

발간등록번호

11-1543000-001499-01

배발생세포 공정배양 및 토양 정밀양구를 통한 튤립 개화구 대량생산 기술 개발

Mass production of tulip bulbs through the embryogenic cell
technologies and refined soil cultivation

단국대학교
목포대학교

농림축산식품부

주 의

1. 이 보고서는 농림축산식품부에서 시행한 농생명산업기술개발사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 농림축산식품부에서 시행한 농생명산업기술개발사업의 연구 결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니됩니다.

2. 제출문

제 출 문

농림축산식품부 장관 귀하

본 보고서를 “배발생세포 공정배양 및 토양 정밀양구를 통한 톨립 개화구 대량 생산
기술 개발”(개발기간 : 2011 . 09 .23 ~ 2016 . 09 .22)과제의 최종보고서로
제출합니다.

2016. 12. 22.

주관연구기관명 : 단국대학교 천안캠퍼스 산학협력단 (대표자) (인)

협동연구기관명 : 목포대학교 산학협력단

참여기관명 : 한국화훼구근 생산영농조합법인



주관연구책임자 : 안병준

협동연구책임자 : 유용권

참여기관책임자 : 김정원

국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정 제18조에 따라 보고서 열람에 동의
합니다.

보고서 요약서

과제고유번호	111072-05-2-SB010	해당 단계 연구 기간	11.09.23 ~ 16.09.22	단계 구분	(5)/ (5)
연구사업명	중사업명				
	세부사업명				
연구과제명	대과제명	배발생세포 공정배양 및 토양 정밀양구를 통한 틀립 개화구 대량생산 기술 개발			
	세부과제명				
연구책임자	해당단계 참여 연구원 수	총: 7 명 내부: 명 외부: 명	해당 단계 연구 개발비	정부:100,000천원 민간:25,000천원 계:125,000천원	
	총 연구기간 참여 연구원 수	총: 명 내부: 명 외부: 명	총 연구개발비	정부:500,000천원 민간:125,000천원 계:625,000천원	
연구기관명 및 소속부서명	단국대학교 천안캠퍼스 산학협력단 목포대학교 산학협력단			참여기업명 한국화훼구근산업 영농조합법인	
위탁연구	연구기관명:			연구책임자:	
요약(연구개발성과를 중심으로 개조식으로 작성하되, 500자 이내로 작성합니다)				보고서 면수	

<p>연구의 목적 및 내용</p>	<p>주요 틀립 품종의 배발생세포 공정배양을 통한 체세포 배발생 세포 유래 자구 대량 생산 체계를 개발하고, 토양 정밀양구를 통한 틀립 개화구 대량 생산 기술 개발을 최종 목표로 하였다.</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 배발생세포 공정 배양 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 품종별 배발생 세포 유도 및 증식 - 생물반응기를 이용한 배발생세포 대량 증식 - 기내 자구 형성 및 비대 기술 ○ 토양 정밀양구를 통한 틀립 개화구 생산 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 전남지역 사질토양에서의 틀립 구근비대에 적합한 재배방법을 구명하여 우량 구근 생산 - 소자구의 비대를 위한 식재방법 및 시비와 관수 관리 기술 개발
<p>연구개발성과</p>	<p>연 평균 자연 종구 증식율이 2.5배인 반면에 인편번식이나 조직배양이 어려운 틀립에서 15종 이상의 품종에서 배발생세포를 유도하고, 이를 생물반응기를 이용하여 세포주를 증식할 수 있었으며, 이를 한천배지에서 배양함으로써 자구를 형성시키는 기술을 개발함으로써 틀립 대량증식의 기술 체계를 개발하였다.</p> <p>아울러 전남 임자도 지역의 토양을 분석하고 틀립 개화구 생산을 위한 적정 식재방법 및 시비와 관수 방법을 최적화함으로써 세포배양 유래 조직배양 자구를 재배하여 개화구를 생산할 수 있는 기반을 확립하였다.</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 틀립 배발생세포 공정배양을 통한 기내 자구 대량증식 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 주요 틀립 품종 15종의 배발생 세포 유도 조건 구명 - 배발생세포 갈변화 방지 및 증식 조건 구명 - 소형 생물반응기를 이용한 세포주 배양 기술 확립 - 기내 자구 형성 조건 및 자구 비대 - 구근화혜류용 조직배양 용기 제작 및 특허 출원 - 틀립 품종 3종의 세포배양 자구 20,000구 생산 - 세포배양 유래 기내자구의 바이러스 무병성 확인 (RT-PCR, 전자현미경) - 세포배양 유래 자구의 품종 식별을 위한 유전자 표지의 개발 ○ 토양 정밀 양구를 통한 틀립 개화구 생산 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 전남 지역 사질토와 식양토의 이화학적 분석 - 토양별 고상, 액상, 기상 분포 및 pH와 양이온치환용량 조사 - 틀립 구근 비대를 위한 최적 식재깊이, 식재간격, 식재시기 구명 - 틀립 구근 비대를 위한 적정 시비조건 구명 - 틀립 구근 비대를 위한 적정 관수조건 구명

<p>연구개발성과의 활용계획 (기대효과)</p>	<p>기대 성과</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 자연분구에 의존하는 국내외 번식 체계와는 달리 배발생세포를 공정배양하여 기내 자구를 대량생산하는 생산 체계 개발. ○ 세포배양 유래 기내자구의 바이러스 무병성 확인 ○ 국내 자체 기술로 툴립 구근의 자급화를 위한 기본 기술의 확보 ○ 사질토에서의 툴립구근생산 기술을 농가 이전하여 고품질 구근생산이 가능함 ○ 툴립 구근 생산성이 25% 증대되어 농가의 수익을 20% 향상시킬 수 있음 ○ 자급화로 툴립 구근수입을 최대한 억제할 수 있고, 툴립 절화재배농가에서는 20% 저렴한 국산 구근을 쉽게 구입하여 재배할 수 있음 ○ 국내산 툴립 개화구를 이용하여 절화 재배함으로써 축성재배가 활성화됨 <p>활용 방안</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 기술개발 및 특허 출원 및 등록 <ul style="list-style-type: none"> - 세포공정배양을 통한 툴립 자구 생산 - 세포공정배양을 위한 용기 개발 ○ 산업체 기술 지원 <ul style="list-style-type: none"> - 배발생 세포 배양 및 기내자구 생산 기술 - 국내외 농가 및 법인 대상 정밀 자구 및 개화구 양구 기술 지원 ○ 산업화 지원 및 해외 기술 협력 <ul style="list-style-type: none"> - 세포배양 및 종묘생산 기술의 기업이전을 통한 사업화 추진 농업주식회사 탐블루베리를 통한 툴립 자구 생산 추진 - 종구 생산 전문 농가 또는 영농조합법인 지원 - 국내외 재배 적지를 이용한 툴립 종구 생산 추진 베트남 달랏 - 열대 고랭지를 이용한 종구 생산 추진 신안군 임자도 등을 중심으로한 지역 협력적 종구 생산 추진 - 기술이전을 통한 해외 종구 생산 협력 (동남아, 유럽 등지 협력 모색) ○ 사질토에서의 툴립구근생산 기술을 농가에 이전하여 고품질의 구근생산이 가능함 <ul style="list-style-type: none"> - 툴립 구근 생산성이 20% 증대되어 농가의 수익을 20% 향상시킬 수 있음 - 자급화로 툴립 구근수입을 최대한 억제할 수 있고, - 절화재배농가에서는 25% 저렴한 국내산 구근을 쉽게 구입하여 재배하게 됨. ○ 국내산 툴립 개화구를 이용하여 절화 재배함으로써 축성재배가 활성화됨 				
<p>중심어 (5개 이내)</p>	<p>툴립</p>	<p>배발생</p>	<p>세포배양</p>	<p>구근</p>	<p>양구</p>

< SUMMARY >

					D-02
Purpose& Contents	<p>In vitro bulblet production methods were developed using somatic embryogenic cell culture technologies for major tulip cultivars. Embryogenic cell lines were induced and proliferated in small bioreactors, and then regenerated and cultured to form bulblets. To optimize tulip bulb production practices in Chonnam province, soil characteristics of the region were investigated. And cultivation formats for tulip bulb production were established by investigating the most effective irrigation, fertilization and cultivation protocols.</p>				
Results	<p>Tulip bulbs multiply 2.5 times a year, the lowest rate among cultivation crops. Vegetative methods are not available and tissue culture method is hardly practiced due to its recalcitrant propagation properties. We developed in vitro techniques of embryogenic cell induction and multiplication for many cultivars of tulip. And the methods were optimized for large scale cultures using bioreactors and bulblets were produced following regeneration on solid medium. Tulip cultivations in soil were also optimized for bulb production in Chonnam province.</p> <p style="padding-left: 40px;">Development of embryogenic cell culture technology for tulip bulblet production.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Embryogenic cells were induced in 15 commercial cultivars of tulip. - The cell lines were proliferated in 5-L bioreactors. - Browning problems during the liquid cultures were overcome by optimizing the cultures. - Embryogenic cells were transferred to solid media and bulblets were formed through embryogenesis. - The bulblet production procedures were optimized for mass production of major tulip cultivars. <ul style="list-style-type: none"> ○ Establishment of tulip soil cultivation protocols for flower bulb production - Physicochemical characteristics of soils in Chonnam province were characterized. - Bulb planting depth, space and period were optimized. - Fertilization practices for bulb enlargement - Irrigation practices for each step of tulip cultivation 				
Expected Contribution	<ul style="list-style-type: none"> ○ Cell culture technologies would produce virus-free bulblets of tulips which were cultivated in greenhouse and soil to produce flower bulbs either in domestic or foreign area such as Da lat, Vietnam. ○ Tulip cultivation protocols were established in Chonnam province and high quality bulbs can be produced for farmers at lower prices. ○ The knowhow is being transferred to a corporate for industrialization. This will create new opportunities for the domestic and global utilization of tulip bulbs. 				
Keywords	Tulip	embryogenesis	cell culture	bulblet	flower bulb

< 목 차 >

1. 연구개발과제의개요	9
2. 국내외 기술개발 현황	12
3. 연구수행 내용 및 결과	14
4. 목표달성도 및 관련분야에의 기여도	118
5. 연구결과의 활용계획 등	120
6. 연구과정에서 수집한 해외과학기술정보	121
7. 연구개발성과의 보안등급	121
8. 국가과학기술종합정보시스템에 등록된 연구시설·장비현황	121
9. 연구개발과제 수행에 따른 연구실 등의 안전조치 이행실적	121
10. 연구개발과제의 대표적 연구실적	122
11. 기타사항	123
12. 참고문헌	124

- 튜립의 구근생산은 기후와 토질에 의해 큰 영향을 받는다. 지중해 연안이나 터키와 같은 튜립 원산지는 구근의 비대기인 4월에서 7월 사이의 온도가 평균 10~20℃로 서늘하며, 겨울철은 5~7℃로 온난한 편이며, 강수량은 연중 고른 편이다. 따라서 구근의 비대기에 온도가 20℃ 이하로 유지되는 기간이 길어야 지상부 생육이 왕성하여 광합성을 많이 하기 때문에 큰 구근을 생산할 수 있게 됨.
- 토양조건은 네덜란드의 경우에는 사질토에서 튜립 구근을 생산하고 있으나, 튜립 원산지인 지중해 연안이나 일본의 구근생산지는 점질토에서도 생산되고 있다. 토질과 더불어 배수성과 보수성도 구근생산에 영향을 미치는데, 배수가 잘 되고 지하수위가 높은 지역에서 구근생산이 유리함.
- 우리나라 전남 서남해안의 연안이나 도서지역에는 대규모 사질토 지대가 있는데, 해양성 기후를 지니므로 봄철 튜립의 생육 기간 동안 서늘하여 구근비대에 유리하고, 조석으로 해풍이 불어 진딧물의 발생이 적어 바이러스감염 우려가 거의 없어 튜립 구근 생산에 유리한 지역이라고 할 수 있음.
- 2008년 전남 신안군 임자도에서는 사질토양에서 튜립 구근을 생산하여 판매하고 있으나, 재배환경 및 방식에 따른 문제점으로 구근 비대가 불량하여 양질의 구근 생산이 어려운 실정이다.
- 따라서, 배발생세포 공정배양을 통한 우량 자구를 대량 생산하고, 이를 서남해안 도서지역의 사질토 지대에서 정밀 재배 방법을 이용하여 양구한 다면 대규모 튜립구근 생산이 가능할 것임

나. 경제·산업적 측면

- 실질적 구근 비대는 온실 양액을 이용한 정밀 재배와 전남도서 지역의 토양 양구를 통해 이루어짐.
- 이러한 과정을 통해 바이러스가 없는 우량구를 저가에 농가에 공급할 수 있으며, 300만구 공급시 21억원 이상의 수입대체 효과가 기대됨.
- 경제적인 우량 개화구의 대량 생산은 화훼재배농가의 소득증대는 물론이고 재배농가의 증가와 함께 우량 종구 전문 생산업체들이 형성되어 수입 구근을 대체하고 나아가 수출을 모색할 수 있음.
- 아울러 구근 신품종의 조기 보급이 확대되어 국내의 품종육성 노력이 활성화됨으로써 궁극적으로 화란과 같은 국제적인 중요생산 농업을 지향하는데 기여할 수 있을 것임.

다. 사회·문화적 측면

- 생명공학적 중요생산 기술이 튜립에서 확립되면 이 같은 생산 개념이 다른 작물로 파급되어 원예산업에 길항적인 영향을 미칠 수 있음.

- 국내 육성 신품종의 증식 및 보급에 기여하여 품종 육성 노력을 활성화하고, 나아가 세계시장에 국내 육성 품종을 포함한 우수 종묘를 중국, 일본, 유럽 등에 공급하는 기술 지향적 종묘 생산 농업을 꾀할 수 있음
- 튼립 구근생산의 적지에서 구근생산과 더불어 개화시 튼립축제를 활성화시킴으로써 지역 경제와 문화 발전에 도움이 됨

제3절 연구개발 범위

1. 기내 자구 대량증식 기술 개발

- 품종별 배발생세포 유도 조건
배발생 캘러스 유도를 위한 품종별 auxin 최소 요구도 조사
- 배발생세포 급속 증식 조건 및 시스템 확립 (1단계)
소형 생물반응기를 이용한 배양 조건 최적화
- 식물체 재분화 및 기내 소자구 대량생산 (2단계)
배발생을 위한 전배양 조건 최적화
식물체 재분화 조건
식물체의 자구 형성 조건
소자구의 비대 및 계대배양
- 체세포 변이 최소화 조건 규명
배양 조건별 변이체 발생 정도 조사

2. 토양 정밀 양구를 개화구 생산기술 개발

- 사질 및 황토 조건에 따른 이화학성 분석 및 개화구 생산 비교
- 자구 정식시기 및 자구크기별 정식밀도에 따른 구근비대 조사
- 구근비대에 적합한 생육단계별 적정 시비 및 관수조건 조사

3. 체세포배 유래 기내 자구의 포장 정밀 양구

- 체세포배 유래 기내 자구를 이용한 토양 정밀 양구기술 적용

제2장 국내외 기술개발 현황

D-04

1. 국내 기술 현황

튤립 양구는 국내에서는 어려운 것으로 그간 여겨졌으나, 최근 신안군 임자도를 중심으로 대규모 양구가 시도되고 있다. 그러나 재배환경 및 방식에 따른 문제점으로 구근 비대가 불량하여 양질의 구근 생산에 어려움을 겪고 있다.

다른 백합과 식물과 달리 튤립의 조직배양은 일부 시도되었으나 실용화되지는 못하였다. 우리 연구진에서는 주요튤립 품종에서 배발생세포를 유도하여 재분화시키는 방법을 개발하였으며, 기존 나리류에서 실용화한 배발생세포 공정배양 체계를 튤립에 도입한다면 튤립 구근 생산 체계를 확립할 수 있을 것으로 보고 있다.

튤립의 구근생산은 사질토양이나 일반 밭토양에 비해 사질토양에 개펄토양을 혼합한 토성에서 양호하였고, 개화기에 수분이 충분히 공급되었을 때 구근비대가 잘되는 것으로 밝혀졌다(이봉근과 유용권, 2011). 전남 신안군 임자도에서 매년 자구(구둘레 8~9cm)를 네덜란드에서 수입하여 정식한 후 개화구(구둘레 10cm)를 생산함으로써 매년 자구 구입비가 구당 100~150원이 지출되어 경제성이 크게 떨어지고 있다.

2. 국외 기술 현황

네덜란드의 경우 무병 원원종 생산에서 최종 개화구 및 절화 생산, 유통, 저장에 이르는 체계적인 생산기술을 확립하여 전 세계 구근 및 절화 수출시장을 석권하고 있다. 네덜란드의 구근 생산은 인편번식 및 인편배양에 의한 자구를 양구하는 전통적 생산 체계에 의존하나 구근재배에 적합한 기후와 함께 저임금 노동력을 이용한 주변국에서의 개화구 재배와 기계화를 통한 대규모 생산을 통하여 세계적인 경쟁력을 가지고 있다.

나리의 체세포배 발생 캘러스를 이용한 나리의 자구생산에 관한 연구는 이미 나팔나리를 중심으로 연구되어 왔으며, 최근 VCI사(Vitro Center International)가 체세포배 발생 캘러스를 이용한 나리 증식에 성공하였으며, 이 기술은 기존의 기내 인편조직배양이 아닌 세포배양을 이용한 증식기술로 조직배양에 비해 노동력 절감에 큰 효과가 있는 것으로 알려져 있다.

튤립의 경우 배발생세포의 유도가 까다로워 화란의 경우도 아직은 산업화 단계는 아니지만 일반적인 기술의 발전 추세는 체세포배를 활용한 종묘 생산을 지향하고 있어서 우리의 연구 개발 노력이 대외적으로 기술적 우위를 차지할 수 있을 것이다.

네덜란드에서는 사구지역 사질토양에서 튤립 구근 생산시 엽면적을 넓게 확보함으로써 광합성량을 증대시키고 탄수화물 축적으로 건물중 증가로 비대가 촉진되어 구근생산성을 증대시키고 있고(Benschop와 Van Der Valk, 1984), 또한 Van Der Valk와 Timmer(1974)는 구근의 적정 정식밀도에 관한 연구를 수행하였는데, 구둘레 11cm 이상의 구근을 생산하기 위해서 정식밀도가 155개/m² 정도가 적합하다고 하였고, 이를 기반으로 네덜란드의 토질과 기후에 맞게 재배함으로써 품질을 향상시키고 있다.

3. 현재기술상태의 취약성

본 연구의 생산 개념은 생물반응기에서는 배발생능이 있는 세포를 급속 배양하고, 식물체 분화와 소자구(직경 5mm 이하) 비대는 고체배지를 이용하는 정치배양 과정에서 이루어지는 2단계 공정배양을 기초로 하고 있다. 본격적인 양구 과정은 온실에서 인공토와 양액을 이용한 초밀식 정밀 재배 과정을 통해 우량한 개화구를 생산하는 시스템이다.

세포를 배양하기 때문에 생물반응기는 5-10리터 규모를 2-3개 사용하면 수백만의 자구를 형성하는데 필요한 세포 증식에 충분하고, 정치배양 과정도 세포를 치상하면 더 이상의 인력이 소요되지 않기 때문에 계대배양에 따른 인건비가 필요 없다. 수만 개의 배양박스가 소요되나 온도만 유지되는 30평 정도의 창고형 시설이면 자구 생산이 가능하여 생산비를 최소화할 수 있다고 기대하고 있다.

가장 우려되는 문제는 세포배양에 따른 변이체 발생이지만, 나라의 경우 genome 크기가 3×10^{11} bp(사람의 100배)로 거대한 때문인지 변이 발생율이 상대적으로 작은 편이며, 이미 실증실험을 통하여 변이 발생을 최소화 할 수 있음을 확인하였다. 배발생세포의 유도 조건이나 배양 방법 등을 최적화하는 연구를 지속하여 우려되는 문제를 최대한 제거할 계획이다.

튤립 자구를 정식한 후 수확 시 생산된 구들레 7cm 이하의 구근은 이용되고 있지 않아, 이들 구근을 이용한 개화구 생산 시스템을 개발해야 하는 필요성이 있다. 전남 신안군 임자도에서는 자구 정식시기가 11월 중하순에 실시되고 있어 발근이 늦어짐에 따라 개화구 생산에 영향을 미칠 것으로 판단되나, 이에 대한 구체적인 연구가 없는 실정이다. 또한 자구는 $45\text{개}/\text{m}^2$ 의 밀도로 정식하고 있고, 실제 작부면적 전체의 61% 정도밖에 되지 않아 생산성이 떨어진다. 사질토양에서 튤립 자구의 생육단계별 시비 및 관수량에 관한 연구가 전혀 없어 주먹구구식의 시비 및 관수관리가 이루어지고 있어 고품질 구근생산이 어려운 실정이다.

4. 기술도입의 타당성

화란 등이 가지고 있는 기술적 우위는 품종 생산 능력이며, 기타 구근 생산 등은 적합한 기후나 대규모 모구 재배에 의존하는 전통적 체계의 우월성 때문이지 우리가 제안하는 혁신적 생산 기술 자체는 우리와 차이가 없음. 오히려 우리의 기술 개발에 따라 우리의 생산 체계에 의해 그들의 품종을 대량 생산하는 기술 협력 체계로 발전시킬 수 있음.

제3장 연구수행 내용 및 결과

1. 연도별 연구수행 내용 및 결과

				D-05	
구분 (연도)	세부과제명		세부연구목표	연구개발의 수행내용	연구 결과
1차년도 (2011)	1세부	튤립 배발 생세포 공 정 배 양 을 통한 기내 자구 대량 증식 기술 개발	튤립 품종별 배발 생 세포 유도 및 생물반응기 증식기 술 확립	<ul style="list-style-type: none"> - 품종별 배발생 세포 유도 - 배발생 세포 급속 증식 - 소형 생물반응기를 이용한 증식 조건 - 체세포 배발생 및 식물체재분화 	<ul style="list-style-type: none"> - Golden Apeldoorn 외 2품종의 구근 및 화경 켈러스 배양 - 전체 및 배발생켈러스 유도 효율 - 배발생, 비배발생 켈러스 형태적 특성 - 저온처리 별 배발생 켈러스 유도율 - Golden Apeldoorn 외 2품종의 켈러스 배양(1차실험) - Mark Voort 외 7종의 켈러스 유도 효율 (2차실험) - 2,4-D, dicamba, picloram 비교 - 전체 및 배발생켈러스 유도 효율 - 250-ml 플라스크 세포 현탁배양 - 1, 5 리터 생물반응기 배양 - 4 품종의 배발생 세포 급속 배양 - 고체배지에서의 배발생 세포 재분화 - 식물체 재생 및 소자구 비대
	1협동	토양 정밀양 구를 이용한 튤립 개화구 생산 기술개 발	튤립 구근 비대를 위한 토성, 적정 식재시기 및 식재밀도 구명	<ul style="list-style-type: none"> - 토성(사질토 및 황토)에 따른 물리성(3상, 가비중, 공극률, 수분함량 등) 및 이화학성 (pH, EC, N, P, K, Mg, Ca 등) 분석, 구근생육 조사 - 식재시기에 따라 식재후 수확까지 한 달 간격으로 튤립 구근의 생육 상태 조사 - 튤립 구근을 식재깊이와 간격을 달리하여 식재한 후 구근의 생육 상태 조사 	<ul style="list-style-type: none"> - 고상, 액상, 기상은 사양토에서 각각 54.7%, 13.3%, 32.0%였고, 사양토가 식양토에 비해 기상이 10.6% 높았다. 공극률은 사양토에서 45.3%로 나타나 식양토에 비해 3% 더 높았다. pH는 사양토에서 6.1, 식양토에서 5.9로 나타나 큰 차이는 없었다. EC는 사양토에서 0.40dS/m, 식양토에서 0.95dS/m로 나타나 식양토에서 약간 더 높았고, 양이온치환용량의 경우에도 사양토의 3.01me/100g보다 식양 토에서 4.68me/100g로 더 높았다. - 구근 생육은 식양토에 비해 사양토에서 효과적이었으며, 식양토에서 4cm 깊이로, 사양토에서는 8cm 깊이로 식재하는 것이 구근 비대에 좋았다. - 구근 생육은 구근크기에 상관없이 4×4cm 처리보다 10× 10cm 간격으로 식재한 처리에서 구직경, 구둘레, 구무게 등이 양호하였다. 또한 10월~12월 정식 처리구에서는 구근의 생육에 통계적인 차이는 없었으나 전반적으로 11월 15일에 정식한 처리에서 가장 생육이 양호하였다.

구분 (연도)	세부과제명	세부연구목표	연구개발의 수행내용	연구결과
2차년도 (2012)	1세부 튤립 배발 생세포 공 정 배양을 통한 기내 자구 대량 증식 기술 개발	기내 자구 대량증식 기 술 개발	- 품종별 배발생 세포 유도 - 배발생 세포 급속 증식 - 소형 생물반응기를 이용한 증식 조건 - 체세포 배발생 및 식물체재분화	<ul style="list-style-type: none"> - Ile de France 외 3품종의 배발생 캘러스 유도 조건 구명 - 옥신 및 시토키닌 최적 조건 최적화: 2,4-D, picloram, dicamba 종류 및 최적 농도 구명 - 튤립 캘러스 배양 특성 및 문제 파악 (캘러스 유도 없이 조직비대, 배양체 갈변화 현상, 절편체에서 직접 재분화 현상) - 배양 조건 최적화를 통한 문제 해결 - Mark Voort 외 7품종의 배양 반복 실험 - 2,4-D, NAA, picloram의 농도별 생체 량 증가 조사 - 0.3 mg/L picloram에서 최고 배양 반응 및 갈변화 최소 확인 - 생물반응기 배양 조건 최적화 - 액체배지: 0.5 mg/L 2,4-D, 0.25 mg/L BA 조합처리에서 일반적으로 효과적 - 일레드프랑스, 홀랜드리아 등의 생장조절 제 요구도가 매우 낮음 - 생물반응기 배양 세포 특성: 전배체 상태의 세포피의 복합체 초기 투입 세포피의 10-50배 크기의 세포피 형성 - 7품종의 10조 생물반응기 배양 중 배양 세포피는 전배체 상태로 재분화 배지에서 1-2후에 배형성 - 광상태에서는 녹색의 엽초가 신장 - 암배양하면 엽초의 신장없이 기부가 비대하여 자구 형성 - 재분화 배지의 계대배양 조건 규명 - 액체배지 추가를 통한 이식 단계 배제 : 최적 배지 조성 및 처리 방법 - 11품종에서 10,000개 이상의 자구 생산 - 메리크리스마스 품종에서 5460구 생산 - 현재 생물반응기의 7종의 배양세포 에서 12월경 수만구 자구 생산, 8주 저온처리하면 재배 작형에 맞추어 2월 경 토양식재 가능 - 협동기관 자구 분양을 통한 협력연구 (목포대, 구근생산협회)
	1협동 토양 정밀양 구를 이용한 튤립 개화구 생산 기술개 발	튤립 구근 비대를 위한 적정 시비 및 관수조건 구명	<ul style="list-style-type: none"> - 식재시 퇴비 및 기비 시비 조건 조사 - 유기물퇴비를 대조구, 표준 량, 표준량의 1/2배, 2배 처리 - 복합비료를 대조구, 표준량, 표준량의 1/2배, 2배 처리 - 구근을 수확한 후 생육 조사 - 출엽이후 영양생장기의 관수 조건 조사 - 1000m²당 1t, 2t, 5t, 10t 관수 처리 - 구근을 수확한 후 생육 조사 	<ul style="list-style-type: none"> - 튤립의 지상부와 구근의 생육을 위해서 는 정식 전 10a당 유기질비료는 600~1200kg, 무기질 N-P-K 비료는 6.5-3.2 -10.0kg을 사용하는 것이 가장 효과적이었다. - 영양생장기인 3월에 'Negrita' 품종은 1L 관수시 다른 처리보다 엽장과 엽폭이 작았고, 1L와 5L 처리구에서 구근의 생육이 가장 불량하 였으나, 2~4L 처리에서 줄기와 구근의 생육이 효과적이었다. 'Leen van der Mark' 품종은 5L 처리시 엽폭, 주구의 둘레와 무게, 총 구근 무게가 가장 감소하였으며, 1~3L 처리에서 줄기 과 구근의 생육이 양호하였다.

구분 (연도)	세부과제명	세부연구목표	연구개발의 수행내용	연구결과
3차년도 (2013)	1세부 튤립 배발 생세포 공 정 배양을 통한 기내 자구 대량 증식 기술 개발	기내 자구 대량증식 기 술 개발	<ul style="list-style-type: none"> - 품종별 배발생 세포 유도 - 배발생 세포 급속 증식 - 소형 생물반응기를 이용한 증식 조건 - 체세포 배발생 및 식물체재분화 - 체세포배 및 자구 비대 조건 구명 	<ul style="list-style-type: none"> - Ile de France 외 15품종의 배발생 켈러스 유도 조건 구명 - 옥신 및 시토키닌 조건 최적화: 2,4-D, picloram, dicamba 최적 농도를 0.3 mg/L 까지 낮추는 배양 조건 확인 - 튤립 켈러스 배양 특성 및 문제 파악 (켈러스 유도 없이 조직비대, 배양체 갈변화 현상, 절편체에서 직접 재분화 현상 - 배양 조건 개선 및 문제 해결) - Mark Voort 외 15품종의 켈러스 배양 반복 실험 - Batch culture를 통한 증식 조건 구명 - 0.3 mg/L 2,4-D 또는 picloram에서 최고 배양 반응 및 갈변화 최소 확인 - 액체배지: 0.5 mg/L 2,4-D, 0.25 mg/L BA 조합처리에서 일반적으로 효과적 - 7품종의 10조 생물반응기 배양 중 - 배양 세포괴는 전배체 상태로 재분화 배지에서 1-2후에 배형성 - 메리크리스마스 품종에서 5000구 생산 - 현재 생물반응기의 7종의 배양세포에서 10월경 자구 생산, 8주 저온처리 하면 재배 작형에 맞추어 2월 경 토양 식재 - 임자도 소자구 재배시험 실시
	1협동 토양 정밀양 구를 이용 한 개화구 생산 기술 개발	○튤립 구근 비대를 위 한 적정 시비 및 관수 조건 구명	<ul style="list-style-type: none"> - 출엽이후 영양생장기의 시비 조건 조사 - N, P, K 함량을 달리하여 9 조합으로 처리 - 구근을 수확한 후 생육 조사 - 화이출현 이후 생식생장기의 관수조건 조사 - 1000m²당 1t, 2t, 5t, 10t 관수 처리 - 구근을 수확한 후 생육 조사 	<ul style="list-style-type: none"> - 영양생장기에는 1-0-1(N 5.07kg, P 0kg, K 7.22kg)의 추비를 처리하는 것이 지상 부 및 구근생육에 효과적이었다. - 생식생장기인 4월에 'Red Shine' 품종은 2L 처리에서 잎과 구근의 생육이 촉진되었으나, 5L 처리에서 줄기의 생장과 주구의 둘레와 무게, 자구수 등 구근의 생육이 다른 처리보다 억제되었다. 'Kees Nelis' 품종은 2L 처리에서 초장과 엽장이 가장 길었으며, 2~3L 처리에서 구근의 생육이 가장 양호하였는데, 전반적으로 1L와 5L 처리에서 줄기와 구근 생육이 불량하였다.

			D-05		
구분 (연도)	세부과제명	세부연구목표	연구개발의 수행내용	연구결과	
4차년도 (2014)	1세부	튤립 배발생세포 공정 배양을 통한 기내 자구 대량 증식 기술 개발	기내 자구 대량증식 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> - 품종별 배발생 세포 유도 - 배발생 세포 급속 증식 - 소형 생물반응기를 이용한 증식 조건 - 체세포 배발생 및 식물체재분화 - 체세포배 및 자구 비대 조건 구명 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 품종별 배발생 세포 유도 및 증식 <ul style="list-style-type: none"> - 15품종의 배발생 캘러스 유도 - 품종별 세포증식 최적조건 구명 및 갈변화 최소 조건 구명 - 5, 10 리터 생물반응기를 이용한 세포주 대량 증식 ○ 품종별 액체배양 증식률 제고 <ul style="list-style-type: none"> - 다수 품종에서 갈변화 및 고사 현상 - 품종별 기본배지 조성 비교: 1/4, 1/2, full MS, B5, N6 배지 비교 - pH, EC를 달리한 배양 비교 - 활성탄, PVC 등 첨가물 효과 확인 - Hollandia, Parade, Merry Christmas 등 다수 품종의 세포주 대량 증식 ○ 기내 자구 대량생산 <ul style="list-style-type: none"> - 15품종에서 소자구 생산 5천구 생산 (배양박스 200개, 평균 100 자구/용기) - 암배양을 통한 구근 생산 기술 확립 - 소자구 비대 조건 최적화 - 구근화해류 조직배양용 용기 제작 및 특허 출원 ○ 체세포배 유래 자구 유묘의재배 특성 <ul style="list-style-type: none"> - 튤립 품종간 교배 12조합을 통하여 종자 채종 - 종자 기내발아를 통한 천연 자구 형성 - 세포배양 유래 자구와의 비교 - 식물학 및 원예적 특성 비교 - 배발생세포 유래 튤립 유묘의 특성
	1협동	토양 정밀양 구를 이용한 튤립 개화구 생산 기술개발	<p>튤립 구근 비대를 위한 적정 시비 및 관수조건 구명</p> <p>튤립 실험포장 기상환경 측정</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 화아출현 이후 생식생장기의 시비조건 조사 - N, P, K 함량을 달리하여 9조합으로 처리 - 구근을 수확한 후 생육 조사 - 낙화이후 구근비대기의 관수 조건 조사 - 1000m²당 1t, 2t, 5t, 10t 관수 처리 - 구근을 수확한 후 생육 조사 - 실험포장의 기온, 지온, 습도, 강수량 등을 조사 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 생식생장기에는 2-2-2(N 10.16kg, P 6.2kg, K 14.46kg) 또는 1-0-1 (N 5.08kg, P 0kg, K 7.23kg)를 처리하는 것이 지상부 및 구근생육에 효과적이었다. ○ 구근비대기인 5월에 2~3 L·m²를 관수하는 것이 구근생육에 효과적이었다. ○ 전남 신안군 임자면의 튤립 실험포장에서 기온, 지온, 상대습도, 강수량을 측정하였다.

			D-05	
구분 (연도)	세부과제명	세부연구목표	연구개발의 수행내용	연구결과
5차년도 (2015)	1세부	튤립 배발생세포 공정 배양을 통한 기내 자구 대량 증식 기술 개발	기내 자구 대량증식 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> ○ 품종별 배발생 세포 유도 및 증식 <ul style="list-style-type: none"> - 5품종의 배발생 캘러스 신규 유도 - 품종별 세포증식 최적조건 구명 및 갈변화 최소 조건 구명 (반복 실험) - 5, 10 리터 생물반응기를 이용한 세포주 대량 증식 ○ Hollandia, Erna, Merry Christmas 배양이 어려운 일부 품종 액체배양 문제점 개선 <ul style="list-style-type: none"> - 갈변화 및 고사 현상 - pH, EC를 최적화한 액체 배지 개발 - 배양이 어려운 품종을 포함 주요 튤립 품종의 대량 증식을 위한 방법 확립 ○ 기내 자구 대량생산 <ul style="list-style-type: none"> - 백합 자구 생산에서 실용화한 생산 방식을 튤립에 적용 - 배발생 세포 균질화 및 치상 - 특히 출원 배양용기를 이용한 생력적 배양 방법 적용 - 생산되는 자구를 전남 임자도 및 해외 생산 적지 (베트남 달랏)에 분양 ○ 체세포배 유래 자구 유묘의 재배 특성 <ul style="list-style-type: none"> - 튤립 품종간 교배 12조합을 통하여 종자 채종 - 종자 기내발아를 통한 천연 자구 형성 - 세포배양 유래 자구와의 비교 - 식물학 및 원예적 특성 비교 ○ 체세포배 유래 자구 유묘의 무병성 <ul style="list-style-type: none"> - 위탁검정을 통한 바이러스 무병성 확인 ○ 세포 배양체 식별용 DNA 표지 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 튤립 품종 식별용 ssr 및 issr 표지 개발 - 세포 공정배양 중의 배양체 품종 식별
	1협동	도양 정밀양구를 이용한 튤립 개화구 생산 기술개발	<ul style="list-style-type: none"> ○ 배발생세포 유래 소자구 비대를 기술 개발 ○ 튤립 구근생산 시범포 운영 ○ 튤립 실험포장 기상환경 측정 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 1-4년차에서 개발된 자구 비대 재배기술을 배발생 세포 유래 소자구 비대에 활용 <ul style="list-style-type: none"> - 종합 시비(기비, 추비) 처리 - 종합관수(1~5L/m²) 처리 - 구근을 수확 후 생육 조사 ○ 튤립 구근생산 시범포 운영 ○ 실험포장의 기온, 지온, 습도, 강수량 등을 조사

2. 세부 연구 내용 및 결과

D-05

제1세부: 툴립의 배발생세포 공정배양을 통한 자구 생산

툴립은 증식률이 낮은 구근화훼류 중에서도 분구율이 가장 낮으며, 구근번식이나 주아 형성 등이 되지 않아 연 평균 2.5배 증식되는 자연분구에 의해 구근이 증식되고 있지만 세계적으로 매년 50억구 이상 식재되는 매우 중요한 화훼식물이다. 본 과제는 체세포배발생 세포를 유도하고 증식하여 이를 통해 기내 자구를 대량생산하고, 이를 토양에서 정밀 재배하여 양구하는 체계를 개발하기 위해 수행되고 있다.

본 연구를 통해 주요 툴립 품종 19종의 구근을 조직배양하여 배발생 세포를 유도할 수 있었으며, 이들의 재분화 조건을 규명하여 체세포배발생을 통해 식물이 재생되며 동시에 자구로 비대시킬 수 있었다. 툴립 자구 대량생산을 고려한 공정배양을 위하여 배발생세포 대량 증식 배양 조건을 구명하였으며, 생물반응기 공정배양을 통해하여 세포를 대량증식할 수 있었다. 또한 품종별 배발생세포를 한천배지에서 정치배양하며 체세포배발생을 통해 기내 자구를 생산할 수 있었으며, 생산의 효율화를 위해 구근용 용기를 개발하여 이를 자구생산에 활용하였다. 기내 자구는 시설내 정밀 양액재배를 통하여 중구를 생산하는 체계를 준비하였으며, 이를 통해 생산된 중구는 국내 및 해외 적지에서 개화구로 양구하는 체계를 현재 실용화하고 있다. 전남 임자도에 분양된 세포배양 유래 자구는 공신기관에 바이러스 검정을 위탁하여 무병성이 확인됨으로써 본 기술이 무병 고품질 툴립 구근생산에 이용될 수 있음이 확인되었다. 아울러 세포배양 공정기술 과정에서 발생할 수 있는 품종의 혼입 또는 교체되는 사고를 예방하기 위하여 배양과정 중의 번식체의 품종을 식별할 수 있는 SSR 및 ISSR DNA 표지를 개발하였다.

본 기술은 현재 먼저 개발되어 실용화 및 기업화가 추진되고 있는 백합 세포배양 공정 체계의 도움을 받아 백합과 마찬가지로 국내 및 해외에 중구를 공급할 수 있는 체계로 이행되고 있다. 툴립의 경우 화란에서도 조직배양이 거의 활용되고 있지 않아 바이러스 무병중구 생산이 안되고 있고 품종 평균 연 2.5배 자연분구되는 전통 번식 방법에 의존하기 때문에 신품종의 경우 육성 및 보급까지 25년 걸리는 것을 고려한다면 본 기술을 이용한 종묘 산업의 시도가 충분히 가능하리라 판단된다.

1. 툴립 품종별 배발생 세포 유도 및 재분화능 확인

본 연구를 위해 툴립 주요 품종 162종의 구근을 우리화훼(주)를 통하여 구입하여 단국대학교 생명자원대학 온실에서 재배하며 공시재료로 이용하였다. 4월경 개화 후 6-7월경 수확한 중구 및 자구는 상온의 실험실 및 저온 창고에 저장하였다. 일부 품종의 경우 자가수정 및 교배를 통하여 중자를 얻었으며, 기내 파종을 통하여 자구 형성을 유도하여 세포배양에서 유래된 자구와의 형태적 생리적 특성을 비교하는데 활용하였다.

튤립의 배발생세포 유도를 위한 품종은 주요 재배되는 12종의 품종을 이용하였다. 주요 튤립의 배발생캘러스 유도 효율과 재분화능을 확인하기 위하여 각 품종별 구근을 절개하여 채취한 화뢰를 횡축으로 자른 1mm 두께의 절편체를 처리별 배지에 치상하였다. 튤립 구근은 겉껍질을 제거한 뒤, 흐르는 물에 씻어낸 뒤 화뢰를 절취하여 70% Ethyl alcohol에 30초간 침지 처리하고, 1% NaClO 용액(Tween X를 1방울 첨가)에서 10분간 진탕 소독하였다. 멸균수로 3차례 이상 행군 다음 횡축으로 1mm 두께로 썰어 치상하였다.

배발생세포 유도를 위한 최적 성장조절제 농도 및 종류를 구명하기 위해 MS 기본 배지 (3% sucrose, 0.3% gelrite, pH 5.8)에 오옥신계 성장조절제 2,4-D, picloram, dicamba를 1-4 mg/L의 농도로 0.5 mg/L BA와 함께 조합 처리하였다. 배양체들은 4주 간격으로 같은 배지에 계대배양하였으며 12주후 캘러스 형성 정도 및 배발생 캘러스 유도율을 조사하여 품종별 배발생분화능을 판단하였다. 아울러, MS 기본배지 (3% sucrose, 0.3% gelrite 첨가)에 2,4-D, picloram, dicamba를 각각 1mg/L, 시토키닌으로서 BA, kinetin, 2ip 0.5 mg/L 조합 처리한 전체 9가지의 배지를 사용하여 최적 배발생세포 유도 조건을 조사하였다. 배양체들은 4주 간격으로 같은 배지에 계대배양하였으며 12주후 캘러스 형성 정도 및 배발생캘러스 유도율을 조사하였다.

튤립은 백합 등 다른 화훼구근류와는 달리 인편을 절편체로한 조직배양시 부정이나 부정배 발생을 통한 식물체 재생 효율이 매우 낮은 편이다. 물론 튤립을 대상으로 실시된 여러 연구 결과에서 캘러스의 유도 및 식물체 재생이 다수 발표된 바 있으나, 배발생 캘러스 유도를 위한 오옥신의 요구 농도가 매우 높은 편이며 유도된 캘러스의 지속적인 증식이 어렵고, 많은 경우 갈변화가 심하여 배발생캘러스의 증식이 제한적으로 일어나는 편으로 나타났다. 그림1에서 보듯이 튤립 구근 절편체에서 유도되는 캘러스는 배발생과 비배발생 캘러스 혼재되어 유도되는데, 비배발생캘러스는 팽창된 세포들로 인해 표면이 거칠고 부스러지기 쉬운 일반적 특성을 보이는 반면에 배발생 캘러스는 분열조직과 배조직의 특성인 치밀하고 구형의 세포피가 덩어리져 증식하는 모습을 보여 주고 있다. 일부 배양체에서는 캘러스 유도 조건에서도 배가 발달하여 구상 및 자엽형배가 발생하는 경우도 흔히 볼 수가 있었다.

배발생캘러스들은 성장조절제가 첨가되지 않은 MS 한천배지에서 배발생 과정을 통하여 식물체로 쉽게 재생되었다(그림1). 튤립의 체세포배는 암배양시 잎이 신장하지 않고 인편엽의 형성 및 비대를 통하여 소자구를 하였다. 이들 소자구는 배양이 4,5개월 지속되면서 주황색 자구피를 갖는 전형적 형태의 자구(dropper)로 순화되었다.

그러나 배발생캘러스는 캘러스 증식 조건이 적절하지 않을 경우 갈변화가 흔하게 일어나며 결국은 고사하는 경우가 공정배양의 큰 제한요인이 되었다. 따라서 본 연구에서도 최적 배양 조건을 지속적으로 구명하여 갈변화없이 배발생세포가 증식하고, 유지되는 배발생능에 따라 재분화배지에서 자구로 전환할 수 있는 기술의 확보가 시급함을 확인할 수 있어 연구 과제의 중점 연구내용이 되었다(그림2).

