भारतीय वैज्ञानिक एवं औद्योगिक अनुसंधान पत्रिका
वर्ष 19 अंक 2 दिसम्बर 2011 पृ. 197-202

फसल उत्पादकता में ब्रेसीनोस्टेराइड्स की भूमिका

प्रमोद कुमार नागर
बी-21/115-10ए, बटुक धाम कालोनी, कमच्छा, वाराणसी (उ.प्र.)

सारांश : ब्रेसीनोस्टेराइड पादप हार्मोन्स का एक नया समूह है जो पौध-वृद्धि व विकास में महत्वपूर्ण योगदान प्रदान करता है। इस समूह के पदार्थ बीज अंकुरण, जड़ विकास, फूल व फल विकास, जरा-जीर्णता आदि कार्यों को प्रभावित करते हैं। इस समूह के पादप स्टेराइड में करीब 70 पदार्थ पौध जगत से प्राप्त हुए हैं जो कीट, जानवर व मनुष्य में पाये जाने वाले स्टेराइड हार्मोन्स से काफी मिलते-जुलते हैं। अनेक जैव-संश्लेषण व म्यूटेन्ट अध्ययनों से स्पष्ट हुआ है कि ब्रेसीनोस्टेराइड पादप हार्मोन्स की श्रेणी में सम्मिलित होने योग्य हैं। करीब 40 साल पहले राई के पुष्प-पराग से प्रथम बार निकाले गये ब्रेसीनोस्टेराइड के बाद से इसका व्यवहारिक उपयोग फसल उत्पादकता बढ़ाने में होने लगा। परन्तु ऊंचे दामों के कारण इसके व्यवहारिक उपयोग में रुकावट आ गई। हाल के वर्षों में कम दामों में जापान, रूस, चीन व भारत में व्यवसायिक उत्पादन के कारण इसके कृषि में उपयोग के एक नये आयाम का द्वार खुल गया है। ब्रेसीनोस्टेराइड पौधों को विभिन्न जीवीय व अजीवीय प्रतिबल से भी रोकने में उपयोगी साबित हुए हैं। प्रस्तुत लेख में ब्रेसीनोस्टेराइड के फसल उत्पादकता में उपयोग से सम्बन्धित पर्याप्त जानकारी प्रस्तुत है।

Role of brassinosteroids in crop productivity

P K Nagar
B-21/115-10A, Batuk Dham Colony, Kamachchha, Varanasi (U.P.)

Abstract

Brassinosteroids (BRs) are a new group of plant hormones which play an important role in various phases of plant growth and development. This group of compounds regulate various processes in plants like seed germination, rhizogenesis, flower and fruit development, senescence and abscission. This group of plant steroids includes about 70 compounds having structural similarities with animals, insects and human steroid hormones. In recent years through the use of molecular genetics and genetic studies its role has clearly been established in plant growth and development. About 40 years back the first BR was isolated from pollens of *Brassica rapa* and since then several practical applications of BR in agriculture uses have been reported. But due to high cost of production its commercial application was hampered. However, in recent years, due to increasing availability of many of its formulations in countries like Russia, China, Cuba and India has opened a new door in its agricultural applications. Besides, BRs also protect the plants from various biotic and abiotic stresses. The present article discusses the importance of BRs in enhancing crop productivity.

प्रस्तावना

हरित क्रांति के स्वर्णिम स्तम्भ की प्राप्ति उच्च उत्पादकता वाली फसलों द्वारा ही संभव हुई है और भविष्य में फसलों के खाद्यान्न उत्पादकता में वृद्धि की मांग को एकीकृत प्रबन्धन के तरीकों से पूरा किया जा सकता है। यह बात खाद्यान्न क्षेत्र में विशेष रूप से सत्य है कि जहां पर आनुवंशिक रूप से रूपान्तरित जीवों (GMO) तथा खाद्यान्नों के प्रति बढ़ता प्रतिरोध महसूस किया जा रहा है। अतएव प्रबन्धन तकनीकों में संशोधन पर फसल उत्पादकता बढ़ाने की अति शीघ्र जरूरत है[1]। यद्यपि उच्च उत्पादन वाली संकर प्रजातियां सामान्य प्रबंधन तरीकों में भी अच्छी उत्पादकता देती हैं फिर भी इनकी पूर्ण उत्पादकता शायद ही प्रमाणित हो पाई है और इसीलिए पादप वृद्धि नियंत्रकों या पादप हार्मोन्स का प्रयोग अनिवार्य हो पाया है। इन नियंत्रकों द्वारा उत्पादकता/अधिकतम उपज पौधों के अन्दर प्रकाश संश्लेषी पदार्थों के वितरण तरीकों के कारण होती है और इसमें किसी अतिरिक्त कृषि कार्य की आवश्यकता नहीं होती है[2]।

ब्रेसीनोस्टेराइड पादप हार्मोन्स का एक नया समूह है जो पौधों की वृद्धि में काफी सहायक होता है[3]। राई के परागण के अर्क की वृद्धि उपयोगिता के कारण इस समूह का आविष्कार हुआ है जिसका नाम

ब्रेसीनोलीड दिया गया है[4-5]। इसकी खोज इसके संश्लेषण एवं इसके बनाने या इसके जैसे ही अन्य यौगिक कारक की खोज के बाद बहुत-सी शब्दावली इस तरह के पादप नियंत्रकों को दी गई[6-8]। परन्तु अधिकांशतः 'ब्रेसीनोस्टेराइड' का नामांकन ही स्वीकार किया गया है। वर्तमान में ब्रेसीनोस्टेराइड एक पादप वृद्धि नियंत्रक के रूप में स्थापित हो रहा है। प्रस्तुत लेख में फसल वृद्धि एवं उत्पादकता में ब्रेसीनोस्टेराइड के महत्व के बारे में पूर्ण विवरण दिया गया है।

