

Калій – Елемент Якості в Рослинництві



Упорядник П. Імач

© Всі права належать Міжнародному інституту калію (ІРІ), 2013.

ISBN 978-3-905887-12-9

DOI 10.3235/978-3-905887-12-9

КАЛІЙ

Елемент Якості в Рослинництві

4	ВСТУП
6	<u>ЯКІСТЬ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ПРОДУКЦІЇ</u>
8	<u>ХАРЧОВА ЦІННІСТЬ КУЛЬТУР</u>
13	<u>ЗОВНІШНІЙ ВИГЛЯД ПРОДУКЦІЇ</u>
15	<u>ЯКІСТЬ ПЕРЕРОБКИ</u>
17	<u>ТЕРМІН ЗБЕРІГАННЯ</u>
23	<u>ПРИГНІЧЕННЯ ХВОРОБ І ШКІДНИКІВ</u>
30	<u>ЗДОРОВ'Я ЛЮДИНИ</u>
32	<u>ФУНКЦІОНАЛЬНІ ХАРЧОВІ ПРОДУКТИ</u>
35	<u>ВМІСТ НІТРАТІВ У ПРОДОВОЛЬСТВІ</u>
36	ВИКОРИСТАНА ЛІТЕРАТУРА

Калій – Елемент Якості в Рослинництві



ВСТУП

Калій (K), як і азот (N) та фосфор (P), є важливим макроелементом рослин, який поглинається сільськогосподарськими культурами з ґрунту у досить великих кількостях. Калій збільшує як врожайність так і якість сільськогосподарської продукції, та підвищує здатність рослин протистояти хворобам, нападам комах, зниженню температури і посухам та іншим несприятливим умовам. Це допомагає в розвитку сильної і здорової кореневої системи і підвищує ефективність поглинання та використання N та інших поживних речовин. Крім того, K відіграє важливу роль у харчуванні тварин.

Калій характеризується як “елемент якості”, що забезпечує оптимальну якість сільськогосподарської продукції. Калій має дві основні функції в рослині. По-перше, він відіграє незамінну роль в активації ферментів, які мають основне значення для метаболічних процесів, особливо при синтезі білків і цукрів. Тільки невелика кількість K потрібна для цієї біохімічної функції. По-друге, K підтримує вміст води і, таким чином, тургор клітин - біофізична роль. Тургорні клітини забезпечують міцність листків, завдяки чому ефективно протікає фотосинтез. Взаємозв'язок між вмістом води та поживних речовин в клітині відповідає за їхній рух в рослині, а також транспортування цукрів, вироблених в процесі фотосинтезу, до запасуючих органів, таких як зерно, коренеплоди, бульби і плоди. Значно більші кількості K необхідні для цієї фізіологічної функції, ніж для його біохімічної ролі в рослинах.

Споживачі все частіше вимагають високої якості продукції і готові платити за неї більше. Удобрення калієм має вирішальне значення для досягнення необхідного стандарту якості. Багатьма дослідженнями встановлено сприятливий вплив збалансованого живлення рослин, включаючи достатню кількість К, на якість зібраної продукції. Це особливо актуально для таких властивостей як вміст білка, олії, вітамінів, а також для функціональних аспектів (наприклад, смак). Рослини з достатнім запасом К мають кращий вигляд, смак і аромат, а їхня продукція позбавлена шкідників і хвороб. Калійне удобрення підвищує врожайність і покращує ефективність споживання азотних добрив, що призводить до зменшення залишкових нітратів (NO_3) у ґрунтах і, як наслідок, меншого забруднення навколишнього середовища.

Численні польові дослідження в рамках проектів IPI довели, що збалансоване внесення калійних добрив допомагає фермеру виробляти продукцію, яка відповідає високим критеріям якості. Звичайно К не єдиний поживний елемент, який впливає на якість, але його збалансоване постачання з іншими поживними речовинами підвищує стійкість, знижує виробничі витрати, покращує зовнішній вигляд продукту і знижує ризик бракування продукції, коли вона надходить у продаж. Збалансоване удобрення також захищає природні ресурси і сприяє охороні навколишнього середовища. Якість починається на полі!



Зображення 1. Вплив К на розмір цибулі. Проект IPI-MPKV, Рахурі, Ахмеднаджар, Махараштра, Індія. 2008-2009. Джерело: IPI Координація Індія.



ЯКІСТЬ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ПРОДУКЦІЇ

Якість сільськогосподарської продукції включає в себе багато характеристик, такі як харчові, органолептичні (смак, колір, запах і вигляд), гігієнічні і функціональні властивості. Часто кількість К, необхідна для оптимального урожаю, також є достатньою для забезпечення хорошої якості. Проте, необхідність підвищення якості плодів іноді більш важлива, ніж інші аспекти продуктивності, особливо, коли висока якість забезпечує кращу економічну віддачу. В таких випадках більша кількість К необхідна для забезпечення якості, ніж для отримання максимального урожаю, наприклад, це було встановлено для бананів, бавовни, картоплі, тютюну, газонних трав, декоративних рослин і деяких інших культур.