표 21 본 연구에 이용된 튜립 품종

NO	Cultivar	Cultivar Group (KAVB)
1	AAFKE	Single Early
2	ABBA	Double Early
3	ARDEN (Elizabeth Arden)	Darwin Hybrid
4	AGRASS WHITE	Triumph
5	ALADDIN	Lily Flowering
6	ALIBI	Triumph
7	AMERICAN DREAM	Darwin Hybrid
8	ANDORRA	Triumph
9	APELDOORN'S ELITE	Darwin Hybrid
10	APELDOORN	Darwin Hybrid
11	APHRODITE	Triumph
12	ARMANI	Triumph
13	BALLADE	Lily Flowering
14	BALLADE GOLD	Lily Flowering
15	BALLERINA	Lily Flowering
16	BEAUTY OF SPRING	Darwin Hybrid
17	Berini	Triumph
18	BIG CHIEF	Darwin Hybrid
19	BLACKHERO	Double Late
20	BLEND A FLAME	Triumph
21	BLUE BEAUTY	Triumph
22	BLUE HERON	Fringed
23	BLUE SPECTACLE	Double Late
24	BLUSHING LADY	Single Late
25	BOLROYAL SILVER	Triumph
26	CACHAREL	Triumph
27	CANASTA	Fringed
28	CARNAVAL DE NICE	Double Late
29	CAROLA	Triumph
30	CARROUSEL	Fringed
31	CITY OF VANCOUVER	Single Late
32	CRYSTAL BEAUTY	Fringed
33	CRYSTAL STAR	Fringed
34	CURLY SUE	Fringed
35	DAYDREAM	Darwin Hybrid
36	DESIGN IMPRESSION	Darwin Hybrid
37	DICK PASSCHIER	Triumph
38	DIRK VAN KLEEF	Triumph
39	DORDOGNE	Single Late
40	DOW JONES	Triumph

표 23 (계속)

NO	Cultivar	Cultivar Group (KAVB)
41	DYNASTY	Triumph
42	ERNA LIND GREEN	Parrot
43	ESCAPE	Triumph
44	ESTA BONITA	Triumph
45	EVITA	Double Early
46	FABIO	Fringed
47	FALCON	Triumph
48	FINOLA	Double Late
49	FIRST CLASS	Triumph
50	FLAMING FLAG	Triumph
51	FOXYROT	Double Early
52	Francoise	Single Late
53	FREE MAN	Double Late
54	FUN FOR TWO	Triumph
55	FURAND	Triumph
56	GABRIELLA	Triumph
57	GERBAND KIEFT	Double Late
58	GOLD DUST	Double Late
59	Golden Tycoon	Triumph
60	Grand Perfection	Triumph
61	GROEN LAND	Triumph
62	Happy generation	Triumph
63	Helmar	Triumph
64	Holland Beauty	Triumph
65	Horizon	Double Late
66	Hotpants	Triumph
67	HUIS TEN BOSCH	Fringed
68	Ile de France	Triumph
69	Inzell	Triumph
70	Jan Seignette	Triumph
71	Jordan	Triumph
72	Juliette	Darwin Hybrid
73	Jumbo Beauty	Triumph
74	Kay	Triumph
75	Kees Nelis	Triumph
76	Kikomachi	Triumph
77	Kingsblood	Single Late
78	Kung Fu	Triumph
79	Lalibela	Darwin Hybrid
80	Laptop	Triumph

표 25 (계속)

NO	Cultivar	Cultivar Group (KAVB)
81	Leen Van Der Mark	Triumph
82	Leo Visser	Triumph
83	Llima®	Triumph
84	Laura Fygi	Triumph
85	Mariette	Lily-flowered
86	Marit	Darwin Hybrid
88	Mascara	Triumph
89	March	Triumph
91	Menton	Single Late
92	Merry Christmas	Single Early
93	Mistress	Triumph
94	MonSELLA	Double Early
96	Montreux	Double Early
97	Mystic Garant	Darwin Hybrid
98	Negrita	Triumph
99	NEGRITA DOUBLE	Triumph
100	New santa	Fringed
101	Nightrider	Single Late
102	Niigata	Darwin Hybrid
103	Ollioules	Darwin Hybrid
104	Orange van Eijk	Darwin Hybrid
105	Orania	Darwin Hybrid
106	Orca	Double Early
107	OXFORD	Darwin Hybrid
108	Page polka	Triumph
109	Paul Scherer	Triumph
110	Pink Diamond	Single Late
111	PINK FLAG	Triumph
112	Pink Impression	Darwin Hybrid
113	PINK LADY	Triumph
114	Pink Twist	Triumph
115	PRADE	Darwin Hybrid
116	PRETTY LADY	Lily-flowered
117	PRETTY LOVE	Lily-flowered
118	PRETTYWOMAN®	Lily-flowered
119	Primavera	Triumph
120	PUPLE CRYSTAL	Fringed

표 27 (계속)

NO	Cultivar	Cultivar Group (KAVB)
121	Purissima	Fosteriana
122	PURPLE PRINCE	Single Early
123	Queen Of Night	Single Late
124	RED IMPRESSION	Darwin Hybrid
125	RED SHINE	Lily-flowered
126	REJOY	Triumph
127	RESIDENCE	Triumph
128	RONALD	Triumph
129	ROSALIE	Triumph
130	ROSE FLAG	Triumph
131	ROYAL TEN	Triumph
132	ROYAL VAN DER MARK	Triumph
133	ROYAL VIRGIN	Triumph
134	SALMON DYNASTY	Triumph
135	SALMON IMPRESSION	Darwin Hybrid
136	SALMON VAN EIJK	Darwin Hybrid
137	Sanne	Triumph
138	Sapporo	Lily-flowered
139	SHOW CASE	Double Early
140	SPRING GREEN	Viridiflora
141	SUNNY PRINCE	Single Early
142	Super Parrot	Parrot
143	Sweet Flag	Triumph
144	Sweet Rosy	Triumph
145	Synaeda Orange	Lily-flowered
146	Synaeda Show	Triumph
147	Teddy Kollek	Single Late
148	Thijs Boots	Triumph
149	Tom Pouce	Triumph
150	Tres Chic	Lily-flowered
151	UP PINK	Double Late
152	UPSTAR	Double Late
153	Verandi	Triumph
154	Victoria's Secret	Parrot
155	WHITE DREAM	Triumph
156	WHITE DYNASTY	Triumph
157	WHITE MARVEL	Triumph
158	WHITE PRINCE	Single Early
159	WORLD FIRE	Darwin Hybrid
160	WORLD'S FAVORITE	Darwin Hybrid
161	WORLD'S EXPRESSION	Single Late
162	YOKOHAMA	Single Early



그림 4 온실에서 재배 중인 튜립 162 품종

표 30 튜립 품종별 배발생세포 유도를 위한 기내배양 시 성장조절제 조합 처리가 전체 캘러스 유도율, 갈변화, 고사율 및 생체중 증가에 미치는 영향

Cultivars	Plant Regulators	Growth Regulators	Total no of explant	Callus				
				Brown-ing	Death	Total number of callus	Callus-ing rate (%)	Callus weight (mg)
Dynasty	2,4-D	BA	865	-	-	145	18	-
Golden apeldon	2,4-D	BA	282	-	-	69	24	-
	Picloram	BA	60	-	-	40	66	-
	Dicamba	BA	24	-	-	24	100	-
Golden parade	2,4-D	BA	34	18	5	33	97	260
		kenetin	43	19	15	21	49	410
		2ip	41	7	3	39	95	670
	Picloram	BA	53	3	3	50	94	640
		kenetin	48	25	21	24	50	640
		2ip	52	10	13	44	85	570
		BA	39	8	6	26	67	380
	Dicamba	kenetin	30	8	8	19	63	780
		2ip	43	14	14	21	49	800
	Hollandia	2,4-D	BA	189	-	-	89	47
Picloram		BA	101	101	-	91	90	-
Dicamba		BA	9	0	-	1	11	-
Ile de france	2,4-D	BA	90	14	17	23	26	274
		kenetin	90	24	29	8	9	154
		2ip	90	12	7	40	44	76
	Picloram	BA	90	8	13	29	32	328
		kenetin	90	5	2	27	30	439
		2ip	87	6	7	13	15	222
	Dicamba	BA	102	14	20	24	23	315
		kenetin	88	15	11	15	17	477
		2ip	82	22	36	4	5	193
	Louvre	2,4-D	BA	45	-	-	13	29
Picloram		BA	8	-	-	6	75	-
Mark Voort	Picloram	BA	93	-	-	22	24	-
	2,4-D	BA	97	-	-	67	70	-

2. 배발생 세포 급속 증식 조건 확립

본 실험은 배발생세포의 급속 증식을 위해 성장조절제가 첨가된 배지에서 유도된 튜립 체세포배를 이용하여 현탁배양을 실시하였다. 체세포 배발생 세포는 액체현탁배양을 통하여 동조적으로 대량 증식할 수 있어 발생 단계가 균일한 식물체 재분화 및 자구 생산에 효과적으로 활용될 수 있고, 계대배양이 용이하여 실용적인 측면도 뛰어나다. 'Golden Apeldoorn', 'Merry Christmas' 튜립의 배발생세포 500mg 정도를 25ml 액체배지를 넣은 250ml 플라스크에서 현탁배양을 실시하였다. MS 기본배지에 3% 자당이 함유된 액체배지에 성장조절제를 조합 처리하였다. 오옥신으로서 2,4-D, Picloram, NAA를 각 0.3 또는 1.0 mg/L 첨가하였으며 BA는 오옥신 농도의 절반으로 한 9가지 배지를 사용하였으며 처리별로 3반복을 실시하였다. 배양체들은 매주 계대배양시 생체량을 측정하여 생체량 증가를 초기 생체중에 대한 백분율로 표시하여 조사하였다

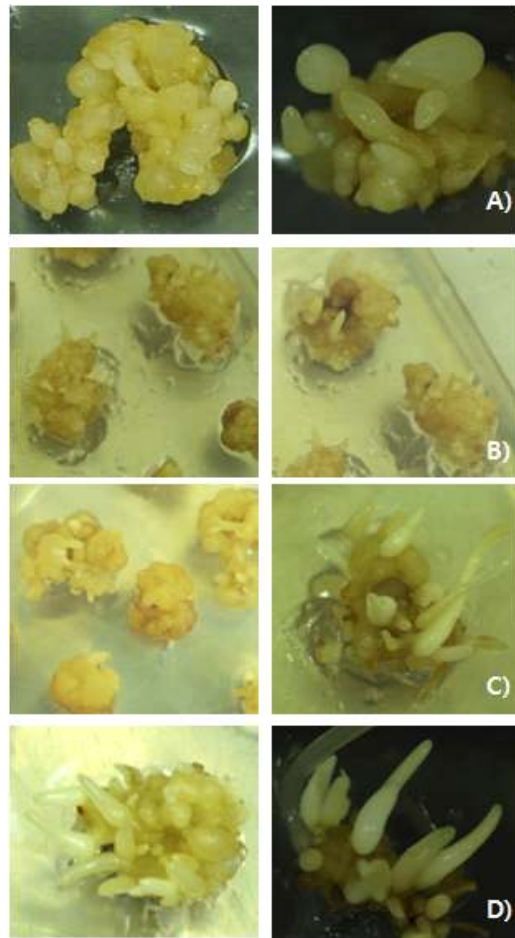


그림 1 . 튜립 캘러스 배양: (A),(B)배양 8주후 유도된 캘러스 및 갈변화된 절편체, (C) 절편체로 유도된 캘러스, 이미 대부분의 조직이 전배체 상태로 분화된 모습, (D) 배발생 캘러스로부터 체세포배 발생, 자엽 상태의 배발달 구조.

3. 갈변화 억제 배양.

갈변화를 억제하기 위한 배양 기술의 개선으로서 캘러스 유도 배지의 성장조절제 농도를 최소화하였다. 2,4-D 또는 Picloram을 1-4 mg/L 첨가하던 것을 1 mg/L 이하로 낮추었으며, 성장조절제 외에도 물리적 성질, 즉 배양체의 극성을 타파하거나 또는 고체배지보다는 액체배지 배양을 사용하면서 현저하게 갈변화를 줄일 수 있었다. 무엇보다 배양 방법의 최적화가 무엇보다 요구되었는데, 즉, 품종 및 세포주별 특성의 이해에 따른 배양 조건의 최적화가 이루어짐에 따라 현저한 배양 개선 효과를 거둘 수 있었다.

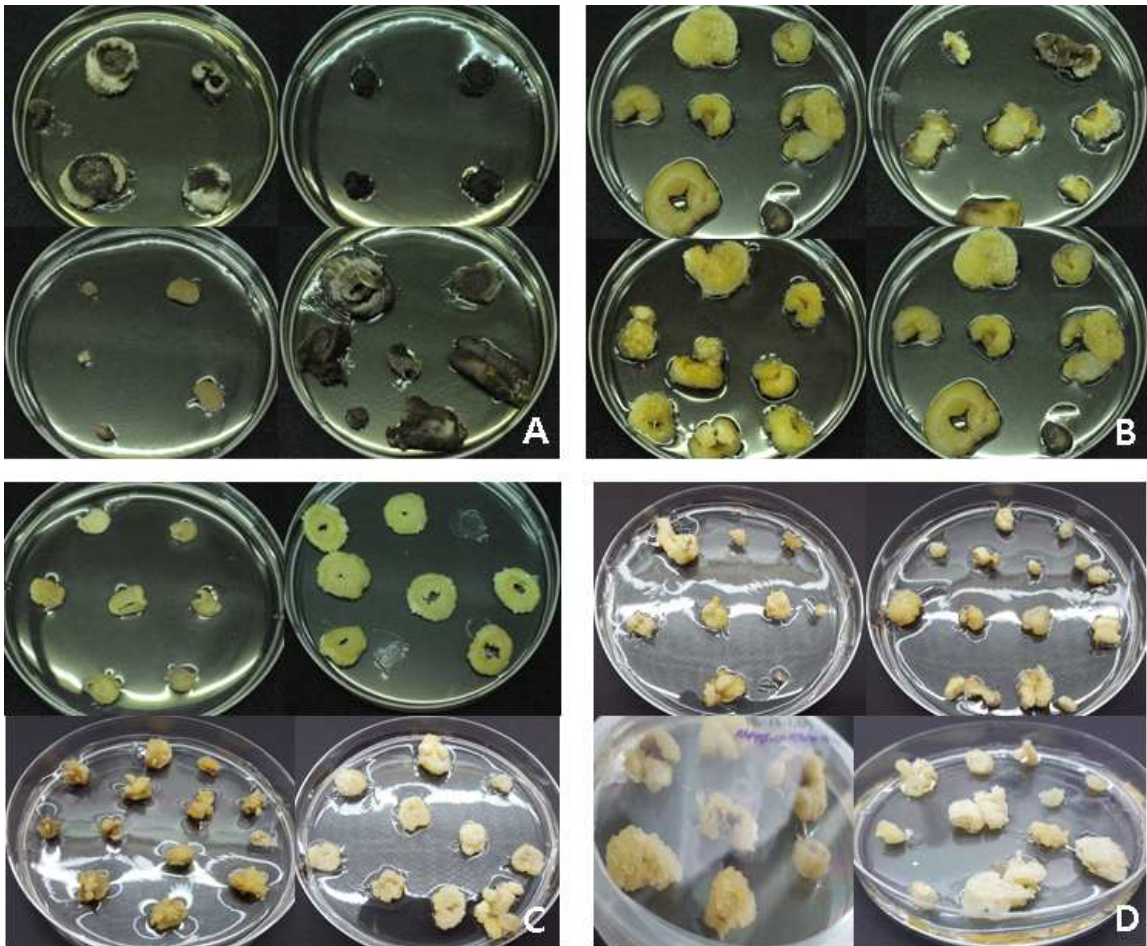


그림 6 튤립 배발생세포 유도시 갈변화 억제조건 구명 A) MS full 배지 B) 1/4MS 배지 C) B5 배지 D) N6 배지

4. 액체현탁배양을 통한 배발생 세포 급속 증식 조건 구명

‘Golden Apeldoorn’과 ‘Merry Christmas’ 튜립의 배발생켈러스 500mg 정도를 25ml 액체 배지를 넣은 250ml 플라스크에서 현탁배양을 실시하였다. MS 기본배지에 3% 자당이 함유된 액체배지에 성장조절제를 조합처리하였다. 오옥신으로서 2,4-D, Picloram, NAA를 각 0.3 또는 1.0 mg/L 첨가하였으며 BA는 오옥신 농도의 절반으로한 9가지 배지를 사용하였으며 처리별로 3반복을 실시하였다. 배양체들은 매주 계대배양시 생체량을 측정하여 생체량 증가를 초기 생체중에 대한 백분율로 표시하여 조사하였다(그림).

켈러스 유도 단계에서 1-5 mg/L의 옥신이 첨가된 고농도 켈러스 유도배지에서 유도된 배발생켈러스의 증식에 효과적인 액체배양 조건을 구명한 결과, picloram과 BA가 각각 0.3 mg/L, 0.15 mg/L 함유된 배지에서 튜립 조직배양에서 흔히 나타나는 갈변화 없이 생체중이 가장 빠르게 증식하는 것을 확인할 수 있었다. 다음으로는 2,4-D/BA가 1.0/0.5 mg/L 함유된 처리에서 생체중 증가가 빠른 것으로 나타났으며, 이들의 농도가 낮아질수록 성장 속도가 저하하는 것을 볼 수 있었다. NAA의 경우에는 0.3 mg/L의 낮은 농도에서는 초기 배양 속도가 빨랐으나 배양 3주후부터는 성장 속도가 크게 저하하며 갈변화가 심하게 나타난 반면에 1.0 mg/L의 높은 농도에서는 배발생세포의 증식이 매우 더디고 갈변화가 심한 결과를 보였다.

배발생세포의 증식은 오옥신이 첨가된 배지에서 급속하게 일어나지만 이 과정은 유전적으로 불안정하여 체세포변이가 발생할 수 있기 때문에 최소 농도의 옥신을 사용하는 것이 중요하며 배양 기간을 최소화하는 것이 중요함. 본 연구를 통하여 0.3 mg/L의 picloram 배지에서 배발생세포가 급속 증식되며 갈변화 현상을 최소화시킬 수 있음이 확인되었다.

기본배지의 조성을 비교하는 실험에서 MS배지의 농도를 원액, 1/2, 1/4 희석하여 비교하였고 아울러 B5와 N6 배지를 비교하였다. 배지간에 큰 차이는 없었으나 1/2 배지에서 생체량 증가가 확인되었다.

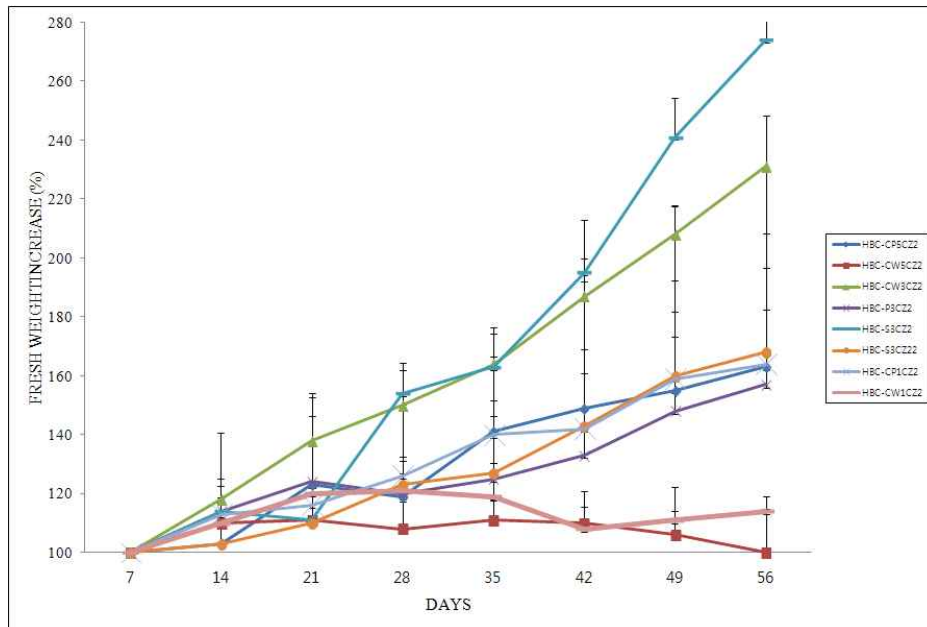


그림 2. 튜립 배발생세포 현탁배양에서 액체배지의 Auxin 농도 및 조성이 생체중 증가

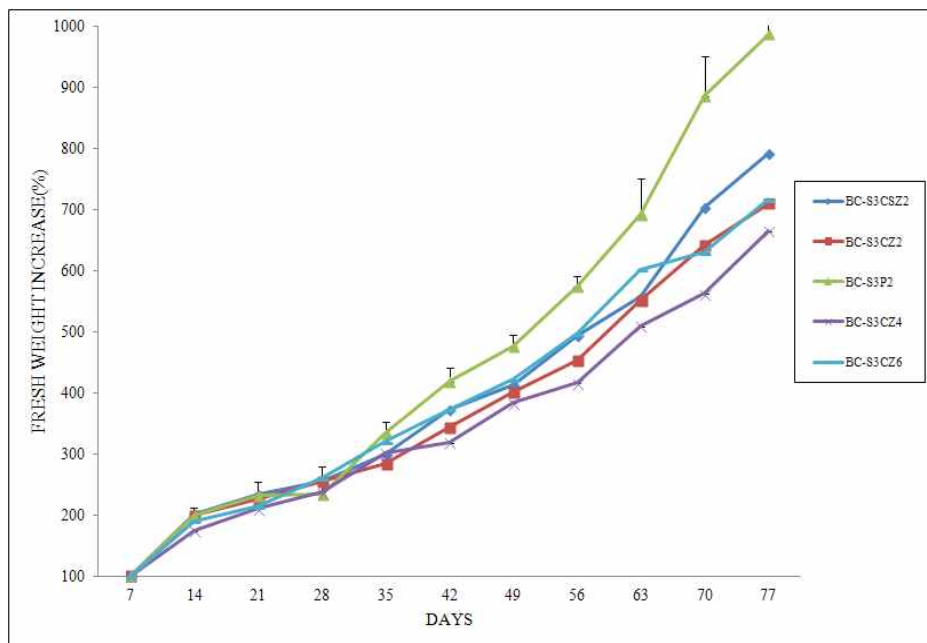


그림 3. 튜립 배발생세포 현탁배양에서 액체배지의 Auxin 농도 및 조성이 생체 중 증가에 미치는 영향

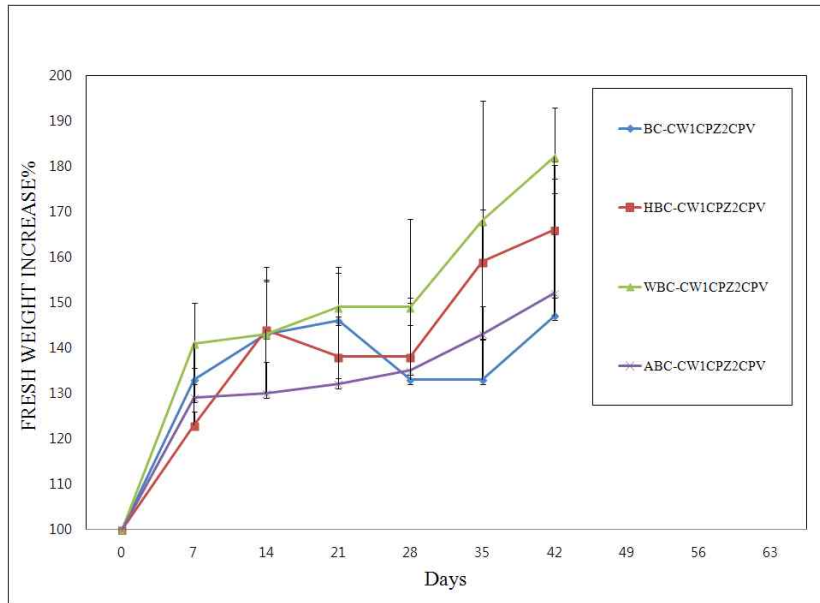


그림 4. MS액체배지안 Ammonium nitrate와 Potassium nitrate 비율에 따른 틀립의 배발생 캘러스유도 및 갈변화 조사실험

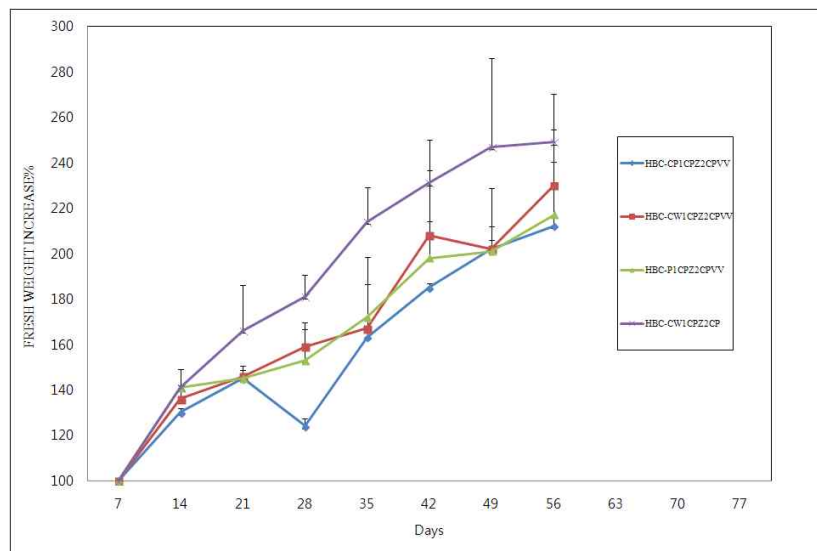


그림 5. MS액체배지안 Auxin과 PVP의 조성에 따른 틀립의 배발생 캘러스 유도 및 갈변화 조사실험

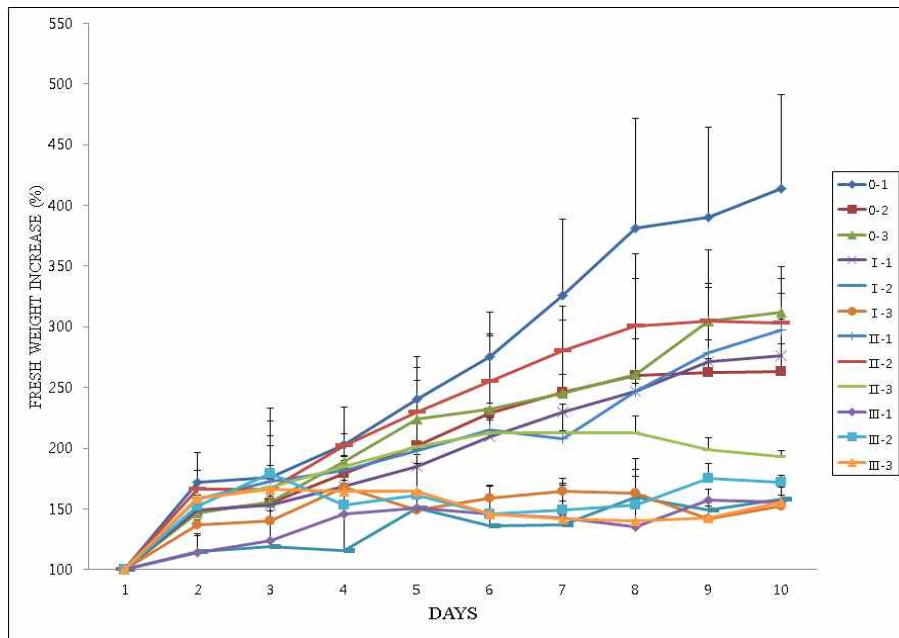


그림 6. Auxin, PVP와 Vitamin C 의 조성에 따른 튜립의 배발생 캘러스 유도 및 갈변화 조사실험

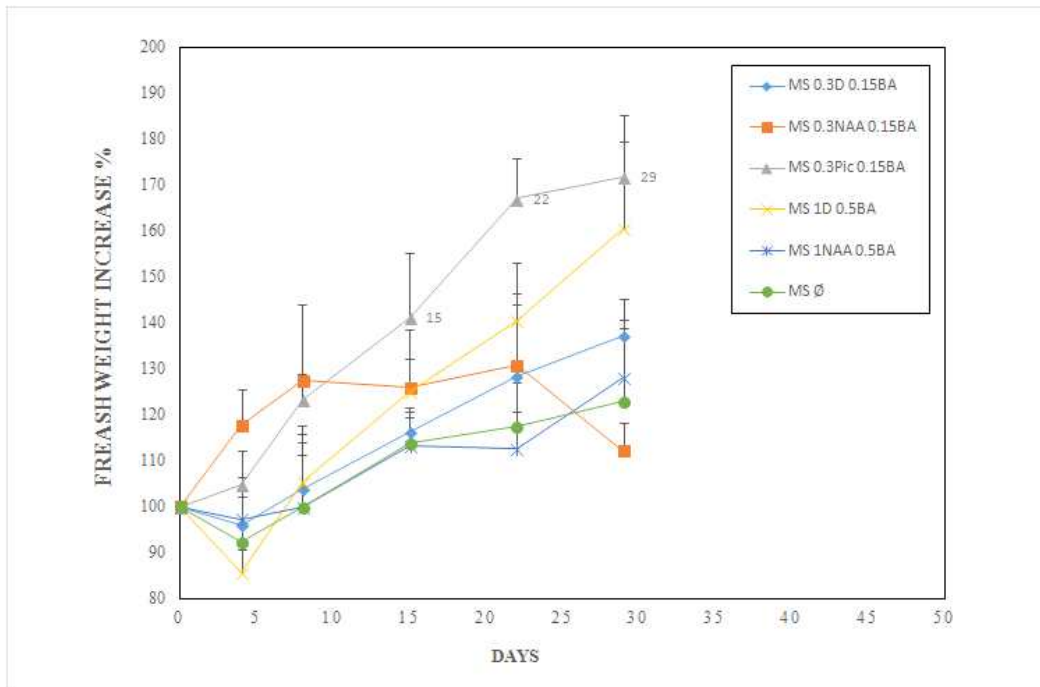
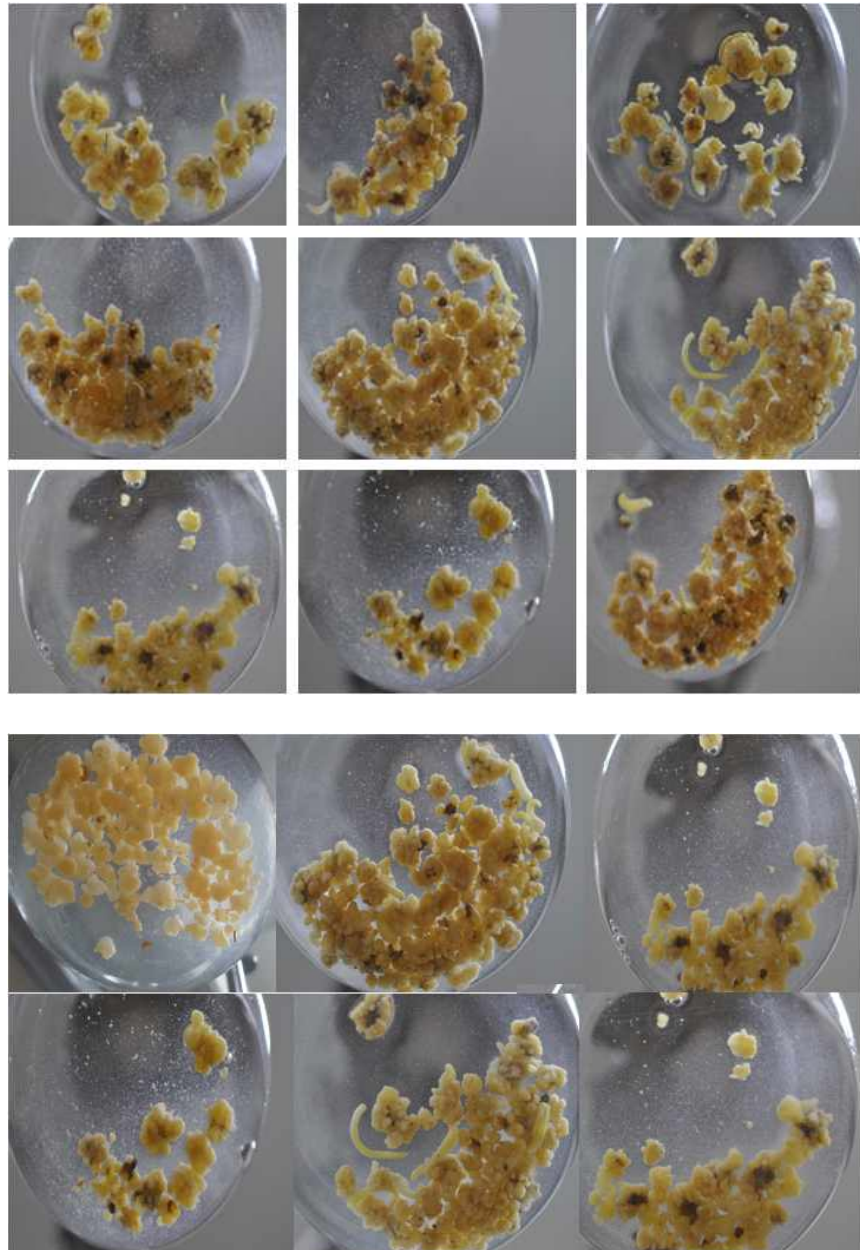


그림12. 튜립 배발생세포 현탁배양에서 액체배지의 성장조절제 조성이 생체중 증가에 미치는 영향



5. 생물반응기 배양을 통한 배발생세포 증식

튤립의 배발생세포 액체현탁배양을 대량 및 급속으로 하기 위하여 생물반응기를 이용한 급속증식을 하였다. 'Merry Christmas'와 'Golden Apeldoorn' 품종의 배발생세포를 공시재료로 이용하여 배양 조건을 비교하였다.

일차적으로 플라스크를 이용한 현탁배양을 통하여 5-10 g 정도의 배양체를 증식하며 이를 이용하여 생물반응기 배양을 통한 대량 증식을 실시하였다. 생물반응기의 air-lift를 통하여 극성을 제거한 상태에서 성장조절제 농도를 최적, 최소 농도로 유지하는 조건을 규명하였는데, 일반적으로 2,4-D 0.3-0.5 mg/L, BA 0.25 mg/L 조합처리가 품종에 따라 증식 정도는 다르지만 보편적으로 생장이 가장 좋게 나타났다.

그림8B-C에서 보듯이 생물반응기에서 배양되는 조직들은 원래 치상한 배발생세포 피의 10-50배에 달하는 직경 2-3 cm의 세포괴를 형성하는데 이들 조직은 전형적인 배발생세포의 집합체로서 3-5 mm의 세포괴가 엉성한 상태로 덩어리를 형성하며 약간의 물리적인 힘에 의해서도 부스러지는 특성을 가지고 있었다. 실질적으로 이들 세포괴는 체세포배발생의 전단계인 구형의 전배체가 증식되는 형태를 가지며, 이들은 재분화 배지에서 1-2 주 내에 배발생이 일어나 자엽형 성숙배를 형성하는 분화능이 매우 뛰어난 세포적 특성을 보여 주었다.

튤립 여섯 품종의 배발생세포를 생물배양기에서 증식해 본 결과, 대부분이 갈변화가 심하지 않은 상태에서 잘 증식되었으며, 특히 'Merry Christmas'와 'Golden Apeldoorn' 품종의 증식이 월등하였다(표4)



(3) 생물반응기 배양을 통한 배발생세포 증식



그림16. 배발생세포의 현탁배양: (A) 플라스크를 이용한 일차 배발생세포현탁배양, (B) 5리터형 생물반응기 배양, (C) 10리터형 생물반응기 배양, (D) 생물반응기에서 전배체 상태로 배양중인 툴립 배발생세포, (E) 식물재분화를 위해 생물반응기에서 수확된 배발생 세포괴, (F) 생물반응기에서 배양된 배발생 세포괴 확대사진, 세포 덩어리는 전배체 상태를 보여 주며 재분화 배지에서 바로 배발생이 일어남.

(3) 생물반응기 배양을 통한 배발생세포 증식

표 3. 품종 및 호르몬 별 생물반응기 배양 현황

Cultivar	Hormone		Number	
			Flask	Bioreactor
Angelique	NAA	BA		2
	2,4-D	BA	6	
Daynasty	Picloram	BA	4	
	Dicamba	BA	2	
	NAA	BA		1
Golden apeldoorn	2,4-D	BA	5	1
	2,4-D	BA	2	4
Hollnidia	Picloram	BA	4	
	NAA	BA	1	
Ile de France	2,4-D	BA	2	5
	Picloram	BA	1	
Kees nelis	Picloram	BA		1
	NAA	BA		1
Merry christmas	2,4-D	BA	1	2
	NAA	BA		1
Mark Voort	Dicamba	BA	1	
Maverik	2,4-D	BA		2
Negrita	NAA	BA		2
Strong gold	2,4-D	BA	3	
	Dicamba	BA	1	

식물체 재분화 및 자구 형성

생물반응기에서 배양된 전배체 상태의 세포괴를 성장조절제가 들어 있지 않은 MS 재분화 한천배지에 치상하여 식물체 재분화 및 자구 형성 정도를 조사하였다. 성장조절제가 함유되지 않은 MS 기본배지(3% 자당, 0.3% Gelrite 함유)를 Duchefa 사각 용기에 100ml씩 분주하여 이용하였다. 배발생세포괴를 2-3 mm 작은 세포괴로 쪼갬 다음 용기당 0.5-1.0g 정도를 표면에 치상하고 25℃에서 암배양을 하며 자구의 생성 정도를 조사하였다.

치상 후 2-3주 내에 배발생이 일어나 구형 및 자엽형 배가 형성되고, 이들 체세포배는 광 조건하에서는 성숙배의 엽초가 녹색으로 변하며 수 cm 이상 신장하며 기부가 구의 형태로 비대되는데 이들을 암조건에서 계속적으로 배양하면 엽초의 신장 없이 구가 비대하여 자구를 형성하였다. 그림5C에서 보여주듯이 다양한 배발생 과정, 즉 구형, 자엽형, 성숙배, 자구 형성 단계를 거치는 것이 확인되었으며, 보통 0.5 그램 배발생켈러스를 치상한 Duchefa 용기 당 50-100 개의 자구를 얻을 수가 있었다. 이들 자구들은 배양실에서 배양 기간이 지속됨에 따라 직경 5에서10 mm 크기의 자구로 비대 시킬 수가 있었다.

튤립이 백합과 같은 구근화훼류와는 달리 구근번식이 쉽지가 않고 기내 인편번식을 통한 증식도 매우 어려워 품종 평균 연 2.5배 증식하는 자연 증식에 의존하는 구근생산 과정을 고려할 때, 본 연구를 통해 개발된 기술, 즉 배발생세포를 유도하여 대량으로 증식하고 이를 고체배지에서 자구로 형성시키는 기술이 튤립의 번식 체계에 큰 기여를 할 수 있으리라 판단된다.

결론적으로 튤립 14품종을 이용한 배발생세포 유도, 증식 및 자구 형성 실험에서, 튤립의 구근 내에 있는 화퇴를 절편체로 하여 Picloram 또는 2,4-D가 1-5 mg/L를 BA 0.5 mg/L와 함께 처리한 MS 기본배지(3% 자당, 0.3% Gelrite)에서 배양하면 모든 품종에서 배발생켈러스를 유도할 수 있었으며, 이들 배발생켈러스를 Picloram 또는 2,4-D 농도를 0.3 mg/L로 낮춘 액체현탁배양에서 갈변화없이 증식할 수 있었다. 또한 이들을 생물반응기에서 배양하여 급속도로 증식한 후 성장조절제가 포함되지 않은 고체 재분화배지에서 배발생 과정을 거쳐 고효율로 자구를 생산할 수 있었다. 이 기술을 통하여 대부분의 튤립 품종에서 자구의 급속 생산이 가능하며 구근 생산 및 육종에 활용될 수 있으리라 판단된다.

식물체 재분화 및 자구 형성

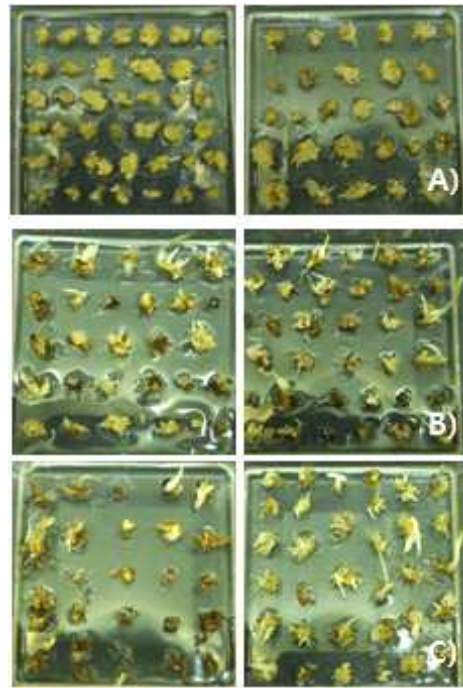


그림 17 배발생세포로부터 자구 형성: (A) 생물반응기에서 배양되어 재분화배지에 치상된 배발생세포, (B) 체세포배발생을 통하여 분화된 여러 단계의 배상체, (C) 체세포배가 발달한 마이크로 자구들

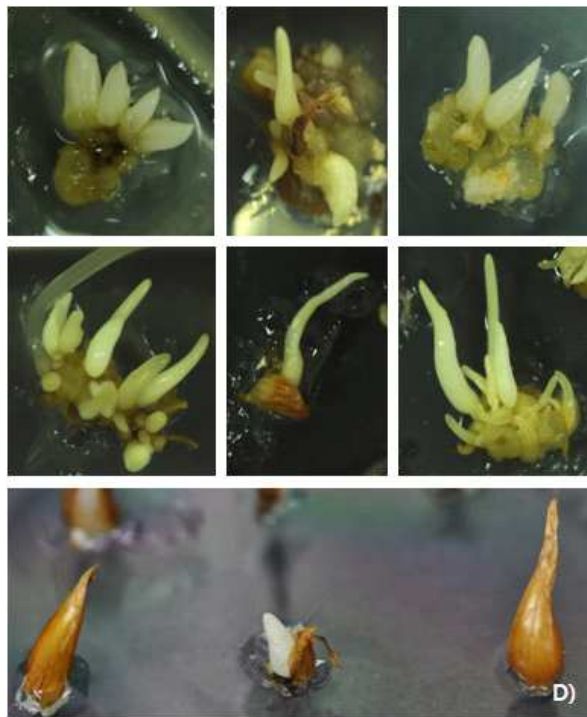


그림 18 체세포배가 발달한 자구들

세포배양 유래 튜립 자구 바이러스 검정

화뢰가 형성되지 않은 튜립 자구에서 정단분열조직을 절취하여 기내 배양하면 일반적인 식물 무병주 배양에서와 같이 바이러스 무병성 기본식물을 획득할 수 있고, 이를 공시 식물로 이용하여 배발생세포를 유도하여 증식하고 식물체로 재분화하면 바이러스 무병 식물을 대량증식할 수 있다. 반면에 바이러스가 이병된 튜립 구근이라도 배발생 세포를 유도하여 6개월 이상 분열조직 상태로 급속 증식하고 배발생 과정을 통하여 식물을 재생하게 되면 모본식물의 바이러스가 희석되거나 제거되는 것이 백합과 식물의 배양을 거쳐 확인되고 있다. 본 연구에서 얻어진 세포배양 유래 튜립 자구의 유묘를 이용하여 RT-PCT 바이러스 검정을 한 결과 대조 처리로 이용된 플라스미드와는 달리 공시식물 모두에서 검정한 CMV, LSV, LMoV가 검출되지 않아 본 방식으로 생산된 자구들이 주요 바이러스의 무병성 식물들이 확인되었다.

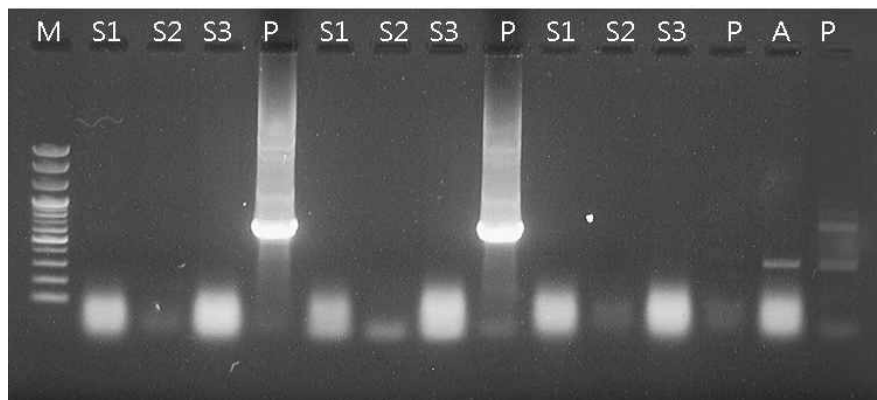


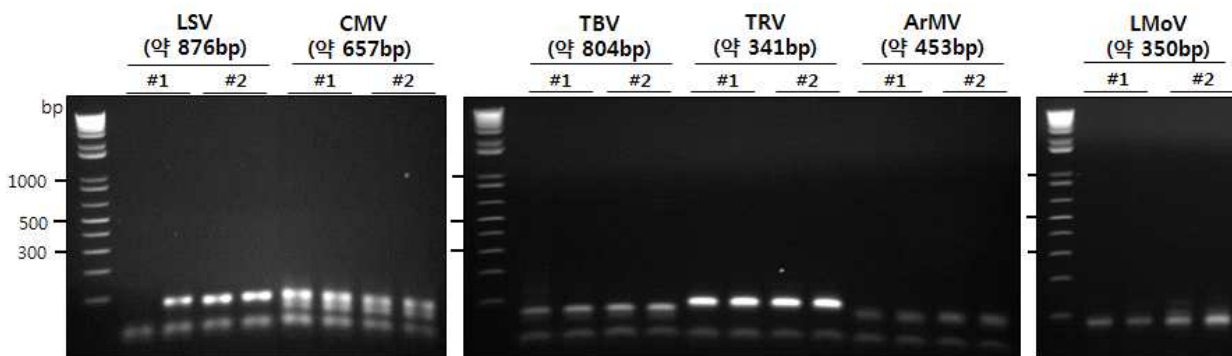
그림 19 RT-PCR을 이용한 세포배양 유래 튜립 자구 유묘 바이러스 검정. 검정 바이러스: CMV, LSV, LMOV, S1-S3: 세포배양 유래 튜립 유묘, P: plasmid containing virus sequence, A: Actin

세포배양을 통해 생산된 튜립 구근 'Ile de France'와 'Come back' 품종 각 3점을 국립 원예특작과학원 원예특작환경과에 바이러스 진단을 의뢰하였으며, 전자현미경 및 RT-PCR을 이용한 유전자진단 결과 의뢰한 튜립 2품종 3점 모두에서 바이러스가 검출되지 않았음을 확인하였다.

< 튜립 바이러스 진단결과 > (국립원예특작과학원 원예특작환경과)

튜립 구근	RT-PCR 진단						전자현미경
	LSV*	CMV	TBV	TRV	ArMV	LMoV	
1	음성	음성	음성	음성	음성	음성	바이러스입자 없음
2	음성	음성	음성	음성	음성	음성	바이러스입자 없음

- * LSV: Lily symptomless virus(백합무병징바이러스)
- CMV: Cucumber mosaic virus(오이모자이크바이러스)
- TBV: Tulip breaking virus(튤립브레이킹바이러스)
- TRV: Tobacco rattle virus(담배얼룩바이러스)
- ArMV: Arabis mosaic virus(아라비스모자이크바이러스)-검역관리바이러스
- LMoV: Lily mottle virus(백합무병징바이러스)



이상의 결과에서 배발생 세포배양을 통한 자구 생산이 튤립의 바이러스 무병성 자구를 생산하는데 효과적임을 확인할 수 있었다.

튤립은 화란에서도 인편번식이나 일반 인편조직배양을 통해 자구가 잘 형성되지 않기 때문에 연 2.5배의 자연분구를 통해 번식을 하기 때문에 새로운 품종을 증식하는데 오랜 기간이 소요된다. 이에 따라 1000구 증식에 6-7년, 100만구 증식에 10여년이 소요되며 바이러스 무병 식물을 만들 수는 있지만 이들의 증식에 너무 오랜 기간이 소요되고 이 과정 중의 바이러스 재감염되는 문제가 있다. 최근의 연구에서 튤립의 화뢰에서 부정아를 유도하고 이를 증식하여 자구 형성을 유도하면 2년에 걸쳐 1-2만구를 만들 수 있다는 보고가 있지만 실용적인 측면에서 활용되기는 어려울 것으로 보인다.

따라서 본 세포배양을 통한 무병 자구를 대량으로 유도할 수 있는 기술은 차후 튤립의 구근 생산 및 이용하는 체계에 매우 유리하게 활용될 수 있으리라 판단된다.

iSSR 표지를 이용한 튜립 다형성 표지 개발 및 세포공정 배양체 품종 식별

세포공정 배양을 통한 자구대량생산 과정은 품종별 배발생세포 유도 및 세포주 증식, 배발생세포 재분화, 자구 형성 및 비대, 온실 자구 비대 등의 여러 단계를 거치며 다년간의 기간이 소요된다. 이 과정 중에서 벌어질수 있는 인적 실수에 의해 배양체가 바뀌거나 섞이는 경우, 이로부터 증식된 식물체의 대량보급은 현장에서 큰 문제를 일으킬 수 있기 때문에 단계별 배양체의 품종을 확인하는 과정이 필수적이라 판단되었다.

쉽게 사용할 수 있는 DNA 표지로서 SSR 표지를 개발할 수 있으나 튜립의 경우 전체 유전체나 전사체가 밝혀지거나 제공되고 있지 않아 여러 식물에서 공통적으로 활용될 수 있는 iSSR 프라이머를 이용하여 품종 식별 체계를 만들고자 하였다.