प्राकृतिक ब्रेसीनोस्टेराइड एवं उनका संश्लेषण

ब्रेसीनोस्टेराइड पादप हार्मोन्स के समूह में सम्मिलित होने का सुयोग्य पात्र है क्योंकि ये प्राकृतिक पाये जाते हैं एवं थोड़ी मात्रा में गतिशील एवं विभिन्न पादप विकास, जैसे बीज अंकुरण, जड़ बनना, फूल व फल बनना, फलों का पकना आदि क्रियाओं को प्रभावित करती है[7]। अभी तक करीब 70 ब्रेसीनोस्टेराइड (65 क्रियारूपक एवं 5 अक्रियारूपक) पौध जगत से प्राप्त हुए हैं परन्तु ब्रेसीनोलीड, 24-इपीब्रेसीनोलीड एवं 28-होमोब्रेसीनोलीड ही जैव-सक्रिय हैं जो विभिन्न पादप कायिकी में उपयोग आते हैं इनमें 51 एन्जीयोस्पर्म, 6 जिम्नोस्पर्म, 2 टेरिडोफाइट। शैवाल एवं अन्य निम्न पौध श्रेणी में पाये जाते हैं[9]। वैसे ये पौधे के विभिन्न अंगों जैसे परागण, परागकोश, बीज, तनों, फूल व दानों में पाये जाते हैं परन्तु परागण व अपरिपक्व बीजों में इनकी मात्रा ज्यादा होती है। 'सदाबहार', 'क्रेस्टेनिया' व 'डिसस्टिलियम' जाति के 'शिखर गाल' में इनकी मात्रा स्वस्थ कोशिकाओं से भी काफी ज्यादा होती है। प्राकृतिक रूप से पाये जाने वाले ब्रेसीनोस्टेराइड में केसेस्टेरॉन व ब्रेसीनोलिड ही प्रधान होते हैं क्योंकि ये मुख्यतः सभी पौधों में पाये जाने के अलावा इनमें शक्तिशाली जैव सक्रियता होती है। ब्रेसीनोस्टेराइड के जैव-संश्लेषण क्यूटेंट अध्ययन से स्पष्ट हुआ है कि यह समूह पादप हार्मोन्स की श्रेणी में सम्मिलित होने योग्य है। एराबिडापसिस के नाटे बी.आर. कमी वाले क्यूटेन्ट, जैसे सीपीटी की वृद्धि को रोकने में ब्रेसीनोलिड काफी सहायक सिद्ध हुए हैं[10]। उसी तरह मटर के बी.आर. कमी वाले नाटे क्यूटेन्ट आइ. के बी की वृद्धि को वापस करने की क्रिया में ब्रेसीनोलिड का प्रभाव महत्वपूर्ण माना गया है। पादप अवरोधकों जैसे ब्रेसीनोजाल जो पौधों में ब्रेसीनोलीड का एक खास अवरोधक है, के प्रयोगों से यह स्पष्ट हो चुका है कि पौधों के विकास में यह अत्यन्त महत्वपूर्ण है[11]। ब्रेसीनोस्टेराइड के एक खास तरह के प्रोटीन के बंधने से एक खास तरह की क्रिया कोशिकाओं में होती है जो इन्हें एक विशेष संकेत देती है जिससे न्यूलिक अम्ल एवं एक नवीन तरह की प्रोटीन का संश्लेषण होता है[12]। इसका संश्लेषण[13] एवं उपापचय[14] और भी महत्वपूर्ण हो जाता है हम यह जानने की कोशिश करते हैं कि इसका आंतरिक स्तर कैसे पौध विकास को प्रभावित करता है। ब्रेसीनोलिड का संश्लेषण केम्पेस्टेनॉल के लघुकरण से शुरु होता है जो ऑक्सीकरण की क्रिया से 6-हाइड्रॉक्सिकेम्पटेनॉल एवं फिर 6- ऑक्सिकेम्पटेनॉल में परिवर्तित हो जाता है[15]। ब्रेसीनोस्टेराइड का पादप वृद्धि एवं विकास में कार्य सिद्ध होने के बाद यह प्रश्न आवश्यक हो जाता है कि पौधे कैसे इन पदार्थों को पहचानते हैं एवं कैसे इनके संकेतों को विभिन्न वृद्धि विकास में कार्यान्वित करते हैं। वर्तमान समय में आनुवंशिक एवं आण्विक तरीकों से इनके संकेतों को समझने में आसानी हुई है[16]। ब्रेसीनोस्टेराइड की जैविक क्रिया पहले पहले बीज द्वितीय पोरी जांच से परीक्षित की गई है। इस जांच से ऑक्सिन व साइटोकाइनिन का पता नहीं लगता परन्तु जी.ए. उपरी पोरी को प्रभावित करता है। ब्रेसीनोस्टेराइड उपचारिक उपरी पोरी के कोशिका विभाजन एवं लम्बाई, फूलना, घुमाव एवं टूटने को बढ़ाता है।

ब्रेसीनोस्टेराइड का कृषि में उपयोग

ब्रेसीनोस्टेराइड के आविष्कार के बाद ही इस तत्व का उपयोग मूली, सलाद, मिर्च एवं दलहन की फसलों की वृद्धि बढ़ाने में काम आने लगा। परन्तु इस समूह की कहानी अपने आप में काफी उलझी हुई मानी जाती है। ब्रेसीनोस्टेराइड के विस्तृत कृषि उपयोग के संबंध में कई कारण हैं जिससे इसके उपयोग के बारे में भ्रम की स्थिति पैदा हो जाती है। इसका एक प्रमुख कारण इसके ऊंचे दामों का होना है। परन्तु पिछले कुछ वर्षों में जापान, चीन, अमेरिका एवं भारत के बहुत सारे रसायन उद्योगों ने इसके व्यापारिक उत्पादन की ओर ध्यान दिया है और कुछ उपयोगी व्यापारिक सादृश्य समानता वाले पदार्थ बाजार में मिलने लगे हैं (सारणी 1)। जिसके कारण इसके दामों में काफी गिरावट आयी है। 'स्टेराइड' शब्द के कारण भी एक मनोवैज्ञानिक भय इसके उपयोग में बाधक माना जाता है। लेकिन मध्य 80 के दशक में मांण्डवा वगरैह के अनुसंधान ने इसके किसी भी 'साथ' के प्रभाव

