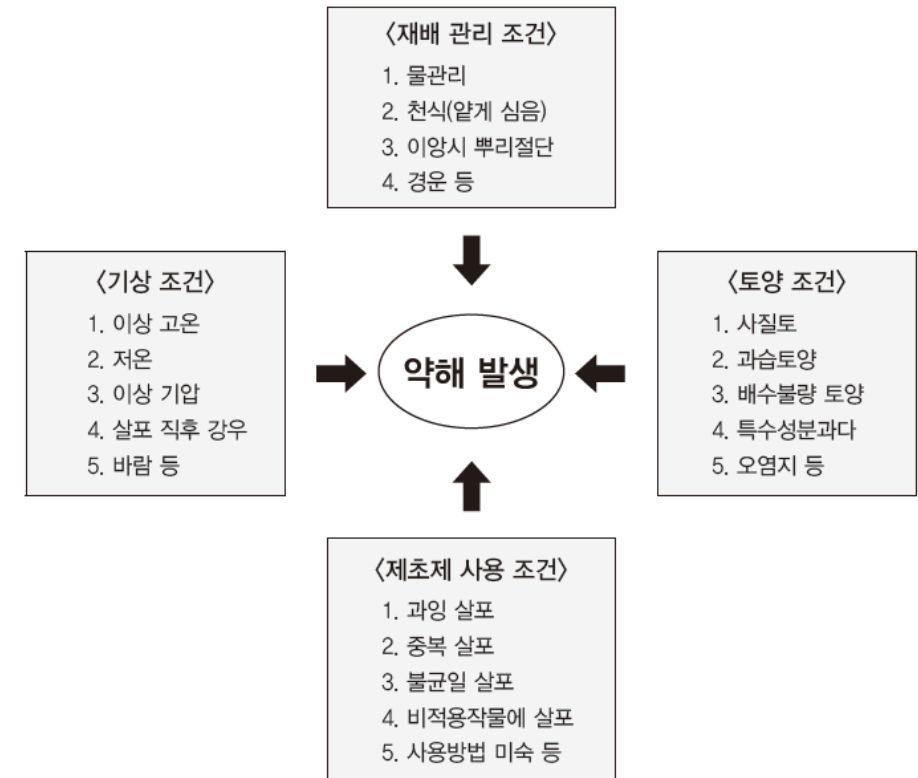


그림 2.38 제초제로 인한 약해 발생 원인에 대한 모식도