표 49 틀립 품종 관별 표지 제작에 이용된 ISSR primer

NO	Primer name	Sequence (5'-3')	annealing temperature (°C)
1	UBC 803	ATATATATATATATATC	50
2	UBC 806	TATATATATATATATAG	50
3	UBC 808	AGAGAGAGAGAGAGAGC	50
4	UBC 811	GAGAGAGAGAGAGAGAC	50
5	UBC 815	CTCTCTCTCTCTCTG	50
6	UBC 816	CACACACACACACACAT	54
7	UBC 818	CACACACACACACACAG	50
8	UBC 820	GTGTGTGTGTGTGTGTC	50
9	UBC 824	TCTCTCTCTCTCTCTCG	50
10	UBC 825	ACACACACACACACACT	58
11	UBC 827	ACACACACACACACACG	58
12	UBC 828	TGTGTGTGTGTGTGTGA	58
13	UBC 829	TGTGTGTGTGTGTGTGC	58
14	UBC 830	TGTGTGTGTGTGTGTGG	58
15	UBC 833	ATATATATATATATATYG	50
16	UBC 835	AGAGAGAGAGAGAGAGYC	50
17	UBC 837	TATATATATATATATART	50
18	UBC 840	GAGAGAGAGAGAGAGAYT	50
19	UBC 845	CTCTCTCTCTCTCTTRG	54
20	UBC 846	CACACACACACACACART	50
21	UBC 850	GTGTGTGTGTGTGTGYC	50
22	UBC 853	TCTCTCTCTCTCTCRT	50
23	UBC 855	ACACACACACACACACYT	58
24	UBC 860	TGTGTGTGTGTGTGTGRA	50
25	UBC 862	AGCAGCAGCAGCAGCAGC	58
26	UBC 863	AGTAGTAGTAGTAGTAGT	50
27	UBC 864	ATGATGATGATGATGATG	50
28	UBC 866	CTCCTCCTCCTCCTCCTC	58
29	UBC 874	CCCTCCCTCCCTCCCT	58
30	UBC 875	CTAGCTAGCTAGCTAG	50
31	UBC 876	GATAGATAGACAGACA	50
32	UBC 882	VBVATATATATATATAT	50
33	UBC 884	HBHAGAGAGAGAGAGAG	50
34	UBC 896	AGGTCGCGGCCGCNNNNNNATG	58
35	UBC 898	GATCAAGCTTNNNNNNATGTGG	50

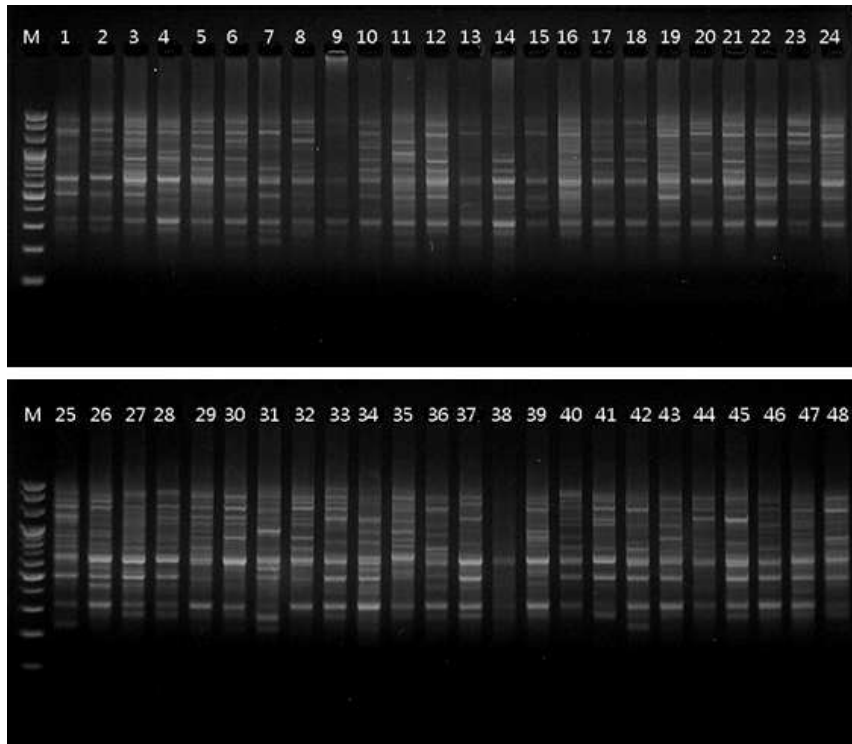


그림 21 UBC 827 ISSR primer를 이용한 품종판별 결과

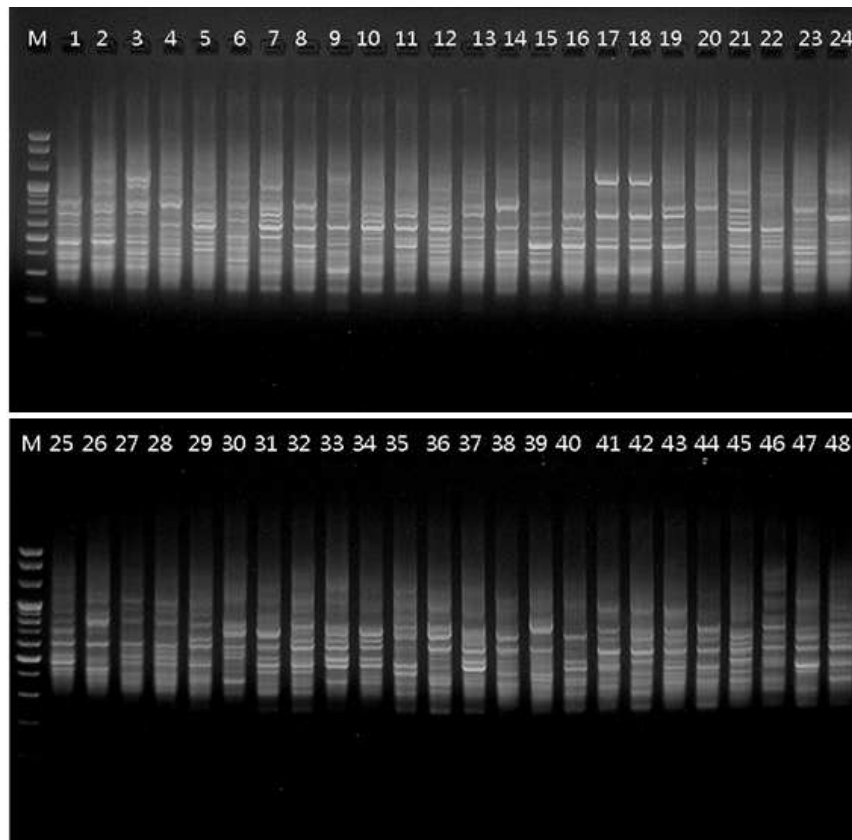


그림 22 UBC 811 ISSR primer를 이용한 품종판별 결과

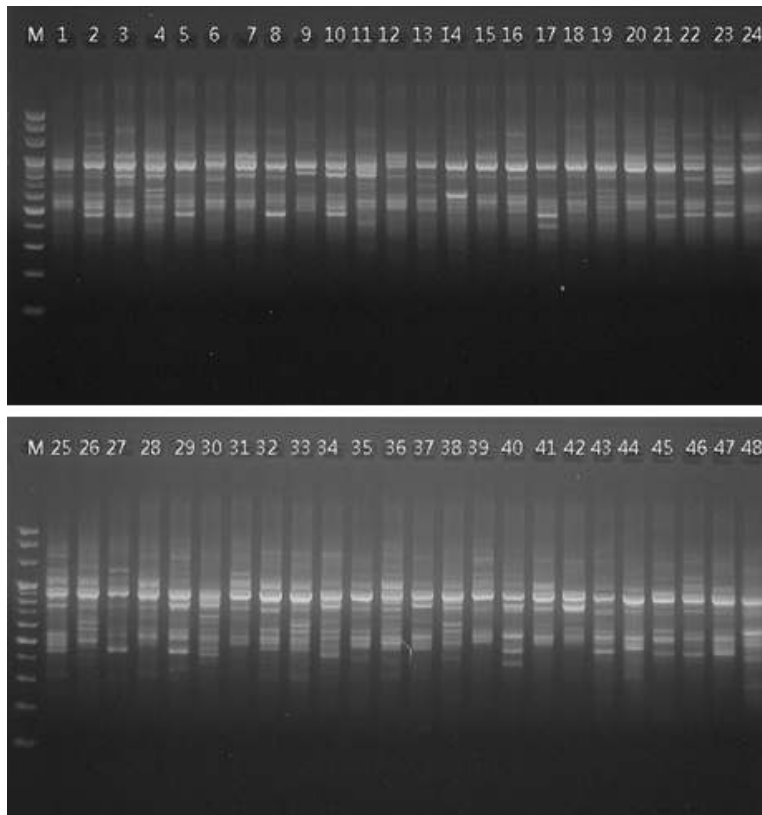


그림 23 UBC 824 ISSR primer를 이용한 품종판별 결과

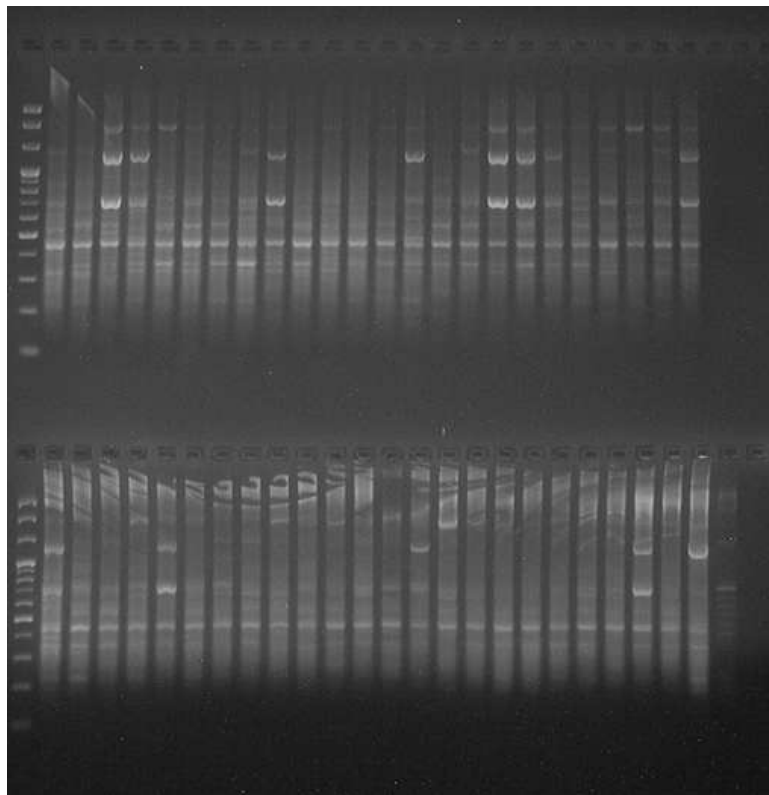


그림 24 UBC 840 ISSR primer를 이용한 품종판별 결과

제2세부: 토양 정밀양구를 이용한 튜립 개화구 생산 기술개발

가. 튜립 구근비대를 위한 토성 및 식재방법(식재깊이, 식재간격, 식재시기) 구명 (1차 년도 실험)

1) 토성(사양토 및 발토양)에 따른 이화학성 분석 및 튜립구근의 생육

(1) 토성에 따른 이화학성 분석

본 실험의 대상지인 전남 신안군 임자도의 발토양과 사양토를 채취하여 물리성을 비교한 결과는 표 1에 나타나 있다. 발토양에 비해 사양토는 기상이 10.6%P가 더 높았고, 공극율도 3%P 더 높았다. 그러나 토양수분함량은 발토양이 4.5%P 더 높은 것으로 분석되었다. 전남 신안군 임자도의 농가에서는 사구에 개펄을 탈염시킨 흙을 혼합하는 것으로 나타났는데, 실제 사질토양은 순수한 사질이 아니라 사양토에 가까운 것으로 판단된다.

본 실험의 대상지인 전남 신안군 임자도의 발토양과 사양토를 채취하여 화학성을 비교한 결과는 표 2에 나타나 있다. 사질토양은 발토양에 비해 pH가 6.13으로 조금 낮았으며, EC, 유기물 함량, NO₃ 함량, P₂O₅ 함량, 치환성 양이온, 양이온 치환능력 등에서 낮은 것으로 나타났다. 그리고, 전반적으로 P₂O₅ 함량은 발토양 6017.2mg/kg, 사질토양 710.8mg/kg으로 나타나 연작장해에 의한 인산집적이 심각한 것으로 나타나 문제가 될 것으로 판단되었다.

Table 1. Physical properties of the soil used in this experiment.

Soil texture	Solid phase (%)	Liquid phase (%)	Gaseous phase (%)	Bulk density (g/cm ³)	Porosity (%)	Soil water retention (%)
Clay loam	57.7	20.9	21.4	1.5	42.3	13.6
Sand loam	54.7	13.3	32.0	1.5	45.3	9.1

Table 2. Chemical properties of the soil used in this experiment.

Soil texture	pH (1:5)	EC (dS/m)	O.M. (g/kg)	NO ₃ (mg/kg)	P ₂ O ₅ (mg/kg)	Exchange cation(cmol ⁺ /kg)			CEC (Cmol ⁺ /kg)
						K	Ca	Mg	
Clay loam	5.88	0.95	96.1	46.95	601.7	0.34	3.55	1.41	4.69
Sand loam	6.13	0.40	50.0	34.73	710.8	0.28	1.38	0.82	3.01

(2) 토성(사질토 및 발토양)에 따른 튜립 구근의 생육

튜립 'Kees Nelis' 품종의 지상부 생육은 전반적으로 사질토양에 비해 발토양에서 양호하였다. 또한 발토양에서는 식재깊이에 관계없이 지상부 생육에는 통계적인 차이가 나타나지 않았다. 그러나 사질토양에서는 2-4cm 깊이로 식재시에 초장, 엽장, 개화율에서 효과적이었다(표 3).

Table 3. Effect of soli texture on shoot growth in tulip 'Kees Nelis'.

Soil texture	Planting depth (cm)	Plant height (cm)	No. of leaves	Leaf width (cm)	Leaf length (cm)	Flower length (cm)	Flower diameter (cm)	Flowering percentage (%)
Clay loam	0	26.4a	3.4a	6.7a	13.8a	6.4a	7.8a	95.5a
	2	25.1a	3.2a	6.7a	14.2a	6.0a	7.3a	96.3a
	4	27.8a	3.3a	6.3a	13.5a	6.2a	7.4a	93.8a
	8	23.8ab	3.2a	6.8a	14.2a	5.7a	6.8a	94.7a
Sand loam	0	22.5b	3.2a	5.4b	7.3c	5.7ab	6.4ab	74.7b
	2	23.4ab	3.0a	5.2b	11.8a	5.6ab	6.2ab	81.5ab
	4	25.7a	3.3a	5.6b	10.4ab	5.4b	6.7a	68.3c
	8	22.6b	3.0a	5.2b	9.8b	5.8a	6.5ab	60.1c

튜립 'Ile de France' 품종의 지상부 생육을 조사한 결과 화장과 개화율은 사질토양에 비해 발토양에서 양호하였다. 그러나, 엽폭이나 화폭은 발토양에 비해 사질토양에서 생육이 좋았다. 발토양에서는 식재깊이에 관계없이 지상부 생육에는 통계적인 차이가 나타나지 않았다. 그러나 사질토양에서는 4-8cm 깊이로 식재시에 초장, 엽장, 화폭, 개화율에서 효과적이었다(표 4).

Table 4. Effect of soli texture on shoot growth in tulip 'Ile de France'.

Soil texture	Planting depth (cm)	Plant height (cm)	No. of leaves	Leaf width (cm)	Leaf length (cm)	Flower length (cm)	Flower diameter (cm)	Flowering percentage (%)
Clay loam	0	20.6ab	3.0a	5.0bc	13.0b	5.3a	5.1c	65.0a
	2	22.1a	3.0a	4.9bc	12.1b	5.2a	5.2c	65.8a
	4	19.9b	3.0a	4.2c	12.3b	5.3a	5.6c	65.0a
	8	20.6ab	3.0a	4.6c	11.7c	5.3a	5.5c	63.4ab
Sand loam	0	17.3c	3.0a	6.6b	11.9c	4.8a	6.9b	36.6c
	2	19.3b	3.1a	6.4b	12.2b	4.8a	7.5ab	42.4b
	4	21.3a	3.1a	7.9a	14.2ab	5.2a	8.0a	46.5b
	8	22.9a	2.9a	7.4a	15.2a	5.0a	7.0b	66.3a

튜립 'Rundy' 품종의 지상부 생육을 조사한 결과 엽수는 사질토양에 비해 발토양에서 양호하였다. 그러나, 초장, 엽장은 발토양에 비해 사질토양에서 생육이 좋았다. 발토양에서는 식재깊이에 관계없이 지상부 생육에는 통계적인 차이가 나타나지 않았다. 그러나 사질토양에서는 4cm 깊이로 식재시에 화장, 화폭, 개화율에서 효과적이었다(표 5).

Table 5. Effect of soli texture on shoot growth in tulip 'Rundy'.

Soil texture	Planting depth (cm)	Plant height (cm)	No. of leaves	Leaf width (cm)	Leaf length (cm)	Flower length (cm)	Flower diameter (cm)	Flowering percentage (%)
Clay loam	0	13.8c	3.1ab	5.7b	9.1ab	6.2a	5.6b	16.9a
	2	13.3c	3.0ab	6.5ab	9.1ab	5.7a	6.1ab	13.6a
	4	15.0b	3.4a	5.6b	9.9a	5.9a	6.1ab	13.6a
	8	14.4b	3.1ab	6.6ab	9.1ab	5.8a	5.9ab	12.8a
Sand loam	0	13.2c	2.4b	5.9b	8.4b	4.6 b	4.9c	6.6b
	2	17.3ab	2.7ab	7.5a	10.3a	5.1ab	5.5b	9.1ab
	4	18.3a	2.9ab	6.5ab	9.6a	5.5a	6.5a	14.4a
	8	19.2a	2.7ab	6.1ab	10.0a	5.3ab	6.0ab	13.6a

튤립 'Kees Nelis' 품종의 구근 생육을 조사한 결과, 전반적으로 밭토양보다 사질토양에서 구근의 생육이 우수하였다. 사질토양에는 8cm 깊이로 식재한 처리에서 구굴레, 구근무게, 전체 구근무게 등에서 다른 처리에 비해 효과적이었다(표 6, 그림 1).

튤립 'Ile de France' 품종의 구근 생육을 조사한 결과, 전반적으로 밭토양보다 사질토양에서 구근의 생육이 우수하였다. 사질토양에는 8cm 깊이로 식재한 처리에서 구굴레, 구근무게, 전체 구근무게 등에서 다른 처리에 비해 효과적이었다(표 7, 그림 2).

Table 6. Effect of soli texture on bulb growth in tulip 'Kees Nelis'.

Soil texture	Planting depth (cm)	Bulb diameter (mm)	Bulb height (mm)	Bulb circumference (cm)	Bulb weight (g)	Total bulb weight (g)	Bilblet weight (g)	No. of bulblets
Clay loam	0	23.6b	31.7a	7.2b	8.0bc	9.6b	1.6ab	0.9b
	2	24.8a	34.6a	7.4b	8.5b	10.1ab	1.6ab	0.8b
	4	25.0a	35.2a	7.2b	7.9bc	9.6b	1.7ab	0.9b
	8	25.0a	35.3a	7.4b	8.1bc	9.0bc	0.9b	0.5c
Sand loam	0	21.7b	29.5b	6.7c	5.9c	8.1c	2.2a	2.0a
	2	24.1ab	33.0a	7.8ab	8.0bc	10.4ab	2.4a	2.0b
	4	25.2a	33.0a	8.7a	8.7b	10.9a	2.2a	1.5ab
	8	26.0a	34.6a	8.3a	9.9a	10.9a	1.0b	0.7bc



Fig. 1. Bulb growth by soil texture in tulip 'Kees Nelis'.

Table 7. Effect of soli texture on bulb growth in tulip 'Ile de France'.

Soil texture	Planting depth (cm)	Bulb diameter (mm)	Bulb height (mm)	Bulb circumference (cm)	Bulb weight (g)	Total bulb weight (g)	Bilblet weight (g)	No. of bulblets
Clay loam	0	21.7b	30.7a	6.6b	5.7c	10.7bc	5.0b	3.1a
	2	22.4b	31.4a	6.8ab	6.1bc	10.7bc	4.6bc	2.7a
	4	22.6b	32.0a	6.9ab	6.2bc	10.4c	4.1c	2.5a
	8	22.0b	31.8a	6.5b	5.8c	10.2c	4.4c	2.6a
Sand loam	0	22.4b	33.8a	6.8ab	5.9b	11.2bc	5.3ab	2.8a
	2	22.2b	32.3a	7.0ab	6.5bc	12.0bc	5.6ab	3.2a
	4	24.6ab	35.5a	7.5a	7.7b	13.5b	5.8ab	2.8a
	8	26.4a	34.9a	7.8a	9.5a	16.1a	6.6a	3.2a



Fig. 2. Bulb growth by soil texture in tulip 'Ile de France'.

튤립 'Rundy' 품종의 구근 생육을 조사한 결과, 전반적으로 밭토양과 사질토양 간에는 구근의 생육에 차이가 나타나지 않았다. 밭토양에서는 4cm 깊이로 식재했을 때 가장 구근생육이 양호하였다. 사질토양에는 0cm 깊이로 식재한 처리에서 구근 생육이 가장 불량하였고, 2-8cm 깊이로 식재한 처리구에서는 구굴레, 구근무게, 전체 구근무게 등에서 처리 간 차이가 없었다. 그러나 구근의 생존율이 밭토양의 경우 11.1-16.9%였고, 사질토양에서도 9.1-18.9%로 나타나 임자도 지역에서 구근을 양구하는 데는 문제가 될 것으로 판단되었다(표 8, 그림 3).

Table 8. Effect of soli texture on bulb growth in tulip 'Rundy'.

Soil texture	Planting depth (cm)	Bulb diameter (mm)	Bulb height (mm)	Bulb circumference (cm)	Bulb weight (g)	Total bulb weight (g)	Bilblet weight (g)	No. of bulblets	Survival rate (%)
Clay loam	0	25.5b	27.7ab	7.6b	7.4b	8.6bc	1.2b	1.0b	14.0a
	2	25.1b	34.8a	7.4b	7.2b	8.2c	1.1b	0.8b	16.9a
	4	26.6a	30.3a	10.9a	9.4a	12.1a	2.7a	1.3ab	15.4a
	8	26.4a	21.4b	8.0ab	8.4ab	8.9b	0.5c	0.4b	11.1a
Sand loam	0	24.2b	26.7b	7.4b	7.9b	9.5ab	1.6ab	1.8a	9.1b
	2	26.8a	29.1a	8.3ab	9.2a	10.1ab	0.9b	0.7b	13.6ab
	4	26.1a	28.8a	8.0ab	8.3ab	9.6ab	1.4ab	1.1ab	18.8a
	8	27.1a	30.5a	8.1ab	9.2a	11.6a	2.4a	1.3ab	18.9a



Fig. 3. Bulb growth by soil texture in tulip 'Rundy'.

2) 튜립 품종의 자구크기별 식재깊이에 따른 구근 및 지상부 생육

튜립 'Kees Nelis' 품종의 자구 5, 6, 7cm 크기인 것을 0, 2, 4, 8cm 깊이로 식재한 후 지상부의 생육을 조사한 결과는 표 9에 나타나 있다. 5cm의 자구를 식재했을 때에는 2-8cm 식재깊이 처리 간에는 지상부 생육에 차이는 없었다. 6cm 자구를 식재했을 때에는 0cm 깊이로 식재한 처리에서 초장, 엽장, 화장, 화폭, 개화율에서 불량한 것으로 나타났고, 2-8cm 식재깊이 처리 간에는 지상부 생육에 차이는 없었다. 7cm 자구를 식재했을 때에는 0cm 깊이로 식재한 처리에서 초장, 엽장, 화폭에서 불량한 것으로 나타났고, 2-4cm 식재깊이 처리 간에는 지상부 생육이 양호하였다(표 9).

Table 9. Effect of bulb size and planting depth on shoot growth in tulip 'Kees Nelis'.

Bulb size	Planting depth (cm)	Plant height (cm)	No. of leaves	Leaf width (cm)	Leaf length (cm)	Flower length (cm)	Flower diameter (cm)	Flowering percentage (%)
5cm	0	12.7a	2.1c	4.8a	9.1a	4.8a	5.4b	9.5b
	2	12.5a	2.3ab	3.7a	7.6ab	4.1ab	6.0a	9.5b
	4	10.3b	2.8a	3.8a	7.8ab	4.7a	5.6ab	8.2b
	8	13.4a	2.5ab	4.2a	9.2a	4.4ab	5.4b	14.8a
6cm	0	15.4b	3.0a	4.7a	9.6b	5.1b	6.8b	24.7b
	2	19.4a	3.1a	5.3a	10.9a	5.8a	7.2ab	58.8a
	4	17.5ab	3.0a	5.3a	11.0a	5.7a	7.6a	57.6a
	8	19.1a	3.0a	5.3a	13.5a	5.7a	6.8b	66.7a
7cm	0	22.5b	3.2ab	5.4a	7.3c	5.7a	6.4a	74.7b
	2	23.4ab	3.0ab	5.2a	11.8a	5.6a	6.2a	81.5a
	4	25.7a	3.3a	5.6a	10.4ab	5.4ab	6.7a	68.3c
	8	22.6b	3.0b	5.2a	9.8b	5.8a	6.5a	60.1d

튜립 'Ile de France' 품종의 자구 5, 6, 7cm 크기인 것을 0, 2, 4, 8cm 깊이로 식재한 후 지상부의 생육을 조사한 결과는 표 10에 나타나 있다. 5cm의 자구를 식재했을 때에는 0-2cm 깊이로 식재한 처리에서 지상부 생육이 불량하였고, 4-8cm 식재깊이 처리에서 전반적으로 지상부 생육이 양호하였다. 6cm 자구를 식재했을 때에도 4-8cm 깊이로 식재한 처리에서 초장, 엽장, 화장, 화폭, 개화율 등에서 좋은 생육 상태를 보여 주었다. 7cm 크기의 자구를 식재했을 때에는 0-2cm 깊이로 식재한 처리에서 초장, 엽장 등의 생육이 불량하였고, 4-8cm 깊이로 식재한 처리에서 전반적으로 지상부 생육이 양호하였다(표 10).

Table 10. Effect of bulb size and planting depth on shoot growth in tulip 'Ile de France'.

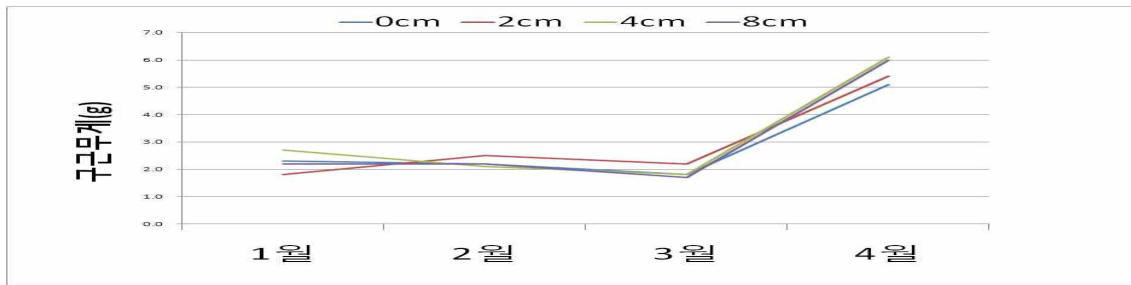
Bulb size	Planting depth (cm)	Plant height (cm)	No. of leaves	Leaf width (cm)	Leaf length (cm)	Flower length (cm)	Flower diameter (cm)	Flowering percentage (%)
5cm	0	13.7bc	1.9a	4.5b	8.5c	3.7a	4.8a	10.7b
	2	11.6c	1.8a	4.3b	8.8bc	3.7a	4.9a	7.4b
	4	17.2ab	2.1a	5.4a	11.4a	4.3a	5.2a	24.3a
	8	19.9a	2.1a	5.7a	11.0ab	4.1a	5.0a	26.3a
6cm	0	14.6a	3.0a	4.6a	10.1ab	4.6a	5.1a	17.3b
	2	12.4a	3.0a	3.5a	9.0b	4.3a	5.3a	16.9b
	4	14.6a	3.0a	4.2a	9.9ab	4.2a	4.7a	25.5ab
	8	18.6a	2.9a	4.8a	12.3a	4.6a	5.4a	45.7a
7cm	0	17.3c	3.0a	6.6ab	11.9b	4.8a	6.9b	36.6b
	2	19.3bc	3.1a	6.4b	12.2b	4.8a	7.5ab	42.4ab
	4	21.3ab	3.1a	7.9a	14.2ab	5.2a	8.0a	46.5ab
	8	22.9a	2.9a	7.4a	15.2a	5.0a	7.5ab	66.3a

튤립 'Rundy' 품종의 자구 5, 6, 7cm 크기인 것을 0, 2, 4, 8cm 깊이로 식재한 후 지상부의 생육을 조사한 결과는 표 11에 나타나 있다. 5cm의 자구를 식재했을 때에는 전반적으로 다른 품종에 비해 지상부 생육이 크게 억제되었으며, 개화율도 2% 이내로 크게 낮았다. 6cm 자구를 식재했을 때에도 초장이 9.3cm 이내로 매우 작았으며, 개화율 역시 3% 이내로 매우 불량하였다. 7cm 크기의 자구를 식재했을 때에는 0cm 깊이로 식재한 처리에서 초장, 엽폭, 엽장, 화장, 화폭, 개화율 등의 생육이 불량하였고, 2-8cm 깊이로 식재한 처리에서는 지상부 생육에는 통계적인 차이가 없었다(표 11).

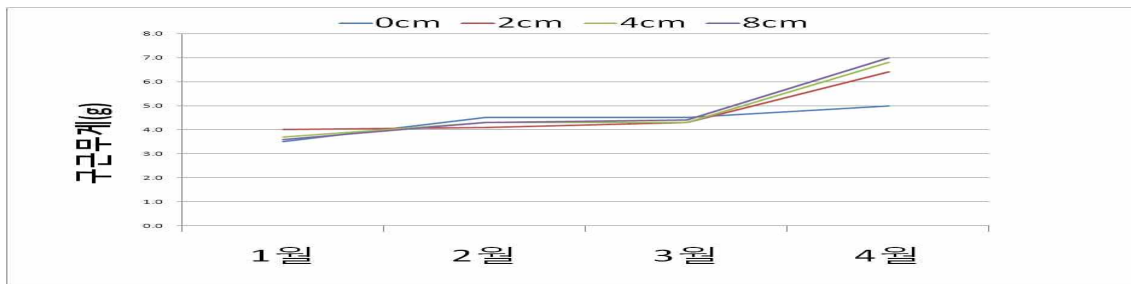
Table 11. Effect of bulb size and planting depth on shoot growth in tulip 'Rundy'.

Bulb size	Planting depth (cm)	Plant height (cm)	No. of leaves	Leaf width (cm)	Leaf length (cm)	Flower length (cm)	Flower diameter (cm)	Flowering percentage (%)
5cm	0	4.6b	1.3b	4.0a	6.6a	3.5a	4.5a	2.1a
	2	4.4b	1.0b	4.2a	5.5a	0b	0b	0a
	4	4.6b	1.3ab	4.3a	7.0a	0b	0b	0a
	8	5.7a	1.2a	4.3a	7.6a	3.2a	4.4a	0.6a
6cm	0	6.9a	1.7a	4.7a	7.1a	2.4b	4.2b	0.6a
	2	8.1a	1.6a	4.8a	6.8b	3.6a	5.1a	1.9a
	4	6.0b	1.6a	4.7a	7.5a	3.4a	5.9a	0.4a
	8	9.3a	1.6a	4.9a	7.9a	4.2a	5.3a	3.1a
7cm	0	13.2b	2.4a	5.9b	8.4b	4.6b	4.9b	6.6b
	2	17.3a	2.7a	7.5a	10.3a	5.1ab	5.5ab	9.1ab
	4	18.3a	2.9a	6.5ab	9.6a	5.5a	6.5a	14.4a
	8	19.2a	2.7a	6.1ab	10.0a	5.3ab	6.0ab	13.6ab

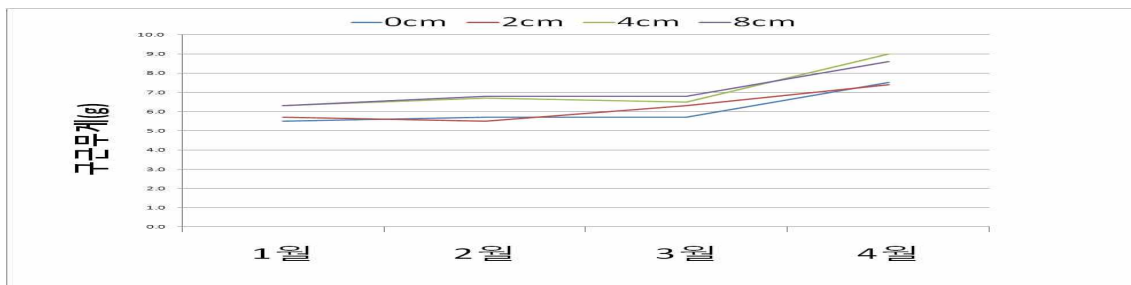
튤립 'Kees Nelis' 품종의 자구 5, 6, 7cm 크기인 것을 0, 2, 4, 8cm 깊이로 식재한 후 1월부터 4월까지의 구근무게의 변화를 조사한 결과는 그림 4에 나타나 있다. 또한 최종적으로 6월에 구근의 생육을 조사한 결과는 표 12에 나타나 있다. 5, 6, 7cm의 자구크기에 상관없이 8cm 깊이로 식재했을 때 다른 처리보다 구직경, 구고, 구둘레, 구무게, 총 구근무게 등 전체적인 구근생육이 양호하였다(표 12, 그림 5).



(A) Bulb size 5cm



(B) Bulb size 6cm



(C) Bulb size 7cm

Fig. 4. Changes in bulb weight by month according to bulblet size and planting depth in tulip 'Kees Nelis'.

Table 12. Effect of bulb size and planting depth on bulb growth in tulip 'Kees Nelis'.

Bulb size	Planting depth (cm)	Bulb diameter (mm)	Bulb height (mm)	Bulb circumference (cm)	Bulb weight (g)	Total bulb weight (g)	Bulblet weight (g)	No. of bulblets
5cm	0	16.0b	23.8b	4.9b	2.7b	4.5ab	1.8a	2.1a
	2	15.5b	23.2b	4.9b	2.6b	3.8b	1.3a	1.6a
	4	17.6ab	27.2ab	5.4ab	3.6ab	5.7ab	2.1a	1.9a
	8	20.2a	29.1a	6.1a	4.8a	7.0a	2.1a	1.5a
6cm	0	19.6c	26.8c	6.2b	4.7c	5.5b	0.7a	1.3a
	2	22.6b	30.7b	7.4a	6.9b	8.1a	1.1a	1.6a
	4	22.8b	30.7b	7.1ab	7.1b	8.3a	1.1a	0.9a
	8	25.0a	35.1a	7.8a	8.9a	9.5a	0.5a	0.8a
7cm	0	21.7b	29.5b	6.7b	5.9c	8.1a	2.2a	2.0a
	2	24.1ab	33.0a	7.8ab	8.0b	10.4ab	2.4a	2.0b
	4	25.2a	33.0a	8.7ab	8.7ab	10.9a	2.2a	1.5ab
	8	26.0a	34.6a	8.3a	9.9a	10.9a	1.0a	0.7b



8cm

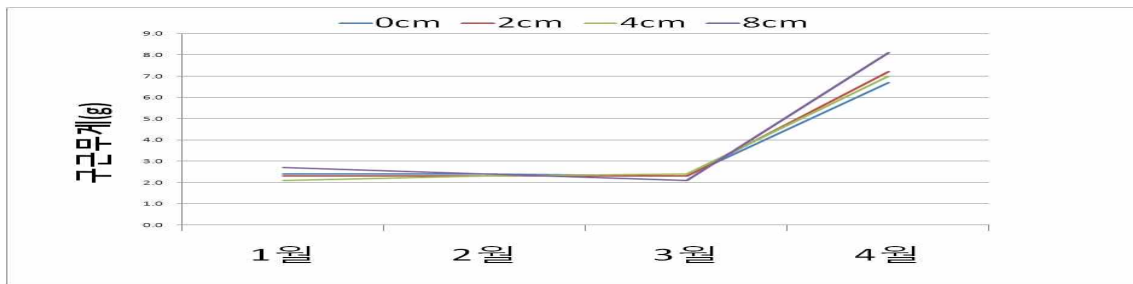
(A) Bulb size 5cm

(B) Bulb size 6cm

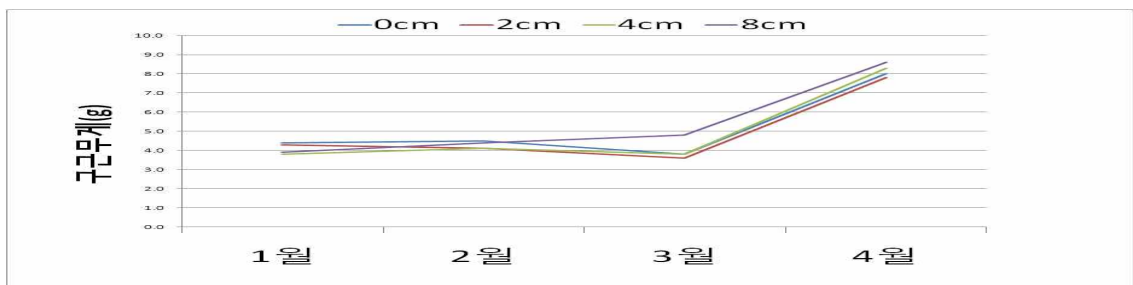
(C) Bulb size 7cm

Fig. 5. Bulb growth by bulblet size and planting depth in tulip 'Kees Nelis'.

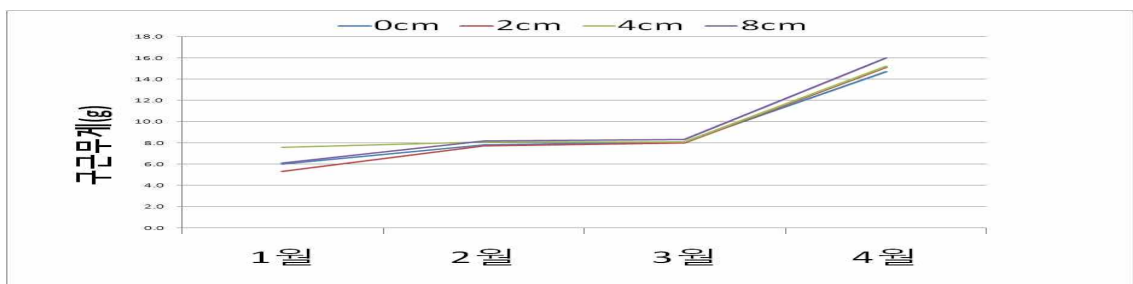
튤립 'Ile de France' 품종의 자구 5, 6, 7cm 크기인 것을 0, 2, 4, 8cm 깊이로 식재한 후 1월부터 4월까지의 구근무게의 변화를 조사한 결과는 그림 6에 나타나 있다. 또한 최종적으로 6월에 구근의 생육을 조사한 결과는 표 13에 나타나 있다. 5cm의 자구크기의 것은 4-8cm 깊이로 식재했을 때 0-2cm 깊이로 식재한 것에 비해 구근 생육이 양호하였다. 6cm의 자구크기의 것은 0cm 깊이로 식재했을 때 가장 구근 생육이 불량하였고, 2-8cm 사이의 식재 깊이 처리에서는 구근생육에 통계적인 차이가 없었다. 7cm의 자구크기의 것은 4-8cm 깊이로 식재한 처리가 0-2cm 깊이로 식재한 것에 비해 구근 생육이 양호하였다(그림 7).



(A) Bulb size 5cm



(B) Bulb size 6cm

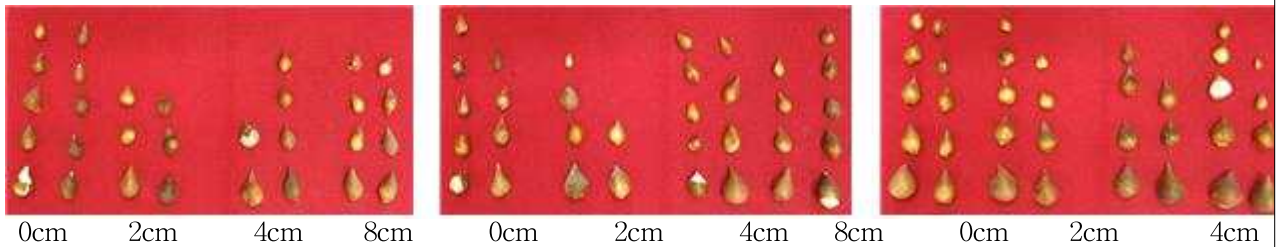


(A) Bulb size 7cm

Fig. 6. Changes in bulb weight by month according to bulblet size and planting depth in tulip 'Ile de France'.

Table 13. Effect of bulb size and planting depth on bulb growth in tulip 'Ile de France'.

Bulb size	Planting depth (cm)	Bulb diameter (mm)	Bulb height (mm)	Bulb circumference (cm)	Bulb weight (g)	Total bulb weight (g)	Bulblet weight (g)	No. of bulblets
5cm	0	15.7b	26.1b	4.8b	2.2b	4.4b	2.1b	2.5a
	2	15.6b	25.0b	4.9ab	2.6b	4.7b	2.1b	2.0a
	4	17.5ab	27.8ab	5.3ab	3.5ab	5.8ab	2.6ab	2.3a
	8	20.6a	30.6a	6.2a	4.8a	8.1a	3.3a	2.0a
6cm	0	15.6b	26.0a	4.9b	2.9b	4.6b	1.8b	2.2a
	2	19.6a	30.1a	6.0a	4.7a	7.8a	3.1a	2.3a
	4	19.9a	29.3a	6.1a	4.6a	7.7a	3.1a	2.1a
	8	21.3a	30.4a	6.4a	5.4a	8.7a	3.2a	2.2a
7cm	0	22.4b	33.8a	6.8b	5.9b	11.2b	5.3b	2.8a
	2	22.2b	32.3ab	7.0b	6.5b	12.0b	5.6ab	3.2a
	4	24.6ab	35.5a	7.5ab	7.7ab	13.5ab	5.8ab	2.8a
	8	26.4a	34.9a	7.8a	9.5a	16.1a	6.6a	3.2a



8cm

(A) Bulb size 5cm

(B) Bulb size 6cm

(C) Bulb size 7cm

Fig. 7. Bulb growth by bulblet size and planting depth in tulip 'Ile de France'.

튤립 'Rundy' 품종의 자구 5, 6, 7cm 크기인 것을 0, 2, 4, 8cm 깊이로 식재한 후 1월부터 4월까지의 구근무게의 변화를 조사한 결과는 그림 8에 나타나 있다. 또한 최종적으로 6월에 구근의 생육을 조사한 결과는 표 13에 나타나 있다. 5와 6cm의 자구크기의 것은 0cm 깊이로 식재했을 때 가장 구근 생육이 불량하였고, 2-8cm 깊이로 식재했을 때에는 구근 생육에 통계적인 차이는 없으나 8cm 깊이에서 약간 양호한 경향을 보여 주었다. 7cm의 자구크기의 것은 2-8cm 깊이로 식재한 처리가 0cm 깊이로 식재한 것에 비해 구근 생육이 양호하였다(표 14). 그러나 구근의 생존율이 5cm 자구에서는 7.4-9.9%, 6cm 자구에서는 8.2-11.1%, 7cm 자구에서는 9.1-18.9%로 나타나 전반적으로 임자도 지역에서 'Rundy' 품종을 양구하는 것은 문제가 될 것으로 판단되었다(그림 9).

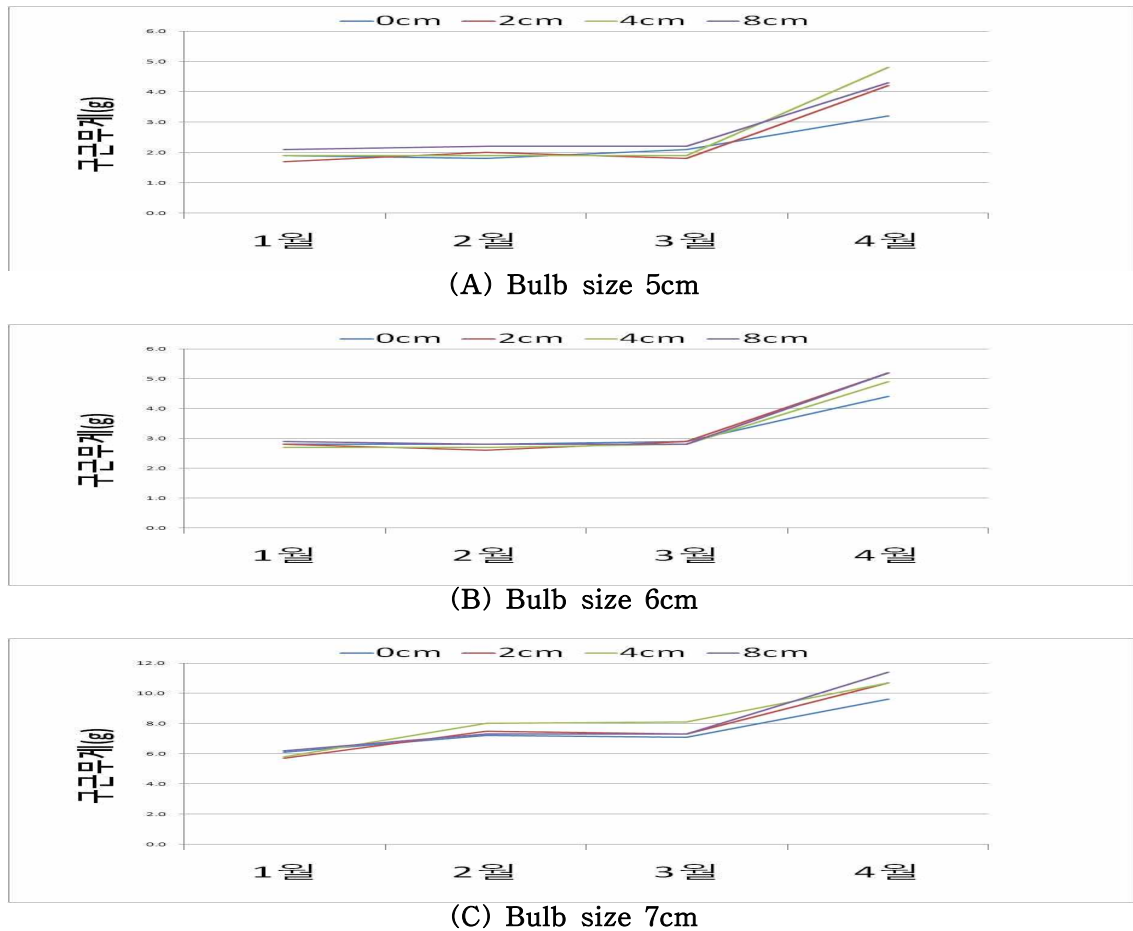


Fig. 8. Changes in bulb weight by month according to bulblet size and planting depth in tulip 'Rundy'.

Table 14. Effect of bulb size and planting depth on bulb growth in tulip 'Rundy'.

Bulb size	Planting depth (cm)	Bulb diameter (mm)	Bulb height (mm)	Bulb circumference (cm)	Bulb weight (g)	Total bulb weight (g)	Bulblet weight (g)	No. of bulblets
5cm	0	12.3b	17.3b	3.9b	1.2b	1.3b	0.1a	0.1a
	2	15.0ab	20.3a	4.9ab	2.1ab	2.1ab	0.0a	0.1a
	4	15.0ab	20.9a	4.9ab	2.3ab	2.3ab	0.1a	0.1a
	8	16.5a	22.1a	5.1a	2.8a	3.0a	0.2a	0.1a
6cm	0	17.6a	21.2b	5.5a	3.0a	3.3b	0.3a	0.5a
	2	18.9a	22.0ab	5.8a	4.0a	4.3a	0.3a	0.2a
	4	18.9a	25.4a	6.0a	4.1a	4.6a	0.6a	0.6a
	8	18.3a	21.2b	5.7a	3.8a	4.1a	0.3a	0.3a
7cm	0	24.2b	26.7b	7.4b	7.9b	9.5ab	1.6ab	1.8a
	2	26.8a	29.1a	8.3a	9.2a	10.1a	0.9b	0.7b
	4	26.1a	28.8a	8.0a	8.3a	9.6ab	1.4ab	1.1ab
	8	27.1a	30.5a	8.1a	9.2a	11.6a	2.4a	1.3ab

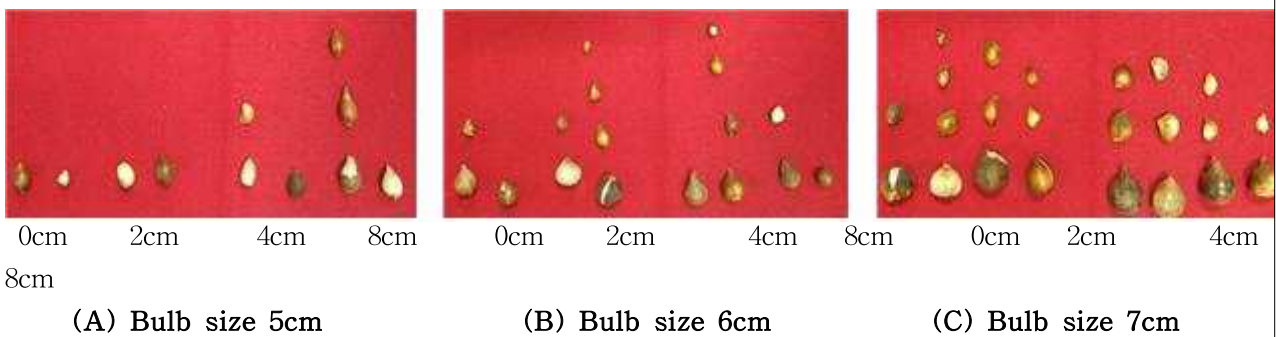


Fig. 9. Bulb growth by bulblet size and planting depth in tulip 'Rundy'.

3) 튜립 품종의 자구크기별 식재간격에 따른 구근 및 지상부 생육

튜립 'Kees Nelis' 품종의 자구 5, 6, 7cm 크기인 것을 4×4, 6×6, 8×8, 10×10cm 간격으로 식재한 후 지상부의 생육을 조사한 결과는 표 15에 나타나 있다. 5cm의 자구를 식재했을 때에는 10×10cm 처리구에서 초장이 가장 짧았으나 개화율은 43.2%로 높았다. 반면에 4×4cm 간격으로 식재한 처리구에서는 초장은 26.1cm로 가장 길었으나 개화율이 20.4%로 가장 낮은 것으로 나타났다. 6cm의 자구를 식재했을 때에는 10×10cm와 8×8cm 처리구에서 초장은 짧았으나, 개화율은 54.9-57.2%로 높게 나타났다. 반면에 4×4cm 간격으로 식재한 처리구에서는 초장은 26.0cm로 가장 길었으나 개화율이 30.8%로 가장 낮은 것으로 나타났다. 7cm의 자구를 식재했을 때에는 전반적으로 식재간격 처리에 따른 지상부 생육에는 별 차이가 없었으나, 개화율은 10×10cm 처리구에서 70.0%로 가장 높았다.

Table 15. Effect of bulb size and planting distance on shoot growth in tulip 'Kees Nelis'.

Bulblet size	Planting distance (cm)	Plant height (cm)	No. of leaves	Leaf width (cm)	Leaf length (cm)	Flower length (cm)	Flower diameter (cm)	Flowering percentage (%)
5cm	4x4	26.1a	3.1a	4.7a	10.4a	4.6a	6.5b	20.4b
	6x6	24.9ab	3.0a	4.5a	10.7a	4.5a	6.2b	29.0ab
	8x8	25.1ab	3.1a	4.9a	10.5a	4.8a	6.4b	46.1a
	10x10	23.1bc	3.1a	4.8a	10.1a	4.5a	6.8a	43.2a
6cm	4x4	26.0a	3.0a	4.9a	9.3a	5.0a	6.8a	30.8b
	6x6	23.7ab	3.0a	4.9a	9.4a	4.6a	6.7a	37.5ab
	8x8	20.5b	3.1a	4.6a	9.4a	5.0a	6.7a	54.9a
	10x10	23.7ab	3.3a	5.2a	10.1a	5.0a	7.4a	57.2a
7cm	4x4	26.1a	2.9a	6.2a	12.7a	6.5a	7.9a	11.2c
	6x6	24.9a	3.0a	6.1a	10.9a	6.1a	7.7a	22.1bc
	8x8	23.2a	3.1a	5.9a	10.9a	6.1a	7.6a	34.0b
	10x10	25.0a	3.1a	5.7a	11.9a	6.3a	7.9a	70.0a

튜립 'Ile de France' 품종의 자구 5, 6, 7cm 크기인 것을 4×4, 6×6, 8×8, 10×10cm 간격으로 식재한 후 지상부의 생육을 조사한 결과는 표 16에 나타나 있다. 5cm의 자구를 식재했을 때에는 10×10cm 처리구에서 초장이 가장 짧았으나 개화율은 25.1%로 낮게 나타났다. 개화율은 8×8cm 처리구에서 40.0%로 가장 높았다. 반면에 4×4cm 간격으로 식재한 처리구에서 초장은 27.5cm로 가장 길었다. 6cm의 자구를 식재했을 때에는 10×10cm 처리구에서 초장이 가장 짧았으며, 개화율도 30.9%로 낮게 나타났다. 반면에 8×8cm 간격으로 식재한 처리구에서는 초장도 길었으나 개화율도 63.2%로 가장 높은 것으로 나타났다. 7cm의 자구를 식재했을 때에는 전반적으로 식재간격 처리에 따른 지상부 생육에는 별 차이가 없었으나, 개화율은 10×10cm와 8×8cm 처리구에서 78.6-85.9%로 높았다.

Table 16. Effect of bulb size and planting distance on shoot growth in tulip 'Ile de France'.