सारणी 1 — व्यापारिक ब्रेसीनोस्टेराइड

नाम	देश	प्रभावित फसल
बाउन्टी	भारत	चाय
कम्बाइन	भारत	अंगूर
डबल	भारत	सभी प्रमुख फसल
बायोब्रास-6	क्यूबा	आलू, गन्ना एवं प्याज
बायोब्रास-16	क्यूबा	गन्ना, मक्का एवं प्याज
इपिन	बेलारुस	आलू बुखारा, चेरी
स्कामिम	बेलारुस	जौ
बेसी-1105	अमेरिका	सोयाबीन
टीएस-303	जापान	धान, आलू, सरसों, गेहूं
एमएच-3	क्यूबा	कॉफी

को नकार दिया। चूहों पर हुए चिकित्सा सम्बन्धी व्यवहारिक अनुसंधान ने यह साबित कर दिया है कि बहुत ही ज्यादा मात्रा (1000 मिग्रा. प्रति कि.) में इसका कुछ प्रभाव स्वास्थ्य पर पड़ता है लेकिन यह मात्रा शरीर में पहुंचने वाली मात्रा से कुछ हजार गुना होती है। वास्तव में ब्रेसीनोस्टेराइड पौध साम्राज्य में प्राकृतिक एवं सर्वव्याप्त पाये जाते हैं परन्तु मानव स्वास्थ्य पर इसका कुछ भी दुष्प्रभाव नहीं है।

ब्रेसीनोस्टेराइड के वर्हिजात उपयोग से खीरे, टमाटर एवं गेहूं के पौधों में कार्बन स्वांगीकरण काफी पाया गया है[17] जिससे काल्विन चक्र के कार्बन स्वांगीकरण बढ़ाने में मदद मिली है[18]। इसी तरह इसका उपयोग खीरे, मूंग, धान एवं दलहन की फसलों की पत्तियों पर करने से पर्णहरित एवं उनके अंश की वृद्धि पाई गई है[19,20]। इनके उपयोग से चुकन्दर, फलीदार पौधे एवं अलसी की पौध वृद्धि व उत्पादकता में बढ़ोत्तरी पाई गई है[21,22]। मूंगफली एवं टमाटर की उत्पादकता में 24-इपिब्रेसीनोलिड, बेसीनोलिड एवं 28 होमोब्रेसीनोलिड का काफी प्रभाव इस देश के दक्षिणी हिस्से में पड़ा है और वहां के किसान इसे व्यवहारिक तौर से तैयार करने में लग गये हैं[23]। चीन एवं दक्षिण एशिया के कुछ देशों में 28-होमोब्रेसीनोलिड कुछ फसलों जैसे चाय, तम्बाकू, गन्ना वगैरह फसलों के लिए एक वृद्धिकारक पदार्थ पंजीकृत कर लिया गया है[24]। पादप वृद्धि नियंत्रकों जैसे ब्रेसीनोस्टेराइड के साथ अपार संभावनायें जुड़ी हुई हैं फिर भी इसके प्रयोग व आंकलन को न्यायपूर्ण एवं सुनियोजित तरीके से उनकी उचित व्यवस्था प्रजाति विशिष्टता के आधार पर करना जरूरी है जिससे इनके प्रयोग में कुछ और संभावनायें बनती हैं। ब्रेसीनोस्टेराइड एवं उससे सम्बन्धित तत्वों के विभिन्न फसलों पर पड़ने वाले प्रभाव के कुछ उदाहरण सारणी 2 में दिये गये हैं। ब्रेसीनोस्टेराइड पौधों पर पड़ने वाले वातावरण के प्रतिबल जैसे ऊसर, पानी, निम्न व उच्च ताप को रोकने में काफी सहायक होते हैं। इस संदर्भ में पौधों पर ब्रेसीनोस्टेराइड के असर को सारणी 3 में दर्शाया गया है। इन तत्वों का पौधों पर अजीवीय प्रतिबल के असर होने के कारण इनका महत्व कृषि उत्पादकता बढ़ाने में और भी महत्वपूर्ण हो जाता है[25]। यद्यपि कई देशों में व्यापारिक ब्रेसीनोस्टेराइड मिल रहे हैं एवं उनका उपयोग कृषि की उपयोगिता बढ़ाने में हो रहा है फिर भी उनकी मात्रा, अनुपात एवं देने के तरीकों पर सटीक अध्ययन की भारत जैसे देशों में बहुत जरूरत है क्योंकि बहुत से परीक्षण या तो गमलों या हरित गृहों में होते हैं। जब ब्रेसीनोस्टेराइड जैसे पदार्थों का वर्हिजात उपयोग किया जाता है तो बहुत-सी जैव रसायनिक सक्रियता पैदा कर 'क्रेब' चक्र के केन्द्रीय मध्यवर्त्तीय को स्वांगीकरण एवं बढ़ोत्तरी की ओर दिशा देता है। इस तरह काफी मात्रा में विभिन्न एन्जाइम क्रियायें होती हैं जो फसलों के विभिन्न वृद्धि एवं विकास के लिए उपयोगी होती हैं[26]।

