

रामदाना उत्पादन हेतु आनुवंशिकी सुधार की संभावना — एक समीक्षा

राममिलन पाण्डेय, पशुपति नाथ एवं जयेन्द्र कुमार जौहरी
राष्ट्रीय वनस्पति अनुसंधान संस्थान, लखनऊ 226 001 (उत्तर प्रदेश)

सारांश: अमरैन्थस (Amaranthus) के अभिजनन की वर्तमान स्थिति और प्रचलित जातियों की संभाव्य पैदावार (yield potential) के साथ-साथ पैदावार में वृद्धि की संभावनाओं और उपायों की इस शोध पत्र में चर्चा की गयी है जिससे कि पैदावार में और भी सुधार हो सके। ऐसा विचार है कि अधिकांशतः संभाव्य पैदावार में वृद्धि एक जीनोय गुणों के विदोहन से होती है। अतः यह सुझाव दिया जाता है कि मात्रात्मक गुणों में सुधार के लिए ऐसे गुणों का भी विदोहन किया जाना चाहिए जो बहुजीनीय (polygenic) हैं। अधिक पैदावार (वांछनीय पूर्व परिपक्वता) और मध्यम ऊँचाई वाले पौधों को आदर्श पौध प्ररूप कहते हैं। धान्य अमरैन्थस के अभिजनन क्षेत्र में जैवप्रौद्योगिकी (biotechnology) तकनीकियों के उपयोग की पहचान कर ली गयी है।

प्रस्तावना

सजावटी और शाकीय अमरैन्थस से अन्तर करने के लिये दाने वाले अमरैन्थस को धान्य अमरैन्थस (cereal amaranthus) सामान्यतः रामदाना के नाम से पुकारते हैं। एशिया, केन्द्रीय और दक्षिणी अमेरिका और संयुक्त राज्य अमेरिका के उष्ण (tropical) और उपोष्णीय (sub-tropical) उच्च स्थानों पर अमरैन्थस एक विशिष्ट खाद्य फसल के रूप में उगाया जाता है। एशिया में भारत, चीन और नेपाल तथा अफ्रीकी महाद्वीप में धान्य अमरैन्थस को उगाने वाले प्रमुख क्षेत्र हैं, जहाँ अमरैन्थस को दाने प्राप्त करने के लिये उगाया जाता है¹⁻³। शाकाहारी लोगों के लिये धान्य अमरैन्थस प्रोटीन का उत्तम स्रोत है। वर्तमान में मैदानी क्षेत्रों में मक्का और जौ के साथ इसको परम्परागत मिश्रित फसल के रूप में उगाते हैं⁴।

रामदाने की ग्राह्य क्षमता (adaptability) भी विस्तृत है। यह सामान्य तथा प्रतिकूल दोनों ही परिस्थितियों में उगाया जा सकता है। ऐसी दशा में निम्न उपयोगी फसल के रूप में धान्य अमरैन्थस का भविष्य उत्तम है तथा यह सामान्य फसल के रूप में, विशेषकर पर्वतीय कृषि तन्त्र के लिए, अति उत्तम सिद्ध हो सकती है। स्वदेशी अमरैन्थस उष्ण और उपोष्णीय सिंचित अथवा असिंचित क्षेत्रों में अकेले या मिश्रित फसल के रूप में उगाया जा सकता है⁵⁻¹⁰। अमरैन्थस मनुष्य के मुख्य भोजन के साथ-साथ अन्य रूपों में भी जैसे : सब्जियां और क्षेत्रीय उद्योग के रुचिकर खाद्य पदार्थों जैसे: ब्रेड (डबलरोटी), पेस्ट्री, बिस्कुट, फ्लेक्स (शल्कल), आइसक्रीम, बच्चों के खाद्य पदार्थ, रोटी और लड्डू आदि की तरह खाद्य पदार्थ के रूप में उपयोग में लाया जा सकता है। इसे पत्तियों वाली सब्जी और चारे के लिये भी उगाया जाता है¹¹⁻¹³। बहुत से जैविक (biotic) और अजैविक (abiotic) व्यवधानों जैसे: बीमारियां, कीड़ों का प्रकोप, सूखा अथवा कम उर्वरता, कम पैदावार वाली पुरानी जातियों आदि के कारण एशिया में धान्य अमरैन्थस की पैदावार बहुत कम है। अधिकांशतः इसकी स्थानीय जातियों में शाखाओं की वृद्धि अनिश्चित है, और पकने में अधिक समय लगता है। इसकी आम प्रयोग में लाई जाने वाली भूमिक जातियां प्रकाशावधि के लिये संवेदनशील हैं और मिश्रित फसल के लिये अधिक उपयोगी हैं। परिणामस्वरूप इनकी संभावित पैदावार कम है और अच्छे प्रबन्धन प्रचलन के लिये प्रतिचार नहीं करती है। यद्यपि अनेक देशों

में कहीं-कहीं अनुसंधान कार्य हो रहा है, किन्तु भारत में राष्ट्रीय वनस्पति अनुसंधान संस्थान ने जब राष्ट्रीय और अन्तर्राष्ट्रीय सहयोग के साथ धान्य अमरैन्थस के सुधार के लिये कोशानुर्वर्षिक अभिजनन का क्रमबद्ध अनुसंधान कार्य आरम्भ किया तब विश्व के अनेक देशों का ध्यान इस ओर आकर्षित हुआ^{14,15}।

धान्य अमरैन्थस को प्रायः सीमान्त कृषि भूमि में उगाया जाता है जिसकी लागत भी लगभग नगण्य होती है। इसलिये इसकी औसत पैदावार भी बहुत कम होती है। लागत के लिये प्रत्युत्तरित अधिक पैदावार वाली जातियों के आगमन से धान्य अमरैन्थस की पैदावार में कई गुना वृद्धि हुई है।

उपर्युक्त बातों से यह महत्वपूर्ण शिक्षा ली जा सकती है कि यदि फसल को बीमारियों और कीटों से निर्यंत्रित परिस्थितियों में उगाया जाये तो विशेषकर भारत में इसकी पैदावार में वृद्धि का क्षेत्र बहुत विस्तृत है। अंततः उपर्युक्त चर्चा से मुख्य सारांश यह निकलता है कि सामान्यतया उपलब्ध धान्य अमरैन्थस की जातियों का यदि ठीक तरह से प्रबन्धन किया जाये तो स्वीकृत स्तर तक इसकी पैदावार में वृद्धि हो सकती है, साथ ही साथ वैज्ञानिक अनुसंधानों से भी यह विश्वास किया जा सकता है कि इस फसल की वर्तमान पैदावार की संभाव्यता को समर्थ अभिजनन द्वारा वर्तमान स्तर से कहीं अधिक बढ़ाया जा सकता है।

इस लेख में आनुवंशिक हेर-फेर (genetic manipulation) द्वारा धान्य अमरैन्थस की संभाव्य पैदावार को बढ़ाने के उपायों का अध्ययन किया गया है। गुणवत्ता पक्ष को ध्यान में रखते हुये इसमें अभिजनन द्वारा प्रोटीन की मात्रा में वृद्धि का प्रयास किया जा रहा है। प्रोटीन की सीमित मात्रा और पैदावार एक दूसरे से ऋणात्मक सहसम्बन्ध (negative correlation) के कारण विरोधी उत्पादक हैं¹⁶। पैदावार और पैदावार घटकों में सीधे हेर-फेर के परीक्षण से धान्य अमरैन्थस की पैदावार को प्रभावित करने वाले जैविक और अजैविक कारकों के सापेक्ष रामदाने के सुधार में अभिजनन और आण्विक जैविकी की भूमिका की पुनर्संरचना के परिणाम इस प्रकार हैं:

सारणी 1— धान्य अमरैन्थस की पूर्वगामी जातियों का निष्पादन

जातियाँ	परिपक्वता समय	पैदावार (q/h)	संलवन सूचकांक(%)
एजी-19/2 एन जी एल के ओ	79	31.20	72.85
एजी-54	100	31.04	71.98
एजी-60	99	32.84	78.42
एजी-65	99	28.47	75.65
एजी-19/1 एन जी एल के ओ	76	19.85	64.64
एजी-67	94	28.19	69.34
एजी-114	95	30.39	71.54
एजी-21	96	30.87	66.84
एजी-198	93	26.29	54.95
रसना-2	95	27.77	56.45
अन्नपूर्णा	88	23.82	46.85
आइ सी-120588	100	35.38	72.95
एस के एन ए-7	96	32.43	70.85
एल एस डी 5:	1.35	0.76	17.85

धान्य अमरैन्थस के गुण : अपने देश में उत्पादित और जंगली (घास की तरह स्वतः उगने वाली) जातियों की तुलना करने पर कुछ विशेष गुणों के आधार पर यह निष्कर्ष निकलता है कि उगाये जाने वाले अमरैन्थस को धान्य फसल के रूप में स्थापित किया गया¹⁷। धान्य अमरैन्थस की फसल अपने देश में उत्पादन को घरेलू (domestication) बनाने में इसके एकलिंगी स्वभाव और वाह्य अभिजनन गुणों का महत्वपूर्ण योगदान है। प्रत्येक शैरस (ग्लोमेरूल : पुष्पक्रम की आरम्भिक इकाई) में एक नर पुष्प और लगभग 250 मादा पुष्प पाये जाते हैं। मादा पुष्पों का अधिक संख्या में पाया जाना इसकी पैदावार के विदोहन के लिए लाभकारी गुण है।

पत्ते वाले अमरैन्थस की तुलना में धान्य अमरैन्थस के तनों के ऊपरी सिरों पर काफी सघन यौगिक पुष्पक्रम पाये जाते हैं जिनमें काफी शाखायें निकलती हैं जिससे धान्य अमरैन्थस की पैदावार की संभावना अधिक बढ़ जाती है यद्यपि दानों के आकार में कोई वृद्धि नहीं हुई है और संभवतः यह गुण इसके विकास (evolution) में भी स्थिर रहा है। रामदाने में तुलनात्मक रूप से छोटे और कमजोर निपत्र पाये जाते हैं जो ऐसे पुष्पक्रमों के चयन में सहायक होते हैं जिसके दानों को हाथ से रगड़ कर साफ करते समय परेशानी न हो अर्थात् जिसमें निपत्र कठोर होकर काँटे की तरह न हों बल्कि मुलायम हों। अस्फोटी दृति (utricule) की उपस्थिति के कारण इसके निस्तुण और निष्पवन में अस्फोटी वृद्धि वाली जातियों और पैत्रिक जातियों जैसे ए. पावलाई लिन. की तुलना में काफी आसानी हो जाती है।

जंगली जातियों में पाये जाने वाले बीजों की तुलना में पीले या सफेद पीले (pale colour) बीजों को स्वाद और अच्छा भुनने के गुण के

कारण अधिक पसन्द किया जाता है। बीजों का काला होना एक प्राकृतिक गुण है। धार्मिक धारणाओं के कारण हरे और हल्के लाल रंग के पुष्पक्रमों की तुलना में गाढ़े हरे, पीले या लाल रंग के पुष्पक्रमों को अधिक पसन्द किया जाता है।

पैदावार में सुधार : यद्यपि ऐसा पाया गया है कि रामदाने की पैदावार में संयोजी कारकों का भी महत्वपूर्ण योगदान है¹⁸ किन्तु पैदावार असंयोजी पैतृक क्रिया पूर्ण प्रभवता से नियंत्रित होती है। पैदावार की वांछितता में भिन्नता पैतृक पौधों का चुनाव, वातावरण की परिस्थितियाँ और कृषि भूमि की तकनीकी दक्षता आदि पर निर्भर करती है (सारणी 3)। पैदावार की स्थिरता एक महत्वपूर्ण मानदण्ड है क्योंकि ऐसा देखा गया है कि अधिकांशतः मौसम के अनुसार आगे आने वाले वर्षों में धान्य की पैदावार में परिवर्तन होता रहता है। पैनिक्ल की लम्बाई, प्रति पौधा पैनिक्ल की संख्या, प्रति पैनिक्ल बीजों का भार और परीक्षण भार पैदावार के मुख्य संघटक हैं और पैदावार से इनका महत्वपूर्ण सम्बन्ध है¹⁹ (चित्र 1)। पौधों की ऊँचाई और पैनिक्ल की लम्बाई तथा प्रति पौधा पैनिक्ल की संख्या भी एक दूसरे से सहसम्बन्धित हैं और ऐसा माना गया है कि ये पैदावार के एक महत्वपूर्ण निर्णायक हैं^{20,21}। इन वैज्ञानिकों ने यह भी सलाह दी है कि प्रति पौधा पैनिक्ल की संख्या एक उत्तम चयन सूचकांक है। इसी कारण यथार्थ रूप से धान्य की पैदावार के लिए पैनिक्ल की सघनता को ही अधिकांशतः चयन के लिये मानदण्ड माना जाता है तथापि यह संशयास्पद है कि यदि प्रति पौधा पैनिक्ल की संख्या आसानी से ज्ञात किया जा सकने वाला गुण है, बीजों का भार (अर्थात् बीजों का आकार) दुर्भाग्यवश बीजों के पैदावार से अल्प सहसम्बन्धित है^{19,20,22,23}। यह देखा

सारणी 2 — धान्य अमरैन्थस में विभिन्नता और इसके संबद्ध प्राचल के आनुवंशिक घटक

विभिन्नता के घटक	परिपक्वता समय	पौधे की ऊँचाई (cm)	पैनिकल की संख्या/पौधा	वांग का भार पैनिकल (g)	परीक्षण भार (g)	पैदावार पौधा (g)	संवलन सूचकांक (%)
जी सी ए एस सी ए आर डी सी (62 जी/62 एम)	0.5 ओ डी	सी डी	पी डी	पी डी	पी डी एल	एच एच एच सी डी	ओ डी डी एच 1
(एच1/डी) 0.5 जोन एक्शन डब्ल्यू आर-वी आर	ओ डी एन ए ओ डी	ओ डी एन ए ओ डी	ओ डी एन ए ओ डी	ओ डी ए ए ओ डी	पी डी ए ए सी डी	ओ डी एन ए ओ डी	ओ डी एन ए ओ डी

जी सी ए — जनरल कम्बाइनिंग एबिलिटी; एस सी ए — स्पेसिफिक कम्बाइनिंग एबिलिटी

आर डी सी — रेसीप्रोकल इफेक्ट्स

ए—नॉनएडिटिव

ए ए—एडिटिव

पी डी — पार्शियल डोमिनेंस

सी डी—कम्पलीट डोमिनेंस

ओ डी — ओवर डोमिनेंस
(अति प्रभुवता)

एच — हाई

एम — मीडियम

एल — लो

सारणी 3 — धान्य अमरैन्थस में पैदावार और इसके गुणों में विभिन्नता के आनुवंशिक घटक

लक्षण/ गुण	परिक्षेत्र	औसत (%)	पी सी वी (%)	जी सी वी (%)	पित्रगम्यता (%)	आनुवंशिक उल्लेखन (%)
परिपक्वता समय	76-134	105+6.32	एम	एम	एम	एम
पौधे की ऊँचाई	88.38-151.35	119.86+8.61	एम	एम	एम	एल
पैनिकल/पौधा	28.92-89.44	59.18+4.86	एम	एल	एल	एल
बीज का भार/ पैनिकल	2.93-5.60	4.26+0.28	एच	एच	एच	एल
परीक्षण भार (1000 दाने)	0.63-0.77	0.70+0.03	एम	एम	एम	एम
पैदावार/पौधा	137.52-274.48	206.00+14.93	एम	एम	एम	एम
संवलन सूचकांक (%)	46.85-91.20	69.00+4.90	एच	एच	एच	एम