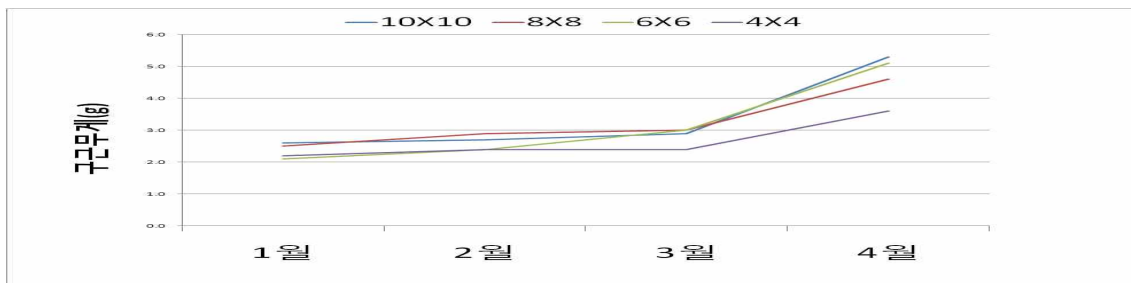
Bulb size	Planting distance (cm)	Plant height (cm)	No. of leaves	Leaf width (cm)	Leaf length (cm)	Flower length (cm)	Flower diameter (cm)	Flowering percentage (%)
5cm	4x4	27.5a	3.0a	4.5a	11.5a	4.3a	5.2a	28.3b
	6x6	22.6b	3.0a	5.5a	11.4a	4.4a	5.7a	24.1b
	8x8	21.0b	3.0a	4.3a	10.8a	4.6a	5.9a	40.0a
	10x10	19.5b	3.0a	4.4a	12.4a	4.1a	5.8a	35.1b
6cm	4x4	29.5a	3.0a	6.4a	12.7a	4.7ab	5.7a	36.0b
	6x6	30.9a	3.0a	7.2a	12.4a	5.5a	6.7a	43.9ab
	8x8	28.6a	3.0a	6.3a	11.9a	5.0ab	6.3a	63.2a
	10x10	21.6b	3.0a	5.3a	11.7a	4.4b	5.9a	50.9b
7cm	4x4	33.9a	3.0a	10.4a	13.9a	5.4a	6.4a	46.6b
	6x6	31.9a	3.0a	7.1a	13.7a	5.8a	7.0a	48.6b
	8x8	32.3a	3.0a	7.4a	13.0a	5.8a	6.9a	85.9a
	10x10	28.3a	3.0a	7.2a	14.0a	5.5a	7.5a	78.6ab

튤립 'Petra' 품종의 자구 5, 6, 7cm 크기인 것을 4×4, 6×6, 8×8, 10×10cm 간격으로 식재한 후 지상부의 생육을 조사한 결과는 표 17에 나타나 있다. 5cm의 자구를 식재했을 때에는 10×10cm 처리구에서 초장이 가장 짧았으나 엽장, 엽폭, 화장, 화폭은 가장 높게 나타났다. 반면에 4×4cm 간격으로 식재한 처리구에서 초장은 25.8cm로 가장 길었다. 6cm의 자구를 식재했을 때에는 10×10cm 처리구에서 초장이 19.9cm로 가장 짧았으며, 개화율도 13.6%로 낮게 나타났다. 반면에 4×4cm 간격으로 식재한 처리구에서는 초장이 37.5cm로 가장 길었으나 개화율은 14.3%로 낮은 것으로 나타났다. 7cm의 자구를 식재했을 때에는 10×10cm 처리구에서 초장이 가장 짧았으나 엽수, 엽장, 엽폭, 화장, 화폭이 가장 높게 나타났다. 반면에 6×6cm와 4×4cm 간격으로 식재한 처리구에서 초장은 28.3-30.4cm로 길었으나, 잎과 꽃의 생장이 저조하였다.

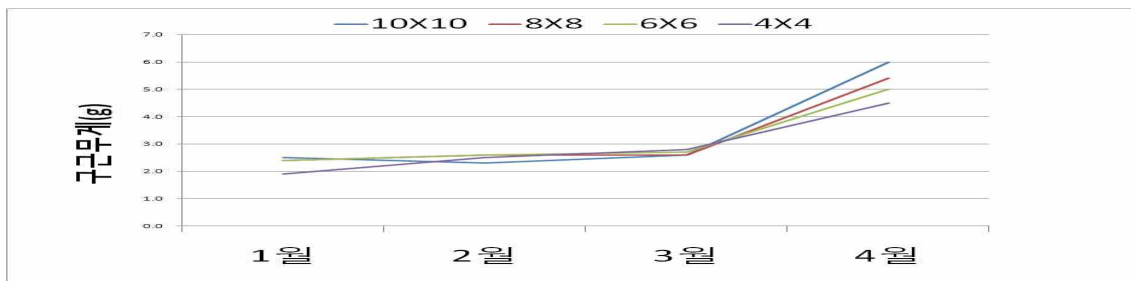
Table 17. Effect of bulb size and planting distance on shoot growth in tulip 'Petra'.

Bulb size	Planting distance (cm)	Plant height (cm)	No. of leaves	Leaf width (cm)	Leaf length (cm)	Flower length (cm)	Flower diameter (cm)	Flowering percentage (%)
5cm	4x4	25.8a	3.0a	3.7b	10.2b	4.0a	5.4b	2.9a
	6x6	19.6b	3.0a	3.9b	9.8b	3.5b	5.3b	2.2ab
	8x8	18.4b	3.0a	4.1b	10.4b	4.1a	5.7b	2.8a
	10x10	18.1b	3.0a	5.4a	16.9a	4.2a	6.7a	0.8b
6cm	4x4	27.5a	3.0a	5.4a	11.1a	5.2a	5.9b	14.3b
	6x6	25.3a	3.0a	5.2a	12.0a	5.1a	6.5a	14.5b
	8x8	24.7a	3.0a	5.2a	12.6a	5.5a	6.4a	21.3a
	10x10	19.9b	3.0a	4.8a	11.3a	4.8a	6.0b	13.6b
7cm	4x4	28.3a	3.0b	5.7b	11.3a	5.0a	6.5ab	32.1a
	6x6	30.4a	3.0b	5.4b	12.0a	4.9a	6.0b	32.4a
	8x8	27.4ab	3.0b	6.1a	11.2a	5.1a	6.9a	36.3a
	10x10	24.1b	4.8a	6.0a	11.1a	4.9a	7.1a	35.8a

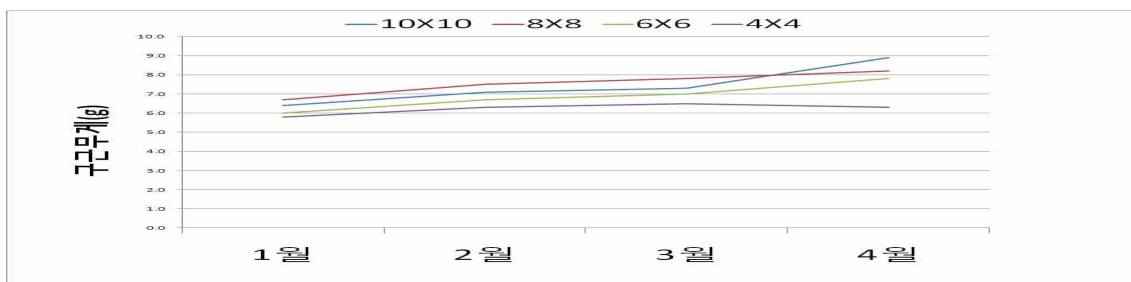
튤립 'Kees Nelis' 품종의 자구 5, 6, 7cm 크기인 것을 4×4, 6×6, 8×8, 10×10cm 간격으로 식재한 후 1월부터 4월까지의 구근무게의 변화를 조사한 결과는 그림 10에 나타나 있다. 또한 최종적으로 6월에 구근의 생육을 조사한 결과는 표 18에 나타나 있다. 5cm의 자구를 식재했을 때에는 식재간격이 넓을수록 구근의 생육이 양호하였는데, 다른 처리에 비해 10×10cm 처리구에서 구직경, 구둘레, 구무게, 총 구근무게 등에서 효과적이었다. 6cm의 자구를 식재했을 때에도 다른 처리에 비해 10×10cm 처리구에서 구직경, 구고, 구둘레, 구무게, 총 구근무게 등에서 양호한 것으로 나타났다. 반면 4×4cm 처리구에서 구근의 생육이 가장 불량하였다. 7cm의 자구를 식재했을 때에는 다른 처리에 비해 10×10cm 처리구에서 구직경, 구고, 구둘레, 구무게, 총 구근무게 등에서 양호한 것으로 나타났고, 반면 4×4cm 처리구에서 구근의 생육이 가장 불량하였다(그림 11).



(A) Bulb size 5cm



(B) Bulb size 6cm



(C) Bulb size 5cm

Fig. 10. Changes in bulb weight by month according to bulblet size and planting distance in tulip 'Kees Nelis'.

Table 18. Effect of bulb size and planting distance on bulb growth in tulip 'Kees Nelis'.

Bulb size	Planting depth (cm)	Bulb diameter (mm)	Bulb height (mm)	Bulb circumference (cm)	Bulb weight (g)	Total bulb weight (g)	Bulblet weight (g)	No. of bulblets
5cm	4x4	16.8c	30.3a	5.2c	3.3c	3.5b	0.2a	0.3c
	6x6	19.5b	28.4a	6.0b	4.6c	5.0b	0.4a	0.7b
	8x8	19.9b	29.7a	6.2b	4.9c	5.2c	0.3a	0.6b
	10x10	22.4a	30.3a	7.1a	6.9a	7.3a	0.4a	0.8b
6cm	4x4	18.1c	26.6c	5.8b	3.9c	4.3b	0.4a	0.7b
	6x6	20.1b	27.6c	6.3b	4.9c	5.1b	0.3a	0.6c
	8x8	20.3b	30.1b	6.3b	5.1b	5.3b	0.2a	0.4c
	10x10	23.3a	32.7a	7.4a	7.4a	8.0a	0.7a	0.7b
7cm	4x4	20.5b	30.7b	6.1b	4.8c	6.6bc	1.8ab	0.9b
	6x6	23.4ab	35.3a	7.2a	7.4b	6.9b	1.5ab	1.3ab
	8x8	21.8ab	33.6a	6.5ab	7.4b	6.3c	1.4ab	0.9b
	10x10	25.4a	34.3a	7.6a	8.8a	10.9a	2.2a	1.9a



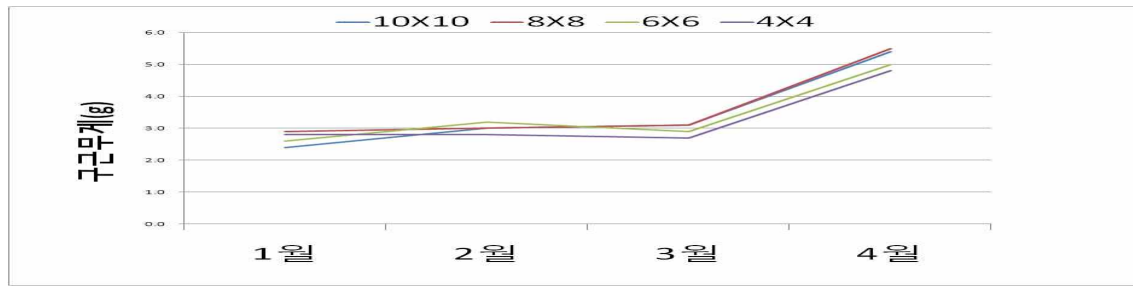
(A) Bulb size 5cm

(B) Bulb size 6cm

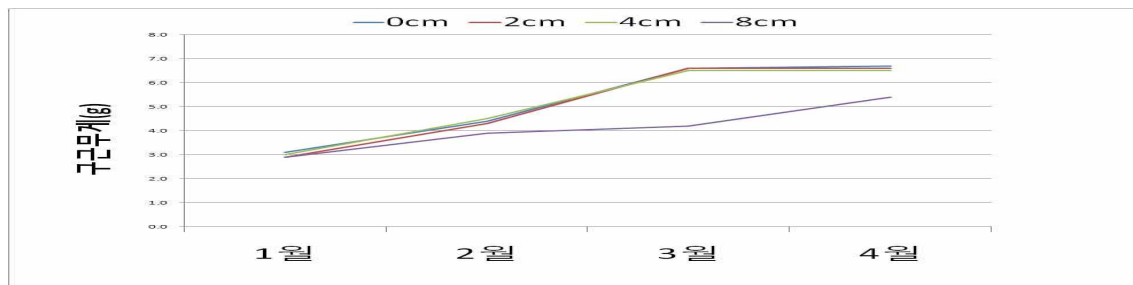
(C) Bulb size 7cm

Fig. 11. Bulb growth by bulblet size and planting distance in tulip 'Kees Nelis'.

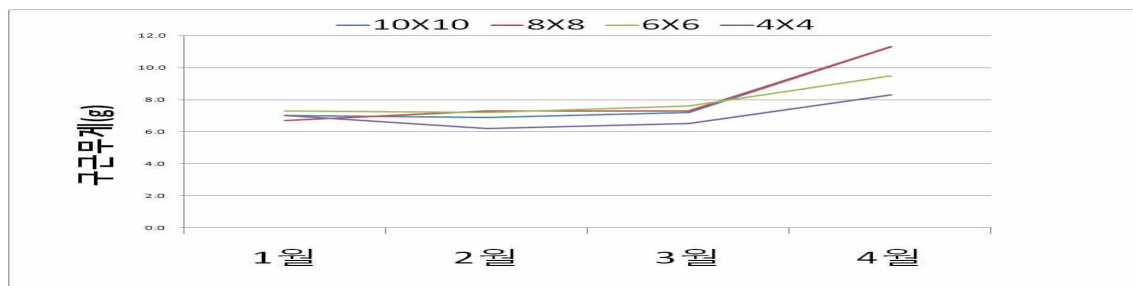
튤립 'Ile de France' 품종의 자구 5, 6, 7cm 크기인 것을 4×4, 6×6, 8×8, 10×10cm 간격으로 식재한 후 1월부터 4월까지의 구근무게의 변화를 조사한 결과는 그림 12에 나타나 있다. 또한 최종적으로 6월에 구근의 생육을 조사한 결과는 표 19에 나타나 있다. 5cm의 자구를 식재했을 때에는 다른 처리에 비해 10×10cm 처리구에서 구직경, 구둘레, 구무게, 총 구근무게 등에서 효과적이었고, 전반적으로 4×4cm 처리구에서 생육이 불량하였다. 6cm의 자구를 식재했을 때에는 6×6cm, 8×8cm, 10×10cm 처리 간에는 구근의 생육에 있어서 통계적인 차이는 없었고, 4×4cm 처리구에서 생육이 다소 부진하였다. 7cm의 자구를 식재했을 때에도 6×6cm, 8×8cm, 10×10cm 처리 간에는 구근의 생육에 있어서 통계적인 차이는 없었고, 10×10cm 간격으로 식재시 구무게와 총 구근무게에서 다소 양호한 결과를 보여 주었다(그림 13).



(A) Bulb size 5cm



(B) Bulb size 6cm



(C) Bulb size 7cm

Fig. 12. Changes in bulb weight by month according to bulblet size and planting distance in tulip 'Ile de France'.

Table 19. Effect of bulb size and planting distance on bulb growth in tulip 'Ile de France'.

Bulb size	Planting depth (cm)	Bulb diameter (mm)	Bulb height (mm)	Bulb circumference (cm)	Bulb weight (g)	Total bulb weight (g)	Bilblet weight (g)	No. of bulblets
5cm	4x4	16.8b	29.5a	5.2b	3.0b	5.4b	2.4a	2.9a
	6x6	17.4b	29.6a	5.4b	3.3b	5.6b	2.4a	2.4ab
	8x8	16.6b	29.2a	5.3b	3.1b	5.8b	2.7a	2.8ab
	10x10	20.4a	30.3a	6.2a	6.8a	8.1a	1.2a	2.3b
6cm	4x4	18.8a	32.1a	5.9b	4.1a	7.6b	3.4a	2.7a
	6x6	20.6a	32.0a	6.4a	5.2a	9.5a	4.3a	2.9a
	8x8	20.6a	32.4a	6.3a	5.2a	9.2a	4.1a	2.9a
	10x10	20.7a	31.2a	6.3a	4.9a	8.5ab	3.7a	2.8a
7cm	4x4	22.0a	32.8a	6.5b	5.7b	9.9b	4.3b	3.0a
	6x6	24.0a	33.7a	7.2a	6.9ab	12.1ab	5.2a	3.1a
	8x8	23.3a	34.5a	7.0a	6.4ab	11.4ab	5.0ab	3.0a
	10x10	23.8a	33.2a	7.2a	7.2a	13.0a	5.8a	3.0a



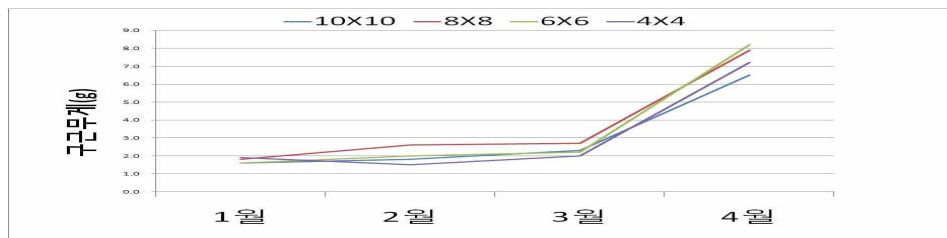
(A) Bulb size 5cm

(B) Bulb size 6cm

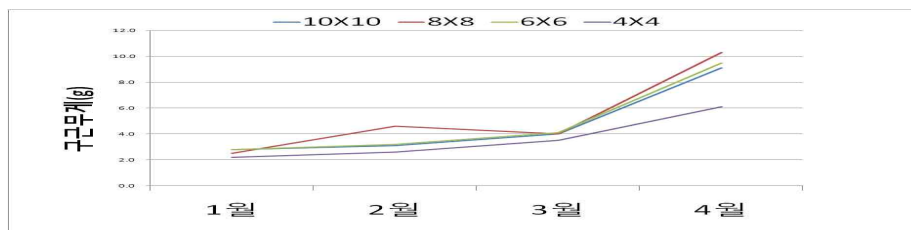
(C) Bulb size 7cm

Fig. 13. Bulb growth by bulblet size and planting distance in tulip 'Ile de France'.

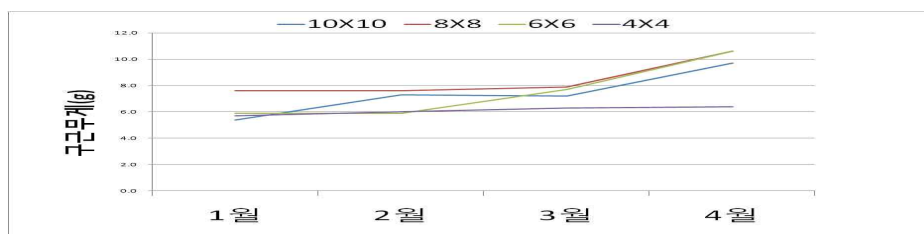
튤립 'Petra' 품종의 자구 5, 6, 7cm 크기인 것을 4×4, 6×6, 8×8, 10×10cm 간격으로 식재한 후 1월부터 4월까지의 구근무게의 변화를 조사한 결과는 그림 14에 나타나 있다. 또한 최종적으로 6월에 구근의 생육을 구근의 생육을 조사한 결과는 표 20에 나타나 있다. 5cm의 자구를 식재했을 때에는 다른 처리에 비해 10×10cm 처리구에서 구직경, 구고, 구둘레, 총 구근무게 등에서 불량한 것으로 나타났고, 다른 처리들은 통계적으로 차이가 없었으나 6×6cm 처리구에서 다소 구근생육이 양호한 것으로 나타났다. 식재간격에서 'Petra' 품종은 'Kees Nelis'와 'Ile de France' 품종과는 다른 결과를 보여 주었는데, 'Petra' 품종은 자구를 깊이 식재하지 않도록 주의해야 할 것으로 판단되었다. 6cm의 자구를 식재했을 때에는 전반적으로 구근 생육에 큰 차이는 없었으나, 8×8cm로 식재한 처리에서 구둘레, 구무게, 총 구근무게 등에서 다른 처리에 비해 생육이 양호하였다. 7cm의 자구를 식재했을 때에는 4×4cm와 10×10cm 처리구에서 구근의 생육이 불량하였고, 6×6cm와 8×8cm 처리에서 구근생육이 양호하였는데, 전반적으로 8×8cm 처리에서 다소 양호한 결과를 보여 주었다(그림 15).



(A) Bulb size 5cm



(B) Bulb size 6cm



(C) Bulb size 6cm

Fig. 14. Changes in bulb weight by month according to bulblet size and planting distance in tulip 'Petra'.

Table 20. Effect of bulb size and planting distance on bulb growth in tulip 'Petra'.

Bulb size	Planting depth (cm)	Bulb diameter (mm)	Bulb height (mm)	Bulb circumference (cm)	Bulb weight (g)	Total bulb weight (g)	Bulblet weight (g)	No. of bulblets
5cm	4x4	17.6ab	32.1a	5.4ab	3.5a	7.7a	4.1a	2.9a
	6x6	18.6a	34.5a	5.8a	3.9a	8.4a	4.5a	2.6a
	8x8	17.5ab	32.9a	5.4ab	3.4a	7.6a	4.2a	2.7a
	10x10	14.8b	27.6b	4.8b	2.4a	5.3b	2.9b	2.2a
6cm	4x4	20.9a	32.4a	6.2b	5.1b	10.8b	5.7a	3.3a
	6x6	22.3a	32.9a	6.6b	5.9a	12.2a	6.2a	3.2a
	8x8	22.1a	34.2a	8.0a	6.0a	12.5a	6.5a	3.0a
	10x10	21.6a	32.6a	6.7b	5.8a	12.4a	6.6a	3.2a
7cm	4x4	21.3b	33.2b	6.4b	5.7b	10.9b	5.2a	3.0a
	6x6	23.9ab	36.3a	7.2a	7.1ab	14.1ab	7.0a	3.2a
	8x8	25.6a	36.6a	7.3a	8.8a	16.0a	7.3a	3.0a
	10x10	21.7b	32.8b	6.7ab	6.0b	12.3ab	6.2a	3.3a



(A) Bulb size 5cm

(B) Bulb size 6cm

(C) Bulb size 7cm

Fig. 15. Bulb growth by bulblet size and planting distance in tulip 'Petra'.

4) 튜립의 자구 식재시기에 따른 지상부와 구근의 생육

① 토양의 화학성 분석

본 실험에 사용된 토양의 화학성을 분석한 결과는 표 21과 같다. 토양 pH는 6.76, EC는 0.08ds/m로 정상적인 토양이었으며, 토양 유기물은 2.2g/kg으로 일반적인 토양에 비해 약간 적은 편이었다. NO₃-N은 3.7mg/kg, P₂O₅는 49.14mg/kg, K 0.02, Ca 1.38, Mg 1.51cmol⁺/kg, CEC는 6.16me/100g이었다.

Table 21. Chemical properties of the soil used in this experiment.

pH (1:5)	EC (dS/m)	O.M. (g/kg)	NO ₃ -N (mg/kg)	P ₂ O ₅ (mg/kg)	Exchange cation (cmol ⁺ /kg)			CEC (me/100g)
					K	Ca	Mg	
6.76	0.08	2.2	3.70	49.15	0.02	1.38	1.51	6.16

② 식재시기에 따른 지상부 및 구근 생육

튤립 'Kees Nelis' 품종의 자구를 10월 15일, 11월 15일, 12월 15일, 1월 15일에 식재한 후 1개월 간격으로 생육을 조사한 결과는 그림 16과 같다. 초장은 전반적으로 동일한 생육 양상을 보여 주었는데, 늦게 식재할수록 초장은 짧았다. 자구들은 식재 이후 멍아하여 2월까지 서서히 초장이 증가하다 2월 이후부터 5월까지 생육이 급격히 진행되었다. 5월에 조사했을 때, 10월에 식재한 것은 1월에 식재한 것에 비해 초장이 6.5cm 정도 더 길었다(그림 17).

뿌리는 10월에 식재한 것은 12월 중순까지 빠르게 생육하였고, 그 이후로는 약간씩 생육하는 모습을 보여 주었다. 11월에 식재한 것은 2월 중순까지 빠르게 생육하였고, 3월 이후에는 생육속도가 늦어졌다. 12월에 식재한 것은 1월 이후 3월 중순까지 급격히 생육했으며, 이후에는 생육속도가 늦어졌다. 1월에 식재한 것도 3월 중순까지 급격히 생육했으며, 이후에는 생육속도가 늦어졌다. 전반적으로 뿌리의 생육은 3월까지 빠르게 진행된다 이후 생육속도가 늦어졌으며, 최종적으로 5월에는 뿌리길이에 통계적인 차이는 없었다.

구근과 지상부의 생체중은 식재시기에 관계없이 2월 중순까지는 별다른 변화가 없다가 이후 급격히 증가하는 모습을 보여 주었다. 그리고, 10월과 11월에 식재한 것이 12월과 1월에 식재한 것보다 5~7g 더 무거웠다.

구근의 무게는 10월에 식재한 것은 2월까지 약간 감소하다 이후 4월까지 약간씩 증가하다 5월에 급격히 증가하는 모습을 보여 주었다. 11월부터 1월 사이에 식재한 것은 2월까지 구근 무게에 변화가 없다가 이후 4월까지 약간씩 증가하다 5월에 급격히 증가하는 모습을 보여 주었다. 따라서 구근의 비대는 주로 4월부터 진행됨을 알 수 있었다.

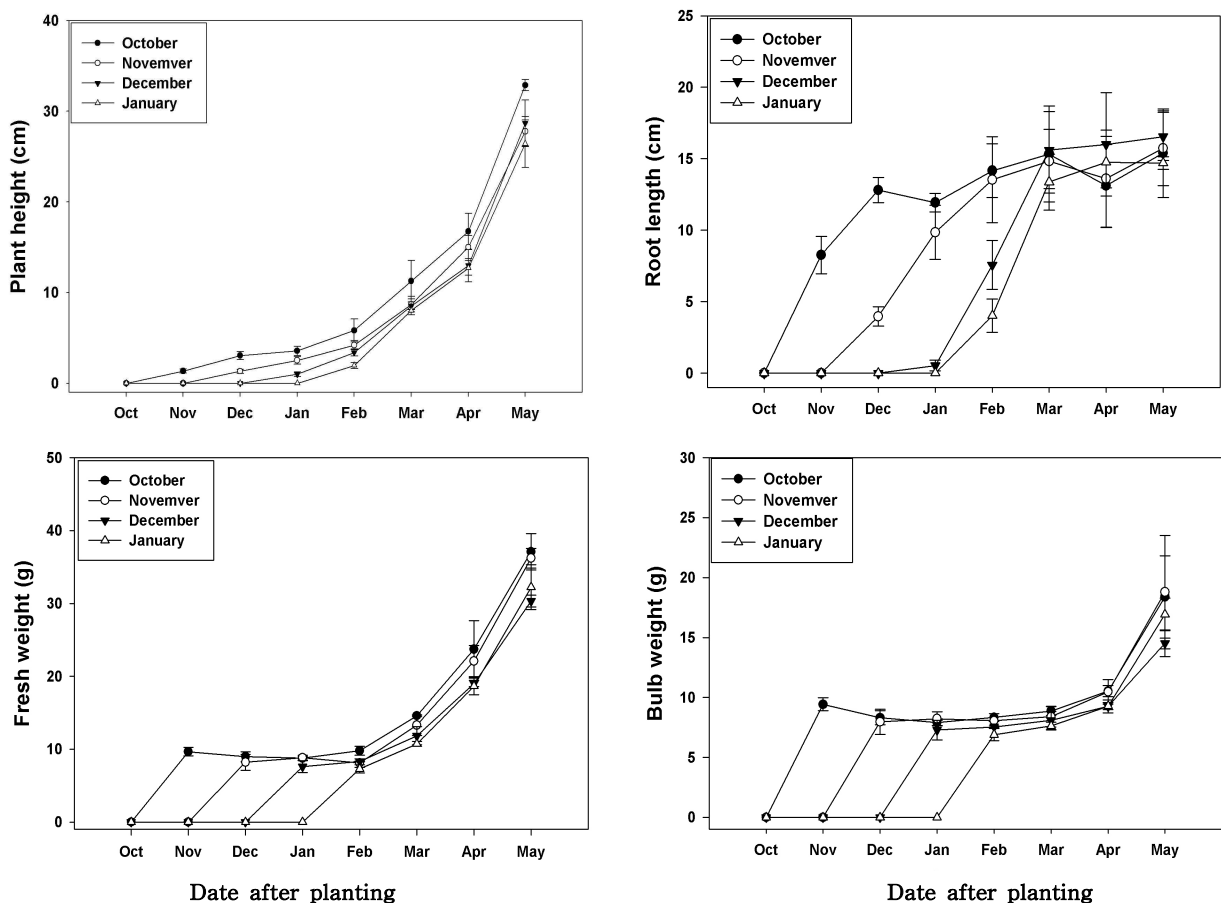


Fig. 16. Changes of monthly growth according to planting time in tulip 'Kees Nelis'.



Fig. 17. Changes of monthly shoot and bulb growth from 15 Jan. to 15 May according to planting time in tulip 'Kees Nelis'.

튤립 'Kees Nelis' 품종의 자구를 10월 15일, 11월 15일, 12월 15일, 1월 15일에 식재한 후 구근의 생육을 조사한 결과는 표 22과 같다. 식재시기가 늦어질수록 구근의 생육이 저조한 경향을 보여주었는데, 10월과 11월에 식재한 처리에서는 전반적으로 통계적인 차이는 없었다. 10월에 식재한 처리는 주구의 직경, 구고, 구둘레, 구중, 전체구중 등에 있어서 가장 생육이 양호하였다. 반면에 1월에 식재한 것은 전체적으로 구근의 생육이 가장 불량했으며, 평균적으로 개화구라고 할 수 있는 구둘레가 10cm 이상의 구근을 수확할 수 없을 것으로 생각되었다. 따라서 튤립 'Kees Nelis' 품종의 자구는 10월에서 11월 사이에 식재하는 것이 바람직하다고 판단되었다.

Table 22. Effect of planting time on bulb growth in tulip 'Kees Nelis'.

Planting time	Main Bulb				Total weight of bulbs (g)	Number of bulbs
	Diameter (mm)	Height (mm)	Circumference (cm)	Weight (g)		
15. Oct.	31.7 a ^z	45.6 a	10.6 a	16.7 a	19.8 a	1.3 ab
15. Nov.	30.5 ab	44.1 ab	10.1 ab	15.5 a	19.1 a	1.6 a
15. Dec.	29.7 ab	42.7 b	9.9 ab	14.4 ab	17.6 a	1.3 ab
15. Jan.	28.0 b	39.8 c	9.6 b	12.5 b	14.1 b	0.9 b

^zMean separation within column by Duncan's multiple range test, at 5% level.

튤립 'Dreaming Maid' 품종의 자구를 10월 15일, 11월 15일, 12월 15일, 1월 15일에 식재한 후 1개월 간격으로 생육을 조사한 결과는 그림 18과 같다. 초장은 전반적으로 식재시기와 관계없이 동일한 생육 양상을 보여 주었으나, 늦게 식재할수록 초장은 짧았다. 5월에 조사했을 때, 10월에 식재한 것은 1월에 식재한 것에 비해 초장이 10cm 정도 더 길었다. 자구들은 식재 이후에 팽아하여 줄기가 출현되기 시작했으며, 2월까지 서서히 초장이 증가하다 2월 이후부터 5월까지 생육이 급격히 진행되었다(그림 19).

뿌리는 10월에 식재한 것은 2월 중순까지 빠르게 생육하였고, 그 이후로는 약간씩 생육하는 모습을 보여 주었다. 11월에 식재한 것은 3월 중순까지 빠르게 생육하였고, 이후에는 생육속도가 늦어졌다. 12월에 식재한 것은 1월까지 뿌리의 생육이 저조하다 3월 중순까지 급격히 생육했으며, 이후에는 생육속도가 늦어졌다. 1월에 식재한 것도 3월 중순까지 급격히 생육했으며, 이후에는 생육속도가 늦어졌다. 전반적으로 뿌리의 생육은 3월까지 빠르게 진행되다 이후 생육속도가 늦어졌으며, 최종적으로 5월에는 뿌리길이에는 통계적인 차이는 없었다.

구근과 지상부의 생체중은 식재시기에 관계없이 2월 중순까지는 미미하게 증가하다가, 3월 중순까지 약간 증가했으며 이후 급격히 증가하는 모습을 보여 주었다. 그리고, 10월과 11월에 식재한 것이 12월과 1월에 식재한 것보다 4~6g 더 무거웠다.

구근의 무게는 10월~12월에 식재한 것은 3월까지 별다른 변화가 없었으나, 이후 4월까지 약간 증가하다 4월부터 5월까지 급격히 증가하는 현상을 보여주었다. 그러나 1월에 식재한 것은 4월 중순까지 무게가 증가하지 않았고, 이후 5월까지 급격히 증가하는 모습을 보여 주었다. 5월에 조사한 구근의 생체중은 11월에 식재한 것에 비해 1월에 식재한 것의 구근 무게가 3.7g정도 더 가벼운 것으로 나타났다.

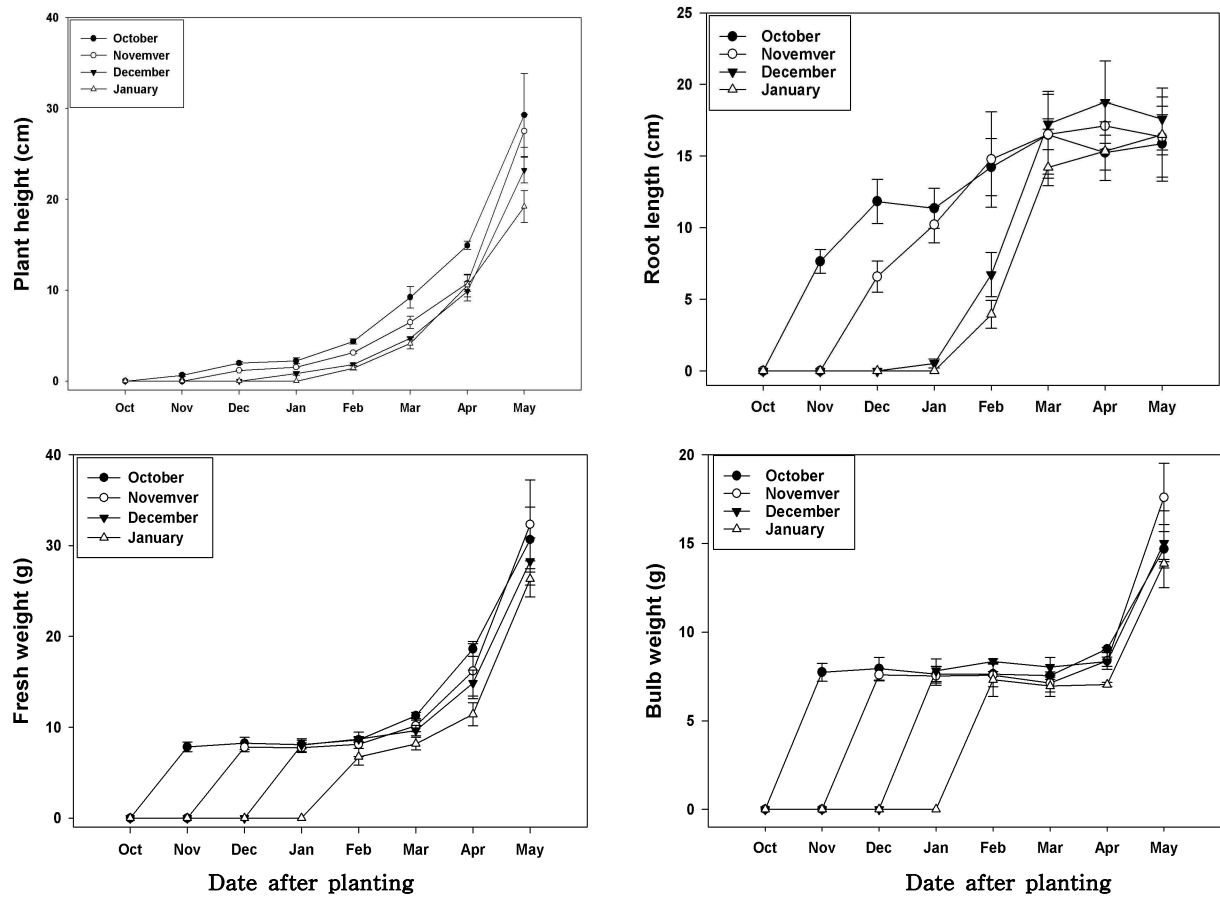


Fig. 18. Changes of monthly growth according to planting time in tulip 'Dreaming Maid'.



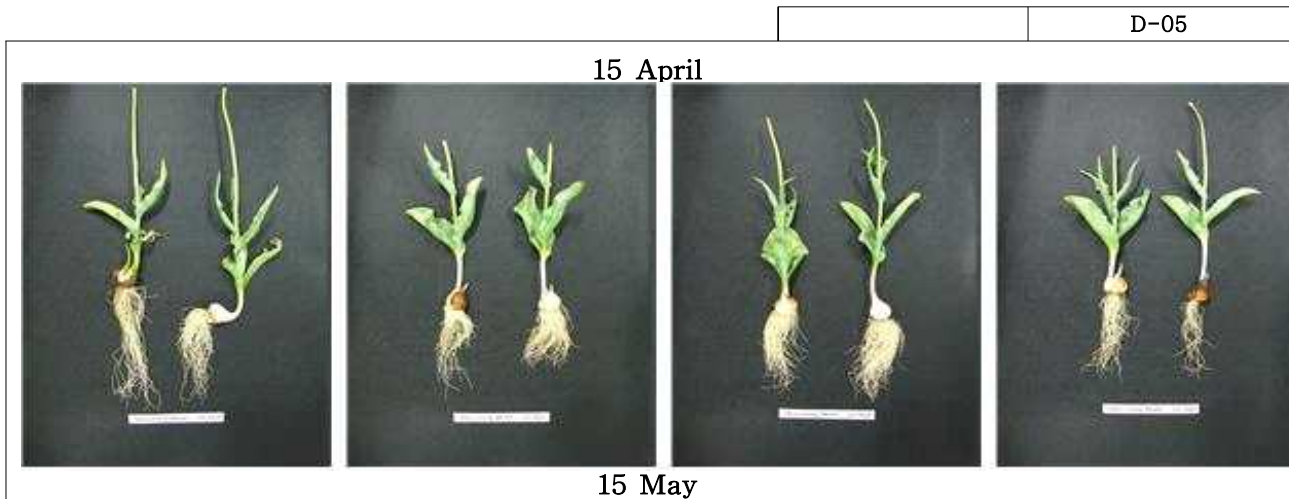


Fig. 19. Changes of monthly shoot and bulb growth from 15 Jan. to 15 May according to planting time in tulip 'Dreaming Maid'.

튤립 'Dreaming Maid' 품종의 자구를 10월 15일, 11월 15일, 12월 15일, 1월 15일에 식재한 후 구근의 생육을 조사한 결과는 표 23과 같다. 전반적으로 주구의 직경, 구고, 및 자구수는 식재시기에 따른 차이는 없었다. 그러나 주구의 구둘레는 1월에 식재한 것이 10.2cm로 가장 작았으며, 10월과 12월 사이에 식재한 처리에서는 통계적인 차이가 없었다. 주구의 무게는 11월에 식재한 처리에서 15.9g으로 가장 무거웠으며, 1월에 식재한 처리에서 13.6g으로 가장 가벼운 것으로 나타났다. 전체 구중에 있어서도 10월과 12월 사이에 식재한 처리에서는 통계적인 차이는 없었으나 11월에 식재한 처리에서 18.6g으로 가장 무거웠다. 반면에, 1월에 식재한 처리에서 15.2g으로 가장 가벼웠고, 통계적으로도 유의성이 있었다. 따라서 튤립 'Dreaming Maid' 품종의 자구는 10월에서 11월 사이에 식재하는 것이 바람직하다고 판단되었다.

Table 23. Effect of planting time on bulb growth in tulip 'Dreaming Maid'.

Planting time	Main bulb				Total weight of bulbs (g)	Number of bulbs
	Diameter (mm)	Height (mm)	Circumference (cm)	Weight (g)		
15. Oct.	32.2 a ^z	37.1 a	10.6 ab	14.7 b	16.5 ab	1.2 a
15. Nov.	33.5 a	37.1 a	10.8 a	15.9 a	18.6 a	1.8 a
15. Dec.	32.1 a	37.0 a	10.5 ab	14.8 b	16.7 ab	2.1 a
15. Jan.	31.3 a	38.9 a	10.2 b	13.6 c	15.2 b	2.0 a

^zMean separation within column by Duncan's multiple range test, at 5% level.

튤립 'Merry Christmas' 품종의 자구를 10월 15일, 11월 15일, 12월 15일, 1월 15일에 식재한 후 1개월 간격으로 생육을 조사한 결과는 그림 20과 같다. 초장은 10월과 11월에 식재한 처리에서는 12월까지 약간 증가하였으나, 1월에는 거의 변화가 없었고, 이후 급격히 증가하는 경향을 보여 주었다. 12월과 1월에 식재한 처리에서는 식재 이후 계속 초장이 증가하는 모습을 보여 주었다. 5월에 조사했을 때, 10월에 식재한 것은 1월에 식재한 것에 비해 초장이 8cm 정도 더 길었다. 자구들은 식재 이후에 맹아하여 줄기가 출현되기 시작했으며, 1월 중순 이후부터 초장이 급격히 증가하는 모습을 보여주어 'Kees Nelis'와 'Dreaming Maid' 품종보다 일찍 생육이 개시됨을 알 수 있었다(그림 21).

뿌리의 길이에 있어서 10월에 식재한 것은 12월 중순까지 빠르게 생육하였고, 그 이후로는 5월까지 서서히 뿌리의 길이가 증가하는 모습을 보여 주었다. 11월에 식재한 것은 3월 중순까지 빠르게 생육하였고, 이후에는 생육속도가 늦어졌다. 12월에 식재한 것은 1월까지 뿌리가 거의 형성되지 않았고, 이후 5월까지 급격히 뿌리의 길이가 길어졌다. 1월에 식재한 것도 4월 중순까지 급격히 생육했으며, 이후에는 생육속도가 늦어졌다. 전반적으로 뿌리의 생육은 3~4월까지 빠르게 진행되다 이후 생육속도가 늦어졌다.

구근과 지상부의 생체중은 전반적으로 식재시기에 관계없이 2월 중순까지는 아주 조금씩 증가하다, 2월 중순이후부터 급격히 증가하는 모습을 보여 주었다. 그리고, 10월과 11월에 식재한 것이 1월에 식재한 것보다 7~9g 더 무거웠다.

구근의 무게는 10월~12월에 식재한 것은 3월까지 미미하게 감소하는 경향을 보여 주었으며, 3월 중순 이후부터 5월까지 급격히 증가하는 현상을 보여주었다. 그러나 1월에 식재한 것은 4월 중순까지 조금씩 증가하다 이후 5월까지 급격히 증가하는 모습을 보여 주었다. 5월에 조사한 구근의 생체중은 11월에 식재한 것에 비해 1월에 식재한 것의 구근 무게가 7.2g 정도 더 가벼운 것으로 나타났다.

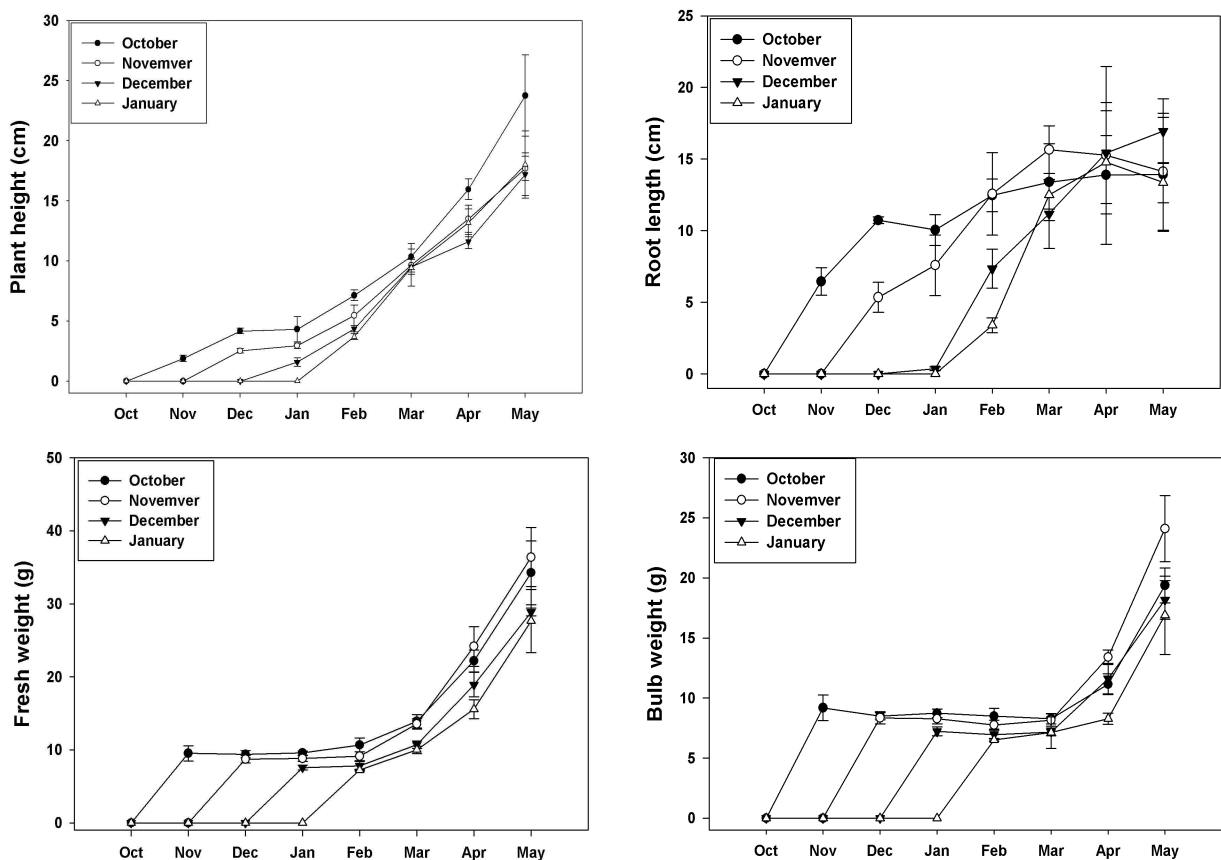


Fig. 20. Changes of monthly growth according to planting time in tulip 'Merry Christmas'.

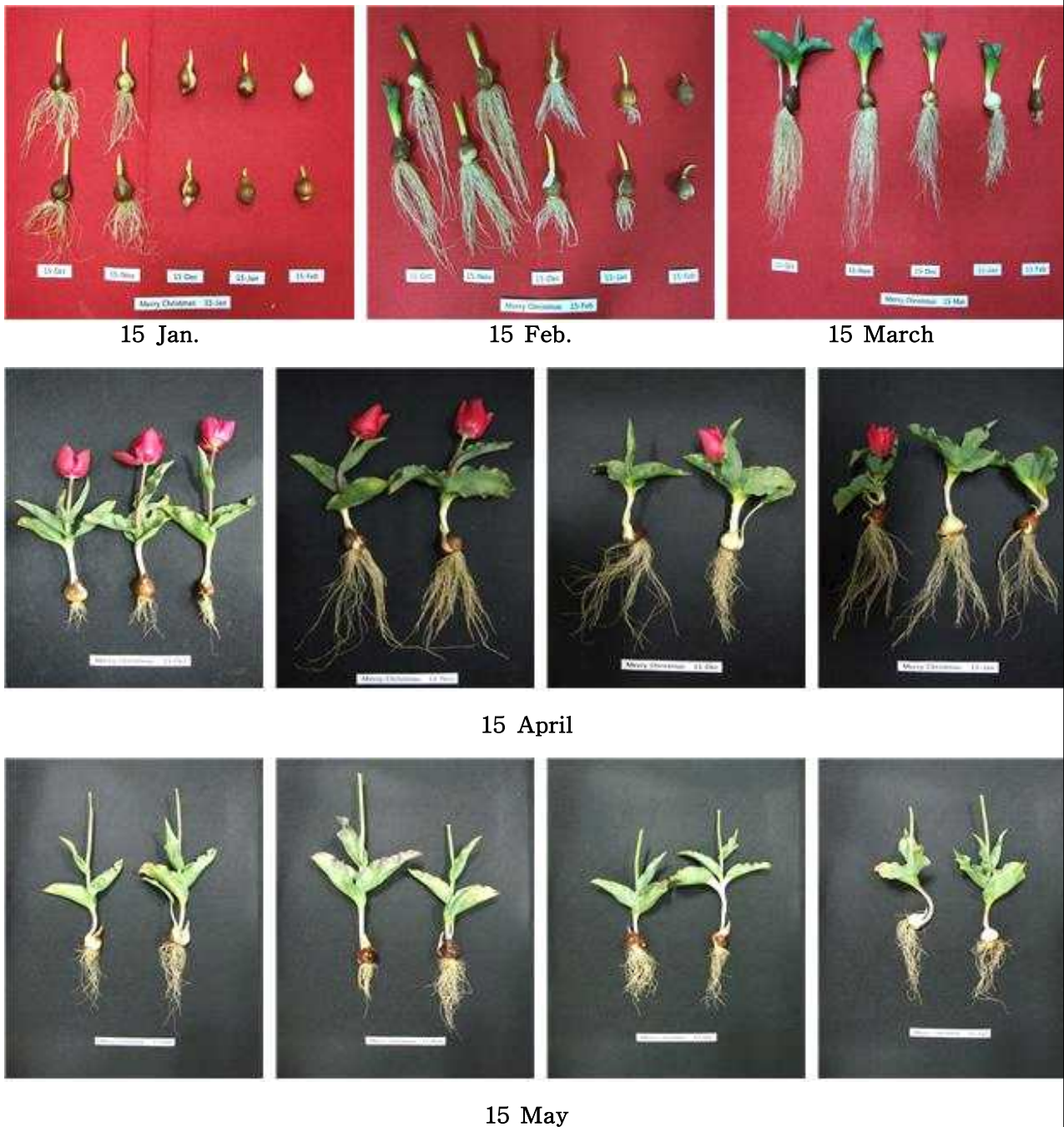


Fig. 21. Changes of monthly shoot and bulb growth from 15 Jan. to 15 May according to planting time in tulip 'Merry Christmas'.