सारणी 2 — ब्रेसीनोस्टेराइड का विभिन्न फसलों पर प्रभाव

फसल	यौगिक	प्रभाव	संदर्भ
सब्जी वर्ग			
सलाद व मिर्च	ब्रेसीनोलीड	वृद्धि व उपज	(27)
पालक	इपिब्रेसीनोलीड/डीए-6	वृद्धि व उपज	(28)
टमाटर	होमोब्रेसीनोलीड	फलों का पकना	(29)
आलू	ब्रेसीनोस्टेराइड	उपज	(30)
अनाज वर्ग			
जौ	बायोब्रास-6	वृद्धि व उपज	(31)
चावल	इपिब्रेसीनोलिड	उपज	(32)
मक्का	इपिब्रेसीनोलीड/डीए-6	वृद्धि व उपज	(33)
गेहूं	होमोब्रेसीनोलीड	वृद्धि व उपज	(34)
तिलहन			
सरसों	बायोब्रास-16	बीज उपज	(35)
मूंगफली	ब्रेसीनोलीड	वृद्धि व उपज	(36)
फल			
केला	बायोब्रास-16	ऊतक प्रवर्धन	(37)
स्ट्राबेरी	ब्रेसीनोस्टेराइड	फल व फूलों के झड़ने में अवरोधक	(38)
संतरा	ब्रेसीनोलीड	फल स्थापित	(39)
अन्य			
गन्ना	बायोब्रास 6/16	ऊतक प्रवर्धन	(40)
तम्बाकू	ब्रेसीनालीड	पत्ती उपज	(41)

निष्कर्ष

ब्रेसीनोस्टेराइड की करीब 40 वर्षों की खोज के बाद पादप हार्मोन्स के बहुत सारे कार्यों को पौध-वृद्धि एवं विकास ने एक नई दिशा दी है। परन्तु अभी भी इससे संबंधित प्राकृतिक पदार्थों की खोज जारी है जिससे इनके विभिन्न भौतिकी एवं रसायनिकी तरीकों में सुधार आ सके। इनके संश्लेषण व उपापचय को भली-भांति समझना अति आवश्यक है जिससे इनकी कृषि एवं जैव-सक्रियता संबंधी नये उपयोगों के बारे में नई जानकारी प्राप्त की जा सकें। ये पदार्थ पौधों में प्रतिरक्षा सामंजस्य पैदा करने में महत्वपूर्ण योगदान दे सकते हैं मगर इनका उपयोग सही समय व सही अनुपात में करना बहुत जरूरी होगा। वर्तमान में 'चिप जीन' पद्धति द्वारा यह समझने में आसानी हुई है कि वे कौनसे जीन हैं जो ब्रेसीनोस्टेराइड एवं इनके अवरोधकों को घटाते व बढ़ाते हैं। फिर भी इस पद्धति के आंकड़ों से यह मालूम करना काफी मुश्किल है कि वस्तुतः कौनसे जीन पौधों में ब्रेसीनोस्टेराइड के संकेत समझने में शामिल होते हैं। परन्तु विपरीत आनुवांशिकता अभिगम द्वारा इन संकेतों के घटकों को समझने में काफी मदद मिलने की उम्मीद है। इनकी क्रियात्मक कायिकी का उपयोग, इनकी आण्विक क्रिया पद्धति एवं प्राकृतिक एवं कृत्रिम का संश्लेषण वगैरह कुछ ऐसे

सारणी 3 — ब्रेसीनोस्टेराइड का पौधों पर जदीवीय व अजीवीय, जीवीय प्रतिबल के अधीन असर

प्रतिबल	फसल	यौगिक	असर	संदर्भ
अजीवीय प्रतिबल				
सूखा/पानी				
	गेहूं	इपिब्रेसीनोस्टराइड	वृद्धि व उपज का बढ़ाव	(42)
	चरी	इपिब्रेसीनोस्टराइड	वृद्धि का बढ़ाव	(43)
	मक्का	ब्रेसीनोलीड	सहिष्णुता का बढ़ाव	(44)
	सरसों	ब्रेसीनोस्टेराइड	तेल उत्पादन	(45)
ऊसर				
	गन्ना	डी.ए.ए.	वृद्धि व उपज का बढ़ाव	(46)
	चावल	ब्रेसीनोस्टेराइड	सहिष्णुता का बढ़ाव	(47)
	गेहूं	इपिब्रेसीनोस्टेराइड	वृद्धि में सुधार	(48)
उच्च ताप				
	गेहूं	इपिब्रेसीनोस्टेराइड	प्रकाश संश्लेषण एवं नाइट्रेट रिडक्टेस का बढ़ना	(49)
	राई	इपिब्रेसीनोस्टेराइड	सहिष्णुता में सुधार	(50)
निम्न ताप				
	टमाटर	ब्रेसीनोलीड	प्रतिबल में सुधार	(25)
	नीबू वंश	टी.एस. 103	फल ठहराव में सुधार	(51)
	चावल	इपिब्रेसीनोलीड	प्रतिबल में सुधार एवं कोशिका भित्ती में स्थिरता	(52)
भारी धातु				
	टमाटर	ब्रेसीनोस्टेराइड	जिंक व कैडवियम	(53)
	चुंकदर	ब्रेसीनोस्टेराइड	शीशे का कम मात्रा में उठाव	(53)
	जौ	ब्रेसीनोस्टेराइड	प्रतिबल सहिष्णुता में सुधार	(54)
जीवीय प्रतिबल				
	आलू	इपिब्रेसीनोलीड	मिश्रित कवक संक्रमण में सुधार	(55)
	तम्बाकू	ब्रेसीनोस्टेराइड	कवक संक्रमण में सुधार	(56)