एच हाई (उच्च); एम मीडियम; एल लो

पी सी वी : फिनोटिपिक कॉफीशियेन्ट ऑफ वैरियेशन

जी सी वी : जीनोटिपिक कॉफीशियेन्ट ऑफ वैरियेशन

गया है कि पौधों की लम्बाई का पैदावार से अत्यधिक सहसम्बन्ध है जो शायद लम्बे पौधों में पैनिक्ल को अधिक संख्या के कारण हो सकता है यद्यपि पैदावार के कुछ संघटकों की उच्च पित्रगम्यता को एक आकर्षक साधन माना गया है, लेकिन पैदावार के साथ उनके अल्प आनुवंशिक सहसम्बन्ध के कारण इनका महत्व सीमित है^{20,21}।

उपर्युक्त तथ्यों से यह निष्कर्ष निकलता है कि संभवतः संयोजी और असंयोजी दोनों ही पैतृक क्रियाओं के घटित होने के कारण सीधी चयन प्रक्रिया असम्भव है (सारणी 2)। इन परिस्थितियों में संयोजी आनुवंशिक प्रभाव के विदोहन के लिये युग्मोमय गुणों के निश्चित मात्रा का संधारण वांछनीय है। इस तरह एक उपर्युक्त अभिजन प्रक्रिया रही होगी जो संयोजी आनुवंशिक भेद का परिसमापन कर सके और साथ-साथ विपमयुक्तीय गुणों का भी अनुरक्षण कर सके। इसलिये प्रत्यावर्ती चयन के साथ अति वांछनीय पृथक्कृतों का आपस में अन्तर्संवेदन (inter mating) के रूप में सस्यसंख्या में सुधार तथा आन्तरिक पदार्थ में संयोजी पित्रैकों के संचयन द्वारा आनुवंशिक अन्तरछेद का उत्थान हो सकेगा। इसके द्वारा पुनःसंयोजन को भी तेज गति प्राप्त होगी जिससे यदि कोई आनुवंशिक बाधाएँ हों तो उनको भी दूर करने में सहायता मिलेगी। यद्यपि यह ज्ञात है कि धान्य अमरैन्थस में नर बंध्यता पायी जाती है और उपयोगी पित्रैकों की भी पहचान कर ली गयी है किन्तु अभी तक ऐसी कोई सूचना प्राप्त नहीं हुई है जहाँ इसका उपयोग वांछ्य संकरण सस्यसंख्या के विकास के लिये किया गया हो।

धान्य अमरैन्थस के पौधे की पुनर्संरचना (धान्य अमरैन्थस की आदर्श प्रजाति) : धान्य अमरैन्थस की खेती विस्तृत वातावरण में की जाती है। वातावरण वर्तमान कृषि पद्धति का एक महत्वपूर्ण संघटक है। इस प्रकार के फसल तन्त्र में अमरैन्थस के धान्य, हरी सब्जियों या चारे की कोई ऐसी प्रजाति नहीं है जो सभी परिस्थितियों और प्रयोजन के लिये योग्य कही जा सकती है। अतः राष्ट्रीय वनस्पति अनुसंधान संस्थान के वैज्ञानिकों ने आरम्भ से ही ऐसी श्रेणी की प्रजातियों के विकास को मान्यता दी जो विशिष्ट आवश्यकताओं के लिये उपयुक्त हों। तथापि आरम्भ से ही यह जिज्ञासा थी कि अमरैन्थस की ऐसी जातियों को उगाया जाये जिनकी पैदावार भी अधिक हो तथा अमिश्रित फसल के रूप में भी उगायी जा सकें और साथ ही साथ अन्य फसलों जैसे : दाल, गेहूँ और चावल आदि की तरह अच्छे प्रबन्धन के प्रति भी सजग रहें। यह भी पहचान की गयी है कि मध्यम या देर से तैयार होने वाली धान्य अमरैन्थस की प्रजातियाँ जो अमिश्रित फसल के रूप में उगाई जायें (चित्र 2) और उतनी ही भूमि में अन्य दाल वाली फसलों की प्रतियोगिता कर सकें, इसलिये पूर्व परिपक्वता वाली जातियों का विकास किया जाना चाहिए।

फसल तैयार होने पर उसकी कटाई और दानों की सफाई के समय गुणवत्ता बनाये रखने के लिये पौधों में कुछ बातों का पाया जाना आवश्यक है जैसे आधारीय शाखाविहीन मध्यम ऊँचाई वाले पौधे जिनकी पत्तियाँ सामान्य आकार की हों, पौधे सीधे खड़े रहें और गिरे नहीं, बीजों के छिटकने से बचने के लिये 80-100 दिनों में तैयार होने वाले संकालिक परिपक्वता, सघन पुष्पक्रम, प्रति पौधा पैनिक्लों की अधिक संख्या, परिपुष्पों और कणों का कम कटीला होना और बीजों का रंग हल्का पीला

होना आदि। भारतीय परिवेश में मुख्य रूप से इस बात पर अधिक जोर दिया गया कि पूर्ण परिपक्वता, सघन पुष्पक्रम, सघन पैनिक्ल और बीमारियों की प्रतिरोधी क्षमता के गुण वाली प्रजातियों का विकास किया जाये। विगत वर्षों में अधिक प्रोटोनयुक्त और अधिक पैदावार वाली जातियों को विकसित करने पर मुख्य ध्यान दिया गया है।

दूसरा गुण जिसकी ओर अधिक ध्यान दिया गया वह है पौधों की सघनता जो कि एजी-29 नामक प्रजाति में पाया गया है^{19,20}। पुष्पक्रम का आकार और छोटे-छोटे पैनिक्ल जो कि जड़ों को परिपाचन प्रदान करते हैं और इस बात के लिये भी सावधान रहते हैं कि पुष्पक्रम के आकार में कमी न हो^{19,20,26}। यदि दानों की संख्या प्रति ग्लोमेरुल के सापेक्ष स्थिर हो और उस शाखा की लम्बाई उत्पन्न ग्लोमेरुल की संख्या द्वारा पैदावार को नियंत्रित करती हो तो पुष्पक्रम में सबसे अधिक लम्बी शाखा की लम्बाई दानों की पैदावार से सीधे सहसम्बन्धित होती है।

धान्य अमरैन्थस फसल के पौधों में जैविक मात्रा की कमी को उपलक्षित किया गया है जिससे पौधों के सीधे खड़े रहने की क्षमता बढ़ सके और मैदानी परिस्थितिकी तन्त्र के लिये 1.5 m लंबाई वाले पौधों को विचारात्मक रूप से प्रस्तावित किया गया है तथापि अधिक पैदावार प्राप्त करने के लिये मध्यम ऊँचाई वाले पौधों की आवश्यकता पर जोर दिया गया है। राष्ट्रीय वनस्पति अनुसंधान संस्थान, लखनऊ में धान्य अमरैन्थस पर शोध कार्य में यह पाया गया है कि धान्य की पैदावार और पौधों की लम्बाई में सहसम्बन्ध गुणांक $r = 0.63$ है (चित्र 1)। विशेष ध्यान देने योग्य बात यह है कि यदि जैविक मात्रा का विभाजन किया जाये तो तने, पत्तियाँ और बीजों में यह संलवन सूचकांक की एक विशेष मापन विधि की तरह है (पौध अभिजनन विज्ञान में) और प्रजनन प्रयास (जनसंख्या जीव विज्ञान में)। दूसरी ओर यह पाया गया कि मैदानी क्षेत्रों में संलवन सूचकांक का नजदीकी सम्बन्ध है ($r = 0.85$) जो इस बात को प्रदर्शित करता है कि मैदानी क्षेत्र में शुष्क द्रव्य की पैदावार का महत्व अधिक है। जबकि अच्छे वातावरण में परिपाचन के विभाजन का महत्व अधिक है, घरेलू जातियों में बीजों के लिये जैविक मात्रा के आवंटन का पैदावार से धनात्मक सम्बन्ध है, जबकि बाहरी जातियों में ऐसा नहीं है, यद्यपि तने और बीज के रूप में जैविक मात्रा के प्रतिशत और पैदावार में ऋणात्मक सम्बन्ध है²⁰।