튤립 'Merry Christmas' 품종의 자구를 10월 15일, 11월 15일, 12월 15일, 1월 15일에 식재한 후 구근의 생육을 조사한 결과는 표 24와 같다. 주구의 직경, 구고, 구둘레, 구중 등에서 1월에 식재한 처리에서 가장 불량한 것으로 나타났고 10월~12월 사이에 식재한 처리에서는 통계적으로 차이는 나타나지 않았다(그림 22). 전체 구중에 있어서도 1월에 식재한 처리에서 15.6g으로 가장 가벼웠으며 10월~12월 사이에 식재한 처리에서는 17.6~19.6g으로 무거웠으며 통계적인 유의한 차이는 없었다. 전반적으로 11월 15일에 식재한 자구들이 6월에 수확했을 때, 가장 좋은 생육상태를 보여 주었다. 따라서 튤립 'Merry Christmas' 품종의 자구는 11월에 식재하는 것이 바람직하다고 판단되었다.

Table 24. Effect of planting time on bulb growth in tulip 'Merry Christmas'.

Planting time	Main bulb				Total weight of bulbs (g)	Number of bulbs
	Diameter (mm)	Height (mm)	Circumference (cm)	Weight (g)		
15. Oct.	33.2 ab ^z	38.7 ab	10.9 a	15.6 ab	19.6 a	1.8 a
15. Nov.	35.4 a	40.3 a	11.4 a	17.2 a	18.7 a	1.9 a
15. Dec.	34.3 a	39.1 ab	10.9 a	15.7 ab	17.6 ab	1.6 a
15. Jan.	30.8 b	36.3 b	10.2 b	13.9 b	15.6 b	1.7 a

^zMean separation within column by Duncan's multiple range test, at 5% level.



Fig. 22. Bulb growth according to planting time in tulip 'Kees Nelis', 'Dreaming Maid', and 'Merry Christmas'.

나. 튜립 구근비대를 위한 적정 시비조건 구명

1) 식재 전 기비(퇴비 및 복합비료) 시용조건 (2차년도 실험)

(1) 토양 화학성 분석

본 실험 2에서 사용된 토양의 화학성을 분석한 결과는 표 25와 같다. 토양 pH는 6.77, EC는 0.09ds/m로 정상적인 토양이었으며, 토양 유기물은 2.8g/kg으로 일반적인 토양에 비해 약간 적은 편이었다. NO₃-N은 0.04mg/kg, P₂O₅는 108.61mg/kg, K 0.07, Ca 1.03, Mg 1.31cmol⁺/kg, CEC는 4.84me/100g이었다. 실험 1에 비해 질소성분은 적었으나, 인산성분은 조금 높게 나타났다.

Table 25. Chemical properties of the soil used in this experiment 2.

pH (1:5)	EC (dS/m)	O.M. (g/kg)	NO ₃ -N (mg/kg)	P ₂ O ₅ (mg/kg)	Exchange cation (cmol ⁺ /kg)			CEC (me/100g)
					K	Ca	Mg	
6.77	0.09	2.8	0.04	108.61	0.07	1.03	1.31	4.84

(2) 식재 전 퇴비 시용조건에 따른 지상부와 구근생육

튤립 'Kees Nelis' 품종의 구근을 식재 전에 유기질 퇴비(아리랑바이오 EM효소 비료, 향토영농조합법인)를 표준시비량의 0, 1/2배($0.6\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}$), 1배($1.2\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}$), 2배($2.4\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}$), 4배($4.8\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}$)를 처리한 후 만개기에 지상부의 생육을 조사한 결과는 표 26과 같다. 전반적으로 초장, 엽수, 엽장, 엽폭, 화폭 등에 있어서는 기비로써 유기질퇴비의 처리간 차이는 나타나지 않았다. 화장은 4.8kg 처리에서 가장 작았고, 다른 처리에서는 통계적인 차이가 없었다. 또한 개화율에 있어서는 2.4kg 처리에서 80.6%로 가장 낮았으며, 다른 처리 간에는 차이가 없는 것으로 나타났다.

튤립 'Kees Nelis' 품종의 구근을 식재 전에 유기질 퇴비(아리랑바이오 EM효소 비료, 향토영농조합법인)를 표준시비량의 0, 1/2배($0.6\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}$), 1배($1.2\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}$), 2배($2.4\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}$), 4배($4.8\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}$)를 처리한 후 구근의 생육을 조사한 결과는 표 27과 같다. 전반적으로 주구의 직경, 구고, 구중, 전체 구중, 자구수 등에서 퇴비를 사용하지 않은 무처리 구에서 가장 생육이 저조한 것으로 나타났다. 반면에 0.6~4.8kg 처리 구에서는 처리 간 구근의 생육 차이가 나타나지 않았다. 자구수는 0.6kg 처리구에서 2.1개 가장 많았다. 따라서 튤립 'Kees Nelis' 품종의 경우에는 기비로 0.6kg을 처리하는 것이 가장 경제적인 것으로 판단되었다.

Table 26. Effect of compost treatment on shoot growth as pre-planting fertilization in tulip 'Kees Nelis'.

Compost ($\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}$)	Plant height (cm)	Number of leaves	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	Flower diameter (cm)	Flower length (cm)	Percent flowering (%)
0	31.2 a ^z	3.4 a	13.0 b	7.6 a	6.5 a	7.1 ab	95.2 ab
0.6	31.2 a	3.3 a	13.9 a	7.2 a	5.9 a	7.5 a	97.6 a
1.2	31.1 a	3.2 a	13.3 ab	7.0 a	5.9 a	7.1 ab	90.7 ab
2.4	31.4 a	3.3 a	13.7 a	7.5 a	6.1 a	7.4 a	80.6 b
4.8	29.7 b	3.2 a	13.9 a	7.0 a	6.2 a	6.5 b	95.2 ab

^zMean separation within column by Duncan's multiple range test at 5% level.

Table 27. Effect of compost treatment on bulb growth as pre-planting fertilization in tulip 'Kees Nelis'.

Compost ($\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}$)	Main bulb				Total weight of bulbs (g)	Number of bulbs
	Diameter (mm)	Height (mm)	Circumference (cm)	Weight (g)		
0	31.2 b ^z	37.0 b	10.5 b	14.4 b	17.7 b	1.0 c
0.6	32.6 a	41.7 a	10.8 a	15.2 a	19.7 a	2.1 a
1.2	32.0 ab	42.1 a	10.7 a	15.3 a	18.4 ab	1.2 bc
2.4	32.3 ab	41.4 a	10.8 a	15.8 a	18.1 ab	1.0 c
4.8	32.5 a	41.1 a	10.7 a	16.1 a	20.0 a	1.8 ab

^zMean separation within column by Duncan's multiple range test at 5% level.

튤립 'Ile de France' 품종의 구근을 식재 전에 유기질 퇴비(아리랑바이오 EM효소 비료, 향토영농조합법인)를 표준시비량의 0, 1/2배($0.6\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}$), 1배($1.2\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}$), 2배($2.4\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}$), 4배($4.8\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}$)를 처리한 후 만개기에 지상부의 생육을 조사한 결과는 표 28과 같다. 전반적으로 초장, 엽수, 엽폭, 화폭 등에 있어서는 유기질퇴비의 처리 간 통계적인 차이는 나타나지 않았다. 엽장은 4.8kg 처리에서 12.4cm로 가장 작았고, 다른 처리에서는 통계적인 차이가 없었다. 또한 개화율에 있어서는 4.8kg 처리에서 58.3%로 가장 낮았으며, 다른 처리 간에는 차이가 없는 것으로 나타났다.

튤립 'Ile de France' 품종의 구근을 식재 전에 유기질 퇴비(아리랑바이오 EM효소 비료, 향토영농조합법인)를 표준시비량의 0, 1/2배($0.6\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}$), 1배($1.2\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}$), 2배($2.4\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}$), 4배($4.8\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}$)를 처리한 후 구근의 생육을 조사한 결과는 표 29와 같다. 전반적으로 주구의 직경, 구둘레, 자구수에 있어서 퇴비 처리간 통계적인 차이는 없었다. 그러나 구고는 퇴비를 사용하지 않은 무처리구에서 가장 작았으며, 주구의 무게나 전체 구중에 있어서는 무처리 및 4.8kg 처리구에서 다른 처리에 비해 생육이 저조한 것으로 나타났다. 유기질 퇴비 1.2kg 처리구에서 주구의 구고, 구중, 전체 구중 등에서 가장 생육이 양호하였다. 따라서 튤립 'Ile de France' 품종의 경우에는 기비로 1.2kg을 처리하는 것이 가장 효과적일 것으로 판단되었다.

Table 28. Effect of compost treatment on shoot growth as pre-planting fertilization in tulip 'Ile de France'.

Compost ($\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}$)	Plant height (cm)	Number of leaves	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	Flower diameter (cm)	Flower length (cm)	Percent flowering (%)
0	30.4 a ^z	3.2 a	13.1 a	7.3 a	7.0 a	5.4 ab	76.3 a
0.6	30.1 a	3.0 a	13.3 a	7.6 a	6.4 a	5.8 a	62.6 ab
1.2	30.6 a	3.3 a	13.5 a	7.0 a	6.1 a	5.1 b	63.2 ab
2.4	29.2 a	3.2 a	13.4 a	7.1 a	6.3 a	5.3 ab	61.6 ab
4.8	28.0 b	3.3 a	12.4 b	7.1 a	6.4 a	5.4 ab	58.3 b

^zMean separation within column by Duncan's multiple range test at 5% level.

Table 29. Effect of compost treatment on bulb growth as pre-planting fertilization in tulip 'Ile de France'.

Compost ($\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}$)	Main bulb				Total weight of bulbs (g)	Number of bulbs
	Diameter (mm)	Height (mm)	Circumference (cm)	Weight (g)		
0	32.4 a ^z	36.4 b	10.5 a	15.8 b	21.8 b	3.1 a
0.6	32.7 a	38.9 ab	10.9 a	16.0 ab	22.1 b	2.4 a
1.2	33.1 a	40.2 a	11.0 a	17.5 a	25.6 a	2.9 a
2.4	33.5 a	39.8 a	10.7 a	16.8 ab	26.6 a	3.3 a
4.8	32.2 a	37.9 ab	10.7 a	15.8 b	23.4 b	3.1 a

^zMean separation within column by Duncan's multiple range test at 5% level.

튤립 'Merry Christmas' 품종의 구근을 식재 전에 유기질 퇴비(아리랑바이오 EM효소 비료, 향토영농조합법인)를 표준시비량의 0, 1/2배($0.6\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}$), 1배($1.2\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}$), 2배($2.4\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}$), 4배($4.8\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}$)를 처리한 후 만개기에 지상부의 생육을 조사한 결과는 표 30과 같다. 전반적으로 엽수, 엽폭, 화폭, 화장 등에 있어서는 유기질퇴비의 처리 간 통계적인 차이는 나타나지 않았다. 그러나 퇴비 4.8kg 처리구에서 다른 처리구보다 초장이 26.2cm로 가장 작았고, 개화율도 49.5%로 가장 낮은 것으로 나타났으며 통계적으로도 유의성이 있었다. 엽장은 1.2kg 처리에서 11.7cm로 가장 길었으며, 다른 처리구에서는 10.5~10.7로 작았다.

튤립 'Merry Christmas' 품종의 구근을 식재 전에 유기질 퇴비(아리랑바이오 EM효소 비료, 향토영농조합법인)를 표준시비량의 0, 1/2배($0.6\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}$), 1배($1.2\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}$), 2배($2.4\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}$), 4배($4.8\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}$)를 처리한 후 구근의 생육을 조사한 결과는 표 31과 같다. 전반적으로 주구의 직경, 구둘레, 구중, 전체 구중 등에 있어서 퇴비를 시용하지 않은 무처리구에서 가장 생육이 저조한 것으로 나타났다. 퇴비 0.6~4.8kg 처리구에서 구근의 생육에는 처리 간에 통계적인 차이는 없었다. 따라서 튤립 'Merry Christmas' 품종의 경우에는 기비로 0.6kg을 처리하는 것이 가장 경제적인 것으로 판단되었다

Table 30. Effect of compost treatment on shoot growth as pre-planting fertilization in tulip 'Merry Christmas'.

Compost ($\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}$)	Plant height (cm)	Number of leaves	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	Flower diameter (cm)	Flower length (cm)	Percent flowering (%)
0	29.4 ab ^z	3.2 a	10.5 b	7.8 a	6.6 a	7.2 a	66.5 a
0.6	29.7 a	3.1 a	10.5 b	7.8 a	6.3 a	6.5 a	71.4 a
1.2	29.4 ab	3.2 a	11.7 a	8.1 a	6.6 a	6.9 a	72.8 a
2.4	30.1 a	3.2 a	10.7 b	7.9 a	5.9 a	6.7 a	73.8 a
4.8	26.2 b	3.3 a	10.7 b	7.9 a	5.7 a	6.6 a	49.5 b

^zMean separation within column by Duncan's multiple range test at 5% level.

Table 31. Effect of compost treatment on bulb growth as pre-planting fertilization in tulip 'Merry Christmas'.

Compost ($\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}$)	Main bulb				Total weight of bulbs (g)	Number of bulbs
	Diameter (mm)	Height (mm)	Circumference (cm)	Weight (g)		
0	34.7 b ^z	36.9 a	11.4 b	18.20 b	20.1 b	1.9 a
0.6	37.1 a	38.6 a	12.1 a	21.38 a	25.0 a	1.3 a
1.2	36.7 a	37.7 a	12.0 a	20.63 a	23.6 ab	1.8 a
2.4	37.2 a	38.4 a	12.2 a	20.98 a	26.2 a	1.9 a
4.8	36.9 a	37.6 a	12.1 a	20.69 a	23.6 ab	1.5 a

^zMean separation within column by Duncan's multiple range test at 5% level.



Fig. 23. Bulb growth according to compost treatment as pre-planting fertilization in tulip 'Kees Nelis', 'Ile de France', and 'Merry Christmas'.

(3) 식재 전 질소, 인산, 칼륨 비료 사용조건에 따른 지상부와 구근생육

튤립 'Kees Nelis' 품종의 구근을 식재 전에 10a당 N 13.5kg, P 6.4kg, K 19.9kg을 표준시비량으로 하여 각 처리당 0, 1/2배(N 6.75kg, P 3.20kg, K 9.95kg), 1배(N 13.50kg, P 6.40kg, K 19.90kg), 2배(N 27.00kg, P 12.80kg, K 39.80kg), 4배(N 54.00kg, P 25.60kg, K 79.60kg)에 해당하는 비료를 기비로 처리한 후 만개기에 지상부의 생육을 조사한 결과는 표 32와 같다. 전반적으로 초장, 엽수, 엽장, 엽폭, 화폭, 개화율 등은 질소, 인산, 칼륨의 비료 수준처리 간에 통계적인 차이는 나타나지 않았다. 그러나 화장은 N 6.75kg, P 3.20kg, K 9.95kg 처리구(표준시비량의 1/2)에서 7.0cm로 가장 길었다.

튤립 'Kees Nelis' 품종의 구근을 식재 전에 10a당 N 13.5kg, P 6.4kg, K 19.9kg을 표준시비량으로 하여 각 처리당 0, 1/2배(N 6.75kg, P 3.20kg, K 9.95kg), 1배(N 13.50kg, P 6.40kg, K 19.90kg), 2배(N 27.00kg, P 12.80kg, K 39.80kg), 4배(N 54.00kg, P 25.60kg, K 79.60kg)에 해당하는 비료를 기비로 처리한 후 구근의 생육을 조사한 결과는 표 33과 같다. 전반적으로 주구의 직경과 자구수에서는 질소, 인산, 칼륨 처리 수준에 따른 통계적인 차이는 없었다. 그러나 대조구인 비료 무처리구와 표준시비량의 4배처리인 N 54.00kg, P 25.60kg, K 79.60kg 처리구에서는 주구의 구고, 구둘레, 구중에 있어서 다른 처리에 비해 생육이 불량한 것으로 나타났다. 또한 전체 구중에 있어서도 표준시비량의 4배처리인 N 54.00kg, P 25.60kg, K 79.60kg 처리구에서 다른 처리보다 작았다. 따라서 튤립 'Kees Nelis' 품종은 지상부와 구근의 생육을 감안하여 N 6.75kg, P 3.20kg, K 9.95kg를 기비로 사용하는 것이 가장 효율적일 것으로 판단되었다.

Table 32. Effect of N, P, and K fertilizer on shoot growth as pre-planting fertilization in tulip 'Kees Nelis'.

Amount of fertilizer(kg · 10a ⁻¹)			Plant height (cm)	Number of leaves	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	Flower diameter (cm)	Flower length (cm)	Percent flowering (%)
N	P	K							
0	0	0	28.3 a ^z	3.4 a	12.9 b	7.0 a	6.1 a	6.3 b	95.9 a
6.75	3.20	9.95	27.8 a	3.3 a	14.0 a	7.3 a	5.7 a	7.0 a	96.0 a
13.50	6.40	19.90	27.9 a	3.1 a	12.8 b	6.9 a	6.1 a	6.3 b	92.7 a
27.00	12.80	39.80	27.3 a	3.3 a	13.4 ab	7.1 a	6.2 a	6.3 b	91.3 a
54.00	25.60	79.60	27.1 a	3.6 a	13.0 b	6.6 a	5.7 a	6.0 b	94.5 a

^zMean separation within column by Duncan's multiple range test at 5% level.

Table 33. Effect of N, P, and K fertilizer on bulb growth as pre-planting fertilization in tulip 'Kees Nelis'.

Amount of fertilizer(kg · 10a ⁻¹)			Main bulb				Total weight of bulbs (g)	Number of bulbs
N	P	K	Diameter (mm)	Height (mm)	Circumference (cm)	Weight (g)		
0	0	0	30.8 a ^z	38.0 b	10.3 b	16.22 ab	19.84 ab	1.5 a
6.75	3.20	9.95	31.3 a	40.1 a	10.6 ab	16.66 a	22.31 a	2.4 a
13.50	6.40	19.90	32.3 a	40.4 a	10.9 a	16.92 a	21.62 a	1.9 a
27.00	12.80	39.80	32.3 a	41.2 a	10.8 ab	17.23 a	22.14 a	2.2 a
54.00	25.60	79.60	30.9 a	38.8 b	10.4 b	14.20 b	17.50 b	1.5 a

^zMean separation within column by Duncan's multiple range test at 5% level.

튤립 'Ile de France' 품종의 구근을 식재 전에 10a당 N 13.5kg, P 6.4kg, K 19.9kg을 표준 시비량으로 하여 각 처리당 0, 1/2배(N 6.75kg, P 3.20kg, K 9.95kg), 1배(N 13.50kg, P 6.40kg, K 19.90kg), 2배(N 27.00kg, P 12.80kg, K 39.80kg), 4배(N 54.00kg, P 25.60kg, K 79.60kg)에 해당하는 비료를 기비로 처리한 후 만개기에 지상부의 생육을 조사한 결과는 표 34와 같다. 지상부의 엽수와 화장은 질소, 인산, 칼륨 처리수준 간에 통계적으로 차이가 없었다. 그러나 초장, 엽장, 엽폭, 화폭은 표준시비량의 4배 처리구(N 54.00kg, P 25.60kg, K 79.60kg)가 다른 처리에 비해 불량하였고, 통계적으로도 유의성이 있었다. 개화율도 질소, 인산, 칼륨의 비료 처리수준이 높은 표준시비량의 2배와 4배 처리구에서 68.0~70.8%로 낮게 나타났다.

튤립 'Ile de France' 품종의 구근을 식재 전에 10a당 N 13.5kg, P 6.4kg, K 19.9kg을 표준 시비량으로 하여 각 처리당 0, 1/2배(N 6.75kg, P 3.20kg, K 9.95kg), 1배(N 13.50kg, P 6.40kg, K 19.90kg), 2배(N 27.00kg, P 12.80kg, K 39.80kg), 4배(N 54.00kg, P 25.60kg, K 79.60kg)에 해당하는 비료를 기비로 처리한 후 구근의 생육을 조사한 결과는 표 35와 같다. 주구의 직경과 구고, 구중, 전체 구중 등에 있어서는 질소, 인산, 칼륨의 비료 처리수준이 높은 N 54.00kg, P 25.60kg, K 79.60kg 처리구에서 가장 생육이 불량했으며, 통계적으로도 유의성이 나타났다. 주구의 구둘레는 질소, 인산, 칼륨의 무처리구와 비료수준이 높은 N 54.00kg, P 25.60kg, K 79.60kg 처리구에서 가장 저조한 생육 상태를 보여 주었다. 따라서 튤립 'Ile de France' 품종은 지상부와 구근의 생육에는 N 6.75kg, P 3.20kg, K 9.95kg를 기비로 사용하는 것이 가장 효율적일 것으로 판단되었다.

Table 34. Effect of N, P, and K fertilizer on shoot growth as pre-planting fertilization in tulip 'Ile de France'.

Amount of fertilizer(kg · 10a ⁻¹)			Plant height (cm)	Number of leaves	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	Flower diameter (cm)	Flower length (cm)	Percent flowering (%)
N	P	K							
0	0	0	28.9 ab ^z	3.0 b	12.5 a	7.4 a	6.8 a	5.6 a	71.1 ab
6.75	3.20	9.95	31.0 a	3.3 a	12.5 a	7.4 a	6.3 ab	5.8 a	77.1 a
13.50	6.40	19.90	25.8 b	3.3 a	11.9 a	6.8 a	6.4 ab	5.7 a	82.2 a
27.00	12.80	39.80	26.1 b	3.2 a	12.7 a	7.3 a	6.1 ab	5.6 a	68.0 b
54.00	25.60	79.60	23.6 b	3.4 a	11.2 b	6.3 b	5.8 b	5.5 a	70.8 b

^zMean separation within column by Duncan's multiple range test at 5% level.

Table 35. Effect of N, P, and K fertilizer on bulb growth as pre-planting fertilization in tulip 'Ile de France'.

Amount of fertilizer(kg · 10a ⁻¹)			Main bulb				Total weight of bulbs (g)	Number of bulbs
N	P	K	Diameter (mm)	Height (mm)	Circumference (cm)	Weight (g)		
0	0	0	31.8 ab ^z	38.6 a	10.5 b	15.76 b	22.19 ab	2.2 a
6.75	3.20	9.95	33.1 a	38.2 a	11.1 a	17.16 a	23.70 a	2.6 a
13.50	6.40	19.90	32.6 a	37.5 ab	11.1 a	16.35 a	22.06 ab	2.2 a
27.00	12.80	39.80	33.2 a	38.3 a	11.0 a	16.82 a	22.90 ab	2.4 a
54.00	25.60	79.60	30.1 b	36.3 b	10.4 b	13.99 b	20.82 b	2.9 a

^zMean separation within column by Duncan's multiple range test at 5% level.

튤립 'Merry Christmas' 품종의 구근을 식재 전에 10a당 N 13.5kg, P 6.4kg, K 19.9kg을 표준시비량으로 하여 각 처리당 0, 1/2배(N 6.75kg, P 3.20kg, K 9.95kg), 1배(N 13.50kg, P 6.40kg, K 19.90kg), 2배(N 27.00kg, P 12.80kg, K 39.80kg), 4배(N 54.00kg, P 25.60kg, K 79.60kg)에 해당하는 비료를 기비로 처리한 후 만개기에 지상부의 생육을 조사한 결과는 표 36과 같다. 전반적으로 엽수, 엽장, 엽폭, 개화율은 질소, 인산, 칼륨 처리수준 간에 통계적으로 차이가 없었다. 그러나 초장과 화폭은 표준시비량의 4배 처리구(N 54.00kg, P 25.60kg, K 79.60kg)가 다른 처리에 비해 작았으며, 화장은 표준시비량의 2배인 N 27.00kg, P 12.80kg, K 39.80kg 처리구에서 7.5cm로 가장 길었다.

튤립 'Merry Christmas' 품종의 구근을 식재 전에 10a당 N 13.5kg, P 6.4kg, K 19.9kg을 표준시비량으로 하여 각 처리당 0, 1/2배(N 6.75kg, P 3.20kg, K 9.95kg), 1배(N 13.50kg, P 6.40kg, K 19.90kg), 2배(N 27.00kg, P 12.80kg, K 39.80kg), 4배(N 54.00kg, P 25.60kg, K 79.60kg)에 해당하는 비료를 기비로 처리한 후 구근의 생육을 조사한 결과는 표 37과 같다. 주구의 직경과 구둘레, 구중은 질소, 인산, 칼륨의 표준시비량의 4배인 N 54.00kg, P 25.60kg, K 79.60kg 처리구에서 가장 생육이 불량했으며, 통계적으로도 유의성이 나타났다. 전체 구중의 경우에도 질소, 인산, 칼륨의 처리수준이 높은 표준시비량의 2배와 4배 처리구에서 다른 처리에 비해 불량하였다. 따라서 튤립 'Merry Christmas' 품종은 지상부와 구근의 생육을 고려해 볼 때, N 6.75kg, P 3.20kg, K 9.95kg를 기비로 사용하는 것이 가장 효율적일 것으로 판단되었다.

Table 36. Effect of N, P, and K fertilizer on shoot growth as pre-planting fertilization in tulip 'Merry Christmas'.

Amount of fertilizer(kg · 10a ⁻¹)			Plant height (cm)	Number of leaves	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	Flower diameter (cm)	Flower length (cm)	Percent flowering (%)
N	P	K							
0	0	0	30.2 a ^z	3.3 a	12.1 a	8.4 a	7.2 a	6.8 b	82.7 a
6.75	3.20	9.95	29.4 ab	3.6 a	11.5 a	8.4 a	6.8 a	7.1 ab	75.0 a
13.50	6.40	19.90	28.8 ab	3.6 a	10.9 a	8.7 a	6.9 a	6.8 b	80.3 a
27.00	12.80	39.80	30.3 a	3.2 a	11.8 a	8.9 a	7.7 a	7.5 a	76.9 a
54.00	25.60	79.60	27.9 b	3.4 a	11.6 a	8.3 a	6.5 b	6.7 b	62.0 a

^zMean separation within column by Duncan's multiple range test at 5% level.

Table 37. Effect of N, P, and K fertilizer on bulb growth as pre-planting fertilization in tulip 'Merry Christmas'.

Amount of fertilizer(kg · 10a ⁻¹)			Main bulb				Total weight of bulbs (g)	Number of bulbs
N	P	K	Diameter (mm)	Height (mm)	Circumference (cm)	Weight (g)		
0	0	0	38.2 a ^z	35.3 a	12.3 a	20.5 a	24.03 a	2.1 a
6.75	3.20	9.95	36.7 a	35.7 a	12.3 a	21.7 a	24.40 a	1.9 a
13.50	6.40	19.90	36.1 a	35.7 a	12.2 a	20.7 a	23.27 a	1.3 b
27.00	12.80	39.80	37.4 a	35.4 a	12.2 a	19.9 a	22.97 b	1.7 ab
54.00	25.60	79.60	33.5 b	35.1 a	11.5 b	18.5 b	22.20 b	1.5 ab

^zMean separation within column by Duncan's multiple range test at 5% level.



Fig. 24. Bulb growth according to N, P, and K fertilizer treatment as pre-planting fertilization in tulip 'Kees Nelis', 'Ile de France', and 'Merry Christmas'.

2) 영양생장기(3월) 시비조건 구명 (3차년도 실험)

(1) 튜립 'Canasta'의 지상부 및 구근생육

실험에 사용된 입자도 사양토의 화학적 특성은 표 39에 나타나 있다. 토양 pH는 5.6, EC 0.26dS/m, 유기물 함량 3.6g/kg, 질산태질소 4.8mg/kg, 인산 114.11mg/kg, CEC 10.8 cmol⁺/kg로 나타나 질산과 칼륨이 상대적으로 함량이 적었고, 인산은 약간 집적된 상태였다.

Table 39. Chemical properties of the soil used in this experiment of tulip 'Canasta'.

pH (1:5)	EC (dS/m)	OM (g/kg)	NO ₃ -N (mg/kg)	P ₂ O ₅ (mg/kg)	Exchange cation (cmol ⁺ /kg)			CEC (cmol ⁺ /kg)
					K	Ca	Mg	
5.6	0.26	3.6	4.80	114.11	0.09	3.72	1.56	10.78

튜립 'Canasta'의 자구(구둘레 7cm)를 전남 신안군 입자도의 사양토에 식재한 후 이듬해 영양생장기인 3월에 2회로 나누어 N, P, K 추비하여 지상부의 생육을 조사한 결과는 표 40에 나타나 있다. 초장과 엽폭은 0-0-0 처리에서 가장 생육이 불량하였으며, 개화율에 있어서도 0-0-0, 2-2-2(N 10.14kg, P 6.20kg, K 14.44kg) 처리에서 38.2~39.1%로 가장 낮은 것으로 조사되었다. 이외의 다른 처리 간에는 통계적으로 유의한 차이는 나타나지 않았다.

Table 40. Effect of N, P, and K treatment as additional fertilizer of vegetative growth stage on shoot growth in tulip 'Canasta'.

Treatment of additional fertilizer (N-P-K)	Plant height (cm)	Number of leaves	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	Flower diameter (cm)	Flower length (cm)	Percent flowering (%)
0-0-0	14.4 b ^z	3.3 a	12.4 a	6.6 b	5.3 a	5.8 a	38.2 b
0.5-0.5-0.5	16.4 a	3.3 a	12.7 a	7.4 a	5.2 a	5.7 a	45.1 ab
1-1-1	16.6 a	3.6 a	13.3 a	7.3 a	5.7 a	6.1 a	44.0 ab
2-2-2	15.6 ab	3.5 a	12.4 a	7.4 a	5.5 a	5.9 a	39.1 b
0-1-1	16.7 a	3.5 a	13.4 a	7.4 a	5.4 a	6.0 a	47.3 ab
0.5-1-1	17.2 a	3.8 a	13.6 a	7.5 a	5.1 a	5.5 a	43.4 ab
2-1-1	17.3 a	3.9 a	12.9 a	7.4 a	5.3 a	5.8 a	54.2 a
1-0-1	16.6 a	3.3 a	13.1 a	7.6 a	5.1 a	5.5 a	42.0 ab
1-0.5-1	16.9 a	3.4 a	14.1 a	7.4 a	5.3 a	6.0 a	51.0 ab
1-2-1	17.2 a	3.7 a	13.9 a	7.3 a	5.1 a	5.6 a	42.9 ab
1-1-0	15.6 ab	3.6 a	13.4 a	7.4 a	5.3 a	5.6 a	43.5 ab
1-1-0.5	16.1 ab	3.5 a	12.7 a	7.0 ab	5.3 a	5.7 a	44.6 ab
1-1-2	16.1 a	3.5 a	13.2 a	7.6 a	5.2 a	6.0 a	46.9 ab

^zMean separation within column by Duncan's multiple range test at 5% level.

튤립 'Canasta'의 자구(구둘레 7cm)를 전남 신안군 임자도의 사양토에 식재한 후 이듬해 영양생장기인 3월에 2회로 나누어 N, P, K 추비하여 구근의 생육을 조사한 결과는 표 41에 나타나 있다. 구근은 5월 24일에 수확하였는데, 주구의 직경, 구고, 구둘레는 전체 처리 간에 통계적인 차이는 나타나지 않았으나, 주구의 무게는 2-1-1(N 10.14kg, P 3.10kg, K 7.22kg) 처리와 2-2-2(N 10.14kg, P 6.20kg, K 14.44kg)처리에서 12.1~12.3g으로 가장 가벼웠다. 수확한 전체 구근 무게의 경우에도 2-1-1(N 10.14kg, P 3.10kg, K 7.22kg)처리에서 가장 가벼운 것으로 조사되어 전반적으로 질소가 많이 시비되었을 때 구근의 생육이 불량함을 알 수 있었다(그림 1). 다른 추비 시비량 처리 간에는 통계적으로 유의성 있는 차이를 보여주지 않았다. 튤립 'Canasta'는 3월 영양생장기에 N, P, K를 0.5-1-1, 1-0-1, 또는 1-2-1의 시비량으로 처리하는 것이 구근 비대에 가장 효과적일 것으로 판단되었다.

Table 41. Effect of N, P, and K treatment as additional fertilizer of vegetative growth stage on bulb growth in tulip 'Canasta'.

Treatment of additional fertilizer (N-P-K)	Main bulb				Total weight of bulbs (g)	Number of bulbs
	Diameter (mm)	Height (mm)	Circumference (cm)	Weight (g)		
0-0-0	31.4 a	33.1 a	9.8 a	13.1 bc	20.6 ab	2.4 a
0.5-0.5-0.5	33.1 a	34.9 a	9.7 a	14.4 abc	21.9 ab	2.7 a
1-1-1	32.4 a	33.6 a	9.5 a	14.2 abc	20.0 ab	2.4 a
2-2-2	31.9 a	32.5 a	9.2 a	12.3 c	19.9 ab	2.5 a
0-1-1	33.1 a	34.0 a	9.4 a	13.3 abc	21.3 ab	2.8 a
0.5-1-1	32.9 a	34.9 a	10.0 a	15.7 ab	23.1 ab	3.1 a
2-1-1	30.5 a	33.3 a	9.2 a	12.1 c	19.4 b	2.5 a
1-0-1	31.7 a	35.2 a	9.8 a	15.0 ab	22.1 ab	2.7 a
1-0.5-1	32.4 a	35.7 a	9.7 a	13.9 abc	22.2 ab	2.8 a
1-2-1	32.1 a	32.9 a	9.5 a	15.9 a	24.4 a	3.0 a
1-1-0	32.5 a	33.3 a	9.6 a	13.3 abc	20.8 ab	2.6 a
1-1-0.5	31.6 a	34.5 a	9.6 a	13.9 abc	24.0 ab	3.0 a
1-1-2	32.1 a	32.7 a	9.4 a	13.6 abc	22.4 ab	2.7 a

^aMean separation within column by Duncan's multiple range test at 5% level.



Fig. 25. Bulb growth according to N, P, and K treatment as additional fertilizer of vegetative growth stage in tulip 'Canasta'.

2) 튜립 'Character'의 지상부 및 구근 생육

튜립 'Character'의 실험에 사용된 임자도 사양토의 화학적 특성은 표 42에 나타나 있다. 토양 pH는 5.8, EC 0.21dS/m, 유기물 함량 3.6g/kg, 질산태질소 5.3mg/kg, 인산 115.1mg/kg, CEC 10.1 cmol⁺/kg로 나타나 질산과 칼륨이 상대적으로 함량이 적었고, 인산은 약간 집적된 상태였다.

Table 42. Chemical properties of the soil used in this experiment of tulip 'Character'.

pH (1:5)	EC (dS/m)	OM (g/kg)	NO ₃ -N (mg/kg)	P ₂ O ₅ (mg/kg)	Exchange cation (cmol ⁺ /kg)			CEC (cmol ⁺ /kg)
					K	Ca	Mg	
5.8	0.21	3.6	5.27	115.14	0.11	2.34	2.11	10.12

튜립 'Character'의 자구(구둘레 7cm)를 전남 신안군 임자도의 사양토에 식재한 후 이듬해 영양생장기인 3월에 2회로 나누어 N, P, K 추비하여 지상부의 생육을 조사한 결과는 표 43에 나타나 있다. 초장은 0-0-0 처리에서 28.9cm로 짧아 생육이 가장 불량하였으며, 1-1-0.5, 1-1-2 처리에서도 초장이 짧은 경향을 보여 주었다. 엽장은 2-1-1(N 10.14kg, P 3.10kg, K 7.22kg) 처리에서 17.4cm로 가장 길었으며, 1-1-1(N 5.07g, P 3.10kg, K 7.22kg)에서 15.4cm로 가장 짧았다. 화장은 1-2-1(N 5.07kg, P 6.20kg, K 7.22kg) 처리에서 5.8cm로 가장 길었으며, 개화율은 1-1-0.5(N 5.07kg, P 3.10kg, K 3.61kg) 처리에서 22.0%로 가장 낮은 것으로 나타났다.

Table 43. Effect of N, P, and K treatment as additional fertilizer of vegetative growth stage on shoot growth in tulip 'Character'.

Treatment of additional fertilizer (N-P-K)	Plant height (cm)	Number of leaves	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	Flower diameter (cm)	Flower length (cm)	Percent flowering (%)
0-0-0	28.9 c ^z	3.3 a	15.6 ab	6.7 a	5.2 a	5.2 b	35.9 a
0.5-0.5-0.5	33.7 ab	3.2 a	16.3 ab	6.5 a	5.4 a	5.5 ab	32.9 ab
1-1-1	33.9 ab	3.1 a	15.4 b	6.8 a	5.4 a	5.5 ab	26.5 ab
2-2-2	33.2 ab	3.2 a	15.8 ab	6.4 a	5.3 a	5.2 b	30.8 ab
0-1-1	33.9 ab	3.1 a	16.5 ab	7.2 a	5.2 a	5.2 b	34.5 a
0.5-1-1	36.3 a	3.2 a	16.7 ab	7.0 a	5.9 a	5.2 b	29.7 ab
2-1-1	34.3 ab	3.1 a	17.4 a	7.5 a	5.3 a	5.2 b	26.5 ab
1-0-1	34.3 ab	3.0 a	17.1 ab	7.2 a	5.7 a	5.5 ab	28.2 ab
1-0.5-1	33.5 ab	3.3 a	16.5 ab	6.5 a	5.5 a	5.4 ab	25.3 ab
1-2-1	33.2 ab	3.2 a	16.0 ab	6.7 a	5.3 a	5.8 a	24.1 ab
1-1-0	33.4 ab	3.2 a	16.5 ab	7.1 a	5.5 a	5.5 ab	25.0 ab
1-1-0.5	32.0 b	3.3 a	16.2 ab	7.0 a	5.4 a	5.6 ab	22.0 b
1-1-2	32.3 b	3.1 a	15.9 ab	6.9 a	5.4 a	5.2 b	23.9 ab

^zMean separation within column by Duncan's multiple range test at 5% level.

튤립 ‘Character’의 자구(구둘레 7cm)를 전남 신안군 임자도의 사양토에 식재한 후 이듬해 영양생장기인 3월에 2회로 나누어 N, P, K 추비를 처리한 결과는 표 44에 나타나 있다. 구근은 5월 24일에 수확하였는데, 주구의 구고는 처리 간에 통계적인 차이는 나타나지 않았다. 그러나 주구의 직경은 0-0-0, 1-1-1(N 5.07kg, P 3.10kg, K 7.22kg), 2-2-2(N 10.14kg, P 6.20kg, K 14.44kg), 1-1-2(N 5.07kg, P 3.10kg, K 14.44kg)처리에서 작았으며, 상대적으로 0-1-1(N 0kg, P 3.10kg, K 7.22kg), 0.5-1-1(N 2.54kg, P 3.10kg, K 7.22kg), 1-0.5-1(N 5.07kg, P 1.55g, K 7.22kg), 1-2-1(N 5.07kg, P 6.20kg, K 7.22kg), 1-1-0(N 5.07kg, P 3.10kg, K 0kg), 1-1-0.5(N 5.07kg, P 3.10kg, K 3.61kg) 시비량에서 직경이 34.7~36.2mm로 큰 것으로 나타났다. 주구의 구둘레는 1-1-0(N 5.07kg, P 3.10kg, K 0kg)처리에서 10.6cm로 가장 길었으며, 주구의 무게와 구 전체 무게는 1-0-1(N 5.07kg, P 0kg, K 7.22kg) 처리에서 가장 무거웠다(그림 26). 튤립 ‘Character’는 3월 영양생장기에 N, P, K를 1-0-1(N 5.07kg, P 0kg, K 7.22kg) 또는 1-1-0(N 5.07kg, P 3.10kg, K 0kg)의 시비량으로 처리하는 것이 구근 비대에 가장 효과적일 것으로 판단되었다.

Table 44. Effect of N, P, and K treatment as additional fertilizer of vegetative growth stage on bulb growth in tulip ‘Character’.

Treatment of additional fertilizer (N-P-K)	Main bulb				Total weight of bulbs (g)	Number of bulbs
	Diameter (mm)	Height (mm)	Circumference (cm)	Weight (g)		
0-0-0	31.0 d	32.5 a	9.6 d	12.9 d	16.4 b	2.3 a
0.5-0.5-0.5	34.1 abc	34.0 a	10.1 abc	16.3 abc	19.4 ab	3.2 a
1-1-1	33.9 bc	33.4 a	10.0 cd	14.6 cd	18.2 ab	2.3 a
2-2-2	33.6 bc	34.5 a	10.0 bcd	15.2 bcd	19.3 ab	2.3 a
0-1-1	34.7 ab	32.6 a	10.5 ab	16.7 abc	21.2 a	2.5 a
0.5-1-1	34.9 ab	32.6 a	10.3 abc	16.5 abc	19.3 ab	2.3 a
2-1-1	34.1 abc	33.3 a	10.3 abc	17.3 ab	19.5 ab	2.8 a
1-0-1	34.5 abc	35.2 a	10.5 ab	18.0 a	21.4 a	3.3 a
1-0.5-1	35.5 ab	32.7 a	10.5 abc	16.2 abc	20.6 ab	2.6 a
1-2-1	34.6 ab	33.6 a	10.2 abc	15.5 abc	18.4 ab	2.4 a
1-1-0	36.2 a	32.6 a	10.6 a	17.1 abc	20.2 ab	3.0 a
1-1-0.5	35.3 ab	34.8 a	10.4 abc	16.8 abc	19.8 ab	2.7 a
1-1-2	32.4 cd	34.4 a	10.0 bcd	14.9 bcd	20.4 ab	2.8 a

^zMean separation within column by Duncan’s multiple range test at 5% level.



Fig. 26. Bulb growth according to N, P, and K treatment of vegetative growth stage as additional fertilizer in tulip 'Character'.

(3) 튜립 'Angelique'의 지상부 및 구근생육

튜립 'Character'의 실험에 사용된 임자도 사양토의 화학적 특성은 표 45에 나타나 있다. 토양 pH는 5.9, EC 0.22dS/m, 유기물 함량 0.79g/kg, 질산태질소 8.2mg/kg, 인산 106.6mg/kg, 칼륨 0.05cmol⁺/kg, CEC 11.4cmol⁺/kg로 분석되었다. 전반적으로 다른 실험구에 비해 유기물 함량이 낮았고, 질산과 칼륨도 상대적으로 함량이 적었고, 인산은 약간 집적된 상태였다.

Table 45. Chemical properties of the soil used in this experiment of tulip 'Angelique'.

pH (1:5)	EC (dS/m)	OM (g/kg)	NO ₃ -N (mg/kg)	P ₂ O ₅ (mg/kg)	Exchange cation (cmol ⁺ /kg)			CEC (cmol ⁺ /kg)
					K	Ca	Mg	
5.9	0.22	0.79	8.16	106.55	0.05	2.81	1.38	11.44

튤립 ‘Angelique’의 자구(구둘레 7cm)를 전남 신안군 임자도의 사양토에 식재한 후 이듬해 영양생장기인 3월에 2회로 나누어 N, P, K 추비하여 지상부의 생육을 조사한 결과는 표 46에 나타나 있다. 초장, 엽수, 엽폭은 추비 시비량에 따른 통계적인 차이는 나타나지 않았으며, 엽장은 2-1-1(N 10.14kg, P 3.10kg, K 7.22kg) 처리에서 17.9cm로 가장 길었다. 화폭의 경우에도 2-1-1(N 10.14kg, P 3.10kg, K 7.22kg) 처리에서 5.0cm로 가장 길었으며, 0.5-1-1(N 2.54kg, P 3.10kg, K 7.22kg)과 1-1-0(N 5.07g, P 3.10kg, K 0kg) 처리에서 4.4cm로 가장 짧았다. 화경의 경우에도 2-1-1(N 10.14kg, P 3.10kg, K 7.22kg) 처리에서 10.3cm로 가장 양호한 모습을 보여 주었고, 1-1-2(N 5.07kg, P 3.10kg, K 14.44kg) 처리에서 8.8cm로 가장 불량한 것으로 나타났다. 개화율은 1-0.5-1(N 5.07kg, P 1.55kg, K 3.61kg) 처리에서 75.0%로 가장 높았으며, 1-1-2(N 5.07kg, P 3.10kg, K 14.44kg) 처리에서 57.2% 가장 낮았다.

Table 46. Effect of N, P, and K treatment as additional fertilizer of vegetative growth stage on shoot growth in tulip ‘Angelique’.

Treatment of additional fertilizer (N-P-K)	Plant height (cm)	Number of leaves	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	Flower diameter (cm)	Flower length (cm)	Percent flowering (%)
0-0-0	25.5 a ^z	3.5 a	12.4 b	6.6 a	4.7 ab	9.0 bc	65.9 abc
0.5-0.5-0.5	24.7 a	3.4 a	11.2 b	6.4 a	4.8 ab	9.3 abc	70.6 ab
1-1-1	26.4 a	3.7 a	11.3 b	7.1 a	4.7 ab	10.0 ab	64.3 abc
2-2-2	25.2 a	3.4 a	12.0 b	7.2 a	4.7 ab	9.2 bc	71.0 ab
0-1-1	26.3 a	3.5 a	13.0 ab	7.3 a	4.7 ab	9.6 abc	63.3 bc
0.5-1-1	26.1 a	3.4 a	13.0 ab	6.4 a	4.4 b	9.1 bc	68.8 ab
2-1-1	23.6 a	3.7 a	17.9 a	6.5 a	5.0 a	10.3 a	74.4 ab
1-0-1	25.3 a	3.4 a	12.4 b	7.2 a	4.9 ab	9.1 bc	72.4 ab
1-0.5-1	26.7 a	3.6 a	12.6 b	7.3 a	4.6 ab	9.5 abc	75.0 a
1-2-1	25.0 a	3.5 a	13.7 ab	7.3 a	4.8 ab	9.7 abc	73.5 ab
1-1-0	25.8 a	3.6 a	12.0 b	7.1 a	4.4 b	9.4 abc	70.8 ab
1-1-0.5	25.7 a	3.4 a	13.0 ab	7.2 a	4.5 ab	9.3 abc	70.3 ab
1-1-2	25.9 a	3.7 a	13.2 ab	6.7 a	4.8 ab	8.8 c	57.2 c

^zMean separation within column by Duncan's multiple range test at 5% level.

튤립 ‘Angelique’의 자구(구둘레 7cm)를 전남 신안군 임자도의 사양토에 식재한 후 이듬해 영양생장기인 3월에 2회로 나누어 N, P, K 추비를 처리한 결과는 표 47에 나타나 있다. 구근은 5월 24일에 수확하였는데, 주구의 직경은 0.5-0.5-0.5(N 2.54kg, P 1.55kg, K 3.61kg) 처리에서 가장 길었으며, 2-1-1(N 10.14kg, P 3.10kg, K 7.22kg) 처리에서 가장 짧았다. 주구의 구고는 0-1-1, 1-0.5-1, 1-2-1, 1-1-0.5 처리에서 양호하였으며, 0-0-0 처리에서 가장 짧았다. 주구의 구둘레는 1-0-1(N 5.07kg, P 0kg, K 7.22kg) 처리에서 8.4cm로 가장 긴 것으로 나타났으며, 0.5-1-1, 2-1-1, 1-1-2 처리에서 가장 불량하였다. 주구오 전체구근의 무게는 0-1-1(N 0kg, P 3.10kg, K 7.22kg) 처리에서 9.7g으로 가장 무거웠으며, 0-0-0 처리에서 가장 가벼웠다(그림 27). 튤립 ‘Angelique’는 3월 영양생장기에 N, P, K를 0-1-1(N 0kg, P 3.10kg, K 7.22kg) 또는 1-0-1(N 5.07kg, P 0kg, K 7.22kg)의 시비량으로 처리하는 것이 구근 비대에 가장 효과적일 것으로 판단되며, 특히 K의 시비가 중요한 것으로 나타났다.

Table 47. Effect of N, P, and K treatment as additional fertilizer of vegetative growth stage on bulb growth in tulip 'Angelique'.

Treatment of additional fertilizer (N-P-K)	Main bulb				Total weight of bulbs (g)	Number of bulbs
	Diameter (mm)	Height (mm)	Circumference (cm)	Weight (g)		
0-0-0	24.9 ab	31.0 b	7.7 ab	7.5 b	12.4 b	3.2 a
0.5-0.5-0.5	27.1 a	33.1 ab	7.9 ab	9.4 ab	14.7 ab	3.4 a
1-1-1	26.2 ab	32.7 ab	7.7 ab	8.3 ab	15.5 ab	3.2 a
2-2-2	25.8 ab	32.1 ab	7.6 ab	8.1 ab	14.2 ab	3.9 a
0-1-1	26.3 ab	33.7 a	8.0 ab	9.7 a	16.1 a	3.8 a
0.5-1-1	25.6 ab	32.7 ab	7.4 b	8.6 ab	15.8 ab	4.1 a
2-1-1	24.1 b	31.4 ab	7.3 b	8.4 ab	13.2 ab	3.4 a
1-0-1	25.6 ab	31.7 ab	8.4 a	9.0 ab	13.2 ab	3.0 a
1-0.5-1	26.7 ab	34.0 a	8.0 ab	9.3 ab	14.7 ab	3.2 a
1-2-1	26.4 ab	33.8 a	7.8 ab	8.8 ab	15.5 ab	3.7 a
1-1-0	26.2 ab	32.8 ab	7.8 ab	8.5 ab	13.6 ab	3.4 a
1-1-0.5	26.7 ab	33.7 a	7.9 ab	9.1 ab	15.2 ab	3.3 a
1-1-2	26.0 ab	32.2 ab	7.6 b	8.4 ab	13.1 ab	3.4 a

^zMean separation within column by Duncan's multiple range test at 5% level.



Fig. 27. Bulb growth according to N, P, and K treatment of vegetative growth stage as additional fertilizer in tulip 'Angelique'.

