



**UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI UDINE**
hic sunt futura

DECRETO
RETTORALE



Finanziato
dall'Unione europea
NextGenerationEU



Allegato 1

Bando di concorso per l'attribuzione di 1 assegno per lo svolgimento di attività di ricerca presso l'Università degli Studi di Udine dal tema "Potenzialità di impiego di idrossiapatite da residui organici come nanofertilizzante" SSD: AGR/02 (responsabile scientifico, Luca Marchiol)

Assegno di ricerca finanziato a valere sulle risorse del progetto PRIN 2022 - Prot. n. 2022AAATEA

Art. 1

È indetta una selezione per l'attribuzione di 1 assegno per lo svolgimento di attività di ricerca presso l'Università degli Studi di Udine, individuabile nell'Allegato A che costituisce parte integrante e sostanziale del presente bando.

L'assegno di ricerca è collegato al progetto di ricerca sul quale grava e subordinato alla relativa copertura finanziaria.

L'assegno può essere rinnovato in conformità con quanto previsto dall'art. 22 della Legge 30 dicembre 2010, n. 240 (nel testo vigente prima della data di entrata in vigore della Legge di conversione del D.L. 36/2022, L. 79/2022), dalla Legge 27 febbraio 2015, n. 11 e dal Regolamento dell'Università degli Studi di Udine per il conferimento di assegni di ricerca emanato con Decreto rettorale 31 marzo 2021, n. 182, in presenza di valutazione positiva del responsabile scientifico sull'attività svolta dall'assegnista, adeguata motivazione scientifica e relativa copertura finanziaria.

L'assegno di ricerca non dà luogo ad alcun diritto in ordine all'accesso ai ruoli dell'Università.

Eventuali comunicazioni personali ai candidati relative alla presente selezione saranno trasmesse esclusivamente all'indirizzo e-mail indicato in sede di iscrizione alla selezione, come da procedura di cui all'art. 5.

Art. 2

L'assegno di ricerca oggetto del presente bando di concorso ed i relativi requisiti di ammissione sono indicati e descritti nell'Allegato A. La mancanza dei requisiti di ammissione comporta l'esclusione dalla selezione.

Il possesso del titolo di dottore di ricerca o titolo equivalente conseguito all'estero o, per i soli settori interessati, del titolo di specializzazione di area medica corredato da un'adeguata produzione scientifica, costituisce requisito preferenziale ai fini dell'attribuzione dell'assegno oggetto della presente selezione, qualora non sia stato previsto quale requisito obbligatorio.

La Commissione giudicatrice (v. art. 7) valuta, ai fini della sola ammissione al concorso, l'idoneità del titolo di studio conseguito all'estero fatta salva la valutazione del titolo di specializzazione di area medica a cui si applica l'art. 38 del D.Lgs 165/2001 e successive modifiche e integrazioni e la normativa comunitaria in materia.

La Commissione procede alla valutazione del titolo di studio conseguito all'estero in base alla relativa documentazione allegata alla domanda di partecipazione alla selezione e può escludere il candidato anche qualora la documentazione presentata non fornisca gli elementi sufficienti per la valutazione.



Il candidato deve pertanto allegare tutta la documentazione in suo possesso relativa al proprio titolo al fine di fornire alla Commissione elementi sufficienti per la valutazione.

I candidati in possesso di un titolo di studio conseguito all'estero, se vincitori, devono presentare, qualora non già allegato alla domanda di partecipazione alla selezione:

Per i titoli di studio rilasciati da un paese appartenente all'Unione Europea, una delle seguenti opzioni:

- Diploma Supplement in inglese rilasciato dall'Università competente.
- "Attestato di comparabilità del titolo estero - CIMEA" rilasciato da CIMEA (Centro di Informazione sulla Mobilità e le Equivalenze Accademiche) tramite il servizio «diplome» all'indirizzo <https://cimea.diplome.eu/udine/#/auth/login>

Per i titoli di studio rilasciati da un paese extra Unione Europea, una delle seguenti opzioni:

- Dichiarazione di valore in loco del titolo posseduto e il certificato relativo al titolo con esami e votazioni. Il certificato in lingua diversa dall'italiano o dall'inglese deve essere accompagnato da traduzione ufficiale in una di tali lingue (certificata dall'autorità diplomatico-consolare competente o asseverata presso un tribunale in Italia).
- "Attestato di comparabilità del titolo estero - CIMEA" rilasciato da CIMEA (Centro di Informazione sulla Mobilità e le Equivalenze Accademiche) tramite il servizio «diplome» all'indirizzo <https://cimea.diplome.eu/udine/#/auth/login>

Se il Diploma Supplement o la dichiarazione/attestato di comparabilità non sono disponibili in sede di stipula del contratto, il candidato deve dimostrare di averne fatto richiesta e presentarli non appena possibile.