यद्यपि धान्य अमरैन्थस में विचारात्मक अभिगमन के प्रयोग पर प्रश्न नहीं उठता है, किन्तु उपर्युक्त चर्चा में जिन जैविकी जलवायु परिस्थितियों में अभिजनन कार्यक्रम को केन्द्रित किया गया है उनके महत्व का बिना सावधानीपूर्वक परीक्षण किये हुये, प्रचलित चयन मानदण्डों के प्रयोग के विरुद्ध सावधान करता है। विचारात्मक प्रकार की खोज में per se अधिक पैदावार के चयन को भी अनदेखा नहीं किया जाना चाहिये।

धान्य अमरैन्थस के अभिजनन में भारतीय अनुभव एक रोचक उदाहरण है। पिछले 30 वर्षों में भारत में धान्य अमरैन्थस के अभिजनकों (breeders) का ध्यान पैदावार और पैदावार में सहयोग देने वाले कारकों की तरफ ही अधिकांशतः केन्द्रित रहा है जैसे प्रति पौधा पैनिक्ल की संख्या, परीक्षण भार (1000 बीजों का), संलवन सूचकांक (harvest index) (सारणी 3) और अंततः अन्य आर्थिक कारकों जैसे परिपक्वता

समय, बीजों का गुण और पैदावार की संभाव्यता के लिये अनुवर्ती चयन सरल हो जाता है।

वौनी जातियों का परीक्षण अलग-अलग स्थानों पर, जहाँ लम्बी जातियों का भी अन्वीक्षा संचालन किया जा रहा हो, बहुस्थानीय अन्वीक्षा की जानी चाहिये और इस तरह से दो समपित्रैकों के समूहों में उनके पैदावार के स्तर की तुलना कर ली जाती है। कई वर्षों के अनुभव से यह पता चलता है कि सामान्यतया सघन पुष्पक्रम और सघन पैनिकिल वाली वौनी जातियों में लम्बे पौधे और विरल पैनिकिल वाली जातियों की अपेक्षा अधिक पैदावार पायी गयी। यह एक अत्यन्त महत्वपूर्ण क्षेत्र है, जिसमें अनुसंधान और विदोहन की अधिक आवश्यकता है।

धान्य अमरैन्थस में विकास के फलस्वरूप, अन्य धान्य फसलों की तरह, जल्दी तैयार होने वाली, वौनी- मध्यम ऊँचाई वाली और निश्चित वृद्धि वाली किस्में उपलब्ध हो रही हैं और विगत वर्षों में पैदावार में भी बढ़ोत्तरी हुयी है। अधिक पैदावार वाली जातियों के विस्तृत क्षेत्र में विस्तार के कारण पैदावार में अत्यधिक वृद्धि हुयी है।

धान्य अमरैन्थस के विकास के लिये पहले की अपेक्षा कई अन्य क्षेत्रों में अधिक ध्यान देने की आवश्यकता है। सर्वप्रथम धान्य अमरैन्थस के पौधे की संरचना ऐसी हो कि इसमें पैनिकिल बहुत अधिक संख्या में पाये जायें। धान्य अमरैन्थस के वे पौधे, जिनके ऊपरी भाग में पत्तियों की मात्रा बहुत अधिक हो और साथ-साथ पैनिकिल की संख्या भी अधिक हो, ऊपर से काफी भारी हो जाते हैं और कमजोर तने के कारण अधिक समय तक सीधे खड़े नहीं रह सकते हैं। अपने जीवन काल में लम्बे पौधे समय से पूर्व ही गिर जाते हैं। यद्यपि वौने-मध्यम ऊँचाई के पिट्रैक वाले पौधों के भी गिरने की संभावना रहती है, यदि प्रति पौधा पैनिकिल की संख्या अधिक हो। अधिकांशतः यह उन परिस्थितियों में होता है जब पौधों की कटाई समय से अधिक पिछड़ जाये अथवा अतिपरिपक्व फसल खेत में ही खड़ी रह जाये।

कोई भी आनुवंशिक तन्त्र जो धान्य अमरैन्थस के पौधे के आधार को शारीरदः (natomically) अत्यधिक मजबूत और मोटा बना सके जिससे परिपक्व होने तक सीधे खड़े रह सकें तो निश्चित रूप से पैदावार की संभावना को और बल मिलेगा। ऐसे पौधों को, जो उपरोक्त गुण के साथ-साथ वौने भी हों तथा उनमें पैनिकिल की संख्या भी अधिक हो, पास-पास लगाया जा सकता है। उच्च फसल घनत्व और उपयुक्त स्तर पर प्रति इकाई क्षेत्रफल में पैदावार को 25.30% तक बढ़ाया जा सकता है।

अत्यधिक आयन्त्रित उपभोग और अन्य धान्यों की तरह विभिन्न तरह से उपयोग किये जाने के कारण अन्य देशों की तरह भारत में भी धान्य अमरैन्थस की फसल के लिये विस्तृत क्षेत्र है। उष्ण और उपोष्णीय ऊँचाई पर निवास करने वालों का यह एक प्रमुख खाद्य पदार्थ है और अधिकांश लोगों द्वारा नित्य प्रति उपभोग किया जाता है। परिणामस्वरूप बाजार में इसकी बहुत खपत की जा सकती है। यह इस बात से भी स्पष्ट है कि वर्तमान समय में धान्य अमरैन्थस का मूल्य लगभग 1800/- रुपये प्रति क्विंटल के आस-पास है और यही मूल्य दर विगत कई वर्षों से देखा जा रहा है। इसलिये इसकी पैदावार को बढ़ाया जाना चाहिये। यदि विदेशों में इसका निर्यात किया जा सके तो भारत में इसकी पैदावार को बढ़ाने के

लिये प्रोत्साहन मिलेगा।

चारे वाली जातियों को विकसित करना भी अमरैन्थस के अभिजनन का एक दृष्टिकोण हो सकता है। इसमें इस बात को सन्निहित किया जाना चाहिये कि ऐसी जातियों का विकास किया जाये जो जानवरों या मृगियों के लिये हरे चारे या सूखे दाने के रूप में उपयोग में लायी जा सकें। इस कार्य में सबसे बड़ी सुविधा यह है कि मनुष्यों के उपभोग पर जो इसका आर्थिक प्रभाव है, उसका इससे कोई सम्बन्ध नहीं है। इस फसल में बीजों के रंग का पौधों की पत्तियों अथवा पुष्पक्रम के रंग से कोई सम्बन्ध नहीं है। नवोद्भिद अवस्था में रंगशक्ति (pigment potent) समपित्रैक में पुष्पक्रम के रंग का अवलोकन नहीं किया जा सकता है।