3) 생식생장기(4월) 시비조건 구명(4차년도 실험)

(1) 튤립 'Dynasty'의 지상부 및 구근생육

튤립 'Dynasty'의 자구(구둘레 6cm)를 전남 신안군 임자도의 사양토에 식재한 후 이듬해 생식생장기인 4월 5일에 N, P, K를 13개 처리로 추비 처리하여 지상부의 생육을 조사한 결과는 표 49에 나타나 있다. 초장은 전반적으로 처리간 큰 차이는 없었으나, 대조구와 1-1-1, 0.5-1-1 처리구에서 12.5~12.8cm로 다소 작았다. 엽수는 전 처리간에 통계적인 차이는 없었으며, 엽생장은 2-2-2, 0.5-1-1, 1-0-1, 1-0.5-1, 1-2-1 처리구에서 생육이 양호하였다. 꽃은 1-2-1 처리구에서 화경과 화폭이 가장 작았다.

튤립 'Dynasty'의 자구(구둘레 6cm)를 전남 신안군 임자도의 사양토에 식재한 후 이듬해 생식생장기인 4월 5일에 N, P, K를 13개 처리로 추비 처리하여 6월 2일에 구근을 수확하여 생육을 조사한 결과는 표 50에 나타나 있다. 주구 직경은 17.6~20.8mm로 처리 간에 차이가 없었으며, 구고2-1-2, 1-0.5-1, 1-2-1, 1-1-0 처리구에서 23.2~24.0mm로 나타나 다른 처리들의 24.7~26.3mm보다 작았다. 주구의 굴레는 2-2-2 처리에서 8.5cm로 가장 길었고, 0.5-1-1, 2-1-1, 1-2-1 처리에서 5.5cm로 작았다. 주구의 무게에 있어서도 2-2-2 처리에서 4.2g으로 가장 무거웠고, 0.5-1-1, 2-1-1, 1-2-1 처리에서 2.6~2.7g으로 가장 가벼웠다. 총 구근무게는 2-2-2 처리에서 5.5g으로 가장 무거웠으며, 0.5-1-1 처리에서 3.3g으로 가장 가벼웠다(그림 28). 따라서 튤립 'Dynasty'의 구근 비대를 위해서는 생식생장기에 2-2-2의 비율로 시비하는 것이 가장 효과적인 것으로 나타났다. 이러한 결과로 보아 영양생장기보다 생식생장기에 시비량을 증가시키는 것이 구근 비대에 중요한 요인임을 알 수 있었다.

튤립 'Dynasty'의 구근을 수확한 후 토양을 채취하여 토양화학성을 조사하였다(표 51). 토양 pH는 0-0-0과 0.5-0.5-0.5 처리구에서 6.9로 가장 높았으며, 1-1-0.5와 1-1-2 처리구에서 5.6~5.8로 낮게 나타났다. 토양의 EC는 전반적으로 0.05~0.08 범위에서 나타났으며, 1-1-0 처리구에서 0.05 dS/m로 가장 낮았다.

Table 49. Effect of N, P, and K treatment as additional fertilizer on shoot growth in reproductive growth period of tulip 'Dynasty'.

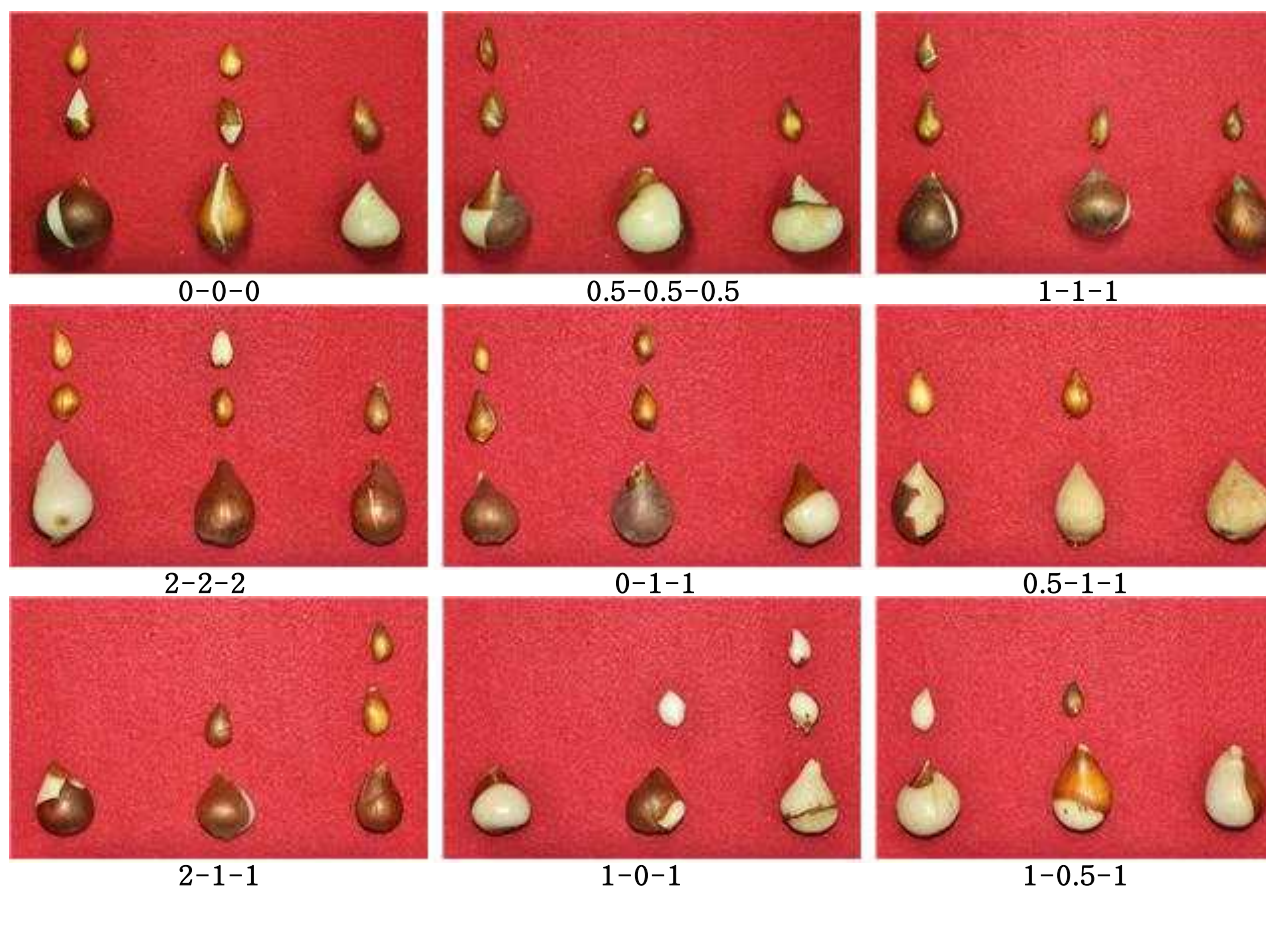
Treatment of additional fertilizer (N-P-K)	Plant height (cm)	Number of leaves	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	Flower diameter (cm)	Flower length (cm)
0-0-0	12.6 b ^z	3.0 a	8.7 bc	6.5 b	38.8 ab	29.6 ab
0.5-0.5-0.5	15.6 a	3.0 a	8.5 bc	7.3 a	39.9 a	36.6 a
1-1-1	12.5 b	3.0 a	8.8 bc	6.4 b	36.0 ab	28.3 b
2-2-2	14.6 ab	3.0 a	9.7 abc	6.9 a	35.3 ab	27.8 b
0-1-1	15.6 a	3.0 a	8.6 bc	6.2 b	37.3 ab	32.0 ab
0.5-1-1	12.8 b	3.0 a	10.4 a	6.8 a	37.3 ab	29.4 ab
2-1-1	15.0 ab	3.0 a	8.1 c	6.3 b	35.2 ab	28.8 ab
1-0-1	16.5 a	3.0 a	9.2 abc	6.8 a	34.5 ab	27.2 b
1-0.5-1	16.7 a	3.0 a	9.2 abc	6.7 a	36.6 ab	26.8 b
1-2-1	15.7 a	3.0 a	10.3 ab	7.3 a	34.2 b	27.7 b
1-1-0	16.0 a	3.0 a	8.8 bc	6.7 a	37.8 ab	34.6 ab
1-1-0.5	16.2 a	3.0 a	8.5 bc	6.2 b	35.1 ab	28.4 b
1-1-2	15.9 a	3.0 a	8.6 bc	7.1 a	35.4 ab	31.0 ab

^zMean separation within column by Duncan's multiple range test at 5% level.

Table 50. Effect of N, P, and K treatment as additional fertilizer on bulb growth in reproductive growth period of tulip 'Dynasty'.

Treatment of additional fertilizer (N-P-K)	Main bulb				Total weight of bulbs (g)	Number of bulbs
	Diameter (mm)	Height (mm)	Circumference (cm)	Weight (g)		
0-0-0	19.5 a ^z	25.1 ab	6.0 b	3.8 a	5.2 a	1.7 a
0.5-0.5-0.5	19.4 a	25.7 a	6.1 b	3.7 a	4.6 a	1.5 abc
1-1-1	19.5 a	24.8 ab	6.1 b	3.7 a	4.8 a	1.3 abc
2-2-2	20.3 a	26.3 a	8.5 a	4.2 a	5.5 a	1.4 abc
0-1-1	18.6 a	25.6 a	5.8 b	3.2 ab	4.5 a	1.6 ab
0.5-1-1	18.0 a	25.0 a	5.5 b	2.7 b	3.3 b	0.8 c
2-1-1	17.6 a	23.5 b	5.5 b	2.6 b	3.7 ab	1.2 bc
1-0-1	19.1 a	24.7 ab	6.0 b	3.0 ab	3.7 ab	0.8 c
1-0.5-1	18.4 a	23.9 b	6.0 b	3.1 ab	3.8 ab	0.8 c
1-2-1	17.8 a	23.3 b	5.5 b	2.7 b	3.8 ab	1.3 abc
1-1-0	18.1 a	24.0 b	5.8 b	3.6 a	3.6 ab	0.8 c
1-1-0.5	20.8 a	26.3 a	7.5 ab	4.0 a	5.3 a	1.1 bc
1-1-2	20.6 a	26.2 a	7.3 ab	4.1 a	5.1 a	1.1 bc

^zMean separation within column by Duncan's multiple range test at 5% level.



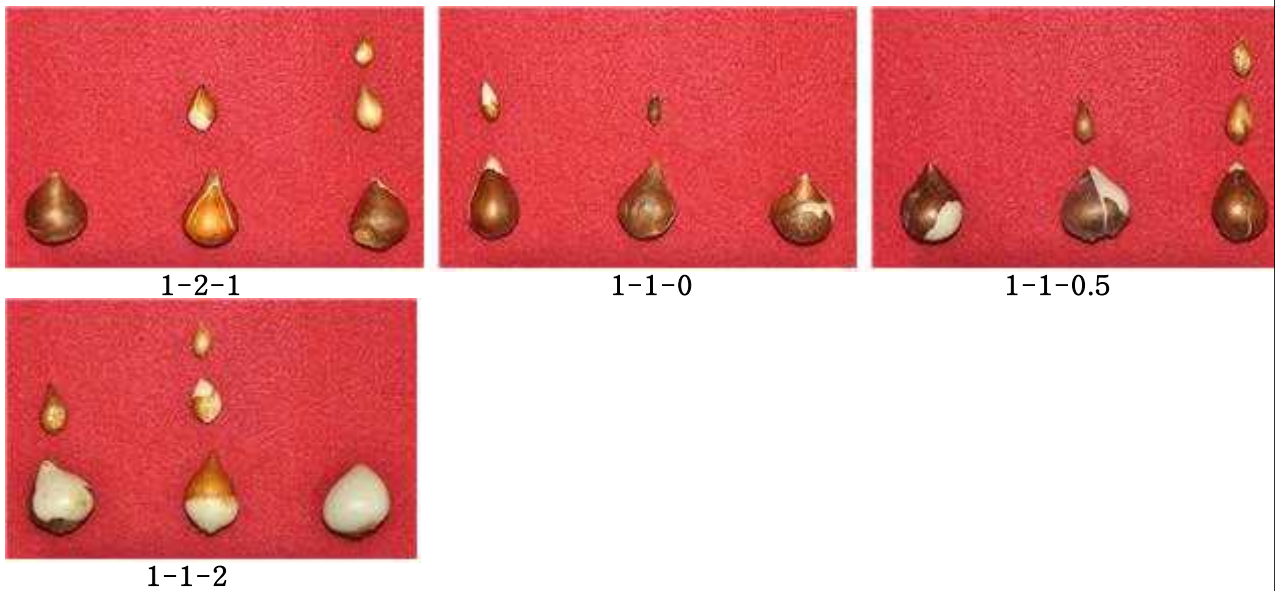


Fig. 28. Bulb growth according to N, P, and K treatment reproductive growth stage as additional fertilizer in tulip 'Dynasty'.

Table 51. Effect of N, P, and K treatment as additional fertilizer on soil chemical properties in reproductive growth period of tulip 'Dynasty'.

Treatment of additional fertilizer (N-P-K)	pH (1:5)	EC (dS/m)	OM (g/kg)	NO ₃ -N (mg/kg)	P ₂ O ₅ (mg/kg)	Exchange cation (cmol ⁺ /kg)		
						K	Ca	Mg
0-0-0	6.8	0.08	69.0	12.47	68.28	0.12	2.22	0.82
0.5-0.5-0.5	6.4	0.08	56.7	13.18	69.66	0.01	1.99	0.63
1-1-1	6.2	0.12	54.7	13.87	57.17	0.06	1.89	0.61
2-2-2	6.1	0.17	49.7	13.72	55.22	0.02	1.77	0.57
0-1-1	6.2	0.10	49.0	10.57	54.30	0.08	1.57	0.57
0.5-1-1	6.1	0.08	47.0	9.45	46.17	0.02	1.27	0.63
2-1-1	6.0	0.14	53.3	7.26	53.50	0.00	1.62	1.03
1-0-1	6.0	0.12	47.3	8.76	50.64	0.00	1.67	0.69
1-0.5-1	5.9	0.09	40.0	12.83	50.87	0.00	1.25	0.60
1-2-1	5.9	0.08	46.7	8.07	47.54	0.01	1.16	0.55
1-1-0	6.0	0.04	38.0	8.95	46.51	0.03	1.03	0.59
1-1-0.5	6.0	0.05	32.3	7.21	42.27	0.01	0.86	0.57
1-1-2	5.9	0.06	35.0	6.00	39.41	0.00	0.63	0.55

(2) 튜립 'Kees Nelis'의 지상부 및 구근생육

튜립 'Kees Nelis'의 자구(구둘레 6cm)를 전남 신안군 임자도의 사양토에 식재한 후 이듬해 생식생장기인 4월 5일에 N, P, K를 13개 처리로 추비 처리하여 지상부의 생육을 조사한 결과는 표 52에 나타나 있다. 초장은 전반적으로 13개 처리 간 22.2~24.0cm로 통계적인 차이가 없었다. 엽수와 엽장의 경우에도 모든 처리에서 각각 3.0~32.3개와 10.1~11.8cm로 통계적인 차이는 없었다. 엽폭은 1-2-1과 1-1-2 처리에서 5.6~5.7cm로 가장 작았으며, 2-2-2 처리에서 6.8cm로 가장 길었다. 꽃의 생장에서는 0.5-1-1, 2-1-1, 1-0-1, 1-1-0, 1-1-2 처리구에서 화경과 화폭이 가장 작았다.

튤립 'Kees Nelis'의 자구(구둘레 6cm)를 전남 신안군 임자도의 사양토에 식재한 후 이듬해 생식생장기인 4월 5일에 N, P, K를 13개 처리로 추비 처리하여 6월 2일에 구근을 수확하여 생육을 조사한 결과는 표 53에 나타나 있다. 주구의 직경은 2-2-2 처리구에서 25.6mm로 가장 길었으며, 2-1-1, 1-2-1, 1-1-0.5 처리구에서 20.3~20.8mm로 짧았다. 구고의 경우에도 2-1-1, 1-2-1, 1-0-1, 1-1-0.5 처리구에서 다른 처리들 보다 짧았다. 주구의 둘레는 2-2-2 처리에서 7.7cm로 다른 처리들보다 길었으며, 2-1-1, 1-1-0 처리에서 6.2~6.3cm로 짧았다. 주구의 무게의 경우에도 2-2-2 처리에서 8.4g으로 가장 무거웠으며, 2-1-1, 1-0-1, 1-2-1 처리에서 4.5~4.7g으로 가벼웠다. 총 구근 무게에서도 2-2-2 처리에서 9.7g으로 다른 처리들 보다 무거웠다(그림 29). 따라서 튤립 'Kees Nelis'의 경우에도 'Dynasty' 품종와 동일하게 구근 비대를 위해서는 생식생장기에 2-2-2의 배율로 시비하는 것이 가장 효과적인 것으로 나타났다.

튤립 'Kees Nelis'의 구근을 수확한 후 토양을 채취하여 토양화학성을 조사하였다(표 54). 토양 pH는 0-0-0 처리구에서 6.8로 가장 높았으며, 다른 처리구에서는 5.9~6.4의 범위를 보여 주었다. 토양의 EC는 2-2-2 처리구에서 0.17dS/m로 가장 높았으며, 1-1-1과 1-0-1 처리에서도 0.12dS/m로 높게 나타났다.

Table 52. Effect of N, P, and K treatment as additional fertilizer on shoot growth in reproductive growth period of tulip 'Kees Nelis'.

Treatment of additional fertilizer (N-P-K)	Plant height (cm)	Number of leaves	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	Flower diameter (cm)	Flower length (cm)
0-0-0	24.0 a ^z	3.3 a	10.9 a	6.7 a	57.4 ab	51.3 ab
0.5-0.5-0.5	22.2 a	3.0 a	10.1 a	7.0 a	55.5 abc	52.9 a
1-1-1	23.9 a	3.1 a	11.5 a	6.6 a	54.8 abc	48.0 ab
2-2-2	23.8 a	3.2 a	11.5 a	6.8 a	52.5 abc	49.6 ab
0-1-1	22.8 a	3.1 a	10.7 a	6.6 a	52.1 abc	49.1 ab
0.5-1-1	23.5 a	3.1 a	10.8 a	6.7 a	51.2 bc	46.6 b
2-1-1	22.7 a	3.0 a	11.7 a	6.3 ab	49.2 c	46.8 b
1-0-1	22.4 a	3.0 a	11.4 a	6.3 ab	50.7 c	46.7 b
1-0.5-1	22.8 a	3.0 a	10.8 a	6.2 ab	53.3 abc	47.4 ab
1-2-1	22.7 a	3.0 a	10.1 a	5.7 b	51.2 bc	47.1 ab
1-1-0	22.7 a	3.0 a	11.7 a	6.3 ab	50.8 c	45.9 b
1-1-0.5	23.2 a	3.0 a	11.8 a	6.4 ab	58.1 a	48.7 ab
1-1-2	23.1 a	3.0 a	10.2 a	5.6 b	51.5 bc	46.0 b

^zMean separation within column by Duncan's multiple range test at 5% level.

Table 53. Effect of N, P, and K treatment as additional fertilizer on bulb growth in reproductive growth period of tulip 'Kees Nelis'.

Treatment of additional fertilizer (N-P-K)	Main bulb				Total weight of bulbs (g)	Number of bulbs
	Diameter (mm)	Height (mm)	Circumference (cm)	Weight (g)		
0-0-0	21.7 bc ^z	30.8 ab	6.7 bc	5.5 bc	6.8 abc	1.4 a
0.5-0.5-0.5	24.3 ab	31.9 a	7.2 ab	7.4 ab	8.9 ab	1.4 a
1-1-1	22.1 bc	30.3 ab	6.7 bc	7.0 ab	7.6 abc	1.5 a
2-2-2	25.6 a	33.8 a	7.7 a	8.4 a	9.7 a	1.4 a
0-1-1	23.2 abc	31.7 a	7.0 abc	6.4 abc	8.6 abc	1.1 a
0.5-1-1	22.9 abc	31.3 a	6.9 abc	6.3 abc	7.2 abc	1.0 a
2-1-1	20.8 c	29.6 b	6.2 c	4.6 c	5.8 bc	1.4 a
1-0-1	22.0 bc	29.2 b	6.3 bc	4.7 c	5.4 c	0.9 a
1-0.5-1	21.7 bc	30.8 ab	6.6 bc	5.5 bc	6.2 bc	0.9 a
1-2-1	20.3 c	29.4 b	6.3 bc	4.5 c	5.2 c	1.4 a
1-1-0	20.6 c	28.9 b	6.3 c	5.1 bc	5.9 bc	1.2 a
1-1-0.5	21.9 bc	30.5 ab	6.6 bc	5.6 bc	6.3 bc	0.9 a
1-1-2	21.6 bc	29.4 b	6.6 bc	5.4 bc	6.1 bc	0.6 a

^zMean separation within column by Duncan's multiple range test at 5% level.

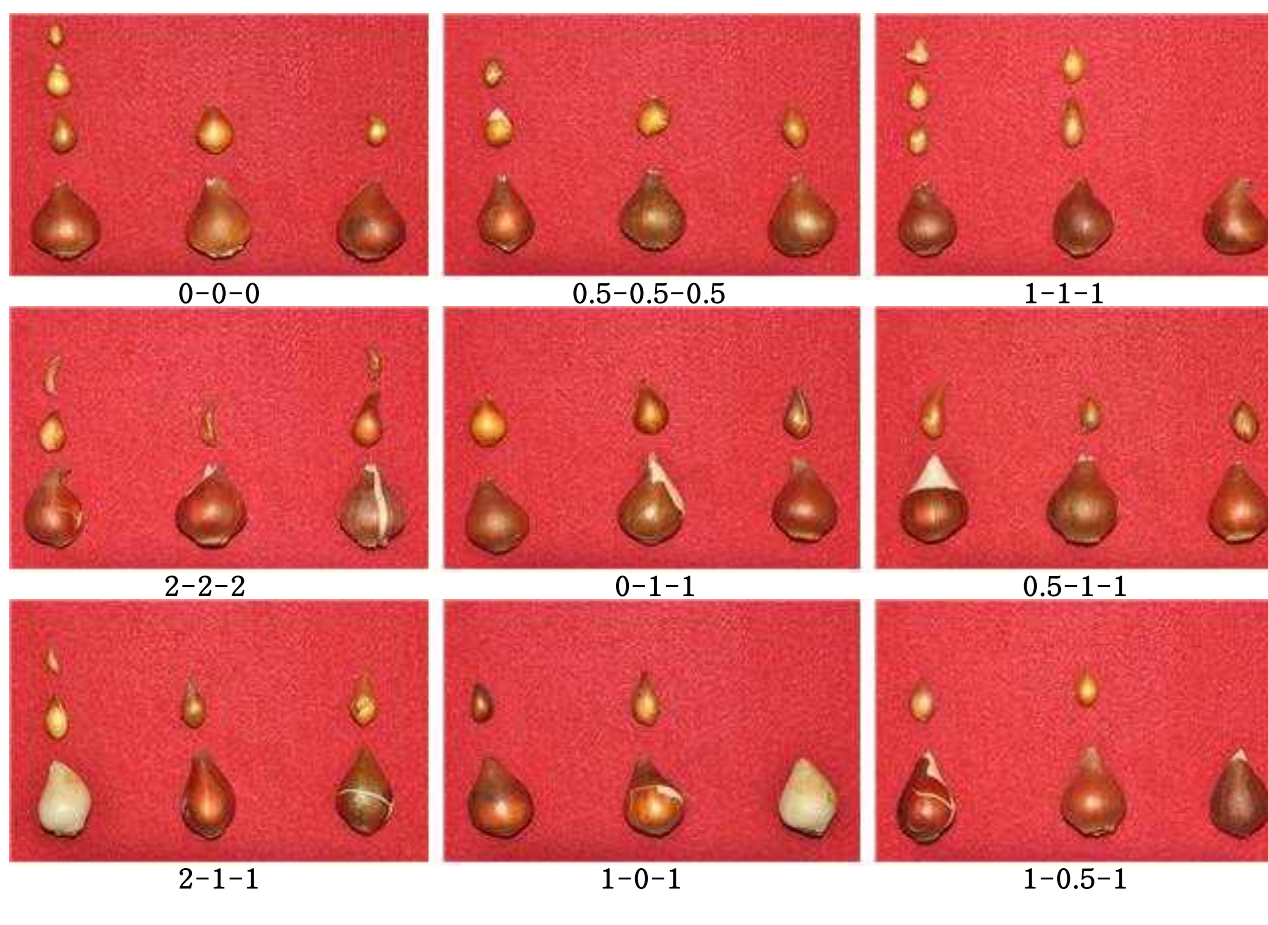




Fig. 29. Bulb growth according to N, P, and K treatment as additional fertilizer in reproductive growth period of tulip 'Kees Nelis'.

Table 54. Effect of N, P, and K treatment as additional fertilizer on soil chemical properties in reproductive growth period of tulip 'Kees Nelis'.

Treatment of additional fertilizer (N-P-K)	pH (1:5)	EC (dS/m)	OM (g/kg)	NO ₃ -N (mg/kg)	P ₂ O ₅ (mg/kg)	Exchange cation (cmol ⁺ /kg)		
						K	Ca	Mg
0-0-0	6.8	0.08	42.3	12.47	76.99	0.15	2.37	0.72
0.5-0.5-0.5	6.4	0.08	42.0	13.31	70.92	0.08	2.40	0.70
1-1-1	6.2	0.12	46.7	17.12	71.03	0.05	2.64	0.72
2-2-2	6.1	0.17	54.3	11.82	71.15	0.05	2.31	0.65
0-1-1	6.2	0.10	51.7	14.34	69.66	0.08	2.25	0.68
0.5-1-1	6.1	0.08	44.3	27.81	69.89	0.04	2.08	0.73
2-1-1	6.0	0.14	46.0	17.08	71.95	0.06	2.22	0.70
1-0-1	6.0	0.12	43.3	14.40	66.91	0.02	1.98	0.58
1-0.5-1	5.9	0.09	45.0	8.84	68.51	0.02	2.27	0.67
1-2-1	5.9	0.08	41.3	10.00	84.44	0.03	2.64	0.75
1-1-0	6.0	0.04	33.0	9.74	63.70	0.05	2.13	0.68
1-1-0.5	6.0	0.05	28.3	11.45	58.77	0.02	2.13	0.65
1-1-2	5.9	0.06	29.0	13.97	54.76	0.02	2.00	0.65

(3) 튜립 'Red Shine'의 지상부 및 구근생육

튜립 'Red Shine'의 자구(구둘레 6cm)를 전남 신안군 임자도의 사양토에 식재한 후 이듬해 생식생장기인 4월 5일에 N, P, K를 13개 처리로 추비 처리하여 지상부의 생육을 조사한 결과는 표 55에 나타나 있다. 초장은 1-2-1, 1-1-0, 1-1-0.5, 1-1-2 처리구에서 8.3~9.0cm로 작았으며, 2-2-2 처리구에서 11.0cm로 가장 길었다. 엽수는 1-1-2 처리구에서 1.5개로 가장 적었으며, 다른 처리들은 2.4~3.6개로 통계적인 차이가 없었다. 엽 생장은 0.5-1-1, 2-1-1, 1-0-1, 1-0.5-1 처리구에서 엽장과 엽폭이 가장 양호하였다. 화경과 화폭 등의 꽃의 생장은 모든 처리구들에서 통계적인 차이가 없었다.

튤립 'Red Shine'의 자구(구둘레 6cm)를 전남 신안군 임자도의 사양토에 식재한 후 이듬해 생식생장기인 4월 5일에 N, P, K를 13개 처리로 추비 처리하여 6월 2일에 구근을 수확하여 생육을 조사한 결과는 표 56에 나타나 있다. 주구의 직경은 1-0-1 처리구에서 32.8mm로 가장 길었으며 통계적으로도 유의성이 인정되었고, 다른 처리들은 22.6~25.0mm로 짧았다. 구근의 경우에는 모든 처리구에서 29.3~33.2mm로 나타나 처리 간에 통계적인 차이가 없었다. 주구의 둘레는 1-0-1 처리에서 7.9cm로 다른 처리들보다 길었으나 통계적인 차이는 없었다. 주구의 무게나 총 구근의 무게의 경우에는 0.5-0.5-0.5와 0.5-1-1 처리에서 가장 가벼웠으며, 다른 처리 간에는 통계적인 차이가 없었다(그림 30). 따라서 튤립'Red Shine'는 구근 비대를 위해서는 생식생장기에 1-0-1의 비율로 시비하는 것이 가장 효과적인 것으로 나타났다. 이전의 실험에서 'Dynasty'와 'Kees Nelis' 품종에서는 2-2-2 처리에서 구근 비대가 효과적이었는데, 이러한 결과 차이는 서로 다른 계통 간의 차이 때문인 것으로 판단된다.

튤립 'Red Shine'의 구근을 수확한 후 토양을 채취하여 토양화학성을 조사하였다(표 57). 토양 pH는 0-0-0 처리구에서 6.9로 가장 높았으며, 1-1-2 처리구에서 5.8로 가장 낮게 나타났다. 토양의 EC는 2-1-1 처리구에서 0.13dS/m로 가장 높았고, 1-1-0.5 처리구에서 0.60 dS/m로 가장 낮았다.

Table 55. Effect of N, P, and K treatment as additional fertilizer on shoot growth in reproductive growth period of tulip 'Red Shine'.

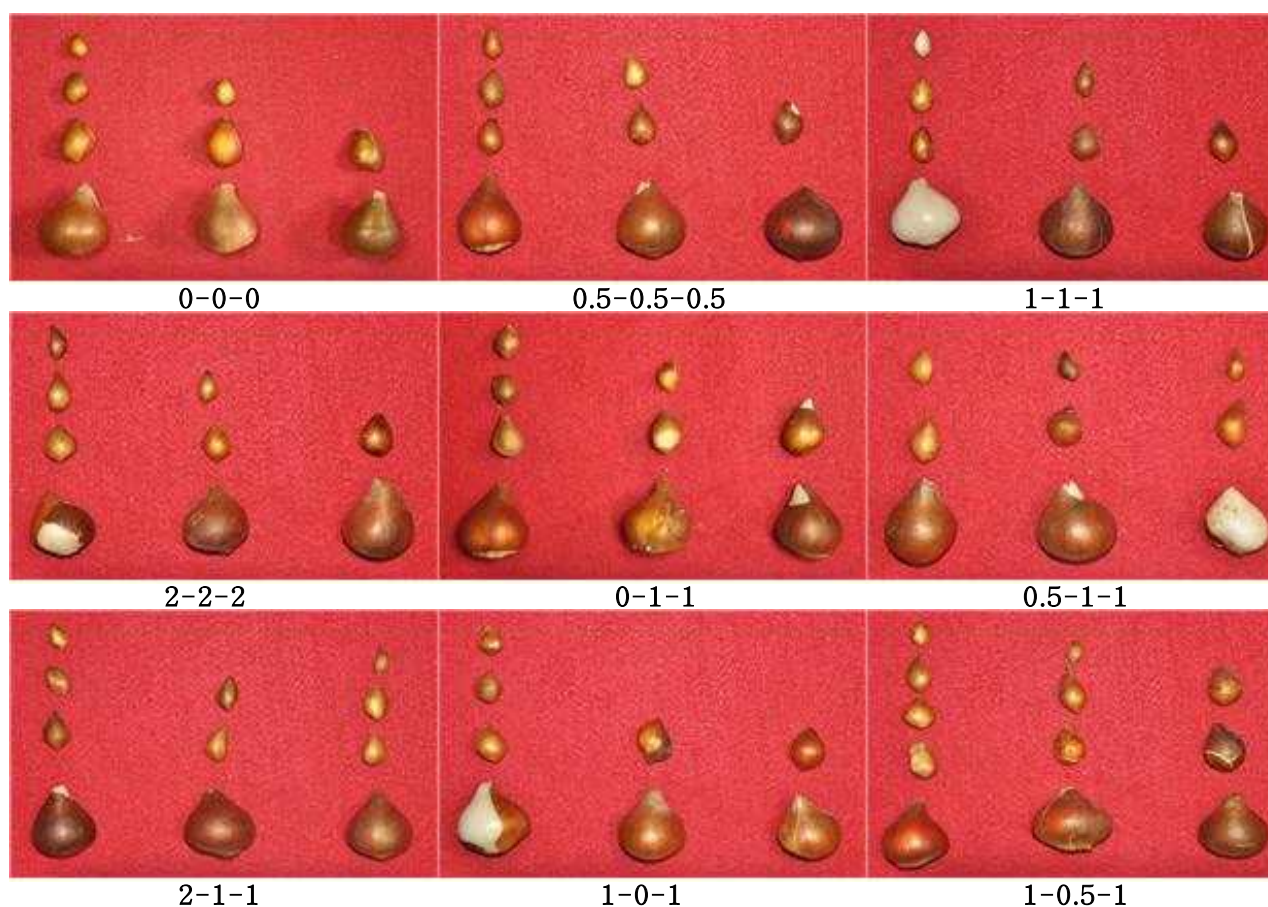
Treatment of additional fertilizer (N-P-K)	Plant height (cm)	Number of leaves	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	Flower diameter (cm)	Flower length (cm)
0-0-0	9.9 abc ^z	3.6 a	9.6 b	5.2 c	40.0 a	33.2 a
0.5-0.5-0.5	10.2 ab	3.6 a	9.0 b	5.8 bc	38.0 a	29.8 a
1-1-1	10.3 ab	3.5 a	10.2 a	6.0 bc	37.3 a	28.7 a
2-2-2	11.0 a	3.5 a	10.2 a	6.0 bc	37.0 a	29.9 a
0-1-1	10.8 a	3.3 a	10.4 a	5.9 bc	36.0 a	27.6 a
0.5-1-1	9.7 abcd	2.9 ab	10.8 a	7.2 a	39.5 a	27.0 a
2-1-1	9.5 abcd	3.5 a	11.2 a	6.4 ab	35.0 a	27.0 a
1-0-1	9.5 abcd	3.1 a	10.8 a	6.3 ab	38.6 a	26.6 a
1-0.5-1	9.4 abcd	3.1 a	11.1 a	6.4 ab	39.3 a	31.4 a
1-2-1	8.5 cd	2.5 ab	11.1 a	6.3 ab	38.9 a	33.0 a
1-1-0	9.0 bcd	2.4 ab	11.1 a	5.7 bc	39.8 a	34.7 a
1-1-0.5	8.8 bcd	2.5 ab	9.9 ab	5.8 bc	39.6 a	34.7 a
1-1-2	8.3 d	1.5 b	10.2 a	5.8 bc	38.3 a	35.6 a

^zMean separation within column by Duncan's multiple range test at 5% level.

Table 56. Effect of N, P, and K treatment as additional fertilizer on bulb growth in reproductive growth period of tulip 'Red Shine'.

Treatment of additional fertilizer (N-P-K)	Main bulb				Total weight of bulbs (g)	Number of bulbs
	Diameter (mm)	Height (mm)	Circumference (cm)	Weight (g)		
0-0-0	24.2 b ^z	30.7 a	7.6 a	7.3 ab	10.5 ab	2.2 abc
0.5-0.5-0.5	24.2 b	30.8 a	7.4 a	5.8 b	8.9 ab	2.2 abc
1-1-1	24.0 b	31.3 a	7.5 a	7.0 ab	10.0 ab	2.3 abc
2-2-2	24.3 b	29.3 a	7.1 a	7.5 ab	7.9 ab	2.3 abc
0-1-1	23.6 b	31.0 a	7.6 a	7.0 ab	10.8 ab	2.5 ab
0.5-1-1	22.6 b	29.6 a	7.3 a	5.6 b	7.9 b	2.0 bc
2-1-1	24.8 b	32.0 a	7.7 a	7.5 ab	11.6 a	2.9 a
1-0-1	32.8 a	31.8 a	7.9 a	8.3 a	11.3 ab	2.2 abc
1-0.5-1	24.8 b	32.1 a	7.7 a	7.7 a	11.6 a	2.7 ab
1-2-1	22.8 b	30.3 a	7.2 a	6.5 ab	9.3 ab	2.3 abc
1-1-0	24.5 b	33.2 a	7.7 a	7.8 a	11.2 ab	2.4 ab
1-1-0.5	23.3 b	31.0 a	7.4 a	6.6 ab	10.7 ab	2.6 ab
1-1-2	25.0 b	29.6 a	7.3 a	6.8 ab	9.1 ab	1.6 c

^zMean separation within column by Duncan's multiple range test at 5% level.



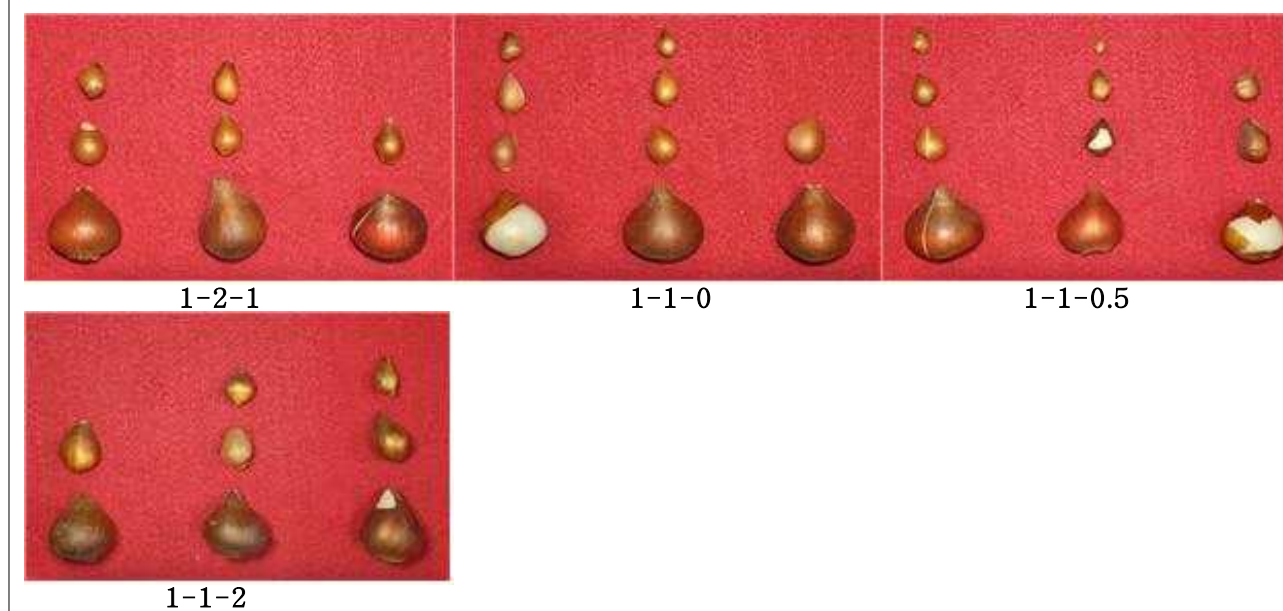


Fig. 30. Bulb growth according to N, P, and K treatment as additional fertilizer in reproductive growth period of tulip 'Red Shine'.

Table 57. Effect of N, P, and K treatment as additional fertilizer on soil chemical properties in reproductive growth period of tulip 'Red Shine'.

Treatment of additional fertilizer (N-P-K)	pH (1:5)	EC (dS/m)	OM (g/kg)	NO ₃ -N (mg/kg)	P ₂ O ₅ (mg/kg)	Exchange cation (cmol ⁺ /kg)		
						K	Ca	Mg
0-0-0	6.9	0.86	46.3	0.00	53.62	2.81	2.62	0.89
0.5-0.5-0.5	6.8	0.08	51.0	0.00	53.27	0.14	2.44	0.84
1-1-1	6.4	0.08	60.3	5.44	59.57	0.02	2.43	0.82
2-2-2	6.2	0.08	61.7	7.69	57.40	0.03	2.32	0.85
0-1-1	6.8	0.07	48.3	0.00	54.65	0.12	2.01	0.79
0.5-1-1	6.3	0.08	46.7	0.62	43.76	0.12	1.93	1.26
2-1-1	6.1	0.09	45.0	3.12	51.67	0.04	1.99	0.79
1-0-1	6.1	0.07	38.0	8.39	44.11	0.02	1.81	1.22
1-0.5-1	6.1	0.07	39.3	6.91	51.44	0.03	1.80	0.84
1-2-1	6.0	0.07	32.7	5.35	40.10	0.05	1.48	0.86
1-1-0	5.9	0.05	32.7	6.23	32.99	0.02	1.01	0.91
1-1-0.5	5.8	0.07	25.7	11.28	32.42	0.02	0.75	0.55
1-1-2	5.5	0.07	25.3	5.82	29.90	0.07	0.69	0.82

4) 튜립 소자구 비대를 위한 종합 시비조건 (5차년도 실험)

(1) 구근 수확 후 시비방법에 따른 토양화학성

튜립 구근을 수확한 후 토양화학성을 분석한 결과 표 58과 같다. pH는 전체적으로 6.1~6.8이었고, EC는 기비와 추비를 모두 시비 처리에서 0.10 dS/m로 가장 높았다. NO₃-N는 추비를 시비한 처리에서 20.31~29.34 mg/kg으로 높게 나타났으며, 전체적으로 기비와 추비를 모두 시비한 처리에서 비료 성분들이 높았다.

Table 58. Changes in chemical properties of the soil used by fertilization method in this experiment.

Fertilization method (Basal / Additional)	pH (1:5)	EC (dS/m)	OM (g/kg)	NO ₃ -N (mg/kg)	P ₂ O ₅ (mg/kg)	Exchange cation (cmol ⁺ /kg)		
						K	Ca	Mg
X/X	6.8	0.06	48.67	10.91	77.45	0.02	1.48	0.74
X/O	6.3	0.08	55.00	20.31	64.18	0.06	1.69	0.86
O/X	6.2	0.06	40.33	10.00	94.50	0.04	1.56	0.75
O/O	6.1	0.10	55.67	29.34	78.83	0.08	2.19	0.84

(2) 종합 시비방법에 따른 구근 생육

튜립 'Come back' 구근을 수확하여 생육을 조사한 결과는 표 59와 같다. 시비를 하지 않은 처리구에서 구근의 직경, 구고, 구둘레, 구무게 등 전체적으로 구근 생육이 불량하였다. 반면에 추비와 기비+추비 처리구에서 구근 생육이 좋았다 (그림 31).

Table 59. Effect of general fertilization method on bulb growth in tulip 'Come back'.

Fertilization method (Basal / Additional)	Main bulb				Total weight of bulbs (g)	Number of bulbs
	Diameter (mm)	Height (mm)	Circumference (cm)	Weight (g)		
X/X	14.3 b	17.5 b	4.4 b	1.5 b	1.6 b	0.2 ab
X/O	15.1 a	19.2 a	4.7 a	2.0 a	2.1 a	0.1 b
O/X	13.9 b	17.3 b	4.4 b	1.6 b	1.6 b	0.0 b
O/O	14.7 ab	19.1 a	4.5 ab	1.9 a	2.2 a	0.3 a



Fig. 31. Bulb growth by general fertilization method in tulip 'Come back'.

다. 튤립 구근 비대를 위한 적정 관수조건 구명

1) 영양생장기 적정 관수조건 (2년차 실험)

(1) 토양 화학성 분석

본 실험에 사용된 토양의 화학성을 분석한 결과는 표 60과 같다. 토양 pH는 6.86, EC는 0.06ds/m이었으며, 토양 유기물은 2.9g/kg으로 일반적인 토양에 비해 약간 적은 편이었다. NO₃-N은 0.77mg/kg, P₂O₅는 23.89mg/kg, K 0.04, Ca 1.20, Mg 1.52cmol⁺/kg, CEC는 4.83me/100g이었다.

Table 60. Chemical properties of the soil used in this experiment.

pH (1:5)	EC (dS/m)	O.M. (g/kg)	NO ₃ -N (mg/kg)	P ₂ O ₅ (mg/kg)	Exchange cation (cmol ⁺ /kg)			CEC (me/100g)
					K	Ca	Mg	
6.86	0.06	2.9	0.77	23.89	0.04	1.20	1.52	4.84

(2) 관수수준에 따른 지상부와 구근 생육

튤립 'Negrita' 품종의 구근을 식재 한 후 출엽부터 영양생장기의 적정 관수량을 알아보기 위해 3월 1일부터 3월 31일까지 한 달간 1m²당 1, 2, 3, 4, 5L를 자동 관수되도록 처리하였고, 지상부의 생육을 조사한 결과는 표 61과 같다. 초장, 화폭, 및 화장은 관수수준에 따른 통계적인 차이는 없었다. 엽수는 4L 처리에서 4.3개로 가장 많았으며, 엽장과 엽폭은 1~2L 처리보다는 3~5L 처리에서 양호한 것으로 나타났다. 개화율은 관수량이 적은 1L 처리에서 69.2%로 가장 낮았으며, 다른 처리에서는 80.9~77.7%로 높게 나타났다.

튤립 'Negrita' 품종의 구근을 식재 한 후 출엽부터 영양생장기의 적정 관수량을 알아보기 위해 3월 1일부터 3월 31일까지 한 달간 1m²당 1, 2, 3, 4, 5L를 자동 관수되도록 처리하였고, 구근의 생육을 조사한 결과는 표 62와 같다. 전반적으로 관수수준에 따른 처리간 주구의 직경, 구고, 구둘레, 자구수는 통계적으로 차이가 없었다. 주구의 구중과 전체 구중은 관수량이 1L로 적거나 5L로 많이 관수된 처리에서 가장 가벼웠으며, 2~4L 처리간에는 통계적으로 차이가 없는 것으로 나타났다. 따라서 튤립 'Negrita' 품종은 영양생장기에 1m²당 3L를 관수하는 것이 지상부 및 구근의 생육을 위해 효과적인 것으로 판단되었다.

Table 61. Effect of irrigation level on shoot growth during vegetative growth (between 1 and 31 March) in tulip 'Negrita'.

Irrigation level (L · m ⁻²)	Plant height (cm)	Number of leaves	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	Flower diameter (cm)	Flower length (cm)	Percent flowering (%)
1	32.7 a ^z	4.0 b	14.5 b	8.0 c	6.9 a	6.7 a	69.2 b
2	32.4 a	3.9 b	14.8 b	8.3 b	6.8 a	7.3 a	79.5 a
3	32.3 a	4.0 b	20.4 a	8.9 ab	6.1 a	6.9 a	77.7 ab
4	32.4 a	4.3 a	16.6 ab	8.8 ab	6.7 a	7.3 a	79.8 a
5	31.1 a	4.1 b	16.1 ab	9.3 a	6.2 a	6.9 a	80.9 a

^zMean separation within column by Duncan's multiple range test at 5% level.

Table 62. Effect of irrigation level on bulb growth during vegetative growth (between 1 and 31 March) tulip 'Negrita'.

Irrigation level (L · m ⁻²)	Main bulb				Total weight of bulbs (g)	Number of bulbs
	Diameter (mm)	Height (mm)	Circumference (cm)	Weight (g)		
1	33.4 a ^z	39.8 a	11.0 a	16.8 b	19.8 b	1.9 a
2	33.6 a	39.6 a	11.1 a	19.2 a	23.7 a	1.9 a
3	34.7 a	40.2 a	11.4 a	19.9 a	22.6 a	1.8 a
4	34.6 a	40.5 a	11.3 a	20.7 a	24.8 a	1.7 a
5	33.7 a	38.6 a	11.0 a	17.8 b	21.3 ab	2.0 a

^zMean separation within column by Duncan's multiple range test at 5% level.

튤립 'Leen van der Mark' 품종의 구근을 식재 한 후 출엽부터 영양생장기의 적정 관수량을 알아보기 위해 3월 1일부터 3월 31일까지 한 달간 1m²당 1, 2, 3, 4, 5L를 자동 관수되도록 처리하였고, 지상부의 생육을 조사한 결과는 표 63과 같다. 전반적으로 초장, 엽수, 엽장, 화폭은 관수수준에 따른 통계적인 차이는 없었다. 그러나 엽폭은 관수량이 많을수록 작았으며, 1~3L처리에서는 통계적인 차이는 없었다. 개화율에 있어서도 관수량이 가장 많은 5L 처리에서 42.7%로 가장 낮았으며, 1~4L 처리간에는 통계적인 차이는 없었다.

튤립 'Leen van der Mark' 품종의 구근을 식재 한 후 출엽부터 영양생장기의 적정 관수량을 알아보기 위해 3월 1일부터 3월 31일까지 한 달간 1m²당 1, 2, 3, 4, 5L를 자동 관수되도록 처리하였고, 구근의 생육을 조사한 결과는 표 64와 같다. 전반적으로 관수수준에 따른 처리간 주구의 직경, 구고, 자구수는 통계적으로 차이가 없었다. 그러나 주구의 구둘레와 구중, 전체 구중은 관수량이 많았던 5L 처리구에서 가장 불량한 것으로 나타났다. 관수량이 1m²당 1~4L 처리에서는 처리간 통계적인 차이는 없었으나, 4L 처리에서 구근 생육이 좋은 경향을 보여 주었다. 따라서 튤립 'Leen van der Mark' 품종은 영양생장기에 1m²당 3~4L를 관수하는 것이 지상부 및 구근의 생육을 위해 효과적일 것으로 판단되었다.

Table 63. Effect of irrigation level on shoot growth during vegetative growth (between 1 and 31 March) in tulip 'Leen van der Mark'.

Irrigation level (L · m ⁻²)	Plant height (cm)	Number of leaves	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	Flower diameter (cm)	Flower length (cm)	Percent flowering (%)
1	23.5 a ^z	3.3 a	12.2 a	7.3 a	5.8 a	5.5 ab	51.9 a
2	24.5 a	3.6 a	11.5 a	6.8 ab	5.9 a	5.5 ab	45.3 a
3	25.4 a	3.2 a	12.5 a	6.2 ab	6.0 a	5.7 a	46.7 a
4	22.9 a	3.6 a	12.7 a	6.0 b	5.8 a	5.3 b	60.9 a
5	23.2 a	3.4 a	11.4 a	5.9 b	5.5 a	5.5 ab	42.7 b

^zMean separation within column by Duncan's multiple range test at 5% level.

Table 64. Effect of irrigation level on bulb growth during vegetative growth (between 1 and 31 March) in tulip 'Leen van der mark'.