L'eventuale esclusione dalla procedura selettiva per mancanza dei requisiti di ammissibilità, per assenza dei documenti obbligatori, per mancata sottoscrizione della domanda di selezione o per presentazione della domanda di selezione con modalità diverse da quella prevista dal presente bando sarà comunicata agli interessati esclusivamente all'indirizzo e-mail indicato nella domanda di partecipazione alla selezione.

Art. 3

L'assegno di ricerca di cui al presente bando non può essere conferito:

- ai dipendenti delle Università e dei soggetti di cui all'art. 22, comma 1, della legge 30 dicembre 2010, n. 240 (nel testo antecedente la riforma introdotta dalla Legge 29 giugno 2022, n. 79);
- a coloro che hanno già usufruito di assegni di ricerca ex legge 30 dicembre 2010, n. 240 (ante riforma introdotta dalla Legge 29 giugno 2022, n. 79) per il periodo massimo consentito dalla normativa, ad esclusione del periodo in cui l'assegno è stato fruito in coincidenza con il dottorato di ricerca, nel limite massimo della durata legale del relativo corso;
- a coloro che hanno già usufruito di assegni di ricerca e di contratti di ricercatore a tempo determinato previsti rispettivamente dagli artt. 22 e 24 della legge 30 dicembre 2010, n. 240 (nel testo antecedente la riforma introdotta dalla Legge 29 giugno 2022, n. 79) per complessivi 12 anni anche non continuativi;
- a coloro che hanno un grado di parentela o di affinità, fino al quarto grado compreso, con:
 - il Rettore, il Direttore generale o un componente del Consiglio di amministrazione dell'Università degli Studi di Udine;



- il responsabile scientifico o un professore/ricercatore appartenente al dipartimento o alla struttura sede dell'attività dell'assegno di ricerca d'interesse.

L'assegno di ricerca di cui al presente bando non può essere cumulato:

- a) con borse di studio a qualsiasi titolo conferite, tranne che con quelle concesse da istituzioni nazionali o straniere utili ad integrare, con soggiorni all'estero, l'attività di formazione o di ricerca dell'assegnista;
- b) con altri assegni di ricerca;
- c) con rapporti di lavoro dipendente ancorché part time, fatto salvo quanto previsto in materia per i dipendenti di pubbliche amministrazioni.

La titolarità dell'assegno di cui al presente bando è inoltre incompatibile con la contemporanea frequenza di corsi di laurea, laurea specialistica o magistrale, dottorato di ricerca con borsa e specializzazione medica, in Italia e all'estero.

Art. 4

I candidati devono allegare alla domanda di partecipazione alla selezione, a pena di esclusione:

- a) il curriculum scientifico professionale, dove siano evidenziate le attitudini del candidato idonee allo svolgimento e realizzazione del programma della ricerca (Allegato A);
- b) il documento di identità o altro documento di identificazione;
- c) (per i soli candidati con titolo di accesso conseguito all'estero) certificazione o autocertificazione del titolo accademico previsto per l'ammissione alla selezione e degli esami (con relativa valutazione) sostenuti durante il percorso di studio svolto all'estero e ogni ulteriore documento utile al fine della valutazione del titolo da parte della Commissione giudicatrice.

Alla domanda di partecipazione possono essere allegati ai fini valutativi, pubblicazioni e ogni altro titolo ritenuto utile a comprovare la qualificazione del candidato in relazione al programma di ricerca (Allegato A) e ad attestare l'eventuale attività di ricerca svolta presso soggetti pubblici e/o privati (con indicazione della decorrenza e durata).

I documenti e i titoli sopra citati devono essere presentati in lingua italiana o inglese, pena la non valutazione. I documenti e i titoli, originariamente in lingua diversa, devono essere accompagnati da una traduzione in italiano o in inglese effettuata dal candidato, sotto la sua responsabilità. La traduzione può limitarsi ad un abstract esteso con riferimento alla sola tesi.

I candidati italiani e comunitari che intendono presentare titoli riferiti a stati e fatti attestati da Pubbliche Amministrazioni devono procedere esclusivamente con autocertificazione.

I cittadini extracomunitari, regolarmente soggiornanti in Italia, possono autocertificare solo i dati verificabili o certificabili da soggetti pubblici italiani. Possono inoltre utilizzare le dichiarazioni sostitutive quando previsto da una convenzione internazionale presente tra l'Italia e il Paese di provenienza del dichiarante.

I cittadini extracomunitari non soggiornanti in Italia non possono autocertificare.

Vengono valutati solo i titoli posseduti dal candidato alla data di presentazione della domanda di selezione e presentati secondo le modalità di cui all'art. 5.



Costituisce causa di esclusione dalla selezione la mancata presentazione dei documenti obbligatori previsti dal presente articolo.

Art. 5

Le iscrizioni alla selezione iniziano il 12 gennaio 2024 ore 14:00 (ora italiana) e terminano il 19 aprile 2024 ore 14:00 (ora italiana).