तथापि अन्य फसलों की तरह धान्य अमरैन्थस में भी यह एक स्थापित आनुवंशिक निरीक्षण है कि रंग संश्लेषण (एन्थोसाइनिन आदि) करने वाले समजीनीय की पैदावार क्षमता, स्थायित्व और पौष्टिकता और परिवर्ती वातावरण में सहनशीलता की क्षमता अधिक होती है। पशुपालन में उपयोग के लिये बीज या पत्तियों का रंगीन होना कोई रुकावट नहीं है, लेकिन मनुष्यों में उपयोग के लिये दानों के रंग का अन्तर पड़ता है, क्योंकि अधिकांशतः पीले या सफेद रंग के बीजों को लोगों के द्वारा स्वीकृत किया जाता है। इसमें कोई शंका नहीं है कि आने वाले समय में खाद्य और चारे के रूप में इसकी माँग में कई गुना वृद्धि होगी। जनसंख्या और जीवन शैली के स्तर में बढ़ोत्तरी के कारण जानवरों से प्राप्त भोज्य पदार्थ जैसे दूध, मांस, मछली और अंडा आदि का भी निश्चित रूप से उपभोग बढ़ेगा। धान्य अमरैन्थस ही इन परिस्थितियों में एक सस्ता खाद्य स्रोत होगा। यदि मनुष्यों के उपभोग के विचार से अधिक गुणवत्ता वाला सफेद रामदाना वर्तमान समय में बहुत सस्ता है, तो कम अधिमान्य रंगीन रामदाना आर्थिक दृष्टि से पशुपालन के लिये बहुत ही अनुकूल होगा।

अतः आवश्यक है कि धान्य अमरैन्थस के अभिजनकों को भविष्य की माँग को देखते हुये इसे चुनौती के रूप में लेते हुये खाद्य और चारे दोनों के लिये रामदाने के अभिजनन कार्यक्रम का सूत्रपात करना चाहिये। वाणिज्य कृषि के योग्य जातियों के उपलब्ध होने में कई दशक लग जायेंगे। संभवतः इस क्षेत्र में सफलता की संभावना अधिक है और सर्वोत्तम सफेद दाने वाली जातियों की तुलना में 20-25% तक पैदावार में वृद्धि हो सकती है।

आर्थिक रूप से फसल का समय से पूर्व तैयार होना (पूर्वभावी) एक महत्वपूर्ण गुण है। यह ध्यान में अवश्य रखना चाहिये कि पैदावार प्रति इकाई क्षेत्रफल का उत्पादकता संभाव्य है। धान्य अमरैन्थस की पूर्वभावी जातियों के विकास के लिये क्रमबद्ध अभिजनन कार्यक्रम का सूत्रपात राष्ट्रीय वनस्पति अनुसंधान संस्थान में सर्वप्रथम 1970 में हुआ था और प्रथम विकसित प्रजातियों को सामूहिक रूप से रामदाना '90 दिन'²⁸ नाम दिया गया था क्योंकि पौधों के लगाने के 30-40 दिनों में उनमें पुष्प आ जाते थे और 85-97 दिनों में पौधे परिपक्व हो जाते थे। उनका वर्तमान निष्पादन सारणी 1 में दिया गया है। पूर्वभावी जातियों की पैदावार 20-35 q/h और पैदावार सूचकांक 55-70% है। जबकि स्थानीय जातियों की पैदावार सूचकांक 25-35% है। अतः भूमि का इकाई क्षेत्रफल पैदावार के निष्पादन का एक अंग है, जो कि आनुवंशिक गुण नहीं है बल्कि प्रबन्धन का एक भाग है। पूर्वभावी जातियों को अधिक सघन फसलों के

साथ बोया जा सकता है और बीनी जातियों के चयन द्वारा फसलों को और अधिक देर तक रोका जा सकता है²⁹। संभवतः यह एक आदर्श पारिस्थितिकी होगी जिससे प्रति इकाई क्षेत्रफल में भी पैदावार में बढ़ोतरी हो सकती है। वास्तव में इसे केवल धान्य अमरैन्थस के लिये ही नहीं किन्तु अन्य फसलों के लिये भी एक सामान्य सूत्र मानना चाहिये। आदर्श पौधे के प्रकार को सारांश में इस तरह कहा जा सकता है—

आदर्श पौध प्रकार बीनी किस्म की अधिक पैदावार (पूर्वभावी)

धान्य अमरैन्थस की ऐसी जातियों का विकास किया जाना चाहिये जो विभिन्न पारिस्थितिकी तंत्र में सर्जन आधारित फसल तंत्र के खांचे में उपयुक्त हो सकें। जिससे किसानों को कृषि को बढ़ाने में सहायता मिल सके तथा उनकी मेहनत और भूमि का सदुपयोग हो सके। इन बातों को ध्यान में रखते हुये अमिश्रित धान्य अमरैन्थस की फसल के लिये निम्नलिखित गुणों पर विचार किया गया।

- 1 छोटे काठी के पौधे (short statured plant)
- 2 पूर्वभावी गुण (earliness)
- 3 संकालिक परिपक्वता (synchronous maturity)
- 4 घनित पुष्पक्रम (compact inflorescence)
- 5 प्रति पौधा पैनिकल की अधिक संख्या (more panicles/plant)
- 6 अधिक पैदावार (high yielding)
- 7 अधिक पोषाहार गुण (high nutritional quality)
- 8 बीजों में छिटकों प्रतिरोधी गुण होना (shattering resistance)
- 9 कीड़े, नाभिकीट और बीमारियों की रोधक क्षमता (insect, pest and disease resistance)

पैदावार की सीमाकारकों के विरुद्ध अभिजनन

अजैविक प्रत्यावल (abiotic stress)

धान्य अमरैन्थस की *ए. रिट्रोफ्लेक्सस* लिन. (*A. retroflexus* Linn.) एक सदाबहार जाति है और मरुस्थलीय परिस्थितियों तक में भी यह सूखे के लिये प्रतिरोधी है। यह जाति लद्दाख (कश्मीर) में घासों की तरह उगती हुयी पायी गयी और वहाँ से लाकर इसको राष्ट्रीय वनस्पति अनुसंधान संस्थान के पित्रद्रव्य (germplasm) में समावेश किया गया। इसको *ए. हाइपोकान्ड्रिएकस* (*A. hypochondriacus*) और *ए. क्रुएन्टस* (*A. cruentus*) के साथ प्रसंस्करण (hybridization) कार्यक्रम में संनिहित किया गया, गुप्त्य जातियों से यह प्रकाश में आया कि इसमें संकरण संगतता (cross compatability) है जिससे F_2 संकर पौधों में तृणकीय पितृ का प्रभुत्व पाया गया। *ए. रिट्रोफ्लेक्सस* लिन. (*A. retroflexus* Linn.) (तृण प्रकार) का *ए. हाइपोकान्ड्रिएकस* (*A. hypochondriacus*)

और *ए. क्रुएन्टस* (*A. cruentus*) (कृषि की जाने वाली जातियों) के साथ कोशानुवंशिक (cytogenetic) सम्बन्धों का अध्ययन किया गया और पाया गया कि इन जातियों में आपस में बहुत अधिक आनुवंशिक सधर्मता (genetic homology) है जो कि धान्य अमरैन्थस के पैतृक संग्रह के आधार का और अधिक निस्तारण करता है और सूखी मरुस्थलीय घाटियों जैसे लद्दाख, लाहौल, स्पिती आदि के लिये उपयुक्त जातियों के उद्घिकरण की संभावनाओं को बढ़ाता है।

इस तरह के प्रतिरोधी पौधों के विकसित करने की दिशा में किसी क्रमबद्ध अभिजनन कार्य क्षमता का सूत्रपात नहीं किया गया है, फिर भी राष्ट्रीय वनस्पति अनुसंधान संस्थान, लखनऊ में इसके आनुवंशिक विकास के लिये विस्तृत प्रयास किया गया है। धान्य अमरैन्थस के आनुवंशिक अभिजनन कार्यक्रम से संबद्ध वैज्ञानिकों को कुछ ऐसी जातियों के निर्धारण में सफलता मिली है जिनमें इन दो गुणों अर्थात् पौधों के गिरने और बीजों के छिटकने में सुधार हुआ है। जिसके कारण पैदावार में बढ़ोतरी हुयी है। इस दिशा में एक पूर्णरूपेण समर्पित और बहुविभागीय प्रयासों की विशेष रूप से आवश्यकता है।