Irrigation level (L · m ⁻²)	Main bulb				Total weight of bulbs (g)	Number of bulbs
	Diameter (mm)	Height (mm)	Circumference (cm)	Weight (g)		
1	33.1 a ^z	35.8 a	11.0 a	15.58 a	17.3 a	1.1 a
2	32.9 a	35.8 a	11.1 a	14.18 a	16.3 ab	0.9 a
3	33.6 a	34.0 a	11.2 a	15.57 a	16.6 ab	0.8 a
4	33.9 a	36.9 a	11.3 a	16.83 a	18.3 a	0.9 a
5	31.8 a	35.6 a	10.7 b	13.96 b	15.8 b	1.0 a

^zMean separation within column by Duncan's multiple range test at 5% level.

튤립 'Hollandia' 품종의 구근을 식재 한 후 출엽부터 영양생장기의 적정 관수량을 알아보기 위해 3월 1일부터 3월 31일까지 한 달간 1m²당 1, 2, 3, 4, 5L를 자동 관수되도록 처리하였고, 지상부의 생육을 조사한 결과는 표 65와 같다. 전반적으로 초장, 화폭, 화장은 관수수준에 따른 통계적인 차이는 없었다. 그러나 엽수는 1L 처리에서 3.3개로 가장 많았고, 엽장 5L 처리에서 가장 작았으며 다른 처리에서는 통계적인 차이가 없었다. 화폭은 관수량이 적은 1L 처리에서 5.3cm로 가장 작았으며, 개화율은 1~2L 처리구에서 62.9~63.8%로 다른 과수 수준보다 높았다.

Table 65. Effect of irrigation level on shoot growth during vegetative (between 1 and 31 March) growth in tulip 'Hollandia'.

Irrigation level (L · m ⁻²)	Plant height (cm)	Number of leaves	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	Flower diameter (cm)	Flower length (cm)	Percent flowering (%)
1	29.8 a ^z	3.3 a	14.0 a	8.5 a	5.3 c	6.2 a	62.9 a
2	30.4 a	3.0 b	13.4 ab	8.0 a	6.3 a	6.4 a	63.8 a
3	28.9 a	3.0 b	13.7 ab	7.5 a	5.9 ab	6.4 a	58.5 b
4	29.0 a	3.1 b	13.3 ab	8.0 a	5.6 bc	6.0 a	59.6 b
5	28.8 a	3.0 b	12.1 b	8.4 a	6.4 a	6.2 a	60.6 b

^zMean separation within column by Duncan's multiple range test at 5% level.

튤립 'Hollandia' 품종의 구근을 식재 한 후 출엽부터 영양생장기의 적정 관수량을 알아보기 위해 3월 1일부터 3월 31일까지 한 달간 1m²당 1, 2, 3, 4, 5L를 자동 관수되도록 처리하였고, 구근의 생육을 조사한 결과는 표 66과 같다. 전반적으로 관수수준에 따른 처리간 주구의 직경, 구고, 자구수는 통계적으로 차이가 없었다. 그러나 주구의 구둘레는 관수량이 많았던 5L 처리구에서 11.9cm로 가장 불량했으며, 주구중의 경우에도 다른 처리에 비해 5L 처리구에서 20.92g으로 가장 가벼웠다. 또한 전체 구중에 있어서도 5L 처리에서 22.2g으로 가장 불량하였다 (그림 33). 따라서 'Hollandia' 품종은 지상부의 생육과 개화율 및 구근의 생육을 고려한다면 영양생장기에 1m²당 2L를 관수하는 것이 바람직할 것으로 판단되었다.

Table 66. Effect of irrigation level on bulb growth during vegetative growth (between 1 and 31 March) in tulip 'Hollandia'.

Irrigation level (L · m ⁻²)	Main bulb				Total weight of bulbs (g)	Number of bulbs
	Diameter (mm)	Height (mm)	Circumference (cm)	Weight (g)		
1	38.0 a ^z	40.5 a	12.7 a	23.07 a	26.0 a	1.6 a
2	36.8 a	38.7 a	12.3 a	21.22 ab	25.1 ab	1.5 a
3	37.4 a	38.6 a	12.3 a	21.63 ab	24.7 ab	1.5 a
4	37.4 a	41.3 a	12.2 a	21.27 ab	24.3 ab	1.3 a
5	36.2 a	39.1 a	11.9 b	20.92 b	22.2 b	1.1 a

^zMean separation within column by Duncan's multiple range test at 5% level.



Fig. 33. Bulb growth according irrigation level during vegetative growth(between 1 and 31 March) in tulip 'Negrita', 'Leen van der Mark', and 'Hollandia'.

2) 생식생장기(4월) 적정 관수조건 (3차년도 실험)

(1) 튜립 'Canasta'의 지상부 및 구근 생육

튜립 'Canasta'의 관수량 실험에 사용된 임자도 사양토의 화학적 특성은 표 67에 나타나 있다. 토양 pH는 5.3, EC 0.18dS/m, 유기물 함량 3.7g/kg, 질산태질소 15.8mg/kg, 인산 195.9mg/kg, 칼륨 0.04cmol⁺/kg, CEC 8.8cmol⁺/kg로 분석되었다. 전반적으로 산도와 EC는 작물 재배에 적합한 상태였으나, 인산 함량은 조금 높은 것으로 나타났다.

Table 67. Chemical properties of the soil used in irrigation experiment of tulip 'Canasta'.

pH (1:5)	EC (dS/m)	OM (g/kg)	NO ₃ -N (mg/kg)	P ₂ O ₅ (mg/kg)	Exchange cation (cmol ⁺ /kg)			CEC (cmol ⁺ /kg)
					K	Ca	Mg	
5.3	0.18	3.7	15.8	195.9	0.04	2.18	1.69	8.80

튜립 'Canasta'의 자구(구둘레 7cm)를 전남 신안군 임자도의 사양토에 식재한 후 이듬해 생식생장기인 4월 1일부터 4월 30일까지 1달간 1, 2, 3, 4, 5 L · m⁻²로 처리 한 후 지상부의 생육을 조사한 결과는 표 68에 나타나 있다. 초장, 엽수, 엽장, 화폭, 화경, 개화율 등은 관수량에 따른 처리 간의 통계적인 차이는 나타나지 않았다. 엽폭은 4 L · m⁻² 처리구에서 6.8cm로 가장 길었으며, 다른 처리구에서는 5.4~5.9cm로 작았다.

Table 68. Effect of irrigation level on shoot growth during vegetative growth stage(between April 1 and 30) in tulip 'Canasta'.

Irrigation level ($L \cdot m^{-2}$)	Plant height (cm)	Number of leaves	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	Flower diameter (cm)	Flower length (cm)	Percent flowering (%)
1	16.5 a ^z	3.5 a	13.0 a	5.9 b	4.9 a	5.5 a	46.4 a
2	16.2 a	3.7 a	12.9 a	5.9 b	5.5 a	5.6 a	52.7 a
3	16.7 a	3.3 a	13.0 a	5.4 b	5.4 a	5.7 a	51.2 a
4	15.6 a	4.0 a	13.1 a	6.8 a	5.3 a	6.1 a	51.2 a
5	15.7 a	3.3 a	13.2 a	5.8 b	5.4 a	5.9 a	57.8 a

^zMean separation within column by Duncan's multiple range test at 5% level.

튤립 'Canasta'의 자구(구둘레 7cm)를 전남 신안군 임자도의 사양토에 식재한 후 이듬해 생식생장기인 4월 1일부터 4월 30일까지 1달간 1, 2, 3, 4, 5 $L \cdot m^{-2}$ 로 처리 한 후 구근을 5월 24일에 수확하여 구근의 생육을 조사한 결과는 표 69에 나타나 있다. 주구의 직경은 2 $L \cdot m^{-2}$ 처리시 32.8mm로 가장 길었으며, 1과 5 $L \cdot m^{-2}$ 처리에서 29.7~30.0mm로 다른 처리에 비해 작은 것으로 나타났다. 주구의 구고, 구무게는 관수량 처리에 따른 처리 간 통계적인 차이는 없었다. 주구의 구둘레는 3 $L \cdot m^{-2}$ 와 4 $L \cdot m^{-2}$ 에서 9.0cm로 가장 양호한 결과를 보여 주었으며, 1 $L \cdot m^{-2}$ 처리구에서 8.8cm로 가장 작았다(그림 35). 따라서 튤립 'Canasta'는 생식생장기에 전반적으로 2~4 $L \cdot m^{-2}$ 처리에서 양호하였으나, 경제성을 고려한다면 2 $L \cdot m^{-2}$ 처리가 바람직할 것으로 판단되었다.

Table 69. Effect of irrigation level on bulb growth during vegetative growth stage(between April 1 and 30) in tulip 'Canasta'.

Irrigation level ($L \cdot m^{-2}$)	Main bulb				Total weight of bulbs (g)	Number of bulbs
	Diameter (mm)	Height (mm)	Circumference (cm)	Weight (g)		
1	29.7 b ^z	32.9 a	8.8 b	11.0 a	17.3 a	3.0 a
2	32.8 a	32.5 a	9.5 ab	12.8 a	21.0 a	2.9 a
3	32.2 ab	32.8 a	9.7 a	12.7 a	18.6 a	2.9 a
4	31.1 ab	32.7 a	9.7 a	11.8 a	18.6 a	2.8 a
5	30.0 b	30.6 a	9.2 ab	12.7 a	19.9 a	2.4 a

^zMean separation within column by Duncan's multiple range test at 5% level.



Fig. 35. Bulb growth according irrigation level during vegetative growth stage (between April 1 and 30 April) in tulip 'Canasta'.

(2) 튜립 'Red Shin'의 지상부 및 구근 생육.

튜립 'Red Shin'의 관수량 실험에 사용된 임자도 사양토의 화학적 특성은 표 70에 나타나 있다. 토양 pH는 5.5, EC 0.19dS/m, 유기물 함량 2.8g/kg, 질산태질소 7.6mg/kg, 인산 203.8mg/kg, 칼륨 0.01cmol⁺/kg, CEC 10.3cmol⁺/kg로 분석되었다. 전반적으로 산도와 EC는 작물 재배에 적합한 상태였으나, K 함량이 매우 낮았으며, 인산 함량은 높은 것으로 나타났다.

Table 70. Chemical properties of the soil used in irrigation experiment of tulip 'Red Shin'.

pH (1:5)	EC (dS/m)	OM (g/kg)	NO ₃ -N (mg/kg)	P ₂ O ₅ (mg/kg)	Exchange cation (cmol ⁺ /kg)			CEC (cmol ⁺ /kg)
					K	Ca	Mg	
5.5	0.19	2.8	7.6	203.8	0.01	2.95	1.37	10.34

튜립 'Red Shin'의 자구(구둘레 7cm)를 전남 신안군 임자도의 사양토에 식재한 후 이듬해 생식생장기인 4월 1일부터 4월 30일까지 1달간 1, 2, 3, 4, 5 L·m⁻²로 처리 한 후 지상부의 생육을 조사한 결과는 표 71에 나타나 있다. 초장은 1과 2 L·m⁻² 처리에서 35.0~36.1cm로 다른 처리에 비해 길었으며, 3~5 L·m⁻² 처리구에서 33.2~33.7cm로 짧은 것으로 나타났다. 엽장은 1~2 L·m⁻² 처리에서 14.9 ~15.0cm로 다른 처리에 비해 길었으며, 5 L·m⁻² 처리구에서 13.6cm로 가장 짧았다. 엽폭의 경우에도 1~2 L·m⁻² 처리에서 5.8~6.0cm로 길었으며, 5 L·m⁻² 처리구에서 5.4cm로 다른 처리에 비해 짧은 것으로 나타났다. 엽수, 화폭, 화경 등은 관수량 처리 간에는 통계적인 차이는 없었다. 따라서 튜립 'Red Shin'의 지상부 생육은 생식생장기에 1~2 L·m⁻²로 관수하는 것이 바람직할 것으로 판단되었다.

Table 71. Effect of irrigation level on shoot growth during vegetative growth stage (between April 1 and 30 April) in tulip 'Red Shin'.

Irrigation level (L·m ⁻²)	Plant height (cm)	Number of leaves	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	Flower diameter (cm)	Flower length (cm)	Percent flowering (%)
1	36.1 a ^z	3.5 a	14.9 a	5.8 a	6.9 a	7.5 a	7.8 a
2	35.0 a	3.4 a	15.0 a	6.0 a	7.1 a	7.7 a	5.6 a
3	33.6 b	3.7 a	14.5 ab	5.6 ab	7.0 a	7.5 a	5.6 a
4	33.7 b	3.6 a	13.8 ab	5.5 ab	7.1 a	7.8 a	5.3 a
5	33.2 b	3.2 a	13.6 b	5.4 b	7.1 a	7.5 a	5.6 a

^zMean separation within column by Duncan's multiple range test at 5% level.

튤립 'Red Shin'의 자구(구둘레 7cm)를 전남 신안군 임자도의 사양토에 식재한 후 이듬해 생식생장기인 4월 1일부터 4월 30일까지 1달간 1, 2, 3, 4, 5 L·m⁻²로 처리 한 후 구근을 5월 24일에 수확하여 구근의 생육을 조사한 결과는 표 72에 나타나 있다. 주구의 직경과 구고는 관수량 처리에 따른 처리 간 통계적인 차이는 없었다. 주구의 구둘레는 2 L·m⁻²에서 9.3cm로 가장 양호한 결과를 보여 주었으며, 1과 5 L·m⁻² 처리구에서 8.1~8.2cm로 작았다. 주구와 전체 구근의 무게에 있어서도 2 L·m⁻²가 가장 무거웠으며, 1과 5 L·m⁻² 처리구에서 가장 가벼운 것으로 나타났다(그림 36). 따라서 튤립 'Red Shin'은 생식생장기에 2 L·m⁻²로 관수하는 것이 구근 생육에 가장 효과적일 것으로 판단되었다.

Table 72. Effect of irrigation level on bulb growth during vegetative growth stage (between April 1 and 30) in tulip 'Red Shin'.

Irrigation level (L·m ⁻²)	Main bulb				Total weight of bulbs (g)	Number of bulbs
	Diameter (mm)	Height (mm)	Circumference (cm)	Weight (g)		
1	27.1 a ^z	37.5 a	8.2 b	10.5 b	14.3 b	2.2 b
2	30.7 a	36.7 a	9.3 a	14.1 a	20.8 a	3.8 a
3	27.2 a	36.8 a	8.6 ab	11.4 ab	16.1 b	2.9 ab
4	28.3 a	36.6 a	8.6 ab	11.8 ab	18.4 ab	3.2 ab
5	26.8 a	35.6 a	8.1 b	10.4 b	13.9 b	2.8 ab

^zMean separation within column by Duncan's multiple range test at 5% level.



Fig. 36. Bulb growth according irrigation level during vegetative growth stage (between April 1 and 30) in tulip 'Red Shin'.

(3) 튤립 'Kees Nelis'의 지상부 및 구근 생육.

튤립 'Kees Nelis'의 관수량 실험에 사용된 임자도 사양토의 화학적 특성은 표 73에 나타나 있다. 토양 pH는 5.7, EC 0.20dS/m, 유기물 함량 3.78g/kg, 질산태질소 6.7mg/kg, 인산 177.4mg/kg, 칼륨 0.00cmol⁺/kg, CEC 10.1cmol⁺/kg로 분석되었다. 전반적으로 산도와 EC는 작물 재배에 적합한 상태였으나, K이 전혀 함유되지 않았으며, 인산 함량은 높은 것으로 나타났다.

Table 73. Chemical properties of the soil used in irrigation experiment of tulip 'Kees Nelis'.

pH (1:5)	EC (dS/m)	OM (g/kg)	NO ₃ -N (mg/kg)	P ₂ O ₅ (mg/kg)	Exchange cation (cmol ⁺ /kg)			CEC (cmol ⁺ /kg)
					K	Ca	Mg	
5.7	0.20	3.7	6.7	177.4	0.00	2.42	1.60	10.12

튤립 'Kees Nelis'의 자구(구둘레 7cm)를 전남 신안군 임자도의 사양토에 식재한 후 이듬해 생식생장기인 4월 1일부터 4월 30일까지 1달간 1, 2, 3, 4, 5 L·m⁻²로 처리 한 후 지상부의 생육을 조사한 결과는 표 74에 나타나 있다. 초장은 다른 처리에 비해 5 L·m⁻² 처리에서 28.1cm로 가장 작았다. 엽장은 2 L·m⁻² 처리에서 13.7cm로 다른 처리에 비해 길었으며, 1과 5 L·m⁻² 처리구에서 12.3~12.7cm로 상대적으로 짧았다. 초장, 엽수, 엽폭, 화폭, 화경은 관수량에 따른 처리 간 통계적인 차이는 나타나지 않았다. 개화율은 관수량이 많은 4~5 L·m⁻² 처리구에서 87%로 다른 처리보다 낮았다. 따라서 튤립 'Kees Nelis'의 지상부 생육은 생식생장기에 2 L·m⁻²로 관수하는 것이 바람직할 것으로 판단되었다.

Table 74. Effect of irrigation level on shoot growth during vegetative growth stage(between 1 and 30 April) in tulip 'Kees Nelis'.

Irrigation level (L·m ⁻²)	Plant height (cm)	Number of leaves	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	Flower diameter (cm)	Flower length (cm)	Percent flowering (%)
1	30.0 a ^z	3.3 a	12.3 b	4.5 a	6.0 a	6.8 a	91.6 ab
2	29.8 a	3.3 a	13.7 a	4.3 a	6.2 a	7.1 a	91.3 ab
3	29.8 a	3.1 a	12.9 ab	4.2 a	6.0 a	6.7 a	93.8 a
4	30.2 a	3.3 a	13.2 ab	4.2 a	5.7 a	6.8 a	86.9 b
5	28.1 b	3.1 a	12.7 b	4.7 a	6.0 a	7.0 a	87.1 b

^zMean separation within column by Duncan's multiple range test at 5% level.

튤립 'Kees Nelis'의 자구(구둘레 7cm)를 전남 신안군 임자도의 사양토에 식재한 후 이듬해 생식생장기인 4월 1일부터 4월 30일까지 1달간 1, 2, 3, 4, 5 L·m⁻²로 처리 한 후 구근을 5월 24일에 수확하여 구근의 생육을 조사한 결과는 표 75에 나타나 있다. 주구의 직경은 모든 처리에서 27.2~29.0mm로 차이가 없었으며, 구고의 경우에도 35.7~36.7mm로 처리 간 통계적인 차이는 없었다. 주구의 구둘레는 3 L·m⁻²에서 8.6cm로 가장 길었으며, 관수량이 많은 4와 5 L·m⁻² 처리구에서 8.1cm로 다른 처리보다 작았다. 주구의 무게는 3 L·m⁻² 처리구에서 13.2g으로 가장 무거웠으며, 1과 5 L·m⁻² 처리구에서 10.3g으로 가장 가벼운 것으로 나타났다. 전체 구근 무게의 경우에도 2~4 L·m⁻² 처리구에서 14.4~15.4g으로 무거웠으며, 1 L·m⁻² 처리구에서 11.8g으로 다른 처리보다 가벼웠다(그림 37). 따라서 튤립 'Kees Nelis'은 생식생장기에 3 L·m⁻²로 관수하는 것이 구근 생육에 가장 효과적일 것으로 판단되었다.

Table 75. Effect of irrigation level on bulb growth during vegetative growth stage (between April 1 and 30) in tulip 'Kees Nelis'.

Irrigation level ($L \cdot m^{-2}$)	Main bulb				Total weight of bulbs (g)	Number of bulbs
	Diameter (mm)	Height (mm)	Circumference (cm)	Weight (g)		
1	27.9 a ^z	36.7 a	8.3 ab	10.3 b	11.8 b	2.1 a
2	27.8 a	36.1 a	8.3 ab	11.2 ab	14.9 a	1.6 ab
3	29.0 a	35.9 a	8.6 a	13.2 a	15.4 a	1.8 ab
4	27.2 a	36.6 a	8.1 b	11.0 ab	14.4 a	1.9 ab
5	27.5 a	35.7 a	8.1 b	10.3 b	12.9 ab	1.3 b

^zMean separation within column by Duncan's multiple range test at 5% level.



Fig. 37. Bulb growth according irrigation level during vegetative growth stage (between April 1 and 30) in tulip 'Kees Nelis'.

3) 낙화 후 구근비대기(5월) 적정 관수조건 (4차년도 실험)

(1) 튜립 'Character'의 구근 생육.

튜립 'Character'의 자구(구둘레 6cm)를 전남 신안군 임자도의 사양토에 식재한 후 이듬해 구근비대기인 5월에 1달 간 관수량을 $1m^2$ 당 1, 2, 3, 4, 5L로 처리한 후 구근을 수확하여 생육을 조사한 결과는 표 76에 나타나 있다. 주구의 직경은 $1 L \cdot m^{-2}$ 처리시 22.4mm로 가장 작았으며, 2~5 $L \cdot m^{-2}$ 처리에서 23.1~24.0mm로 상대적으로 양호하였다. 주구의 구고의 경우에도 $1 L \cdot m^{-2}$ 처리시 28.3mm로 가장 작았으며, 3~5 $L \cdot m^{-2}$ 처리에서 29.6~30.6mm로 상대적으로 길었다. 구 둘레는 3~5 $L \cdot m^{-2}$ 처리에서 7.0~7.2cm로 길었으나 통계적으로 차이는 없었다. 주구의 무게와 총 구근 무게는 3~5 $L \cdot m^{-2}$ 처리에서 각각 6.3~7.0g과 7.9~8.7g와 무거웠으며, $1 L \cdot m^{-2}$ 처리에서 각각 5.4g과 6.7g으로 가장 가벼웠다(그림 39). 따라서 튜립 'Canasta'는 구근 비대기인 5월에는 전반적으로 3~5 $L \cdot m^{-2}$ 처리에서 양호하였으나, 경제성을 고려한다면 3 $L \cdot m^{-2}$ 처리가 바람직할 것으로 판단되었다.

Table 76. Effect of irrigation level on bulb growth during bulb enlargement stage (between May 1 and May 31) in tulip 'Character'.

Irrigation level (L · m ⁻²)	Main bulb				Total weight of bulbs (g)	Number of bulbs
	Diameter (mm)	Height (mm)	Circumference (cm)	Weight (g)		
1	22.4 b ^z	28.3 b	6.8 a	5.4 b	6.7 b	1.9 a
2	23.1 a	29.2 ab	6.7 a	5.8 ab	7.3 ab	2.2 a
3	23.4 a	30.3 a	7.0 a	6.5 a	7.9 a	1.5 b
4	23.8 a	29.6 a	7.1 a	6.3 a	7.9 a	1.4 b
5	24.0 a	30.6 a	7.2 a	7.0 a	8.7 a	1.6 b

^zMean separation within column by Duncan's multiple range test at 5% level.

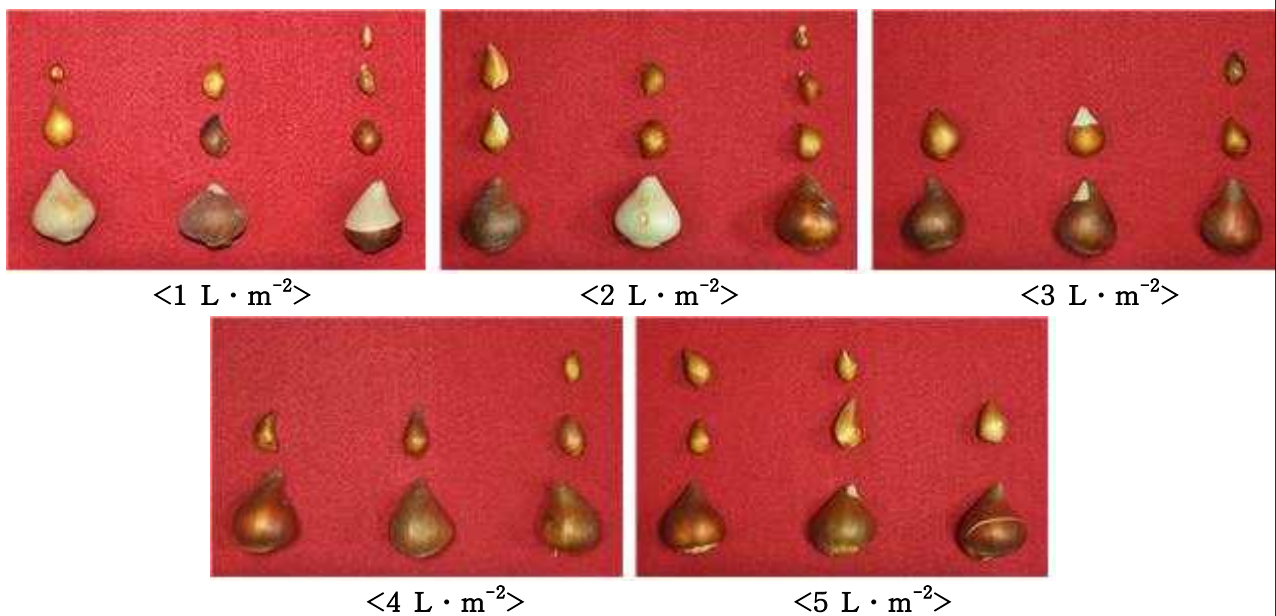


Fig. 39. Bulb growth according irrigation level during bulb enlargement stage (between May 1 and 31) in tulip 'Character'.

튤립 'Character'의 구근을 수확한 후 토양을 채취하여 토양화학성을 조사하였다 (표 77). 토양 pH는 전반적으로 6.0~6.3으로 별다른 차이가 없었으며, 토양 EC의 경우에도 모든 처리에서 0.06~0.08로 차이가 없었다.

Table 77. Effect of irrigation level on soil chemical properties during bulb enlargement stage (between May 1 and May 31) in tulip 'Character'.

Irrigation level (L · m ⁻²)	pH (1:5)	EC (dS/m)	OM (g/kg)	NO ₃ -N (mg/kg)	P ₂ O ₅ (mg/kg)	Exchange cation (cmol ⁺ /kg)		
						K	Ca	Mg
1	6.3	0.07	53.7	0.00	92.23	0.07	1.53	0.70
2	6.1	0.08	55.7	0.00	99.10	0.07	1.77	0.76
3	6.0	0.07	44.0	2.41	77.56	0.12	1.40	0.66
4	6.1	0.06	43.0	0.00	91.43	0.07	1.76	0.79
5	6.1	0.07	38.7	0.00	92.23	0.07	1.88	0.80

(2) 튜립 'Dynasty'의 구근 생육

튜립 'Dynasty'의 자구(구둘레 6cm)를 전남 신안군 임자도의 사양토에 식재한 후 이듬해 구근비대기인 5월에 1달 간 관수량을 1m²당 1, 2, 3, 4, 5L로 처리한 후 구근을 수확하여 생육을 조사한 결과는 표 78에 나타나 있다. 주구의 직경은 3 L·m⁻² 처리시 24.9mm로 가장 길었으며, 5 L·m⁻² 처리에서 21.1mm로 가장 짧았으며 통계적으로도 유의성이 나타났다. 주구의 구고와 구둘레는 관수량에 따라 별다른 차이가 없었다. 주구의 무게는 3 L·m⁻² 처리에서 6.0g으로 가장 무거웠고, 1, 2, 5 L·m⁻² 처리에서 각각 5.2, 5.3, 5.2g으로 가벼웠다(그림 40). 따라서 튜립 'Dynasty'는 구근비대기인 5월에는 3 L·m⁻²를 처리하는 것이 가장 효과적일 것으로 판단되었다.

튜립 'Dynasty'의 구근을 수확한 후 토양을 채취하여 토양화학성을 조사하였다(표 79). 토양 pH는 전반적으로 1 L·m⁻² 처리시 6.7로 가장 높았으며, 다른 처리에서는 6.1~6.3으로 낮게 나타났다. 토양 EC의 경우에는 모든 처리에서 0.09로 차이가 없었다.

Table 78. Effect of irrigation level on bulb growth during bulb enlargement stage(between May 1 and May 31) in tulip 'Dynasty'.

Irrigation level (L·m ⁻²)	Main bulb				Total weight of bulbs (g)	Number of bulbs
	Diameter (mm)	Height (mm)	Circumference (cm)	Weight (g)		
1	22.9 ab ^z	27.1 a	6.8 a	5.2 b	6.6 b	1.2 b
2	23.3 ab	27.8 a	6.9 a	5.3 b	7.8 a	1.8 a
3	24.9 a	28.9 a	7.0 a	6.0 a	7.9 a	2.0 a
4	23.3 ab	28.6 a	6.9 a	5.7 ab	7.7 a	1.6 ab
5	21.1 b	28.7 a	6.6 a	5.2 b	7.2 ab	2.0 a

^zMean separation within column by Duncan's multiple range test at 5% level.

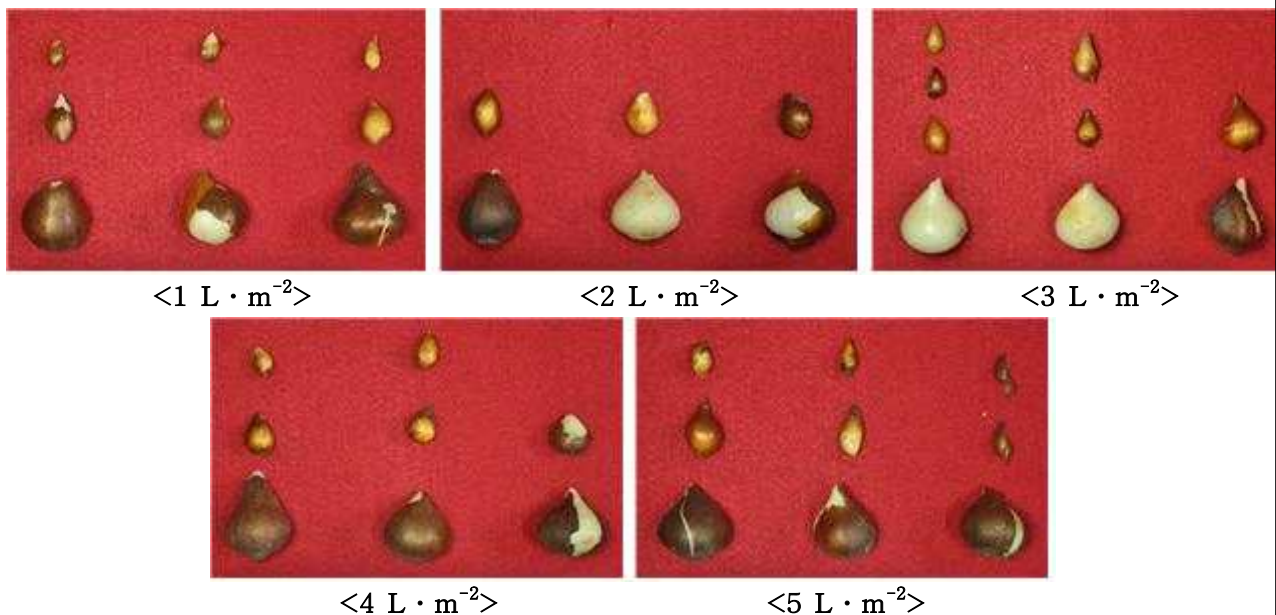


Fig. 40. Bulb growth according irrigation level during bulb enlargement stage (between May 1 and 31) in tulip 'Dynasty'.

Table 79. Effect of irrigation level on soil chemical properties during bulb enlargement stage (between May 1 and May 31) in tulip 'Dynasty'.

Irrigation level (L · m ⁻²)	pH (1:5)	EC (dS/m)	OM (g/kg)	NO ₃ -N (mg/kg)	P ₂ O ₅ (mg/kg)	Exchange cation (cmol ⁺ /kg)		
						K	Ca	Mg
1	6.7	0.09	72.3	11.96	84.90	0.03	2.14	0.71
2	6.4	0.09	71.7	7.65	100.02	0.05	1.80	0.81
3	6.2	0.09	58.3	8.73	75.16	0.05	2.16	0.71
4	6.2	0.09	59.7	17.66	81.34	0.04	2.34	1.13
5	6.1	0.09	52.7	11.37	90.74	0.04	2.40	1.30

(3) 튜립 'Van Eijk'의 구근 생육

튜립 'Van Eijk'의 자구(구둘레 6cm)를 전남 신안군 임자도의 사양토에 식재한 후 이듬해 구근비대기인 5월에 1달 간 관수량을 1m²당 1, 2, 3, 4, 5L로 처리한 후 구근을 수확하여 생육을 조사한 결과는 표 80에 나타나 있다. 주구의 직경은 2와 3 L · m⁻² 처리시 28.2~29.2mm로 가장 길었으며, 1 L · m⁻² 처리에서 25.8mm로 가장 짧았으며 통계적으로도 유의성이 나타났다. 주구의 구고는 2와 3 L · m⁻² 처리시 각각 30.4와 30.8mm로 가장 길었으며, 1 L · m⁻² 처리에서 27.6mm로 가장 짧았다. 주구의 구둘레는 2 L · m⁻² 처리에서 9.0cm로 가장 길었으나 다른 처리와 통계적인 차이는 없었다. 주구의 무게는 2와 3 L · m⁻² 처리에서 각각 11.6과 10.7g으로 가장 무거웠고, 1 L · m⁻² 처리에서 8.6g으로 가장 가벼웠다(그림 41). 총 구근 무게의 경우에도 2 L · m⁻² 처리에서 14.9g으로 가장 무거웠고, 1 L · m⁻² 처리에서 10.8g으로 가장 가벼웠다. 따라서 튜립 'Van Eijk'는 구근비대기인 5월에는 2~3 L · m⁻²를 처리하는 것이 가장 효과적일 것으로 판단되었다.

튜립 'Van Eijk'의 구근을 수확한 후 토양을 채취하여 토양화학성을 조사하였다(표 81). 토양 pH는 1 L · m⁻² 처리시 6.9로 가장 높았으며, 다른 처리에서는 6.3~6.4으로 낮게 나타났다. 토양 EC의 경우에는 모든 처리에서 0.08~0.10으로 차이가 없었다.

Table 80. Effect of irrigation level on bulb growth during bulb enlargement stage(between May 1 and May 31) in tulip 'Van Eijk'.

Irrigation level (L · m ⁻²)	Main bulb				Total weight of bulbs (g)	Number of bulbs
	Diameter (mm)	Height (mm)	Circumference (cm)	Weight (g)		
1	25.8 b ^z	27.6 b	8.7 a	8.5 b	10.8 b	2.0 a
2	29.2 a	30.4 a	9.0 a	11.6 a	14.9 a	2.1 a
3	28.2 a	30.8 a	8.7 a	10.7 ab	13.4 ab	1.9 a
4	27.3 ab	29.8 ab	8.5 a	9.7 ab	13.1 ab	2.2 a
5	27.1 ab	29.1 ab	8.5 a	9.7 ab	12.6 ab	2.0 a

^zMean separation within column by Duncan's multiple range test at 5% level.

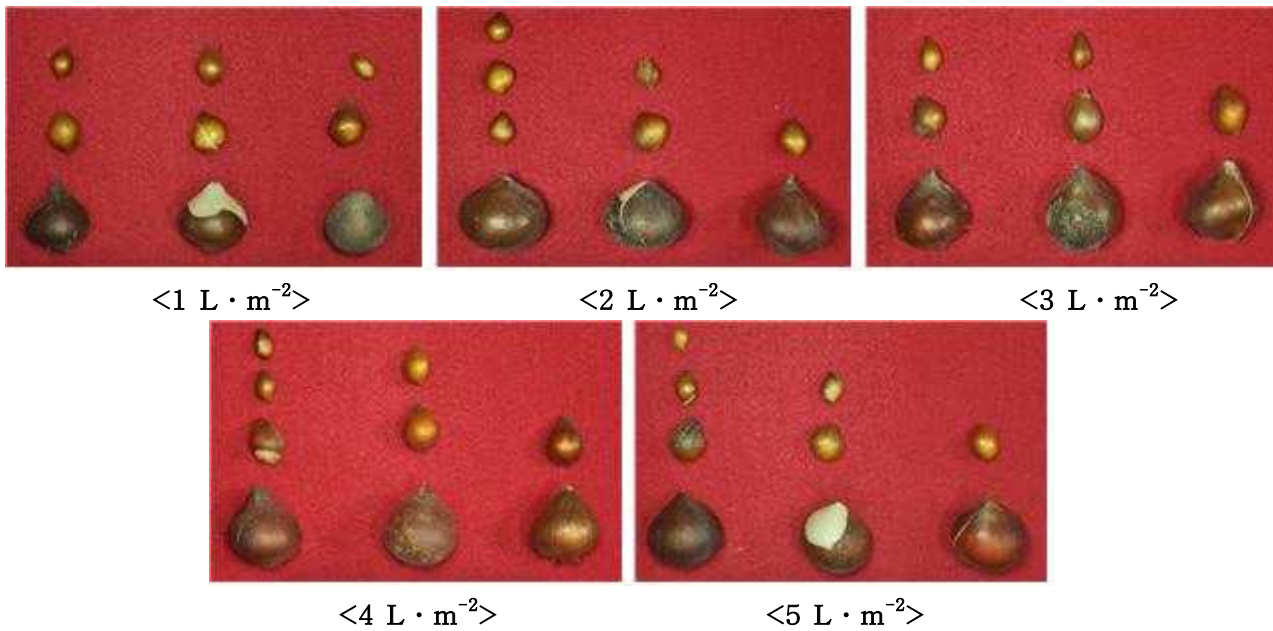


Fig. 41. Bulb growth according irrigation level during bulb enlargement stage (between May 1 and 31) in tulip 'Van Eijk'.

Table 81. Effect of irrigation level on soil chemical properties during bulb enlargement stage (between May 1 and May 31) in tulip 'Van Eijk'.

Irrigation level ($L \cdot m^{-2}$)	pH (1:5)	EC (dS/m)	OM (g/kg)	NO ₃ -N (mg/kg)	P ₂ O ₅ (mg/kg)	Exchange cation ($cmol^+/kg$)		
						K	Ca	Mg
1	6.9	0.08	47.0	0.00	88.56	0.03	1.84	0.82
2	6.4	0.08	42.3	0.00	78.36	0.04	1.74	0.72
3	6.3	0.09	48.0	7.43	59.80	0.03	1.85	0.73
4	6.3	0.10	66.7	4.57	64.39	0.04	2.02	0.98
5	6.3	0.09	61.3	7.24	68.06	0.06	1.75	0.76

4) 튜립 소자구 비대를 위한 종합 관수조건 (5차년도 실험)

(1) 구근 수확 후 관수량에 따른 토양화학성

튜립 구근을 수확한 후 토양화학성을 분석한 결과 표 82과 같다. pH는 전체적으로 6.1~6.4이었고, EC는 0.7~0.11dS/m로 나타나 큰 차이가 없었다. 그러나 유기물 함량은 5L · m⁻² 처리구에서 41.7g/kg 가장 낮았으며, 또한 NO₃-N의 경우에도 17.8mg/kg으로 가장 낮았다. 따라서 관수량의 많은 처리에서는 전반적으로 토양 양분 함량이 낮다는 것을 알 수 있었다.

Table 82. Changes in chemical properties of the soil used by irrigation level in this experiment.

Irrigation level ($L \cdot m^{-2}$)	pH (1:5)	EC (dS/m)	OM (g/kg)	NO ₃ -N (mg/kg)	P ₂ O ₅ (mg/kg)	Exchange cation ($cmol^+/kg$)		
						K	Ca	Mg
1	6.4	0.09	60.00	21.49	98.19	0.05	2.18	0.81
2	6.2	0.08	58.33	26.41	98.42	0.02	1.97	0.71
3	6.1	0.11	56.33	23.09	87.68	0.04	2.08	0.69
4	6.1	0.07	42.67	20.48	81.80	0.04	1.88	1.08
5	6.2	0.08	41.67	17.75	87.88	0.06	2.02	0.99

(2) 종합 관수량에 따른 구근 생육

튤립 'Ile de France' 구근을 수확하여 생육을 조사한 결과는 표 83과 같다. 관수량이 적거나 많은 1과 5L·m⁻² 처리에서 구직경이 12.2~13.0mm, 구둘레 4.1~4.2cm, 구무게 1.5g 등 전체적으로 구근 생육이 불량하였다. 반면에 2~3L·m⁻² 처리구에서 구직경, 구둘레, 구무게 등 구근 생육이 좋았다 (그림 42).

Table 83. Effect of general irrigation level on bulb growth in tulip 'Ile de France'.

Irrigation level (L·m ⁻²)	Main bulb				Total weight of bulbs (g)	Number of bulbs
	Diameter (mm)	Height (mm)	Circumference (cm)	Weight (g)		
1	12.2 b	22.6 b	4.1 b	1.5 b	2.1 b	1.5 ab
2	15.2 a	23.3 ab	4.5 ab	2.0 ab	2.8 ab	1.8 a
3	14.5 ab	24.4 a	4.6 a	2.4 a	3.6 a	1.5 ab
4	14.3 ab	22.4 b	4.4 ab	1.9 ab	3.4 a	1.7 a
5	13.0 b	22.2 b	4.2 b	1.5 b	2.1 b	1.2 b

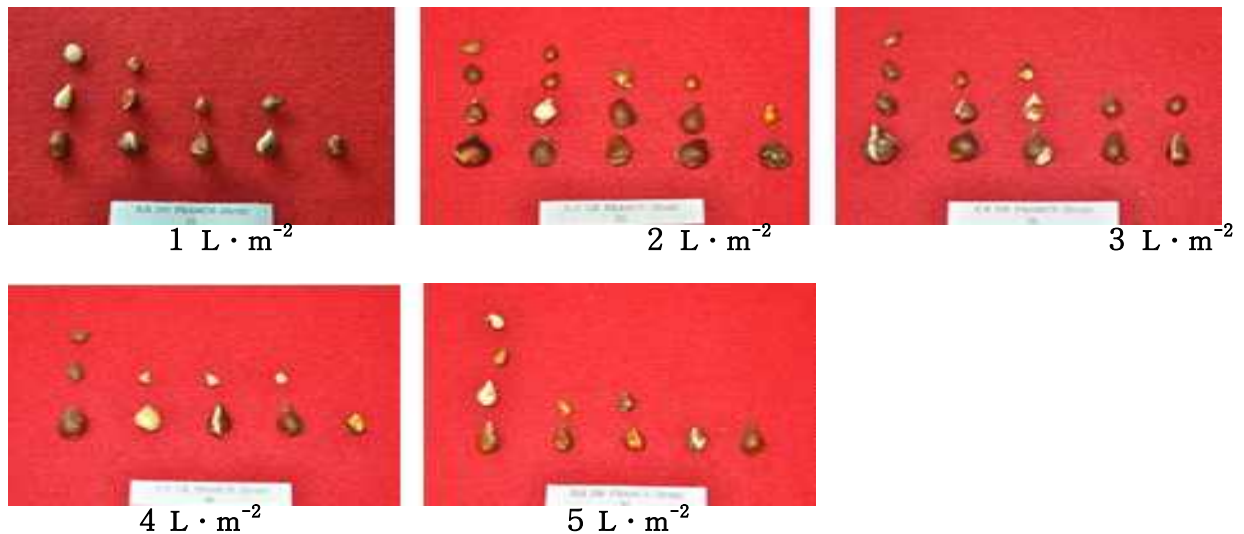


Fig. 42. Bulb growth by general irrigation level in tulip 'Ile de France'.

튤립 'Come back' 구근을 수확하여 생육을 조사한 결과는 표 84와 같다. 관수량이 적었던 1L·m⁻² 처리구에서 구직경과 구둘레가 각각 13.0mm와 4.2cm로 가장 불량하였으며, 다른 생육 항목은 차이가 없었다. 2~4L·m⁻² 처리구가 1L·m⁻² 처리보다 구근 생육이 양호하였으나, 처리구 간에는 구근의 생육에 통계적인 차이는 나타나지 않았다.

(그림 43).

Table 84. Effect of general irrigation level on bulb growth in tulip 'Come back'.

Irrigation level ₂ (L · m ⁻²)	Main bulb				Total weight of bulbs (g)	Number of bulbs
	Diameter (mm)	Height (mm)	Circumference (cm)	Weight (g)		
1	13.0 b	17.8 b	4.2 b	2.1 a	2.1 a	0.2 a
2	16.7 a	19.8 ab	5.2 a	2.5 a	2.5 a	0.4 a
3	16.7 a	19.5 ab	5.2 a	2.6 a	2.7 a	0.1 a
4	16.5 a	19.4 ab	5.3 a	2.5 a	2.5 a	0.2 a
5	16.0 ab	20.2 a	5.0 a	2.3 a	2.3 a	0.1 a

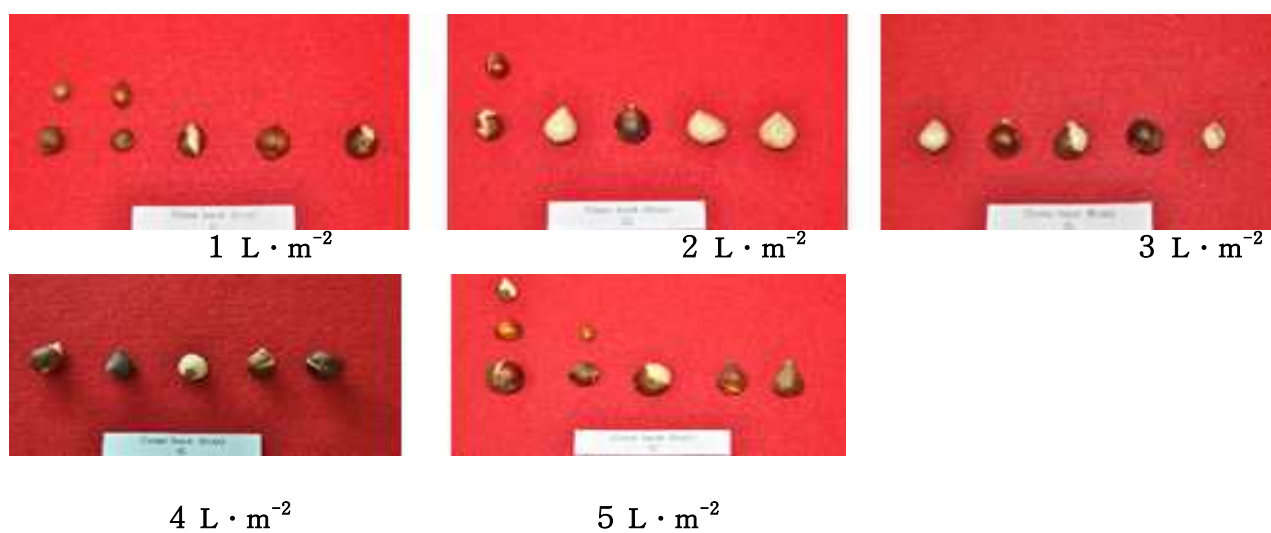


Fig. 43. Bulb growth by general irrigation level in tulip 'Come back'.

라. 튤립 실험포장의 기상 환경

1) 1차 기상 환경 조사 (4년차 실험)

(1) 기온

전남 신안군 임자면의 튤립 실험 포장에서 2015년 1월 1일부터 6월 15일까지의 기온은 그림 44에 나타나 있다. 최저기온은 3월 하순까지는 $-5\sim 7^{\circ}\text{C}$ 에서 유지되다 이후부터 상승하였으며, 4월 28일 이후부터는 10°C 이상 유지되는 날이 많았고, 6월 11일부터는 20°C 이상되는 날도 많아졌다. 최고기온은 2월 14일 이후부터 10°C 이상 올라갔으며, 4월 18일 이후에는 20°C 이상되었으며, 5월 27일 이후에는 25°C 까지 상승하였다. 평균기온은 3월 30일 이후부터 10°C 이상 유지되었고, 6월 6일 이후부터 20°C 이상으로 상승되었다. 튤립의 지상부 생육은 25°C 이상의 기온에서는 생육이 거의 정지되기 때문에 5월 하순 이후부터는 기온이 상승하여 지상부 생육이 억제됨에 따라 이후에는 구근의 비대가 어려울 것으로 판단되었다. 또한 네덜란드 튤립 구근생산지의 기온은 6~7월에도 평균 20°C 이하를 유지하는데 비해 임자도의 평균 기온은 20°C 이상 상승하였다. 따라서 임자도는 튤립의 구근 비대에 있어서 네덜란드만큼 기온 조건이 좋지는 못한 것으로 판단되었다.

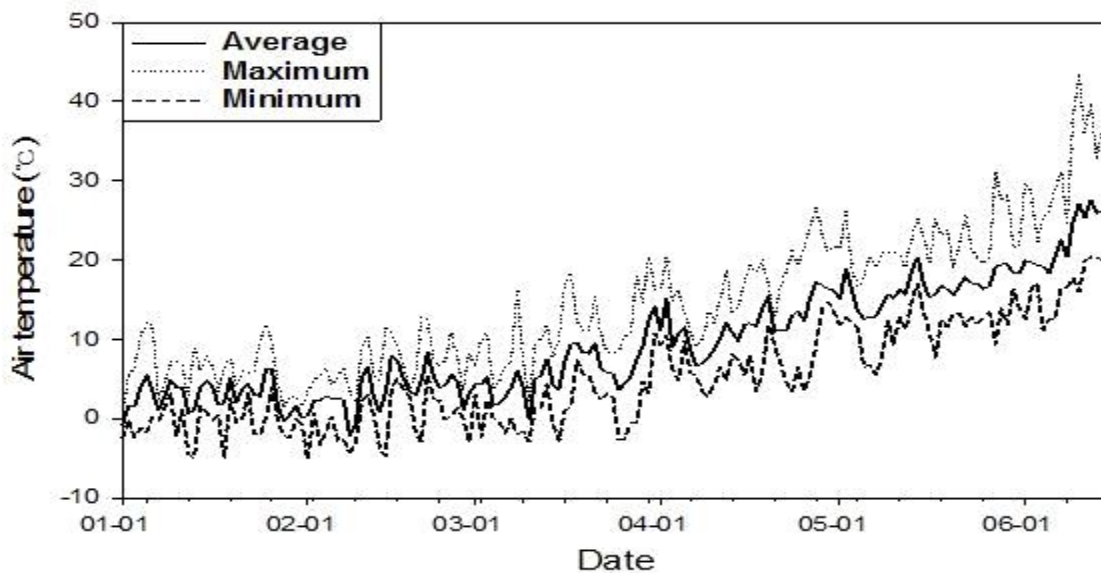


Fig. 44. Air temperature between 1 January to 15 June of tulip experiment field in Imjado, Shinan.