La domanda di partecipazione alla selezione deve essere compilata, pena esclusione, utilizzando l'apposita procedura online, disponibile all'indirizzo web: <https://pica.cineca.it/>
La procedura prevede una fase di registrazione del candidato, per coloro che non hanno già un'utenza, e una fase successiva di compilazione della domanda.

Una volta completata, la domanda on line deve essere firmata con le modalità (firma manuale, con allegato documento di identità, o firma digitale) descritte nella procedura on line, a pena di esclusione dalla selezione. La domanda non dovrà essere firmata qualora si acceda alla procedura online sopraccitata mediante identificativo SPID.

Alla domanda di partecipazione alla selezione devono essere allegati in formato .pdf i titoli di cui all'art. 4. I singoli file, in formato .pdf, non possono avere dimensione superiore a 30MB.

La domanda di partecipazione alla selezione viene inviata automaticamente all'Università degli Studi di Udine con la chiusura definitiva della procedura on line.

L'Amministrazione universitaria:

- non si assume alcuna responsabilità nel caso sia impossibile leggere la documentazione presentata in formato elettronico a causa di file danneggiati;
- non accetta né prende in considerazione titoli o documenti pervenuti in formato cartaceo o con modalità diversa da quella indicata nel presente articolo.

Non è consentito il riferimento a documenti e pubblicazioni già presentati in occasione di altri concorsi.

L'Amministrazione non si assume alcuna responsabilità per il caso di dispersione di comunicazioni dipendente da inesatte indicazioni della residenza e del recapito da parte dell'aspirante o da mancata, oppure tardiva, comunicazione del cambiamento degli stessi, né per eventuali disguidi postali o telegrafici non imputabili a colpa dell'Amministrazione stessa.

I candidati sono invitati a non attendere gli ultimi giorni prima della data di scadenza per la presentazione della domanda di partecipazione alla selezione. L'Università non si assume alcuna responsabilità per eventuali malfunzionamenti dovuti a problemi tecnici e/o sovraccarico della linea di comunicazione e/o dei sistemi applicativi.



Art. 6

La prova di selezione si svolge secondo le modalità riportate nell'Allegato A.

La prova tenderà ad accertare la preparazione, l'esperienza e l'attitudine alla ricerca dei candidati. Essa consisterà nella valutazione del curriculum scientifico professionale, delle pubblicazioni e dei titoli presentati, e del colloquio, ove previsto.

Art. 7

La Commissione giudicatrice di concorso è individuata nell'Allegato A al presente bando di cui fa parte integrante.

La Commissione, nella prima seduta, nomina al proprio interno il Presidente ed il Segretario verbalizzante e stabilisce i criteri e le modalità di valutazione dei titoli e del colloquio, ove previsto.

I risultati della valutazione dei titoli devono essere resi noti agli interessati nel corso del colloquio, ove previsto.

La Commissione dispone di un numero complessivo di 100 punti (cento centesimi) attribuibili alla selezione.

Al termine dei lavori la Commissione formula la graduatoria generale di merito sulla base del punteggio complessivo riportato da ogni candidato e provvede alla stesura del verbale delle operazioni concorsuali.

L'assegno è attribuibile, nel rispetto della graduatoria, ai candidati che abbiano riportato la votazione minima complessiva di 70/100 (settanta centesimi).

Il giudizio della Commissione è insindacabile nel merito.

La graduatoria sarà resa pubblica esclusivamente mediante pubblicazione sul sito dell'albo ufficiale dell'Ateneo.

L'esito della valutazione non sarà oggetto di comunicazione ai candidati.

Decadono dal diritto all'attribuzione dell'assegno di ricerca coloro che non dichiarano di accettarlo e non si presentano presso la struttura sede dell'attività di ricerca entro i termini comunicati dalla stessa anche con modalità non formali.

Deroghe a tale termine saranno concesse esclusivamente per cause di forza maggiore documentate.

Art. 8

L'attività di ricerca non può essere iniziata prima della sottoscrizione del contratto che definisce le modalità della collaborazione.

L'attività oggetto dell'assegno di ricerca dovrà presentare le seguenti caratteristiche:

- a) svolgersi nell'ambito del programma di ricerca oggetto dell'assegno e non esserne supporto meramente tecnico;
- b) stretto legame con la realizzazione del programma di ricerca che costituisce l'oggetto del rapporto con il vincitore;



- c) carattere continuativo e comunque temporalmente definito, non meramente occasionale, ed in rapporto di coordinamento rispetto alla complessiva attività dell'Ateneo;
- d) svolgimento in condizione di autonomia, nei soli limiti del programma predisposto dal Responsabile dello stesso, senza orario di lavoro predeterminato.