क्षेत्र हैं जिनसे इनका कृषि में उपयोग और भी ज्यादा सुनियोजित किया जा सकेगा जिससे फसल उत्पादन में बढ़ोत्तरी हो पायेगी। पुनः ब्रेसीनोस्टेराइड की क्रय योग्य दामों में उपलब्धता व प्रभावकारी लागत के कारण यह उम्मीद ज्यादा बनती है कि निकट भविष्य में इनकी गुण सम्पन्नता फसल बढ़ोत्तरी में और ज्यादा पहचानी जायेगी।

आभार

लेखक श्री मुख्तीयार सिंह पुस्तकालय अधिकारी हिमालय जैवसंपदा प्रौद्योगिकी संस्थान, पालमपुर (हि.प्र.) का अत्यन्त आभारी है जिन्होंने समय-समय पर उचित संदर्भों की पूर्ति करायी।

संदर्भ

1. नागर पी के, पांडे एस एवं सूद श्वेता, फसल वृद्धि एवं उत्पादकता में पादप हार्मोनों की भूमिका, *भारतीय वैज्ञानिक एवं औद्योगिक अनुसंधान पत्रिका*, **12** (2004) 251-255.
2. नागर पी के, फसल विकास की हार्मोनगत कायिकी, *भारतीय वैज्ञानिक एवं औद्योगिक अनुसंधान पत्रिका*, **17** (2009) 168-174.
3. मांडवा एन बी, प्लान्ट ग्रोथ प्रोमोटिंग ब्रेसीनोस्टेराइड, *एनुअल रिव्यू प्लांट फिजियोलॉजी एवं प्लांट मॉलिक्यूलर बायोलॉजी*, **39** (1988) 23-82.
4. ग्रोव एम डी, स्पेन्सर जी एफ, रोहवेडडर डब्ल्यू के, मांडवा एन बी, बरली जे एफ, वारतेन जू जे डी, स्टीफन जी एल, फ्लूपेन एन्डरसन जे एल एवं कुक जू जे सी, ब्रेसीनोलिड, ए प्लांट ग्रोथ प्रोमोटिंग स्टीराइड आइसोलेटेड फ्रॉम *ब्रेसिका नेपस* पॉलन, *नेचर*, **281** (1979) 216-217.
5. फंग एस एवं सिडाल जे बी, स्टीरीयोसेलेक्टिव सिन्थेसिस ऑफ ब्रेसीनोलिड : ए प्लांट ग्रोथ प्रोमोटिंग स्टीराएडल लेक्टोन, *जर्नल ऑफ अमेरिकन केमिकल सोसाइटी*, **102** (1980) 6580-6581.

6. थामसन एम जे, मांडवा एन बी, फ्लिपेन-एन्डरसन जे एल, वलीर्ड जे एफ, डटकी एस आर एवं राबिन्स डब्ल्यू ई, सिन्थेसिस ऑफ ब्रेसीनोस्टेराइड : ए न्यू प्लांट ग्रोथ प्रोमोटिंग रेगुलेटर, *जर्नल ऑफ ऑर्गेनिक केमिस्ट्री,* **44** (1979) 5002-5004.

7. एबे एच, मोरीशता टी, उचियामा एम, मारूमो एस, मुराकारा के, टाकासुवो एस एवं इकेकावा एन, आइडेन्टिफिकेशन ऑफ ब्रेसीनोलीड लाइक सबस्टेन्सेस इन चाइनीस केबेज, *एग्रीकल्चरल बायोलॉजी केमिस्ट्री,* **46** (1982) 2609-2611.

8. सासे जे एम, फिजियोलॉजिकल एक्शन ऑफ ब्रेसीनोस्टेराइड, एन अपडेट, *जर्नल ऑफ प्लांट ग्रोथ रेगुलेशन,* **22** (2003) 276-288.

9. बाजगुज ए एवं ट्रेटिन ए, द केमिकल स्ट्रकचर एण्ड अकरेन्स ऑफ ब्रेसीनोस्टेराइड इन प्लांट, इन हयात एस एवं अहमद ए (एडीसन), ब्रेसीनोस्टेराइड-बायोएक्टिविटी एण्ड क्रॉप प्रोडक्टिविटि, (2003) 1-44.

10. विशप जी जे, नागुरा टी, याकोटा टी, हेरीसन के, नागुची टी, फुजीकोवा एस, टाकासुटो एस, जोन्स जे डी जी एवं कम्या वाई, द टोमेटो ड्वार्फ एन्जाइम केटेलाइसेस सी 6 ऑक्सिडेशन इन ब्रेसीनोस्टेराइड बायोसिन्थेसिस, *प्रोसिडिंग ऑफ नेशनल एकेडमी ऑफ साइंस* (यू.एस.एस.), **96** (1999) 1761-1766.

11. आसामी टी, मीन वाई के, नागाटा एन, यामागाशी के, टाकासुटो एस, फुजीओका एस, मुकोफुशी एन, यामागुची आई एवं योशीदा एस, केरेक्टराइजेशन ऑफ ब्रेजीनोजाल, ए ट्राएजाल-टाइप ब्रेसीनोस्टेराइड बायोसिन्थेथेसिस-इनहीबिटर, प्लांट *फिजियोलॉजी,* **123** (2000) 93-100.

12. फेलनर एम, रीसेन्ट प्रोगेस इन ब्रेसीनोस्टेराइड रिसर्च : हार्मोन परसेप्शन एण्ड सिगनल ट्रांसडक्शन, इन हयात एस एवं अहमद ए (एडीसन), ब्रेसीनोस्टेराइड-*बायोएक्टिविटी एण्ड क्रॉप प्रोडक्टिविटी* (2003) 69-86.

13. साकुराई ए, बायोसिन्थेसिस; इन, साकुराई ए, याकोटा टी एवं क्लाऊस एस डी (एडीसन), ब्रेसीनोस्टेराइड, स्टीराइडल *प्लांट हार्मोन,* (1999) 91-111.