(2) 상대습도

튤립 실험 포장의 1월 1일부터 6월 15일까지의 상대습도는 그림 45에 나타나 있다. 조사기간 동안의 최고습도는 97%로 일부 건조한 3월에 65%인 날을 제외하고 거의 90% 이상을 유지하고 있었다. 평균 습도는 4월 초순에 높게 유지되고 있었고, 최고 93%, 최저 50%로 나타났으며, 전반적으로 75% 정도 유지되고 있었다. 최저습도는 3월과 4월 하순에 14~15%로 나타났으며, 4월 초순에 58%로 가장 높았다.

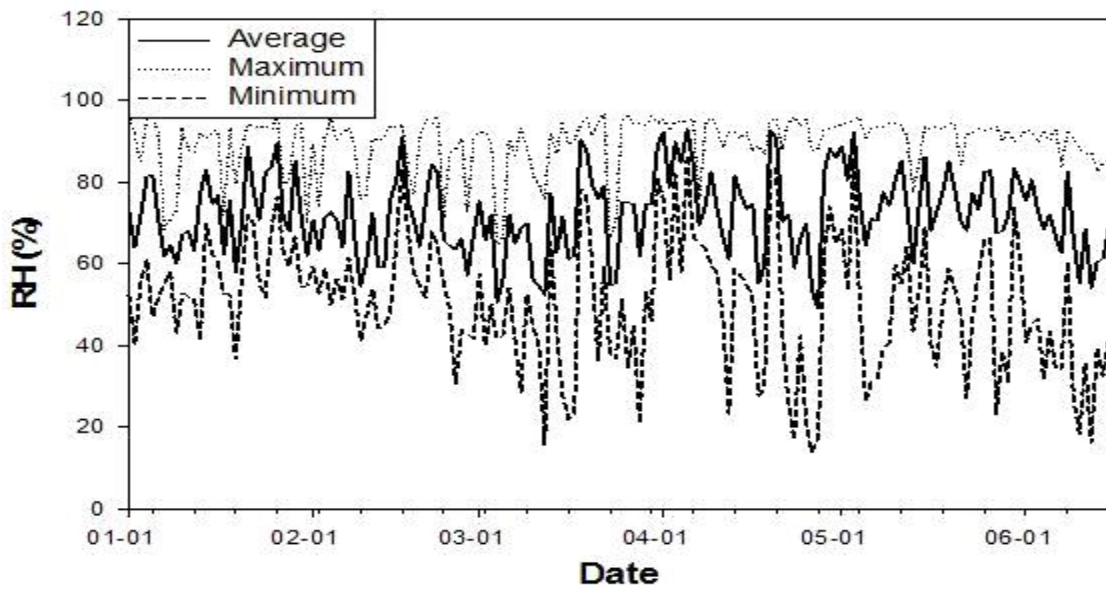


Fig. 45. Relative humidity between 1 January to 15 June of tulip experiment field in Imjado, Shinan.

(3) 지온

튤립 실험 포장의 2015년 1월 1일부터 6월 15일까지의 지온은 그림 46에 나타나 있다. 조사기간 동안의 최고 지온은 1월에 3.6~12.5℃, 2월에 4.4~14.8℃, 3월에 9.4~19.1℃, 4월에 12.2~22.3℃, 5월에 17.5~26.0℃, 6월에 22.1~47.0℃였다. 평균 지온은 1월에 2.2~7.0℃, 2월에 2.5~8.3℃, 3월에 6.0~13.1℃, 4월에 11.0~18.0℃, 5월에 15.4~21.1℃, 6월에 20.3~29.4℃였다. 최저 지온은 1월에 0.7~5.2℃, 2월에 0.6~6.4℃, 3월에 2.1~12.4℃, 4월에 7.2~15.4℃, 5월에 12.2~19.1℃, 6월에 17.0~21.5℃였다. 튤립 구근은 지하부에서 생육하기 때문에 지온이 매우 중요한데, 5월부터 20℃ 이상 상승함에 따라 구근 생육에 부정적인 영향을 미칠 것으로 판단되었다.

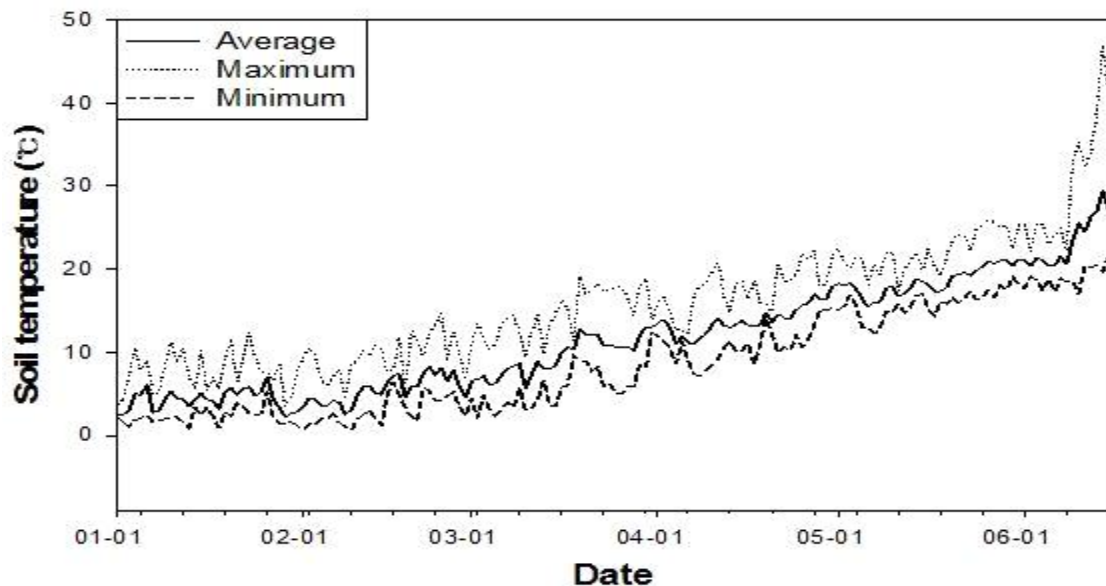


Fig. 46. Soil temperature between 1 January to 15 June of tulip experiment field in Imjado, Shinan.

(4) 강수량

튤립 실험 포장의 1월 1일부터 6월 15일까지의 강수량은 그림 47에 나타나 있다. 1월, 2월, 3월까지의 강수량이 가장 적었는데, 각각 30, 22, 27.5mm였다. 반면에 4월에는 91mm로 튤립 생육 기간 중에 가장 강수량이 많았으며, 4월 한달 동안 골고루 비가 내렸다. 5월의 강수량은 81mm로 나타났으며, 6월 1일부터 15일까지 강수량은 12mm로 초순에 조금씩 비가 내렸다. 2015년은 예년에 비해 봄철 가뭄이 심했었는데, 임자도의 경우에도 강수량이 적었다. 그러나 네덜란드의 튤립 구근생산지의 강수량은 월 평균 60mm임을 감안한다면 2015년의 강수량은 튤립의 생육에 적당한 정도라고 판단되었다.

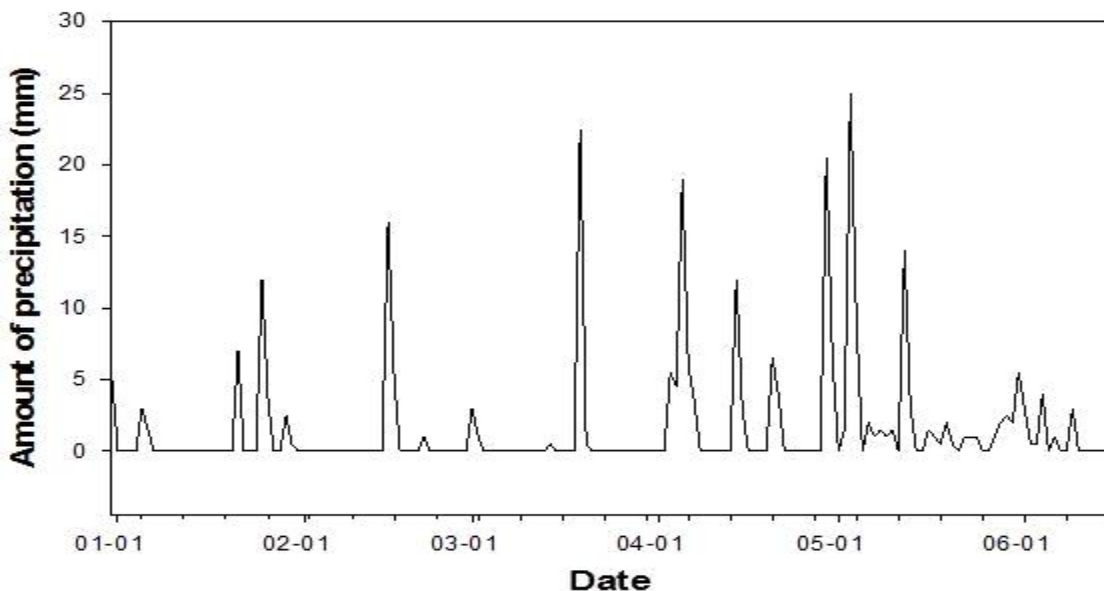


Fig. 47. Amount of precipitation between 1 January to 15 June of tulip experiment field in Imjado, Shinan.

2) 2차 기상 환경 조사 (5년차 실험)

(1) 기온

튤립 실험 포장의 2016년 1월 1일부터 6월 6일까지의 기온은 그림 48에 나타나 있다. 최저기온은 3월말까지는 $-8 \sim -0.5^{\circ}\text{C}$ 에서 유지되다 이후부터 상승하였으며, 5월 10일 이후부터는 10°C 이상 유지되는 날이 많아졌다. 최고기온은 2월 15일 이후부터 10°C 이상 올라갔으며, 5월 5일 이후에는 20°C 이상되었으며, 5월 20일 이후에는 25°C 까지 상승하였다. 평균기온은 4월 5일 이후부터 10°C 이상 유지되었다. 튤립의 지상부 생육은 5°C 이상의 기온에서는 생육이 거의 정지되기 때문에 5월 하순 이후부터는 기온이 상승하여 지상부 생육이 억제됨에 따라 이후에는 구근의 비대가 어려울 것으로 판단되었다.

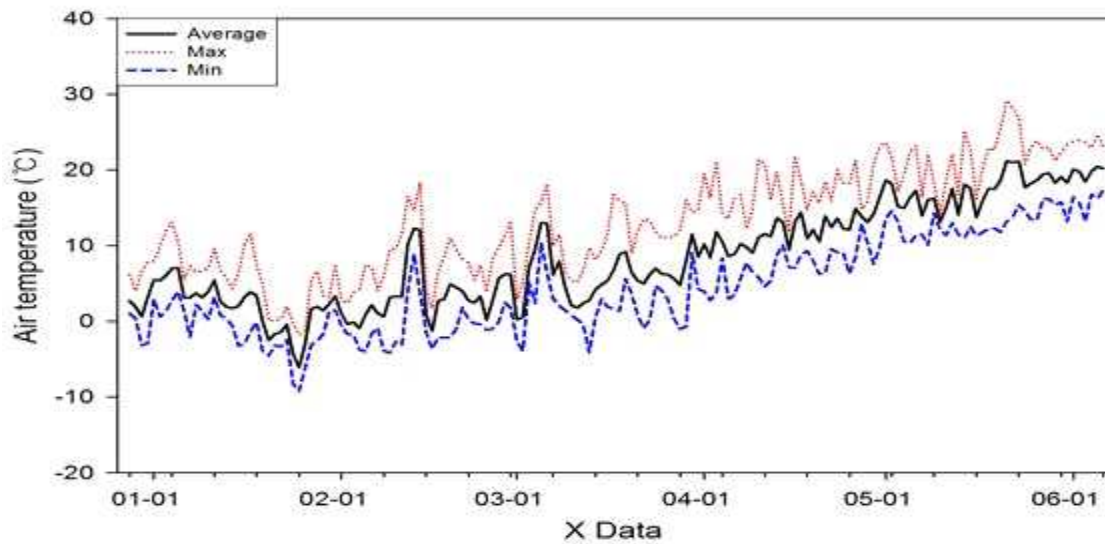


Fig. 48. Air temperature between 1 January to 6 June of tulip experiment field in Imjado, Shinan.

(2) 상대습도

튤립 실험 포장의 1월 1일부터 6월 6일까지의 상대습도는 그림 49에 나타나 있다. 조사기간 동안의 최고습도는 99%로 일부 건조한 3월까지의 날을 제외하고 거의 90% 이상을 유지하고 있었다. 평균 습도는 4월 초순에 높게 유지되고 있었고, 최고 99%, 최저 55%로 나타났으며, 전반적으로 87% 정도 유지되고 있었다. 최저습도는 3월 중순에 15~16%로 나타났으며, 4월 하순에 98%로 가장 높았다.

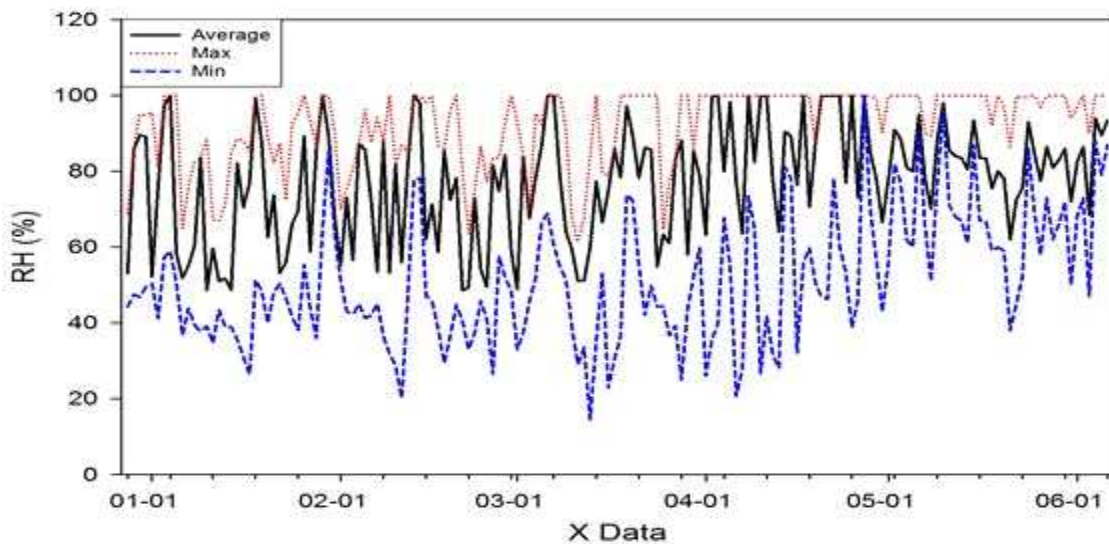


Fig. 49. Relative humidity between 1 January to 6 June of tulip experiment field in Imjado, Shinan.

(3) 지온

튤립 실험 포장의 1월 1일부터 6월 6일까지의 지온은 그림 50에 나타나 있다. 조사기간 동안의 최고 지온은 1월에 2.5~13.7℃, 2월에 5.2~15.4℃, 3월에 7.4~19.8℃, 4월에 15.3~21.4℃, 5월에 14.5~26.2℃, 6월에 22.4~27.0℃였다. 평균 지온은 1월에 2.2~7.0℃, 2월에 2.5~8.3℃, 3월에 6.0~13.1℃, 4월에 11.0~18.0℃, 5월에 15.4~21.1℃, 6월에 20.3~29.4℃였다. 최저 지온은 1월에 0.7~5.2℃, 2월에 0.6~6.4℃, 3월에 2.1~12.4℃, 4월에 7.2~15.4℃, 5월에 12.2~19.1℃, 6월에 17.0~21.5℃였다. 튤립 구근은 지하부에서 생육하기 때문에 지온이 매우 중요한데, 5월부터 20℃ 이상 상승함에 따라 구근 생육에 부정적인 영향을 미칠 것으로 판단되었다.

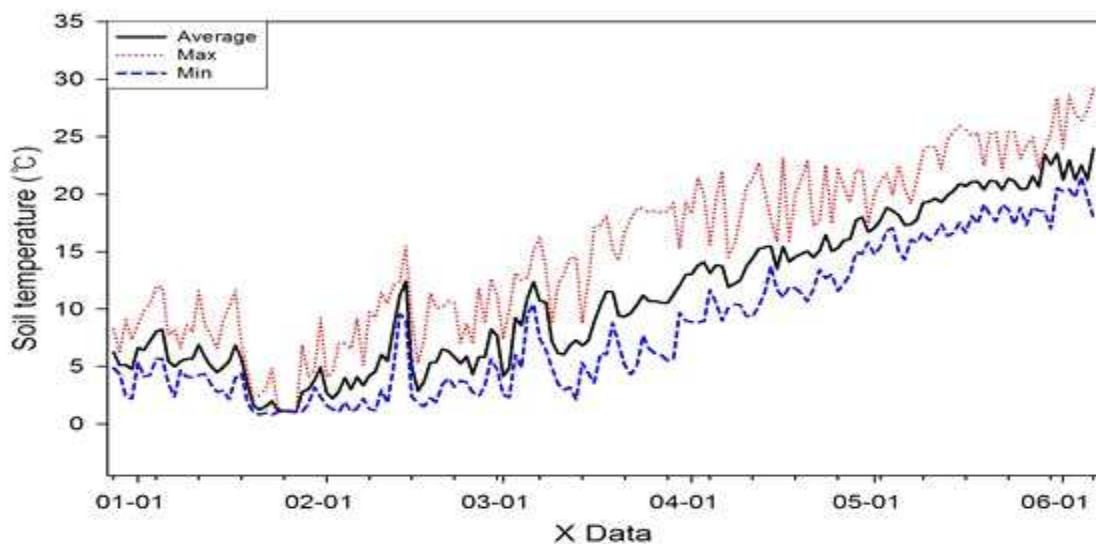


Fig. 50. Soil temperature between 1 January to 6 June of tulip experiment field in Imjado, Shinan.

(4) 강수량

튤립 실험 포장의 1월 1일부터 6월 6일까지의 강수량은 그림 51에 나타나 있다. 1월, 2월, 3월까지의 강수량이 가장 적었는데, 각각 26.0, 33.5, 75.0mm였다. 반면에 4월에는 211.5mm로 튤립 생육 기간 중에 가장 강수량이 많았으며, 4월 한달 동안 골고루 비가 내렸다. 5월의 강수량은 135.5mm로 나타났으며, 6월 1일부터 6일까지 강수량은 23.5mm로 초순에 조금씩 비가 내렸다. 2016년은 2015년에 비해 3~5월에 강우량이 많았다.

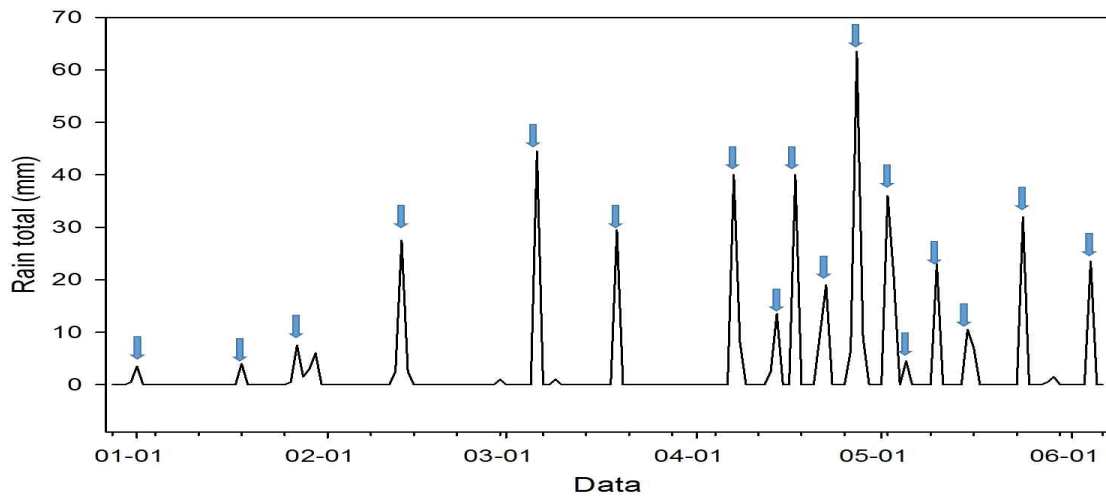


Fig. 51. Amount of precipitation between 1 January to 6 June of tulip experiment field in Imjado, Shinan.

마. 튜립 구근 생산 시범 포장 조성

1) 조성 배경

본 실험은 2011년~2015년까지 연구결과를 바탕으로 전남 신안군 임자면 소재의 튜립 구근 생산 시범재배 포장을 2,520m²의 면적에 조성하여, 튜립 'Red Shin', 'Canasta', 'Character', 'Kees Nelis', 'Ile de France' 등 의 3 품종을 식재하였으며, 튜립 재배관리 및 관수량 교육을 실시하였다.

2) 시범 재배 포장 조성 및 교육



Fig. 52. Experimental field for tulip bulb production in Imjado, Shinan, Chonnam.



Fig. 55. Management of experimental field and education for tulip bulb production.

바. 생산된 튜립 구근의 바이러스 검정

1) 바이러스 검정 의뢰

- 시료품종: 튜립 구근 ‘Ile de France’ 와 ‘Come back’ 품종 각 3점
- 의뢰내용: 국립원예특작과학원 원예특작환경과에 튜립 구근의 바이러스 진단을 의뢰

2) 진단 결과

- 및 RT-PCR을 이용한 유전자진단 결과 의뢰한 튜립 2품종 각각 3점에서 바이러스가 검출되지 않았음

< 튜립 바이러스 진단결과 >

튜립 구근	RT-PCR 진단						전자현미경
	LSV*	CMV	TBV	TRV	ArMV	LMoV	
1	음성	음성	음성	음성	음성	음성	바이러스입자 없음
2	음성	음성	음성	음성	음성	음성	바이러스입자 없음

* LSV: Lily symptomless virus(백합무병징바이러스)

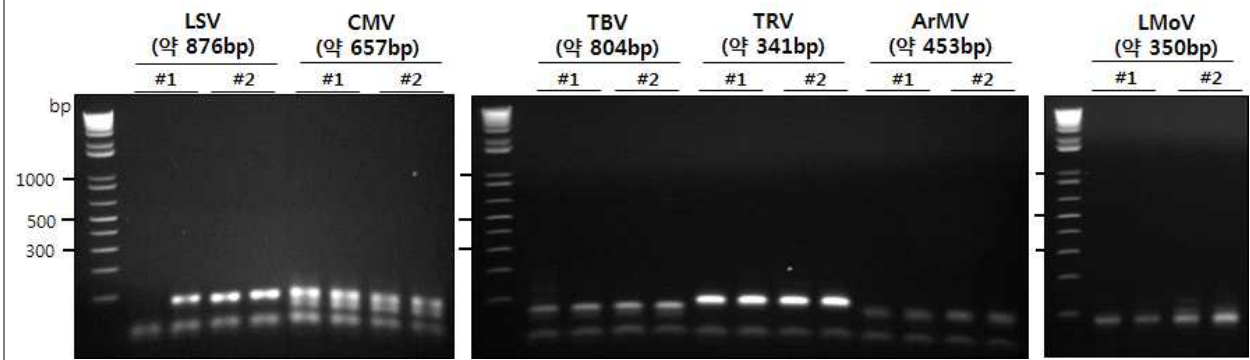
CMV: Cucumber mosaic virus(오이모자이크바이러스)

TBV: Tulip breaking virus(튜립브레이킹바이러스)

TRV: Tobacco rattle virus(담배얼룩바이러스)

ArMV: Arabis mosaic virus(아라비스모자이크바이러스)-검역관리바이러스

LMoV: Lily mottle virus(백합무병징바이러스)



제 4 장. 목표달성도 및 관련분야 기여

				D-06
구분 (연도)	세부과제명	세부연구목표	달성도 (%)	연구개발의 수행내용
1차년도 (2011- 2012)	1세부 : 튼립 배발생 세포 공정배양을 통한 기내 자구 대량증식 기술 개발	튼립 품종별 배발생 세포 유도 및 생물반응기 증식기술 확립	100	○ 튼립 품종별 배발생 세포 유도 조건 - 5품종의 배발생 켈러스 유도 조건 규명
			100	○ 배발생 세포 급속 증식 조건 - 품종별 생물반응기(5리터형) 배양 2조씩 조성 - 생물반응기를 이용한 배양 조건 최적화
			100	○ 식물체 재분화 및 기내 자구 형성 조건 - 자구 형성 조건 최적화
	1협동 : 토양 정밀양구를 이용한 튼립 개화구 생산 기술개발	튼립 구근 비대를 위한 토성, 적정 식재시기 및 식재밀도 구명	100	○ 발토양(식양토)와 사질양토의 토성을 분석하여, 튼립 구근의 생육에 적합한 토성 조사
			100	○ 식재시기에 따라 식재후 수확까지 한달 간격으로 튼립 구근의 생육 상태 조사
			100	○ 튼립 구근을 밀도를 달리하여 식재한 후 구근의 생육 상태 조사
2차년도 (2012- 2013)	1세부 : 튼립 배발생 세포 공정배양을 통한 기내 자구 대량증식 기술 개발	튼립 품종별 배발생 세포 유도 및 생물반응기 증식기술 확립	100	○ 배발생 세포 유도 및 증식 - 5품종의 배발생 켈러스 유도 - 품종별 생물반응기 배양 3조씩 조성 ○ 기내 자구 대량생산 - 품종별 자구 1,000구 씩 생산 - 소자구 비대 조건 최적화
			100	○ 체세포배 유래 자구 유묘의 생육 특성, 변이 발생 정도 조사 ○ 공정배양을 통한 자구 생산 및 양구 체계 효율성 제고
	1협동 : 토양 정밀양구를 이용한 튼립 개화구 생산 기술개발	튼립 구근 비대를 위한 토성, 적정 식재시기 및 식재밀도 구명	100	○ 식재시 퇴비 및 기비 시비조건 조사 - 유기물퇴비를 대조구, 표준량, 표준량 1/2, 2배 처리 - 복합비료를 대조구, 표준량, 표준량 1/2, 2배 처리 - 구근을 수확한 후 생육 조사
			100	○ 출엽이후 영양생장기의 관수조건 조사 - 1000m ² 당 1t, 2t, 5t, 10t 관수처리 - 구근을 수확한 후 생육 조사
3차년도 (2013- 2014)	1세부 : 튼립 배발생 세포 공정배양을 통한 기내 자구 대량증식 기술 개발	튼립 품종별 배발생 세포 유도 및 생물반응기 증식기술 확립	100	○ 품종별 배발생유도 및 증식 - 5품종의 배발생 켈러스 유도 - 품종별 생물반응기 배양 3조씩 조성
			100	○ 기내 자구 대량생산 - 메리크리스마스 등 3품종 기내 소자구 5,000구 생산 - 소자구 비대 조건 최적화
			100	○ 체세포배 유래 소자구 유묘의 재배 특성 - 변이체 발생정도 - 배양기간별 변이발생 정도 - 체세포배 유래 튼립 유묘 특성
	1협동 : 토양 정밀양구를 이용한 튼립 개화구 생산 기술개발	튼립 구근 비대를 위한 토성, 적정 식재시기 및 식재밀도 구명	100	○ 출엽이후 영양생장기의 시비조건 조사 - N, P, K 함량을 달리하여 9조합으로 처리 - 구근을 수확한 후 생육 조사
			100	○ 화아출현 이후 생식생장기의 관수조건 조사 - 1000m ² 당 1t, 2t, 5t, 10t 관수처리 - 구근을 수확한 후 생육 조사

				D-06
4차년도 (2014-2015)	1세부 : 튼립 배발생 세포 공정배양을 통한 기내 자구 대량증식 기술 개발	튼립 품종별 배발생 세포 유도 및 생물반응기 증식기술 확립	100	○ 품종별 배발생 세포 유도 및 증식 - 15품종의 배발생 캘러스 유도 - 품종별 세포증식 최적조건 구명 및 갈변화 최소 조건 구명
			100	○ 기내 자구 대량생산 - 15품종에서 소자구 생산 2만여구 생산 - 암배양을 통한 구근 대량 생산체계 확립 - 소자구 비대 조건 최적화 - 구근화훼류 조직배양용 용기제작 및 특허 출원
			100	○ 체세포배 유래 자구 유묘의 재배 특성조사 - 튼립 품종간 교배 12조합을 종자 채종 - 종자 기내발아를 통한 천연 자구 형성 중 - 세포배양 유래 자구와의 비교 식물학 및 원예적 특성 비교 - 배발생세포 유래 튼립 유묘의 특성 조사
	1협동 : 토양 정밀양구를 이용한 튼립 개화구 생산 기술개발	튼립 구근 비대를 위한 토성, 적정 식재시기 및 식재밀도 구명	100	○ 화아출현 이후 생식생장기의 시비조건 조사 - N, P, K 함량을 달리하여 9조합으로 처리 - 구근을 수확한 후 생육 조사
			100	○ 낙화이후 구근비대기의 관수조건 조사 - 1000m ² 당 1t, 2t, 5t, 10t 관수처리 - 구근을 수확한 후 생육 조사
			100	○ 전남 신안군 임자면에 있는 튼립 구근실험포장의 기상환경(기온, 지온, 상대습도, 강수량) 조사
5차년도 (2015-2016)	1세부 : 튼립 배발생 세포 공정배양을 통한 기내 자구 대량증식 기술 개발	튼립 품종별 배발생 세포 유도 및 생물반응기 증식기술 확립	100	○ 품종별 세포주 대량 증식 5품종의 생물반응기 2조씩 운영
			100	○ 기내자구 대량생산 및 분양 - 3품종의 자구 총5만구 생산 - (메리크리스마스, 홀랜드아, 혼합종) - 전남 임자도, 베트남 달랏 고랭지 분양 국내 및 해외 재배포시험
			100	○ 튼립 배양체 식별 iSSR 표지 개발 - iSSR 프라이머 제작 및 다형성 표지 선별 - 배양체별 표지를 이용한 품종 식별
			100	○ 세포배양 유묘의 특성 - 천연 자구와의 비교 - 유전적 균일성 - 바이러스 무병성 조사 RT PCR, 전자현미경 활동 단국대/원예특작과학원 병행 검정
	1협동 : 토양 정밀양구를 이용한 튼립 개화구 생산 기술개발	튼립 구근 비대를 위한 토성, 적정 식재시기 및 식재밀도 구명	100	○ 1-4년차에서 개발된 자구비대 재배기술을 배발생세포 유래 소자구 비대에 활용 - 종합시비 조건(기비, 추비) 처리 - 종합관수 처리(1~5 L/m ²) 처리 - 구근을 수확한 후 생육 조사
			100	○ 전남 신안군 임자면에 있는 튼립 구근실험포장의 기상환경(기온, 지온, 상대습도, 강수량) 조사
			100	○ 전남 신안군 임자면에 튼립 구근생산을 위한 시범포를 조성하여 운영 및 농가 교육 실시

제 5 장. 연구결과의 활용계획

D-07

○ 특허 출원

- 배발생세포 공정배양을 통한 툴립 기내 자구 생산 기술
- 체세포배 유래 툴립 자구 양구 기술

○ 산업체 기술 지원

- 배발생 세포 배양 및 기내자구 생산 기술
- 정밀 자구 및 개화구 양구 기술
- 툴립 구근의 생산성 증대를 위한 관수 및 시비관리기술 매뉴얼 제작 보급 및 기술교육
- 기술 이전:
 툴립 세포배양을 통한 자구 대량생산 기술 (탐블루베리)
 툴립 구근의 생산성 증대를 위한 관수 및 시비관리 기술 (화훼구근산업영농조합법인)

○ 산업화 지원 및 해외 기술 협력

- 세포배양 및 종묘생산 바이오벤처 창업 지원
- 종구 생산 전문 농가 또는 영농법인 지원
- 신안군 임자도, 충남 태안 등을 중심으로한 지역 종구 생산 체계 활성화
- 기술이전을 통한 해외 종구 생산 협력
- 툴립 구근의 수입대체를 위해 신안군 임자면에서 생산한 구근을 활용한 절화 툴립 생산 연구에 활용
- 툴립 구근생산을 위한 정밀 시비 및 관수기술을 보급하여 생산량 증대 및 구근 판매사업화
- 국내의 툴립 구근 시장이 협소하기 때문에 네델란드를 포함한 해외에 무병 자구를 공급하여 실용화 하는 방안을 모색할 것임. 툴립의 경우 자연분구 외에는 증식이 어렵기 때문에 해외 신품종의 자구를 공급하여 품종화를 앞당기는 시장을 1차로 협력할 예정임.

6. 연구과정에서 수집한 해외과학기술정보

	D-08
<p>○ 네델란드의 주요 화훼회사인 Steenvoorden사와 Ornings사를 방문하여 구근생산 산업 및 기술 동향에 대한 의견을 교환하였음. 회사대표인 Steenvoorden씨를 통하여 화란내에서 튜립 조직배양이 성공적으로 활용되고 있지 못하다는 점과 한국의 선진 조직배양 기술이 성공할 수 있기를 기대한다는 개인적인 바램을 전달 받았음.</p>	

7. 연구개발결과의 보안등급

	코드번호	D-09
○		

8. 국가과학기술종합정보시스템에 등록된 연구시설·장비 현황

- 해당 없음

					코드번호		D-10	
구입 기관	연구시설/ 연구장비명	규격 (모델명)	수량	구입 연월일	구입 가격 (천원)	구입처 (전화번호)	비고 (설치 장소)	NTIS장비 등록번호

9. 연구개발과제 수행에 따른 연구실 등의 안전조치 이행실적

	코드번호	D-11
○		

10. 연구개발과제의 대표적 연구실적

번호	구분 (논문/ 특허/ 기타)	논문명/특허명/기타	소속 기관명	역할	논문게재지/ 특허등록국 가	D-12			
						Impact Factor	논문게재일 /특허등록일	사사여부 (단독사사 또는 중복사사)	특기사항 (SCI여부/인 용횟수 등)
1	특허	생물반응기 액체배양을 통한 배발생 켈러스 급속증식 및 고체 배지에서의 재분화를 통한 튜립 자구 대량생산 방법	단국대	발명자	대한민국		특허등록일 2016.06.30		
2	특허	백합조직배양용기	단국대	발명자	대한민국		특허출원일 2015.01.20. (10-2015-0 009060)		
3	논문	토성과 식재깊이에 따른 튜립의 줄기 및 구근 생육	목포대	제 1저자	한국인간 식물환경 학회지		2016.06.25	단독사사	비SCI
4	논문	사양토에서 정식 전 유기질과 무기질 비료 시용에 따른 튜립의 지상부와 구근 생육	목포대	제 1저자	화훼연구지		2015.06.30	단독사사	비SCI
5	논문	튜립의 자구 정식시기에 따른 줄기와 구근의 생육	목포대	제 1저자	한국인간 식물환경 학회지		2014.06.25	단독사사	비SCI
6	논문	튜립의 자구크기와 재식거리에 따른 지상부 및 구근 생육	목포대	제 1저자	한국인간 식물환경 학회지		2014.02.28	단독사사	비SCI
7	기술 이전	튜립 구근의 생산성 증대를 위한 관수 및 시비관리 기술	목포대	책임			2016.07.20		매출액의 1% 징수
8	기술 이전	튜립 세포배양을 통한 자구 대량생산 기술	단국대	책임			2016.11.21		매출액의 1% 징수

● SCI급 논문은 추가 게재 예정임.

11. 기타사항

		D-13
○		

12. 참고문헌

D-14

- Al-Rousan, W.M.M., R.Y. Ajo, M.M. Nagor, T. Osaili, and N.M. Bani-Hani. 2012. Impact of different irrigation levels and harvesting periods on the quantity and quality of Navel oranges (*Citrus sinensis*) and fruit juice. *J. Food Agric. Environ.* 10:115-119.
- Armstrong, H. 2002. Hydroponic tulips at second attempt. *FlowerTECH* 5(1):8-9.
- Benschop M, Van der Valk GGM. 1984. The effect of defoliation on bulb production of tulip cultivar 'Apeldoorn'. *Scientia Horticulturae* 24:83-91.
- Benschop M, Van der Valk GGM. 1984. The effect of defoliation on bulb production of tulip cultivar 'Apeldoorn'. *Scientia Horticulturae* 24:83-91.
- Bradford, K.J. and S.F. Yang. 1981. Physiological responses of plants to waterlogging. *HortScience* 16:25-30.
- Chae SC. 2008. Effect of planting density, growing medium and nutrient solution strength on growth and development of lily in box culture. *Flower Res J* 16:36-43.
- Cho DH, Heo K. 1996. Effect of different fertilizer application on the dry matter production and leaf photosynthetic of yacon (*Polymnia sonchifolia*). *Korean J Plant Res* 9:274-278.
- Choi, J.K. 1980. Special culture of flower. Hwahaksa, Seoul, Korea.
- Choi, S.T., W.Y. Jung, H.G. Ahn, and Y.D. Chang. 1998. Effects of duration of cold treatment and planting depth on growth and flowering of *Lilium* spp. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 39:765-770.
- Choi, S.T., Y.D. Chang, I.H. Park, and H.G. Ahn. 1996. Effect of planting depth and existence of tunic on growth and flowering in freesia forcing. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 37:577-581.
- Chung SH, Kim KJ, Suh DH, Lee KS, Choi BS (1993) Effect of organic fertilizers on growth and yield in *Paeonia lactiflora*. Research Report of Gyeongbuk RDA. Taegu, Korea. p.200-209.
- Chung SH, Kim KJ, Suh DH, Lee KS, Choi BS. 1993. Effect of organic fertilizers on growth and yield in *Paeonia lactiflora*. Research Report of Gyeongbuk RDA. Taegu, Korea. p.200-209.
- Cui, N., T. Du, F. Li, L. Tong, and S. Kang. 2009. Response of vegetative growth and fruit development to regulated deficit irrigation at different growth stages of pear-jujube tree. *Agric. Water Manage.* 96:1237-1246.
- De Souza, C.R., J.P. Maroc, T. Santos, M.L. Rodrigues, C. Lopes, J.S. Pereira, and M.M. Chaves. 2005. Control of stomatal aperture and carbon uptake by deficit irrigation in two grapevine cultivars. *Agric. Ecosys. Environ.* 106:261-274.
- Ennahli, S. and H.J. Earl. 2005. Physiological limitations to photosynthetic carbon assimilation in cotton under water stress. *Crop Sci.* 45:2374-2382.

- Goo DH. 2006. Effect of nutriculture and soil culture on growth and bulb enlargement of the hardening lily bulblets produced by tissue culture. *Flower Res J* 14:296-301.
- Grassi, G. and F. Magnani. 2005. Stomatal, mesophyll conductance and biochemical limitations to photosynthesis as affected by drought and leaf ontogeny in ash and oak trees. *Plant Cell Environ.* 28:834-849.
- growth and development of lily in box culture. *Flower Res J* 16:36-43.
- Gupta RB, Sharma JR, Panwar RD. 2010. Growth, flowering and corm production of gladiolus as affected by application of nitrogen, phosphorus and potassium. *Haryana J Horti Sci* 39:286- 287.
- Hur BK, Choung NH, Kim ZH, Oh OJ, Son SG, Kang DY. 2007. Effects of various composts and NPK fertilizers application to the yacon (*Polymnia sonchifolia* Poepp) growth. *Korean J Medicinal Crop Sci* 15:17-20.
- Hur, B.K., Z.H. Kim, and O.J. Oh. 2010. Effect of soil texture and NPK fertilizer application level on growth and yield of *Ostericum koreanum*. *J. Agriculture & Life Science* 44(2):1-6.
- Jung, S.J., J. Moon, T.S. Kim, G.S. Hyeon, and C.S. Park. 1990. Available soil water for textural class of Korean soil. *J. Korean Soc. Soil Sci. Fert.* 23:167-172.
- Jung, Y.T. 2002. Soil texture. *Soil & Fertilizer* 12:33-36.
- Kawase, M. 1981. Anatomical and morphological adaptation of plants to waterlogging. *HortScience* 16:30-34.
- Kim KW, Lee JW, Joo C.H. (1987) Proposal studies on bulb production of tulip in Korea. *J Kor Soc Hort Sci* 28:352-360.
- Kim MS, Choi JG, Kim HK, Chung BJ, Bang GP, Kim JK, Park MS, Ahn YS, Kim YG, Park CB. 2010. Effect of organic compost on growth and yield in *Scutellaria baicalensis*. *Korean J Medical Crop Sci* 18:168-172.
- Kim SM, Lee CY, Kim YC, Choi IS, Min KK, Seong JD (2007) Effects of organic fertilizers on growth and yield in *Liriope platyphylla* Wang et Tang. *Korean J Medical Crop Sci* 15:148-151.
- Kim, G.N. and S.H. Han. 2015. Effects on growth, photosynthesis and pigment contents of *Liriodendron tulipifera* under elevated temperature and drought. *Kor. J. Agri. Forest Meteorol.* 17:75- 84.
- Kim, H.Y. 2006. Effects of bulb size and planting time on the growth and flowering of *Muscari armeniacum* 'Early Giant'. *Flower Res. J.* 14(1):7-10.
- Kim, J.W. and J.H. Kim. 1994. Comparison of adjustments to drought stress among seedlings of several oak species. *J. Plant Biol.* 37:343-347.
- Kim, J.Y. 2014. Efficient irrigation practice through soil moisture sensor based automated irrigation system in ornamental plant production. *Flower Res. J.* 22:48-53.
- Kim, K.W., J.W. Lee, and C.H. Joo. 1987. Proposal studies on bulb production of tulip in Korea - Attaching importance to investigation of cultural conditions and mulching effect. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 28:352-360.

- King M. 2005. Gardening with tulips. Timber Press, Portland, USA. p.27.
- Ko JY, Choi KJ, Hong D, Noh HS. 2012. Effect of different bulb size and culture altitude for bulb enlargement of *Lilium* Oriental hybrid. Flower Res J 20:142-147.
- Koocheki, A., S.M. Seyyedi, and M.J. Eyni. 2014. Irrigation levels and dense planting affect flower yield and phosphorus concentration of saffron corms under semi-arid region of Mashhad, Northeast Iran. Sci. Hortic. 180:147-155.
- Lee JS, Choi MJ. 1998. Effect of boron drenching on growth and development of tulip (*Tulipa gesneriana* cv. Apeldoorn). J Kor Soc Hort Sci 39:761-764.
- Lee, B.K. and Y.K. Yoo. 2010. Bulb growth by treatment of soil texture, compost, and lime fertilizer in *Tulipa gesneriana* cultivars. J. Korean Soc. People Plants Environ. 13(6):101-108.
- Lee, J.S., M.J. Choi, J.S. Jung, and Y.S. Lee. 2001. Physico-chemical properties of the greenhouse soil related to physiological disorder of tulip. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 42:205-209.
- Lee, Y.H., J.S. Cho, Y.J. Choi, G.W. Song, M.K. Kim, and H.D. Yun. 2000. Characteristics of continuous culture and soil texture and their effect on growth and yield of *Platycodon grandiflorus*. Korean J. Environmental Agriculture 19:67-71.
- Menzel, C.M., J.H. Oosthuizen, D.J. Roc, and V.J. Doogan. 1995. Water deficit at anthesis reduce CO₂ assimilation and yield of lychee (*Litchi chinensis* Sonn.) trees. Tree Physiol. 15:611-617.
- Nam, S.S., B.W. Kim, G.C. Chung, K.J. Choi, and I.H. Choi. 2006. Effect of irrigation level on sap flow, relative water content, and photosynthetic rate during development stage of garlic plants. Hort. Environ. Biotechnol. 47:295-299.
- Nam, S.S., I.H. Choi, S.K. Bae, and J.K. Bang. 2007. Effect of irrigation level on plant growth and bulb yield during bulb development stage of garlic plants. Kor. J. Hort. Sci. Technol. 25:169-173.
- Park, S.G., D.K. Kang, Y.H. Kim, S.H. Chung, and B.S. Choi. 2000. Effects of soil texture on tuber characteristics and yield in *Dioscorea opposita* Thunb. Korean J. Medicinal Crop Sci. 8:89-93.
- Rees AR. 1972. The growth of bulbs-Applied aspects of the physiology of ornamental bulbous crop plants. Academic press, London, p.254.
- Roh SM, Yeom DY, Kim IJ. 1979. Native bulb materials in wild and their production for the cultivation as a floriculture crop. J. Kor Soc Hort Sci 20:84-93.
- Ryu, Y.H., S.H. Lee, S.D. Kim, and M. Kokubun. 1996. Effects of soil moisture content on leaf water potential and photosynthesis in soybean plants. Korean J. Crop Sci. 41:168-172.
- Schenk PC, Rhee HK. 2007. The globalization of the lily bulb production and breeding in the Netherlands. Flower Res J 15:287-297.
- Seong JD, Park KD, Kwack YH, Kim SM, Kang JH. 2000. Effects of nitrogen levels and split application ratio on growth and yield in *Liriope platyphylla* WANG et TANG. Korean J Medicinal Crop Sci 8(1):69-73.

- Seong, N.S., K.S. Kim, E.H. Soh, and Y.A. Chae. 1994. Effect of soil textures on growth and saikosaponins content in *Bupleurum falcatum* L. Korean J. Medicinal Crop Sci. 2:193-197.
- Shao, H.B., L.Y. Chu, M.A. Shao, A.J. Cheruth, and H.M. Mi. 2008. Higher plant antioxidants and redox signaling under environmental stresses. Comptes Rendus Biologies 331:433-441.
- Shin, K.J., C.Y. Song, J.Y. Moon, E.K. Song, and J.A. Ko. 2016. Bulblet production of *Lilium* Asiatic hybrids depends on its discrete parts and scale conditions. Flower Res. J. 24:15-21.
- Sochacki D, Chojnowska E (2005) Quality evaluation of forced tulip flowers depending on bulb production environment and forcing medium. Acta Horticulturae 673:675-678.
- Stern, R.A., M. Meron, A. Naor, R. Wallach, B. Bravdo, and S. Gazit. 1998. Effect of fall irrigation level in 'Mauritius' and "Floridian' lychee on soil and plant water status, flowering intensity, and yield. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 123:150-155.
- Strojny, Z., P.V. Nelson, and D.H. Willits. 1998. Pot soil air composition in conditions of high soil moisture and its influence on chrysanthemum growth. Sci. Hort. 73:125-136.
- Vafabakhsh, J., A. Mokhtarian, H. Rahimi, and J. Ahmadian. 2010. Investigation of correlations between saffron flowering pattern and climatological parameters under different levels of irrigation and planting depth. Acta Hort. 850:145-147.
- Van der Valk GGM, Timmer MJG. 1974. Plant density in relation to tulip bulb growth. Scientia Horticulturae 2:69-81.
- Wraith, J.M. and C.K. Wright. 1998. Soil water and root growth. HortScience 33:951-959.
- Yoo YK, Kang SW. 2005. Effects of cultural medium and fertilizer composition on shoot growth and bulb development of micropropagated *Lilium longiflorum* 'Georgia' bulblet. J Korean Soc People Plants Environ 8(4):46-51.
- Yoo YK, Roh YS. 2014. Effect of bulb size and planting distance on shoot and bulb growth in *Tulipa gesneriana* L. J Korean Soc People Plants Environ 17:57-63.
- Yoo, Y.K. 2008. Effects of cultivation methods on the microtuber formation and growth in micropropagated plantlet of *Zantedeschia* spp. 'Florex Gold'. Kor. J. Hort. Sci. Technol. 26: 1-6.
- Yoo, Y.K. and B.W. Kim. 2006. Effects of mulching material and planting method on bulb growth in microtuber of *Zantedeschia* spp. Kor. J. Hort. Sci. Technol. 24(3):382-387.
- Yoo, Y.K. and H.K. Kim. 2000. Effects of pseudobulb size and planting depth on the growth and flowering in *Bletilla striata*. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 41:217-220.
- Yoo, Y.K. and S.W. Kang. 2005. Effects of size and planting method on the bulb development of micropropagated bulblet in *Lilium longiflorum* 'Georgia'. J. Korean Soc. People Plants Environ. 8(4):18-22
- Yoo, Y.K. and Y.S. Roh. 2013. Effect of soil texture and planting depth on shoot and bulb growth in *Tulipa gesneriana* L. J. Korean Soc. People Plants Environ. 16(3):143-149.
- Yoo, Y.K. and Y.S. Roh. 2014. Bulb and shoot growth by planting time of bulblet in *Tulipa gesneriana*. J. Korean Soc. People Plants Environ. 17:211-217.

- Yoo, Y.K. and Y.S. Roh. 2015. Effects of pre-planting organic and mineral fertilization on shoot and bulb growth of tulip in sandy loam soil. *Flower Res. J.* 23:78-85.
- Yoo, Y.K., S.W. Kang, and W.Y. Song. 2004. Effects of low temperature and planting time on dormancy breaking and growth of bulblet in *Lilium longiflorum* 'Georgia' regenerated in vitro. *J. Korean Soc. People Plants Environ.* 7(4):70-75.
- Yu, S.O. and J.H. Bae. 2004. The effect of fertigation setting point on the growth and fruit quality of sweet pepper (*Capsicum annuum* L.). *J. Bio- Environ. Cont.* 13:102-106.
- Yuk, C.S., S.D. Hong, U.J. Kim, and H.C. Jeong. 1983. Changes of nutrient absorbed by tobacco plant in sandy loam and clay loam. *Tobacco Research* 10:77-91.
- Zhang, E., F. Wang, X. Pan, Z. Tian, and X. Zhao. 2013. Antioxidant enzymes and photosynthetic responses to drought stress of three *Canna edulis* cultivars. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 31:677-686.