L'assegnista è tenuto a presentare, con le scadenze previste dal contratto, alla struttura di riferimento, una particolareggiata relazione scritta sull'attività svolta e sui risultati conseguiti, corredata dal parere del responsabile scientifico. L'assegnista dovrà inoltre consegnare relazioni intermedie e timesheet, qualora richiesti dalla struttura di riferimento.

Il recesso dal contratto può essere esercitato dall'assegnista o dalla struttura di riferimento.

Il contratto può essere risolto dalla struttura di riferimento, oltre che per le ipotesi di cui all'art. 9, comma secondo e terzo, del "Regolamento interno per il conferimento di assegni di ricerca ex legge 30 dicembre 2010 n. 240" dell'Università degli Studi di Udine, anche nel caso in cui venga meno il progetto di ricerca e pertanto la copertura finanziaria su cui grava l'assegno di ricerca.

Art. 9

All'assegno di cui al presente bando, si applicano:

- in materia fiscale le disposizioni di cui all'art. 4 della legge 13 agosto 1984, n. 476 e successive modificazioni e integrazioni;
- in materia previdenziale, le disposizioni di cui all'art. 2 commi 26 e seguenti della legge 8 agosto 1995, n. 335 e successive modificazioni e integrazioni;
- in materia di congedo obbligatorio per maternità le disposizioni di cui al decreto ministeriale 12 luglio 2007;
- in materia di congedo per malattia, le disposizioni di cui all'art. 1 comma 788 della legge 27 dicembre 2006 n. 296 e successive modificazioni.

Nel periodo di astensione obbligatoria per maternità l'indennità corrisposta dall'INPS ai sensi dell'art. 5 del decreto ministeriale 12 luglio 2007, è integrata dall'Università fino a concorrenza dell'intero importo dell'assegno di ricerca.

Il pagamento dell'assegno sarà effettuato in rate mensili.

Art. 10

I dati raccolti nell'ambito della procedura di cui all'art. 5 sono necessari per la corretta gestione della procedura di selezione, per l'eventuale successiva gestione dell'assegno di ricerca e per finalità connesse alla gestione dei servizi erogati dall'Università. L'Università degli Studi di Udine è il Titolare del Trattamento. In ogni momento, l'interessato può richiedere l'accesso, la rettifica nonché, compatibilmente con le finalità istituzionali dell'Ateneo, la cancellazione e la limitazione del trattamento o opporsi al trattamento dei propri dati. Può sempre proporre reclamo al Garante Italiano per la protezione dei dati. L'informativa completa è disponibile sul sito dell'Università degli Studi di Udine nella sezione "privacy" accessibile dalla home page www.uniud.it Link Diretto: <https://www.uniud.it/it/it/pagine-speciali/guida/privacy>



Art. 11

Per quanto non espressamente citato nel presente bando si fa riferimento alla normativa vigente in materia citata in premessa ed al "Regolamento interno per il conferimento di assegni di ricerca ex legge 30 dicembre 2010 n. 240" dell'Università degli Studi di Udine emanato con decreto rettorale 31 marzo 2021, n. 182.

Art. 12

Il funzionario responsabile del procedimento è la dott.ssa Sandra Salvador, Responsabile dell'Area Servizi per la Ricerca dell'Università degli Studi di Udine.

L'ufficio di riferimento presso l'Università degli Studi di Udine è l'Area Servizi per la Ricerca – Ufficio Formazione per la Ricerca, via Mantica n. 31 - 33100 Udine.

Per chiedere informazioni sul bando compilare il seguente modulo disponibile sul sito dell'Università degli Studi di Udine:

https://helpdesk.uniud.it/SubmitSR.jsp?type=req&accountId=universityofudine&populateSR_id=42105



Allegato A

Responsabile scientifico della ricerca / Principal investigator:

Nome e cognome / Name and surname: Luca Marchiol
Qualifica / Position: Professore Associato / Associate Professor
Dipartimento / Department: Scienze agroalimentari, ambientali e animali / Agricultural, Food, Environmental and Animal Sciences
Area MUR / Research field: 07 – Scienze agrarie e veterinarie
Settore concorsuale e Settore scientifico disciplinare / Scientific sector: 07/B1; AGR/02 – Agronomia e coltivazioni erbacee

Titolo dell'assegno di ricerca / Topic of the research fellowship "assegno di ricerca":

I bandi sono consultabili dal sito dell'Ateneo, del MUR e di Euraxess / The calls are available on the University, MUR and Euraxess websites

Testo in italiano:

Potenzialità di impiego di idrossiapatite da residui organici come nanofertilizzante.

Text in English:

Potential use of hydroxyapatite from organic residues as a nanofertilizer.