14. स्निडर बी पाथवेस एण्ड एंजाइम्स ऑफ ब्रेसीनोस्टेराइड बायोसिन्थेसिस, इनः ईससर के, लुंज यू, बेयसलग डब्ल्यू, हेलविग एफ (एडीसन), *प्रोग्रेस इन बाटनी,* **63** (2002) 286-306.

15. सुजीकी एच, फुजोओका एस, टाकासुटो एस, योकोटा टी, मुरोफिशी एन एवं साकुराई ए, बायोसिन्थेसिस ऑफ ब्रेसीनोस्टेराइड इन डलिंग ऑफ *केथारैन्थस रोजियस, निकोटियाना टैबेकम एण्ड ओराइजा सैटाइवा, बायोसाइंस, बायोटेक्नोलॉजी एण्ड बायोकेमिस्ट्री,* **59** (1995) 168-172.

16. जुलो एम ए टी एवं एडम जी, ब्रेसीनोस्टेराइड फाइटोहार्मोन्स-स्ट्रक्चर, बायोएक्टिविटी एण्ड एप्लीकेशन, *ब्राजीलियन जर्नल ऑफ प्लांट फिजियोलॉजी,* **14** (2002) 83-121.

17. स डींग जे एक्स, मा जी आर, हुआंग एस क्यू एवं ये एम जेड, स्टडीज ऑन फिजियोलॉजिकल इफेक्ट ऑफ ब्रेसीनोलिड ऑन कुकुम्बर, *जर्नल ऑफ जोजियांग एर्गी यूनीवर्सिटी,* **21** (1995) 615-621.

18. यू जे क्यू हुआंग एल एफ, हु डब्ल्यू एच एवं नोगुस एस, ए रोल ऑफ ब्रेसीनोस्टेराइड इन द रेगुलेशन ऑफ फोटोसिन्थेसिस इन *कुकुमिस सैटाइवस, जर्नल ऑफ एक्सपेरिमेन्टल बॉटनी,* **55** (2004) 1135-1143.

19. अनुराधा एस एवं राव एस एस आर, इफेक्ट ऑफ 24-इपिब्रेसीनोलिड ऑन द फोटोसिन्थेटिक एक्टिविटि ऑफ रेडिश प्लांट अंडर केडमियम स्ट्रेस, *फोटोसिन्थेटिका,* **47** (2009) 317-320.

20. फरिउद्दीन क्यू, अहमद ए एवं हयात एस, फोटोसिन्थेटिक रिस्पॉन्स ऑफ *विग्ना रेडियेटा* टू प्रि-सोइंग सीड ट्रीटमेंट विथ 28-होमोब्रेसीनोलिड, फोटोसिन्थेटिका, **41** (2003) 307-310.

21. हयात एस एवं अहमद ए, सोकिंग सीड्स ऑफ *सेन्स क्लीनेरिस* विथ 28-होमोब्रेसीनोलिड, इनक्रीज्ड नाइट्रेट रिडक्टेस एक्टिविटी एण्ड ग्रेन यील्ड इन द फील्ड इन इंडिया, एनल्स ऑफ एप्लाइड बायोलॉजी, **143** (2003) 121-124.

22. हयात एस एवं अहमद ए, नाइट्रेट रिडक्टेस एक्टिविटी एण्ड यील्ड ऑफ *लेन्स क्लीनेरिस* स्प्रेड विथ 28-होमोब्रेसीनोलिड, *एक्टा एग्रो इंगोरिका,* **51** (2003) 381-387.

23. वरधिनी वी बी, अनुराधा एस एवं राव सीताराम, ब्रेसीनोस्टेराइड न्यू क्लास ऑफ हार्मोन विथ पोटेंशियल टू इम्प्रूव क्रॉप प्रोडक्टिविटी, *इंडियन जर्नल ऑफ प्लांट फिजियोलॉजी,* **11** (2006) 1-12.

24. हयात एस, अहमद ए एवं फरिउद्दीन क्यू, ब्रेसीनोस्टेराइड रेगुलेटर ऑफ 21 सेन्चुरी : इन हयात एस एवं अहमद ए (एडीसन) ब्रेसीनोस्टेराइड एण्ड क्रॉप प्रोडक्टिविटी, (2003) 231-246.

25. कामुरो वाई एवं ताकातसुतो एस, प्रेक्टिकल एप्लीकेशन ऑफ ब्रेसीनोस्टेराइड इन एग्रीकल्चर फील्ड इन-साकुराई ए, टोकोटा टी एवं क्लाउस एस डी (एडीसन) ब्रेसीनोस्टेराइड, स्टाइल हार्मोन, (1999) 223-241.

26. हयात एस, मसाकी एम, फरिउद्दीन क्यू, बजगुज ए एवं अहमद ए, फिजियोलॉजिकल रोल ऑफ ब्रेसीनोस्टेराइड-एन अपडेट, *इंडियन जर्नल ऑफ प्लांट फिजियोलॉजी,* **15** (2010) 99-109.

27. मेउड डब्ल्यू जे, टामसन एम जे एवं बेनेट एच डब्ल्यू, इनवेस्टिगेशन ऑफ द मेकेनिज्म ऑफ ब्रेसीनोस्टेराइड रिस्पांस III टेक्निक ऑफ पोटेंशियल एनहांसमेंट ऑफ क्रॉप प्रोटेक्सन, प्रोसीडिंग ऑफ प्लांट *ग्रोथ रेगुलेशन सोसाइटी,* **10** (1983) 312-318.

28. लियांग जी जे, ली बाई बाई एवं शोआ एल, इफेक्ट ऑफ डीए-6 एण्ड बी. आर + जीए, 3 ऑन ग्रोथ एण्ड फोटोसिन्थेसिस रेट इन स्पिनाच, *एक्टा हार्टीकल्चर सिनिका,* **25** (1998) 356-360.