Широко доведено, що калій відіграє вирішальну роль у багатьох параметрах якості культур:

- В зернових і олійних культурах, К покращує харчову цінність за рахунок збільшення вмісту білка і олії.
- В бульбоплодах, К збільшує вміст крохмалю і розмір бульб.
- В зернових, К сприяє кращій виповненості зерна і міцності соломини.

- У фруктах та овочах, К збільшує розмір плодів, вміст вітаміну С і цукру, та покращує смак і колір.
- В луб'яних культурах, К покращує якість волокна бавовнику та льону.
- Крім того, К допомагає підтримувати якість при зберіганні і транспортуванні, таким чином, збільшуючи термін придатності.

Термін «якість» включає в себе кілька аспектів, які впливають на конкурентоспроможність продукту, в тому числі:

- Привабливість: однорідний і великий розмір, хороша форма і привабливий колір, відсутність плям, механічних пошкоджень і ознак хвороби.
- Органолептичні ознаки: покращений смак і аромат.
- Харчова цінність: вищий вміст білків і вітаміну С.
- Тривалий термін зберігання.
- Забезпечення належної якості переробки для промисловості.



Зображення 2. Вплив калію на розмір кошика і кількість насіння соняшнику (*Helianthus annuus*). Проект IPI-PAU проводиться KVK, дорадчою службою навчального центру фермерів. 2004 Джерело: М.С. Брар і IPI Координація Індії.



ХАРЧОВА ЦІННІСТЬ КУЛЬТУР

Харчова цінність включає в себе вміст певних компонентів, таких як, білка, олії і жиру, крохмалю, мінеральних компонентів і вітамінів. Вміст волокна, а також енергетична цінність, є параметрами, що широко використовуються для оцінки поживності продуктів харчування в раціоні людини. Вміст поживних елементів, таких як білок або олія, використовується в багатьох країнах в якості основи для системи закупівель, і таким чином, є економічним фактором.

Калій виконує важливу функцію в переміщенні поживних речовин, необхідних для росту, зокрема N, від коренів до пагонів, і вуглецю від джерела (пагони) до запасуючих органів (коріння, плоди та інші). Калій рухається в якості протііона, разом з нітратом (NO_3), в ксилемі до пагонів. Експерименти з ізотопом азоту (^{15}N) показали, що рослини, добре забезпечені K, були здатні поглинати більше азоту і, крім того, швидше перетворювати його в білок. Нітрати в рослині відновлюються до первинних амінів, а потім включаються до складу амінокислот, в кінцевому результаті утворюючи білки. Низьке забезпечення калієм обмежує достатнє транспортування NO_3 та інгібує утворення білка, що призводить до накопичення в рослині нітратного азоту та розчинного аміачного азоту (рис. 1).