Obiettivi previsti e risultati attesi del programma di ricerca in cui si colloca l'attività dell'assegnista di ricerca / Foreseen objectives and results of the research programme performed by the research fellow "assegnista di ricerca":

I bandi sono consultabili dal sito dell'Ateneo, del MUR e di Euraxess / The calls are available on the University, MUR and Euraxess websites

Testo in italiano:

La crisi ambientale e la sicurezza alimentare sono questioni globali che necessitano di interventi scientifici e politici immediati ^[1]. Le pratiche agricole convenzionali, l'uso eccessivo di acqua e i combustibili fossili hanno reso l'agricoltura insostenibile ^[2]. Inoltre, il settore alimentare rappresenta il 7-15% delle emissioni globali di metano e protossido di azoto ^[3]. Ciò accadrà mentre, entro il 2050, gli agricoltori dovranno produrre cibo per una popolazione mondiale di circa 9,6 miliardi di persone ^[4].

Nello specifico, in condizioni di campo, le pratiche di fertilizzazione convenzionali sono scarsamente efficienti. In media, l'efficienza nell'uso dei nutrienti (NUE) dei fertilizzanti N e P è rispettivamente del 30-55% e del 18-20%, il che significa che solo una piccola frazione di nutrienti entra nelle piante ^[5]. Il resto dell'azoto viene perso, causando impatti negativi sulla qualità delle acque dolci e sotterranee, rischi per la salute umana e cambiamenti climatici ^[6]. Ciò si verifica anche nel caso di P ma con implicazioni globali diverse. Mentre il processo Haber-Bosch garantisce la fornitura di N all'industria dei fertilizzanti, la produzione di fertilizzanti P dipende dalla disponibilità di rocce fosfatiche estratte da depositi geologici di P non rinnovabili, una risorsa sempre più limitata ^[7]. Il recupero del P dalle ossa animali trattate termicamente è stato recentemente suggerito come una delle soluzioni economicamente valide e sostenibili per superare la crisi del P ^[8].

Nutrire in modo sostenibile la popolazione mondiale richiederà cambiamenti fondamentali nel sistema alimentare globale. La nanotecnologia ha acceso l'interesse della ricerca verso l'agricoltura nano-abilitata ^[9]. Sono attualmente in corso studi sul potenziale delle nanostrutture intelligenti per il rilascio e la distribuzione mirati di nutrienti, prodotti agrochimici e biomolecole. In termini di nutrizione delle piante, si prevede che i nanomateriali controllino in modo intelligente il periodo di tempo in cui i nutrienti vengono rilasciati in base alle fasi di sviluppo della pianta ^[10].



L'idrossiapatite (HAP), con la formula $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH}_2)$ e un rapporto molare $\text{Ca}/\text{P} = 1,67$, può essere estratta da fonti e rifiuti biologici, come ossa bovine e equine, lische di pesce e scaglie ^[11]. Rispetto alla struttura sintetica quella biologica contiene altri ioni come Na^+ , Zn^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Si^{2+} , Na^+ e CO_3^{2-} ^[12]. Applicazioni promettenti in agricoltura derivano dalle proprietà dell'HAP acquisite su scala nanometrica (nano-idrossiapatite, nHAP), come l'uso di nHAP come fonte di P per le colture o come vettore di altri elementi (N e micronutrienti) o molecole per la protezione delle piante ^[13].

Una recente indagine bibliografica ha verificato i progressi della ricerca scientifica riguardo all'utilizzo di nHAP cristallino come fertilizzante per le colture. In particolare, gli studi hanno esplorato il potenziale di nHAP nelle seguenti direzioni: (i) fertilizzante P a lento rilascio, (ii) uso di batteri solubilizzanti i fosfati (PSB) per stimolare il rilascio di P, (iii) trasportatore N, (iv) micronutrienti vettore. Nel complesso i risultati indicano il potenziale promettente di nHAP – da solo o combinato con altre molecole – come alternativa più efficiente ai fertilizzanti convenzionali a base di azoto e fosforo ^[14].

Il potenziale di nHAP è dovuto alla maggiore solubilità rispetto all'HAP sfuso e la chimica della superficie può essere personalizzata per massimizzare l'efficienza della distribuzione del P nel suolo e dell'assorbimento da parte delle piante. Inoltre, il rilascio di P da nHAP potrebbe essere migliorato a causa dell'attività del PSB o dei funghi micorrizici arbuscolari. I primi risultati promettenti hanno dimostrato che i batteri che solubilizzano il P dalla massa $\text{Ca}^3(\text{PO}_4)^2$ e dai fosfati naturali erano efficaci anche con nHAP come nuovo fertilizzante alternativo ^[15]. Tali prove dimostrano che l'agricoltura basata sui nanometri ha un potenziale considerevole ma ancora inesplorato e che è possibile sviluppare strategie innovative nella fertilizzazione con P delle colture in pieno campo. Alla mesoscala, la funzionalizzazione di nHAP con urea ha rallentato il rilascio di N e migliorato la resa del raccolto utilizzando il 50% in meno di urea. Tuttavia, la maggior parte degli studi ha analizzato solo le proprietà dei fertilizzanti nanotecnologici e la risposta delle piante senza alcuna valutazione aggiuntiva del NUE ^[16], un aspetto fondamentale della fertilizzazione delle colture.