रोग-प्रतिरोधकता (disease resistance)

लीफ स्पॉट एलब्यूगी ब्लाइटआई (*Albugo bliti*, Biv) और *आल्टरनेरिया अमरैन्थाई* (*Alternaria amaranthi*) (पेक) और मौजेक वाइरस अधिक महत्वपूर्ण हैं। यद्यपि क्षति पहुँचाने में इनका महत्व कृषि पारिस्थितिक परिस्थितियों की भिन्नता पर निर्भर करता है। धान्य अमरैन्थस में रोग प्रतिरोधक पौधों के अभिजनन का कोई क्रमबद्ध अनुसंधान कार्य नहीं हुआ है। प्रायोगिक रूप से सी एम वी (C M V) अमरैन्थस की अनेकों जातियों यहाँ तक कि *ए. हाइपोकान्ड्रिएकस* (*A. hypochondriacus*) का संक्रमण करता है³⁰⁻³³। *ए. डिफ्लेक्सस* (*A. deflexus*), *ए. लिविडस* (*A. lividus*) और *ए. रिट्रोफ्लेक्सस* (*A. retroflexus*) जातियाँ सी. एम. वी. (C M V), की प्राकृतिक पोषता है³⁰। एक सूचना के अनुसार धान्य अमरैन्थस *ए. हाइपोकान्ड्रिएकस* (*A. hypochondriacus*) में मौजेक बीमारी सी एम वी (C M V) द्वारा पैदा होती है³⁴। धान्य अमरैन्थस में मौजेक बीमारी के आण्विक आधार पर कुछ उत्कृष्ट सूचनाये उपलब्ध हैं। *ए. हाइपोकान्ड्रिएकस* (*A. hypochondriacus*) में धान्य की पैदावार को कम करने वाले विषाणु (वायरस) एफिड पारेषण के आधार पर अनिरन्तर विधि 28 mm समविक कणों की उपस्थिति, एस डी एस-पी ए जी ई (SDS-PAGE) में 26 kI प्रोटीन की विषाणु आवरण की उपएकक और सी एम वी-सी (CMV-C) संतति से घनिष्ठ लासिकीय सम्बन्ध ज्ञात किया गया³⁵। शुद्धीकृत कणों से निस्सारित नाभिकीय अम्ल में पाया गया कि यह संक्रमण और एस एस आर एन ए (SSRNA) था। विषाणु पृथक्कृत के आर एन ए (RNA) की आकृति से यह पता चलता है कि ये आर एन ए (RNA) बहुगुणित हैं और सी एम वी (CMV) की आर एन ए (RNA) आकृति के समान थे।

कीट (insect-pests)

हरा, अर्धकुब्जग *प्लूसिया सिग्नेटा* (*Plusia signata* Fabr.), तने में छेद करने वाला घुन *हाइपोलिक्सस ट्रंकटुलस* (*Hypolixus truncatulus* Boheman) और पत्तियों को खाने वाला पदातिक (caterpillar) पूरे विश्व में पाये जाने वाले नाशीकीट हैं। यद्यपि एक क्षेत्र से दूसरे क्षेत्र में इनकी सार्थकता अलग-अलग है। देश के दक्षिणी गोलार्द्ध में जहाँ अमरैन्थस को सब्जी के रूप में उगाया जाता है वहाँ पर तने में छेद करने वाला घुन अत्यधिक विनाशकारी है। कीट और नाशीकीट के लिये प्रतिरोधी अमरैन्थस के अभिजनन का कोई क्रमबद्ध अनुसंधान कार्य नहीं हो रहा है। अभी-अभी नाशीकीट प्रतिरोधी अमरैन्थस के अभिजनन की संभाव्यता और उसकी स्थिति की समीक्षा की गयी और इस पर बल दिया गया कि इस कार्य को अधिक बहुविभागीय सामूहिक प्रयास से किया जाये जो प्रतिरोधी तन्त्र की पहचान कर सके और इस गुण वाली जातियों का विकास हो सके। दुर्भाग्य से अमरैन्थस में इस तरह के संसाधनों का अभाव है।

अमरैन्थस के अभिजनन में जैवप्रौद्योगिकी का योगदान

यद्यपि इस तथ्य से इंकार नहीं किया जा सकता है कि वर्षों से चला आ रहा क्षेत्र परीक्षण और बहुस्थानीय अन्वीक्षा अभिजनन कार्यक्रम का एक आवश्यक अंग है जिसको उपेक्षित नहीं किया जा सकता है, किन्तु जैवप्रौद्योगिकी तकनीक द्वारा क्षमता और पौध प्रजनन की औसत गति की वर्तमान स्थिति में वृद्धि की जा सकती है। सभी अल्प समुपयोज्य फसलों में से धान्य अमरैन्थस इस प्रयोग के लिये अति योग्य फसल है। जैसा कि ऊपर चर्चा की जा चुकी है कि यह एक महत्वपूर्ण अल्प समुपयोज्य फसल है जिसका उपयोग सहाय या अनुपूरक खाद्य के रूप में किया जा रहा है। इसके आनुवंशिकी कौशिकी और कोशानुवंशिकी पर भी कुछ आधारभूत कार्य किया गया है जिससे आण्विक आनुवंशिकी के अध्ययन के लिये योजना बनाने में अत्यधिक सुविधा मिलती है। अमरैन्थस के आनुवंशिक सुधार में आण्विक जीवविज्ञान (molecular biology) का महत्वपूर्ण कार्य है³⁶। संसूचना के अनुसार एक पित्रैक की आण्विक अमिथुनीकरण के अध्ययन में पौष्टिकता के आधार पर अमीनो एसिड की संरचना से संतुलित एक बीज विशिष्ट प्रोटीन के आनुवंशिक परिवेधन में सफलता मिली है। आरएपीडी (RAPD) द्वारा अमरैन्थस के आनुवंशिक संसाधनों की पहचान की जा सकती है³⁷, जबकि अमरैन्थस में पीसीआर (PCR) द्वारा नाभिकीय और अंग कोशिकीय जीनीय की आण्विक जाति विकास (molecular phylogeny) की सूचना है³⁸, संसंभाविक विपुलित प्रारूप (randomly amplified polymorphic) डी एन ए (DNA), आर ए पी डी (RAPD) पार्श्व चित्र विधि द्वारा अमरैन्थस की विभिन्न जातियों और प्रजातियों में पायी जाने वाली आण्विक स्तर पर भिन्नता की प्रकृति और मात्रा के बारे में भी सूचना है³⁹। इससे यह सारांश निकला कि धान्य अमरैन्थस की अन्तर और अन्तरा जातियों के सम्बन्धों के बारे में जानकारी प्राप्त करने के लिये आर ए पी डी (RAPD) एक सक्षम पहुँच है। अमरैन्थस के प्रपित्रैक विश्लेषण पर भी अनुसंधान हुआ है⁴⁰, जिसमें पुनरावर्ती अनुक्रमों के वैग 111 कुल और सूक्ष्म उपांशों का वर्णन किया गया है और कम से कम तीन प्रकार के पुनरावर्ती अनुक्रम कुलों की