29. वरधिनी बी वी एवं राव एस एस आर, एक्सीलरेशन ऑफ राइपनिंग ऑफ टोमेटो पेरीकार्प डिस्क बाई ब्रेसीनोस्टेराइड, *फाइटोकेमेस्ट्री,* **61** (2002) 843-847.

30. नुनेज एम, टोरेस डब्ल्यू एवं कोल एफ, इफेक्टिवनेस ऑफ ए सिन्थेटिक ब्रेसीनोस्टेराइड ऑन पोटेटो एण्ड टोमेटो यील्ड, कल्टीवोस ट्रॉपिकल्स, **16** (1995) 26-27.

31. लापा वी वी, इवाखेनको एन एन एवं बेरेनोबस्की ए एम, एफीसिएंसी ऑफ ग्रोथ रेगुलेटर इन द फर्टिलाइजर सिस्टम ऑफ बार्ली ऑन साड-पाउजोलिक लोमी सॉयल, *पोकबोवोडिनिक एग्रोखिमिया,* **30** (1998) 96-103.

32. रामराज बी एम, व्यास वी एन, गोदरेज एन बी, मिस्त्री के वी एवं सिंह एन, इफेक्ट ऑफ 28-होमोब्रेसीनोलिड ऑन यील्ड ऑफ व्हीट, राइस, ग्राउंडनट, मस्टर्ड एण्ड कॉटन, *जर्नल ऑफ एग्रीकल्चर साइंस,* **128** (1997) 405-413.

33. अरोड़ा एन, भारद्वाज आर, शर्मा पी एवं अरोड़ा एच के, इफेक्ट ऑफ 28-होमोब्रेसीनोलिड ऑन ग्रोथ लिपिड परऑक्सिडेशन एण्ड एन्टीऑक्सिडेटिव एन्जाइम एक्टिविटी इन सीडलिंग ऑफ *जीआ मेज* अंडर सेलीनिटी

स्ट्रेस, एक्टा *फिजियोलॉजिया प्लेंटरम,* **30** (2008) 833-839.