Al di là del potenziale intrinseco di nHAP, la ricerca si sta concentrando su: (i) la progettazione di fertilizzanti nHAP per sfruttare appieno il loro potenziale di rilascio modulabile di nutrienti, (ii) l'uso di nHAP funzionalizzato nei piani di fertilizzazione delle colture e (iii) lo sviluppo di nHAP nuove strategie di fertilizzazione basate sull'uso combinato di nanoibridi e microrganismi, per migliorare ulteriormente l'efficacia dei nanofertilizzanti.

Il progetto PRIN 2022 CLEOPATRA si propone di studiare sistematicamente il potenziale della nano-idrossiapatite (nHAP) derivata dai rifiuti organici e dai nanoibridi risultanti, con l'obiettivo di produrre nanofertilizzanti efficaci e rispettosi dell'ambiente. CLEOPATRA mira a sviluppare nuove conoscenze all'avanguardia sull'agricoltura nano-abilitata, in particolare sulla nano-fertilizzazione (ovvero, nHAP da rifiuti organici drogati con urea con e senza la co-applicazione di microrganismi solubilizzanti P) e il miglioramento del NUE attraverso l'applicazione di nanofertilizzanti nei sistemi agricoli. Esistono progressi concreti riguardo allo stato dell'arte in materia poiché gli studi hanno preso in considerazione l'apatite sintetica.

Il progetto comprende attività a diversi livelli di scala, ovvero la preparazione di nHAP da rifiuti organici, la sua funzionalizzazione con urea, la solubilizzazione del P fornita da batteri solubilizzanti fosfati (PSB), l'applicazione di nanoibridi ad una coltura modello (*Zea mays*) in condizioni sia controllate che condizioni di campo, per valutare, da un lato, la fisiologia della nutrizione e, dall'altro, i parametri quanti-qualitativi della resa colturale.

Come risultato generale atteso, CLEOPATRA porterà a una conoscenza completa dell'uso del nHAP naturale come nanofertilizzante, come fonte di P e/o vettore di N. In questo senso risultati più specifici sono attesi nelle seguenti aree:

- Progettazione e sintesi di nanofertilizzanti HAP efficienti a base naturale.
- Contributo microbico del suolo alla solubilizzazione del P da nHAP.
- Valutazione delle dinamiche di rilascio di P e N da nanofertilizzanti.
- Risposta della coltura modello ai nanofertilizzanti.



- Parametri di resa delle colture e caratteristiche di qualità del grano in piante trattate con nanofertilizzanti.
- Valutazione della NUE dei nanofertilizzanti.

Referenze:

- [1] Behl et al. 2022. Chemosphere 288, 132533.
- [2] Springmann et al. 2018. Nature 562, 519-525.
- [3] Lynch et al. 2021 Front. Sustain. Food Syst., 4, 518039.
- [4] OECD/FAO. 2020. doi:10.1787/1112c23b-en.
- [5] Smith et al., 2018. ACS Sustain. Chem. Eng. 6, 11, 13599-13610.
- [6] Kanter et al. 2019. Nat. Food. 1, 27-32.
- [7] Alewell et al. 2020. Nat. Commun. 11, 4546.
- [8] Ahmed et al. 2021. Soil Sci. Plant Nutr. 67, 4, 4471-481.
- [9] Pulizzi 2019. Nat. Nanotechnol. 14, 507.
- [10] Ur Rahim et al., 2021. Nanomaterials, 11, 8, 206.
- [11] Maschmeyer et al., 2020. Chem. Soc. Rev. 49, 4527.
- [12] Mohd Pu'ad et al. 2019. Heliyon 5, e01588.
- [13] Ramírez-Rodríguez et al. 2020. Nanomaterials 10, 1043.
- [14] Fellet et al. 2021. Agronomy, 11, 1239.
- [15] Monroy Miguel et al. 2020. Antonie Leeuwenhoek 113, 1033-1047.
- [16] Xiong et al. 2018. Geoderma 323, 113-125.

Text in English:

Environmental crisis and food security are global issues that need immediate scientific and policy interventions [1]. Conventional farming practices, excessive water use, and fossil fuels have made agriculture unsustainable [2]. Moreover, the food sector accounts for 7-15% of global methane and nitrous oxide emissions [3]. That happens while, by 2050, farmers will need to produce food for a worldwide population of approximately 9.6 billion people [4].

Specifically, in field conditions, conventional fertilization practices are poorly efficient. On average, the nutrient use efficiency (NUE) of N and P-fertilizers is 30-55% and 18-20%, respectively, meaning that only a tiny fraction of nutrients enters plants [5]. The rest of N is lost, causing negative impacts on freshwater and groundwater quality, human health risks, and climate change [6]. That also occurs in the case of P but with different global implications. While the Haber-Bosch process ensures the N supply to the fertilizer industry, P fertilizer production depends on the availability of phosphate rocks extracted from non-renewable geological P deposits, an increasingly limited resource [7]. The recovery of P from thermally treated animal bones has been suggested recently as one of the economically viable and sustainable solutions to overcome the P-crisis [8].