पहचान की गयी है जो इस प्रकार से है: वैम H1 कुल, वैम H1 की तरह काट 4 एम एस (Cot.4 M.S.) की पुनरावर्ती और सूक्ष्म उपांश। उन्होंने सूक्ष्म उपांशों के डी एन ए (DNA) फिंगरप्रिंटिंग प्रोब और पी. सी. आर. में प्रथमक (primer) की तरह प्रयोग करने का भी वर्णन किया है। प्रोब (probe) और साथ ही साथ प्रथमक की तरह सूक्ष्म उपांश एस टी आर (STR) अनुक्रमों को डी एन ए फिंगरप्रिंटिंग में उपयोग में लाते हुये उनके अध्ययन के निष्कर्ष इस बात की ओर इंगित करते हैं कि पुनरावर्ती अनुक्रमों के निकट अन्तराल के कारण, जो टी जी 10 के संपूरक हैं, अमरैन्थस के जीन तमाम अन्य पौधों के जीनों से पूर्णतया भिन्न हैं।

निष्कर्ष

अमरैन्थस में आनुवंशिक अध्ययन और जातियों के सुधार कार्यक्रम से जनित ज्ञान के आधार पर यह सारांश निकाला जा सकता है कि एक जीनीय गुणों के विदोहन से ही प्रमुख प्रगति हुयी है। अन्य फसलों की तरह इसमें भी मात्रात्मक गुणों के लिये अभिजनन अनिश्चित और अस्पष्ट है। समुचित योजना और पूर्व छंटनी प्रक्रिया के उपयोग द्वारा बहुजीनीय गुणों के अभिजनन के लिये कुछ सुतथ्यों का संकलन किया जा सकता है। यह परामर्श दिया जाता है कि आर्थिक महत्व के प्रमुख जीनों की पहचान के लिये मुख्य ध्यान केन्द्रित किया जाना चाहिये। जीनों और उनके श्रृंखलाकित चिन्हकों (RFLP Marker) की पहचान की अत्यन्त आवश्यकता है। अति विशिष्ट प्रकृति की आनुवंशिक परिवर्तनशीलता के जनन के लिये ऐसे जीनों अनुक्रमों का सुविधाजनक रूप से उपयोग किया जा सकता है। चयन के लिये अभिजनन प्रक्रिया को और अधिक प्रभावशाली बनाने के लिये जैवप्रौद्योगिकी तकनीकों के साथ संयोजन करके भी उनका उपयोग सुविधापूर्वक किया जा सकता है।

भविष्य की आवश्यकतानुसार अमरैन्थस के अभिजनन का मुख्य उद्देश्य ऐसी जातियों का विकास करना होगा जिनके पौधे न गिरने वाले मध्यम आकार के हों, बीजों का न छिटकना, संकालिक परिपक्वता और रोग रहित हों और विशेष कर मनुष्यों के उपयोग के लिये बीजों का रंग सुनहरा सफेद पीला हो। आदर्श पौधे की साधारण परिभाषा को ध्यान में रखते हुये अधिक पैदावार वाली जातियों का विकास किया जा सकता है।

आभार

सुविधाओं और प्रोत्साहन के लिये लेखक डा. पी. पृष्ठांगदन, निदेशक, राष्ट्रीय वनस्पति अनुसंधान संस्थान, लखनऊ के आभारी हैं।

संदर्भ

1. इरविंग डी डब्ल्यू, वेट्सचार्ट ए. ए. एवं सौन्दर्य आर एम, मार्फोलॉजिकल स्टडीज ऑन अमरैन्थस क्रूएन्टस, जे फूड सा, 46(1981) 1170-1174.
2. काफमैन सी एस एवं वेबर एल ई, ग्रेन अमरैन्थ : एन एडवान्स इन न्यू क्राप: प्रोसीडिंग्स ऑफ द फर्स्ट नेशनल सिम्पोजियम ऑफ न्यू क्राप: रिसर्च, डिवलपमेन्ट और इकोनॉमिक्स, सं: जे. जैनिंग एवं जे. ई. सिमन (ऑरगना: टिम्बर प्रेस) (1988)127-139.
3. भागमल : अन्डरयूटिलाइज्ड ग्रेन लेग्यूम्स एंड स्क्वार्सीलस - देयर पोर्टेशियल इन एशिया। आर ए पी ए (एफ ए ओ) वैकाक, थाईलैन्ड, (1994) 162.