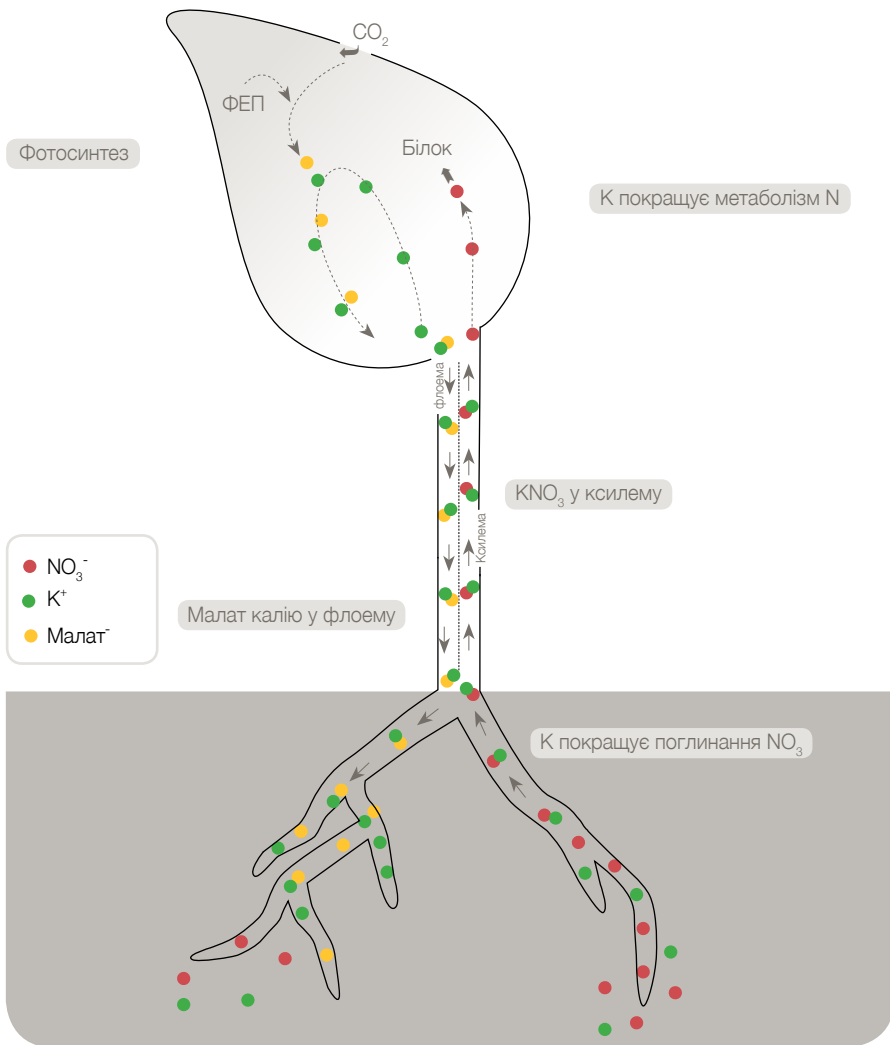


Рис. 1. Спрощені схеми циркуляції калію між коренем і пагонами залежно від транспортування нітратів і малатів (ФЕП, фосфоенолпіруват). За даними Маршнер та ін., 1996 (на основі Бен-Зіоні та ін., 1971 та Кіркбі і Кнайт, 1977).

Калій – Елемент Якості в Рослинництві

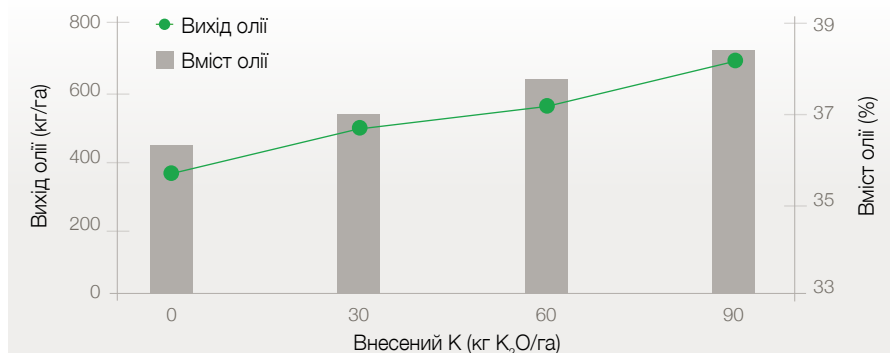


Рис. 2. Вплив внесення калію на вміст олії і вихід олії (вихід олії = вміст олії $\times$ урожайність культур) за вирощування соняшника. проект IPI-PAU. Пенджаб, Індія. 2004. Джерело: IPI Координація Індія.

Результати експериментів

В Індії, експерименти, проведені IPI, показали, що внесення К збільшує як вміст олії, так і її вихід у соняшника (рис. 2). Вихід олії 696 кг/га був отриманий за внесення 90 кг K₂O/га на відміну від 392 кг/га за незбалансованого удобрення (тільки NP). У папайї, крім значного збільшення врожайності, внесення К покращило основні параметри якості фруктів: (I) товщина м'якоті, тобто їстівної частини плодів папайї, збільшилась; (II) цукристість папайї, головний параметр якості фрукта, що в основному оцінюється за загальними розчинними сухими речовинами (ЗРСР), покращилась; (III) кислотність знизилась (Таблиця 1).

Таблиця 1. Вплив внесення калію на урожайність і якість плодів папайї (11 місяців після посадки). Проект IPI-TNAU. Район Тхені, Таміл Наду, Індія. 2004-05. Джерело: IPI Координація Індія.

Варіант	Маса плоду	товщина м'якоті	ЗРСР	кислотність
(кг/рослину/рік)	кг	см	°Bx	%
N ₃₀₀ P ₃₀₀	1.14	1.67	10.93	0.51
+K ₁₅₀	1.21	2.40	12.03	0.34
+K ₃₀₀	1.77	2.60	11.43	0.47

Вітамін С (як правило, називають аскорбіновою кислотою) є, мабуть, найпопулярнішим вітаміном. Внесення в ґрунт та позакореневе підживлення калієм сприяло підвищенню рівня вітаміну С в багатьох сільськогосподарських культурах, таких як гарбуз, цвітна капуста, цибуля, банани, гуава і папайя. В експерименті Чжецзянського сільськогосподарського університету в Китаї, внесення К збільшило вміст вітаміну С у солодкому перці (рис. 3).