Sustainably feeding the world population will require fundamental changes in the global food system. Nanotechnology kindled the research interest in nano-enabled agriculture [9]. Studies on the potential of smart nanostructures for targeted release and distribution of nutrients, agrochemicals, and biomolecules are currently underway. In terms of plant nutrition, nanomaterials are expected to intelligently control the length of time nutrients are released according to the plant's developmental stages [10].

Hydroxyapatite (HAP), with the formula $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ and a Ca/P molar ratio =1.67, can be extracted from biological sources and wastes, such as bovine and horse bones, fish bones, and scales [11]. Compared to stoichiometric synthetic HAP, biological HAP contains other ions such as Na^+ , Zn^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Si^{2+} , Na^+ , and CO_3^{2-} [12]. Promising applications in agriculture arise from the HAP's properties acquired at the nanoscale (nano-hydroxyapatite, nHAP), such as the use of nHAP as a source of P for crops or as a carrier of other elements (N and micronutrients) or molecules for plant protection [13].

A recent literature survey was carried out to verify the progress of scientific research regarding using crystalline nHAP as crop fertilizer. The studies explored the potential of nHAP in the following directions: (i) slow-release P fertilizer, (ii) use of phosphate solubilizing bacteria (PSB) to stimulate release of P, (iii)



N-carrier, (iv) micronutrient-carrier. Altogether the findings indicate the promising potential of nHAP – alone or combined with other molecules – as a more efficient alternative to conventional N and P fertilizers ^[14].

The potential of nHAP is due to increased solubility compared to bulk HAP, and surface chemistry can be tailored to maximize the efficiency of soil P distribution and plant uptake. In addition, P release from nHAP could be enhanced due to the activity of PSB or arbuscular mycorrhizal fungi. Promising early results demonstrated that bacteria that solubilize P from bulk $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ and rock phosphates were also effective with nHAP as an alternative novel fertilizer ^[15]. That evidence demonstrates that nano-enabled agriculture has considerable but still unexplored potential and that innovative strategies can be developed in the P fertilization of field crops.

At a greenhouse scale, the functionalization of nHAP with urea slowed down N release and improved crop yield using 50% less urea. However, most studies only analyzed the properties of the nano-enabled fertilizers and plant response without any additional assessment of NUE ^[16] - a fundamental aspect of crop fertilization.

Beyond the intrinsic potential of nHAP, research must focus on (i) the design of nHAP fertilizers to fully exploit their potential for tuneable release of nutrients, (ii) the use of functionalized nHAP in crop fertilization plans, and (iii) the development of new fertilization strategies based on the combined use of nanohybrids and microorganisms, to improve the effectiveness of nanofertilizers further.

The PRIN 2022 CLEOPATRA project has set out to systematically investigate the potential of nano-hydroxyapatite (nHAP) derived from biowastes and its resulting nanohybrids, with the aim of producing effective and environmentally friendly nanofertilizers. CLEOPATRA aims to develop new cutting-edge knowledge on nano-enabled agriculture, particularly nano-fertilization (i.e., nHAP from biowastes doped with urea with and without the co-application of P solubilizing microorganisms) and the enhancement of NUE throughout the application of nanofertilizers in agricultural systems. There is concrete progress concerning the state of the art on this subject since the studies have considered synthetic apatite.

The project includes activities at different scale levels, i.e., the preparation of nHAP from biowastes, its functionalization with urea, P-solubilization provided by phosphate solubilizing bacteria (PSB), application of nanohybrid to a crop model (*Zea mays*) in both controlled and field conditions, to evaluate, on the one hand, the nutrition physiology and, on the other hand, the quantitative-qualitative crop yield parameters.

As a general expected result, CLEOPATRA will lead to a comprehensive knowledge of using natural nHAP as a nanofertilizer, both as a P source and/or as an N carrier. Along this line, more focused results are the following:

- Design and synthesis of efficient natural-based HAP nanofertilizers.
- Soil microbial contribution to P solubilization from nHAP.
- Evaluation of P and N release dynamics from nanofertilizers.
- Assessment of the model crop (*Zea mays*) to nanofertilizers.
- Crop yield parameters and grain quality traits in plants treated with nanofertilizers.
- Evaluation of NUE of nanofertilizers.

References:

- [1] Behl et al. 2022. Chemosphere 288, 132533.
- [2] Springmann et al. 2018. Nature 562, 519-525.
- [3] Lynch et al. 2021 Front. Sustain. Food Syst., 4, 518039.
- [4] OECD/FAO. 2020. doi:10.1787/1112c23b-en.
- [5] Smith et al., 2018. ACS Sustain. Chem. Eng. 6, 11, 13599-13610.
- [6] Kanter et al. 2019. Nat. Food. 1, 27-32.
- [7] Alewell et al. 2020. Nat. Commun. 11, 4546.
- [8] Ahmed et al. 2021. Soil Sci. Plant Nutr. 67, 4, 4471-481.