4. स्नोफ्ट एस पी, प्रोटीन क्वालिटी आफ अमरैन्थ ग्रेन, *रोडेल रिसर्च रिपोर्ट*, **80** (3) (1980) 14.
5. एनोनिमस, प्रोसीडिंग्स ऑफ द फर्स्ट अमरैन्थस सेमिनार हेल्ड एट कटजटाउन, यू एस ए, जुलाई 1977, रोडेल प्रेस इमास 132 (रिव्यू ऑफ रिसर्च इन यू एस ए मिरोल अमरैन्थ) (1977).
6. एनोनिमस, प्रोसीडिंग्स आफ द सेकेंड अमरैन्थस कानफ्रेंस हेल्ड एट कटजटाउन, यू एस ए, सितम्बर 1979, रोडेल प्रेस. इन्क, इमास यू एस ए (1979) 184.
7. ओलीवेरा डि पैवा डब्ल्यू अगरेन्ट एमीज नोणा ओपकाओ डि इस्पिना फरेश ट्रापिकैस पैरा ए एमाजोनिया, *एक्टा एमाजोनिका*, **8** (1978) 357-363.
8. सान्चेज मैरोक्विन ए, पोर्टेगाल्हाइडेड एग्रो-इन्डस्ट्रियल डेल अमरैन्थस, सेन्ट्रो डे स्टूडिआस इकोनामिकास वाइ सोसिएटस डेल टरसर मुन्डो, मैक्सिको, (1980).
9. काफमैन सी एस एवं थस पी, रोडेल अमरैन्थस जर्मप्लान्ज कलेक्शन, *रोडेल रिसर्च रिपोर्ट*, **80** (2) (1980) 45.
10. जोशी वी डी, एक्सप्लायटेशन फार अमरैन्थ इन नार्थ-वेस्ट इन्डिया, एन. वी. पी. जी आर, एफ ए ओ, रोम, इटली, *प्लान्ट जेनेटिक रिसोर्स न्यूजलेटर*, **48** (1991) 41-52.
11. राजगोपाल ए, मृथीकृष्णन सी आर, कादर एम एम एवं सैयद एस, सी ओ अमरैन्थस. एन अर्ली विगर्स वराइटी. *साउथ इन्ड हार्ट*, **25** (1977) 102-105.
12. ग्रूवेन जी जे एच, द कल्टीवेशन ऑफ अमरैन्थ एम ए ट्रोपिक लीफ वेजीटेबल, रायल ट्राप इंस्ट, एमस्टर्डैम, *कस्युनिक*, **67** (1976) 207.
13. मार्टिन एफ एवं लेहेल टी, अमरैन्थ और सिलोसिया पार्ट 6 ऑफ वेजीटेबल फॉर द हाट ट्यूमिड ट्रोपिक्स, एस. ई. ए. - यू एस डी ए, न्यू ओरलीन्स, (1979) 22.
14. टकर जे वी, अमरैन्थ : द वनस एन्ड फ्यूचर क्राप, *वायोसाइंस*, **36** (1986) 9-13.
15. ब्रेगमार्ड आर, द प्रोटीन्स ऑफ ग्रेन अमरैन्थस, *फूड रिस ईस्ट*, **5** (1984) 213-238.
16. मिश्रा पी एस, पाण्डे आर एम एवं पाल एम, अमीनो एसिड कम्पोजीशन इन अमरैन्थस, *फियोटिरिपिआ*, **54** (1983) 135-139.
17. सावर जे डी, ग्रेन अमरैन्थस; इन इवॉल्यूशन ऑफ क्राप प्लान्ट्स, सं : एन डब्ल्यू रिमान्डस (लन्दन : लीगमैन ग्रुप लिमिटेड)(1967) 4-7.
18. पाण्डे आर एम, जेनेटिक स्टडीज ऑफ वील्ड कान्ट्रिब्यूटिंग ट्रेट्स इन अमरैन्थस, *थ्योर एप्ल जेनेट*, **68** (1984) 121-125.
19. पाण्डे आर एम, जेनेटिक एसोसिएशन इन ग्रेन अमरैन्थस, *इन्डियन जे जेनेट प्ल ब्रीड*, **42** (1981 ए) 78-83.
20. हैपतुली एच एवं जैन एस के, वायोसिस्टेमेटिक्स एन्ड एग्रोनामिक पोर्टेथियल ऑफ सम बीडी एन्ड कल्टीवेटेड अमरैन्थस, *थ्योर एप्ल जेनेट*, **52** (1978) 177-185.
21. पाण्डे आर एम, पाथ एनालिसिस इन अमरैन्थस हाइपोकोन्ट्रिब्यूटिक्स, एल साइ कल्च, **47** (1981 सी) 64-66.
22. हैपतुली एच एवं जैन एस के, जेनेटिक पॉलीमार्फिज्म एन्ड वील्ड कम्पोनेन्ट्स इन ए पापुलेशन आफ अमरैन्थ, *जर हेरेड*, **71** (1980) 290-292.
23. जैन एस के एवं हैपतुली एच, ग्रेन अमरैन्थ : ए न्यू क्राप ऑफ कैलीफोर्निया, एग्रोनामी प्रोग्रेस रिपोर्ट, एग्रीकल्चरल एक्सपेरिमेंट स्टेशन, यूनीवर्सिटी ऑफ कैलीफोर्निया, *दविस*, (107) (1980) 3.
24. पाण्डे आर एम, हेरिटेबिलिटी एंड जेनेटिक एडवांस इन ए हाइलिल आफ ग्रेन अमरैन्थ, *इन्डियन वाट रिपोर्ट*, **4** (1985) 183-184.
25. मिश्रा पी एस, प्रकाश डी, पाण्डे आर एम एवं पाल एम, प्रोटीन एंड एमीनो एसिड कम्पोजीशन ऑफ ग्रेन अमरैन्थस सीड्स, *फाइटोटेरेपिआ*, **56** (1985) 318-320.
26. इडवर्ड ए, ग्रेन अमरैन्थस : कैरेक्टरिस्टिक्स एन्ड कल्चर, *रोडेल रिसर्च रिपोर्ट*, **80** (1) (1980) 22.
27. पाल एम, इवॉल्यूशन एन्ड इम्प्रूवमेंट ऑफ कल्टीवेटेड अमरैन्थस, ब्रीडिंग सिस्टम एन्ड इन्फ्लोरेसेन्स स्ट्रक्चर, प्रोग्रीड इन्ड नेट साइ एका, **38** (1972) 28-37.
28. पाण्डे आर एम, कम्वाइनिंग एविलिटी फॉर वील्ड एन्ड वील्ड कम्पोनेन्ट्स इन अमरैन्थस मेन्डल, **3** (1986) 10-14.
29. मिश्रा पी एन, पाल एम एवं पाण्डे आर एम, स्टडीज ऑन द इफेक्ट आफ वैरीइंग प्लांट डेन्सिटी आन द ग्रोथ एंड वील्ड ऑफ ग्रेन अमरैन्थ (*अमरैन्थस हाइपोकांट्रिब्यूटिक्स*), *अमरैन्थ न्यूजलेटर*, **3** (1985) 1-5.
30. डाउने एल, क्वीआट जे वी, मारकाउक्स जी एवं आरचेन्ज पी, रिसन्समेन्ट डेम इस्पेस वेजीटेबिल्स सेन्सिविल्स अव वाइरस डे ला मोजेक डू कान्कोम्बो (सी एम वी), इ टुडे विक्लिओग्राफिक, एन. *फाइटोपैथाल*, **11** (1979) 439-473.
31. हारवथ जे, अमरैन्थस वाउचेनार्ड थेल (फॉर्मली-अमरैन्थेसी) ए न्यू एडमैन्टिव प्लांट सीसीज इन हन्गी एन्ड इट्स रिप्लक्सन टू सम वाइरस, *एक्टा फाइटोपैथाल इन्टोमाल हंग*, **26** (1991 ए) 371-373.
32. हारवथ जे, *अमरैन्थस मैनोक्वुओस्टैन्स* लिन., ए. *मिटचेनाहाइ* वेन्थ एंड ए क्यूटेनसिस एच वी के (फॉर्मली-अमरैन्थेसी) एज न्यू वाइरस होस्ट्स, *एक्टा फाइटोपैथाल इन्टोमाल हंग*, **26** (1991 वी) 377-383.
33. हारवथ जे, *अमरैन्थस* सीसीज (फॉर्मली-अमरैन्थेसी) एज होस्ट ऑफ प्लान्ट वाइरस ए रिक्वि, *एक्टा फाइटोपैथाल इन्टोमाल हंग*, **26** (1991 सी) 285-422.
34. ओहासी एम एवं कमीउन्टेन एच, मोजेक डिजीज आफ ग्रेन अमरैन्थ (*अमरैन्थस हाइपोकांट्रिब्यूटिक्स* लिन.) कौन्ड वाई क्लक्चर मोजेक वाइरस (सी एम वी), एन्ल *फाइटोपैथाल सोसाइ जापान*, **60** (1994) 119-121.
35. राज एस के, अमीनूद्दीन, सिंह वी पी एवं पाल एम, कैरेक्टराइजेशन ऑफ ए क्लक्चर मोजेक वाइरस आइसोलेट काजिंग लीफ किंकल एन्ड सीविचर मोजेक आफ अमरैन्थस इन इन्डिया, *कैन्ड जे प्ल पैथ*, **19** (1997) 97-100.
36. रेना ए एवं दत्ता ए, मॉलीक्यूलर क्लोनिंग ऑफ ए जीन इनकोडिंग ए सीड स्पेसीफिक प्रोटीन विद न्यूट्रिशनली वैलेन्ड एमीनो एसिड कम्पोजीशन फ्राम अमरैन्थस, *प्रोसीड नेट एकेड साइ (यू एस ए)*, **89** (1992) 11774-11778.
37. ट्रान्गु ए डी के, फेयरवैक्स डी जे, राविन्सन एल आर एवं एन्डरसन डब्ल्यू आर, सीसीज आइडेन्टिफिकेशन वाइ आर ए पी डी एनालिसिस ऑफ ग्रेन अमरैन्थस जेनेटिक रिसोर्स, *क्राफ साइ*, **34** (1944) 1385-1389.
38. लानाउ के जेड, वोल्फ पी जी, ब्राउनिंग एस एवं हुड ई डी, फाइलोजेनेटिक एनालिसिस ऑफ रेसट्रिक्शन साइट वैरीएशन इन वाइल्ड एन्ड कल्टीवेटेड *अमरैन्थस* सीसीज (अमरैन्थेसी), *थ्योर एप्ल जेनेट*, **93** (1996) 722-732.
39. रानाडे एस ए, कुमार ए, गोस्वामी एम, फारुकी एन एवं गाने पी वी, जीनोम एनालिसिस ऑफ अमरैन्थस : डिटरमिनेशन ऑफ इन्टर-एन्ड इन्ट्रा ग्रीसीज वैरीएशन, *जर वायोसाइ*, **22** (1907) 457-464.
40. रानाडे एस ए, कुमार ए, गोस्वामी एम एवं फारुकी एन, जीनोम एनालिसिस ऑफ अमरैन्थस : वैम एच 1 फॉर्मली ऑफ रिपर्टेटिव सीक्वेन्स एंड माइक्रोसेटेलाइट्स, *फिजिआल माल वायोल प्लान्ट्स*, **4** (1998) 68-69.