34. साईंराम आर के, शुक्ला डी एस एवं देशमुख पी एस, इफेक्ट ऑफ होमोब्रेसीनोलिड सीड ट्रीटमेंट ऑन जरमिनेशन, एमाइलेस एक्टिविटी एण्ड यील्ड ऑफ ह्वीट अंडर मॉयसर स्ट्रेस कंडीशन, *इंडियन जर्नल ऑफ प्लांट फिजियोलॉजी,* **1** (1996) 141-144.
35. शर्मा पी, भारद्वाज आर, अरोड़ा एन एवं अरोड़ा एच के, इफेक्ट ऑफ 28-होमोब्रेसीनोलिड ऑन ग्रोथ जिंक मेटल अपटेक एण्ड एन्टीऑक्सिडेटिव एन्जाइम एक्टिविटी इन ब्रेसिका सीडलिंग, *ब्राजील जर्नल प्लांट फिजियोलॉजी,* **19** (2007) 203-210.
36. वरधिनी बी वी एवं राव एस एस आर, इफेक्ट ऑफ ब्रेसीनोस्टेराइड ऑन ग्रोथ, मेटाबोलाइट कंटेन्ट एण्ड यील्ड ऑफ *अरेकिस हाइपोजिया, फाइटोकेमेस्ट्री,* **48** (1998) 927-930.
37. रोड्रीग्रज टी, नुनेज एम एवं वेन्टो एच, इनफ्लुएंस ऑफ ए ब्रेसीनोस्टेराइड एनेलाग ऑन द *इन विट्रो* मल्टीप्लेकेशन ऑफ बनाना वेराइटी 'ग्रेन्ड नेन', कल्टीवोस ट्रॉपिकल्स, **19** (1998) 19-22.
38. पिपातांगांग एन, फुजीशीगी एन, यामनि के एवं ओगाता आर, इफेक्ट ऑफ ब्रेसीनोस्टेराइड ऑन वेजीटेटिव एण्ड रिप्रोडक्टिव ग्रोथ इन स्ट्राबेरी, *जर्नल ऑफ जापानी सोसायटी ऑफ हार्टीकल्चर साइंस,* **65** (1996) 651-654.
39. इवाहोरी एस, टोमिंगा एस एवं हिगुची एस, रिटार्डेशन ऑफ एवसिसन ऑफ सिट्रस लीफ एण्ड फ्रुटलेट इक्स प्लांट बाई ब्रेसीनोलिड, प्लांट ग्रोथ रेगुलेशन, **9** (1990) 119-125.
40. डे. ला-फे-सी एफ, ओर्टिज आर एवं जिमेन्ज एम, कंट्रीब्यूशन टू द टेक्नोलॉजी ऑफ माइक्रोप्रोपेगेन ऑफ शुगरकेन इन क्यूबा, *कल्टीवोस ट्रॉपिकल्स,* **19** (1998) 45-48.
41. योकोटा टी एवं वाकाहाशी एन, केमिस्ट्री, फिजियोलॉजी एण्ड एग्रीकल्चरल एप्लीकेशन ऑफ ब्रेसीनोलिड एण्ड रिलेटेड स्टेराइड, इन वाप एम (एडिसन), *प्लांट ग्रोथ सबस्टेन्सेस,* (1986) 129-138.
42. प्रुसाकोवा एल डी, चीखोवा एस आई, एगीवा एल एफ, गोल्टासेवा इन एवं जाकोवलेव ए एफ, इन फ्लुएंश ऑफ इपिब्रेसीनोलिड एण्ड इकास्ट ऑन द ड्राउट टालरेंस एण्ड प्रोडक्टिविटी ऑफ स्प्रिंग ह्वीट-*एग्रोखिमिया,* **3** (2000) 50-54.
43. सु एच एल, शीडा ए, फुटासुया एफ एवं कुमारा ए, इफेक्ट ऑफ इपिब्रेसीनोलिड एण्ड एब्सिसिक एसिड ऑन सोरघम प्लांट ग्रोइंग अंडर वाटर डेफिसिट I इफेक्ट ऑन ग्रोथ एण्ड सरवाइवल, *निपन साकुतोतसु गाकी किजी,* **63** (1994) 671-675.
44. ली एल एवं वान स्टेटन जे बी, इफेक्ट ऑफ प्लांट ग्रोथ रेगुलेटर्स ऑन द ड्राउट रेसीसटेन्स ऑफ टू मेज कल्टीवर, *साऊथ अफ्रीकन जर्नल ऑफ बॉटनी,* **64** (1998) 116-120.
45. कुमावत बी एल, शर्मा डी डी एवं जाट एस सी, इफेक्ट ऑफ ब्रेसीनोस्टेराइड ऑन यील्ड एट्रीब्यूटिंग कैरेक्टर अंडर वाटर डेफिसिट स्ट्रेस कंडीशन इन मस्टर्ड, *एनल ऑफ बायोलॉजी* (लुधियाना), **13** (1997) 91-93.
46. गोजांलिस-सुरोज एवं गाइना लेजकेनो ई, फिजियोलॉजिकल इफेक्ट ऑफ सिन्थेटिक ब्रेसीनास्टेराइड, डी ए ए-6 आन द इन-विट्रो डिवेलपमेंट ऑफ शुगर प्लांटलेट, *रेविस्टा वाइलाजियाहवाना,* **11** (1997) 53-60.
47. टाकेउची वाइ, स्टडीज ऑन फिजियोजॉली एण्ड एप्लीकेशन ऑफ ब्रेसीनोस्टेराइड, *शोकुबुतसु नो कोगाकु चोसेत्सु,* **27** (1992) 1-10.
48. शाकीरोवा एफ एम एवं बेचरुकोवा एम वी, इफेक्ट ऑफ 24-इपिब्रेसीनोस्टेराइड एण्ड सेलेनेटी ऑन द लेवल ऑफ ए बी ए एण्ड लेक्टिन, रशियन *जर्नल ऑफ प्लांट फिजियोलॉजी,* **45** (1998) 388-391.
49. कुलाइवा ओ एन, बरकानोवा ई ए, फेडिना ए बी, खोखलोवा बी ए एवं एडम गी, इफेक्ट ऑफ ब्रेसीनोस्टेराइड ऑन प्रोटीन सिन्थेसिस एण्ड प्लांट सेल अल्ट्राक्ट्रकचर अंडर स्ट्रेट कंडीशन, इन कटलर एच जी, योकोटा टी एवं एडम जी (एडीसन) ब्रेसीनोस्टेराइड केमेस्ट्री, बायोएक्टिविटी एण्ड एप्लीकेशन, एसीसी सिम्पोजियम, अमेरिकी केमिकल सोसायटी, वाशिंग्टन, (1991) 141-155.
50. धाउबादेल एस, चौधरी एस, डाबीसन के एफ एवं कृष्णा पी, ट्रीटमेंट ऑफ 24-इपिब्रेसीनोलीड, ए ब्रेसीनोस्टेराइड, इनक्रीजिज द बेसिक टालरेन्स ऑफ ब्रेसिका नेपस एण्ड टोमेटो सीडलिंग, *प्लांट मॉलिक्यूलर बायोलॉजी,* **40** (1999) 332-342.
51. बैंग बी के एवं जैंग जी डब्ल्यू, इफेक्ट ऑफ इपिब्रेसीनोलिड ऑन द रेसिस्टेन्स ऑफ राइस सीडलिंग टू चिलिंग इन्जुरी, *एक्टा फाइटोफिसियोल एक्टा,* **19** (1993) 38-43.
52. वातानवे टी, नागुची टी, कुरीयामा एच, टाकातसुवो एस एवं कामुरो वाई, इफेक्ट ऑफ ब्रेसीनोस्टेराइड कम्पाउंड ऑन फ्रूट सेटिंग, फ्रूट ग्रोथ टेकिंग रूट एण्ड कोल्ड रेसीसटेन्स, *एक्टा हार्टीकल्चर,* **463** (1998) 267-271.
53. क्रीपेक बी ए, जाविन्सकी बी एन एवं डे ग्रुट ए ई, ब्रेसीनोस्टेराइड ए न्यू क्लास ऑफ प्लांट हार्मोन, एकेडमिक प्रेस सेन डियागो, (1999).
54. क्रीपेक बी ए, जाविन्सकी बी एन एवं डे ग्रुट ए ई, 20 इयर्स ऑफ ब्रेसीनोस्टेराइड, स्ट्राइडल हार्मोन वारंट वेटर क्रॉप फॉर 20 सेंचुरी, एनाल्स ऑफ बॉटनी, **86** (2000) 441-447.
55. वालिनेट ए पी, स्केनिचन्या एल ए, मान्से लोएसा एन ई, मोरोजिक जी वी एवं क्रीपेक बी ए, द नेचर ऑफ प्रोटेक्टिव एक्शन ऑफ 24-इपिब्रोसोनोलिड ऑन बार्ले एण्ड पोटेटो, *प्रोसीडिंग ऑफ प्लांट ग्रोथ रेगुलेशन सोसाइटी ऑफ अमेरिका,* **24** (1997) 133-137.
56. रोट यू, फ्रिबे ए एवं स्केनबल एच, रेसिसटेन्स इन्डक्शन इन प्लांट बाई ए ब्रेसीनोस्टेराइड कन्टेनिंग एक्सट्रेक्ट ऑफ *लिकनिस विस्कैरिया, जर्नल ऑफ बायोसाइंस,* **55** (2000) 552-559.