- [9] Pulizzi 2019. Nat. Nanotechnol. 14, 507.
[10] Ur Rahim et al., 2021. Nanomaterials, 11, 8, 206.
[11] Maschmeyer et al., 2020. Chem. Soc. Rev. 49, 4527.
[12] Mohd Pu'ad et al. 2019. Heliyon 5, e01588.
[13] Ramírez-Rodríguez et al. 2020. Nanomaterials 10, 1043.
[14] Fellet et al. 2021. Agronomy, 11, 1239.
[15] Monroy Miguel et al. 2020. Antonie Leeuwenhoek 113, 1033-1047.
[16] Xiong et al. 2018. Geoderma 323, 113-125.

Struttura dell'Università di Udine presso la quale verrà sviluppata l'attività di ricerca / Department or other structure of the University of Udine where research activities will be carried out:

Dipartimento di Scienze Agroalimentari, Ambientali e Animali (DI4A) e Azienda Agraria Universitaria A. Servadei (AZIA UNIUD) / Department of Agricultural, Food, Environmental and Animal Sciences and A. Servadei University Agricultural Company (AZIA UNIUD)

Importo dell'assegno di ricerca (al lordo oneri carico assegnista) / Total grant gross for the research fellowship:

€ 20.000,00

Durata dell'assegno di ricerca / Duration of the research fellowship "assegno di ricerca":

12 mesi / months

Finanziamento / Financed by:

La copertura finanziaria graverà sul progetto PRIN 2022 – "Circular economy and sustainable agriculture: hydroxyapatite from biowastes as smart nanofertilizer - CLEOPATRA"; Prot. n. 2022AAATEA. Decreto di finanziamento n. 1048 del 14/07/2023 - Settore LS9. Codice CUP G53D23003950006. Ministero dell'Università e della Ricerca (Finanziato dall'Unione Europea, NextGenerationEU).

Requisiti di ammissione / Minimum qualifications necessary:

- Possesso di un diploma di laurea vecchio ordinamento (ante decreto 3 novembre 1999 n. 509) o di laurea specialistica/magistrale (ex decreto 3 novembre 1999 n. 509 e decreto 22 ottobre 2004 n. 270) o titolo equivalente conseguito all'estero;
- possesso di un curriculum scientifico professionale idoneo allo svolgimento dell'attività di ricerca contemplata.
- University degree obtained before Decree n. 509 of 3 November 1999 or specialistic/Master's degree (post decree n. 509 of 3 November 1999 and decree n. 270 of 22 October 2004) or equivalent degree obtained abroad;
- professional scientific curriculum suitable for the research activity above mentioned.



Procedura selettiva / Competition procedure:

Valutazione per titoli e colloquio / Evaluation of titles and oral exam

I risultati della valutazione dei titoli saranno resi noti agli interessati nel corso del colloquio / The evaluation of the qualifications will be disclosed to candidates during the interview

Calendario del colloquio / Calendar of the oral exam	Modalità / Modality	In presenza / On site
	Data / Date	10 giugno / June 2024
	Ora / Time	10:00 / 10:00 am (Italian time)
	Luogo / Place	Sala dei Cereali del Dipartimento di scienze agroalimentari, ambientali e animali (D14A) - Sede dei Rizzi – via delle Scienze 206, Udine

Per sostenere il colloquio i candidati devono esibire un valido documento di riconoscimento. / Candidates must come to the interview with a valid identity document.

Eventuali variazioni saranno rese note esclusivamente mediante pubblicazione all'albo ufficiale on line dell'Ateneo / Any change will be made public solely through publication on the University web site http://web.uniud.it/ateneo/normativa/albo_ufficiale

I candidati impossibilitati a partecipare alla prova orale presso la sede possono chiedere alla Commissione giudicatrice di svolgere il colloquio in videoconferenza, allegando alla domanda di partecipazione alla selezione istanza motivata. / Candidates unable to attend the interview at the University of Udine, may request to the Examining board to take the interview by video conference, attaching the request to the online application.

Commissione giudicatrice / Examining Board:

Nome e Cognome	Qualifica	SSD	Università
Membri Effettivi / Permanent members			
Luca Marchiol	PA	AGR/02	Università degli Studi di Udine
Guido Fellet	PA	AGR/02	Università degli Studi di Udine
Marco Contin	PA	AGR/13	Università degli Studi di Udine
Membri Supplenti / Temporary members			
Guido Incerti	PA	BIO/07	Università degli Studi di Udine
Maurizia Sigura	PA	AGR/10	Università degli Studi di Udine