В цитрусових, К збільшує вміст у соці як лимонної, так і аскорбінової кислоти, а також інші характеристики, такі як співвідношення кислота/цукор і вміст розчинних сухих речовин.

За правильного калійного живлення, плоди томатів зазвичай містять більшу кількість сухої речовини, цукрів, кислот, каротину і лікопіну.

Внесення калію збільшило вміст білка у кукурудзі, що показало дослідження в Індії, проведене IPI (рис. 4, стор. 12). Також відомо, що К збільшує білковий N і зменшує небілковий N, виробляючи більше засвоюваної сухої речовини і білка в кукурудзяному силосі, тим самим покращуючи поживну цінність кормів для худоби.

Вміст крохмалю у корінні маніоку збільшився за внесення К, що показано в експерименті, проведеному IPI в Індонезії (таблиці 2, стор. 12).

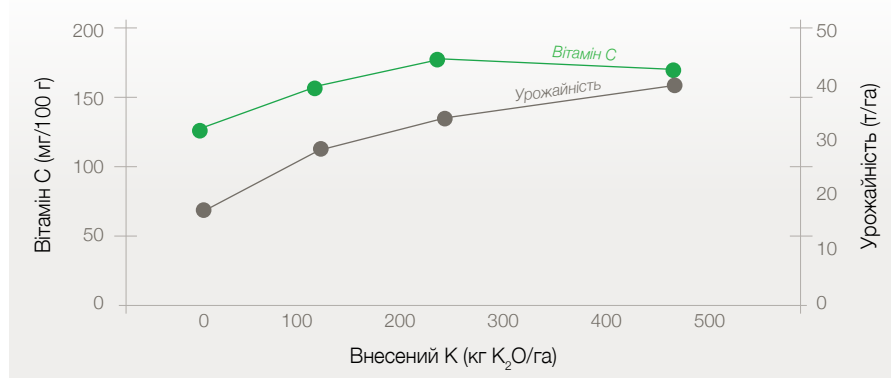


Рис. 3. Вплив внесення калію на врожайність і вміст вітаміну С у солодкому перці. Чжецзянський аграрний університет, Китай. Джерело: Ву-Чжун та ін., 2001.

Калій – Елемент Якості в Рослинництві



Рис. 4. Вплив застосування калію на вміст білка в кукурудзі. Проект IPI-PAU. Пенджаб, Індія. 2004 Джерело: IPI Координація Індія.

Таблиця 2. Вплив калійного удобрення на вміст крохмалю у бульбах маніоку під час збору урожаю. Проект IPI-ILETRI. Тулунгаганг, Індонезія. 2012 Джерело: IPI Координація ПСА.

Варіант удобрення (кг/га)			Вміст крохмалю (%)
N	P ₂ O ₅	K ₂ O	(Свіжі зразки)
135	36	0	31.41 c
135	36	30	32.35 cd
135	36	60	35.47 abc
135	36	90	36.56 ab
135	36	120	32.90 bcb
200	60	180	37.65 a
Варіаційний коефіцієнт (%)			7.5



Зображення 3. Вплив К на розмір зерна і зовнішній вигляд пшениці. Калійний науково-дослідний інститут Індії (PRII), Гургаон, Харьяна. 2004. Надано PRII, Індія.

ЗОВНІШНІЙ ВИГЛЯД ПРОДУКЦІЇ

Достатній запас К сприяє утворенню більших зерен за рахунок збільшення інтенсивності і тривалості періоду фотосинтезу. В Оріссі (Індія) за внесення К сприяло підвищенню урожайності рису за рахунок збільшення тривалості періоду наливу зерна, а отже, формування крупніших насінин (більша маса 1000 зерен). У дослідженнях в Харьяні (Індія) з вивчення впливу калію відмічено підвищення ціни зерна пшениці за рахунок кращого зовнішнього вигляду, а саме кращої його виповненості і блиску, порівняно з контрольними ділянками (зображення 3).

У картоплі внесення К підвищує вихід крупних і середніх бульб і зменшує втрату ваги бульб після збору врожаю (зображення 4, стор. 14). У соняшнику, калійне живлення позитивно впливає на розмір кошика і кількість насіння (зображення 2, стор. 7).

Застосовуючи К, знижується ураженість деякими фізіологічними хворобами томатів (такими як, жовта плямистість, набряклість, нерівномірність дозрівання, сіра гниль, і зелені або жовті плями). В ході досліджень, проведених на 140 полях в центральній Каліфорнії, де вирощували помідори для харчової промисловості, встановлено, що ураженість двома хворобами, що пов'язані зі змінами забарвлення (жовті плями і біла м'якоть плодів), негативно корелює із вмістом К як у ґрунті так і в рослині.

Калій – Елемент Якості в Рослинництві

Фізіологічні порушення цитрусових, такі як ущільнення і зморщування плодів пов'язані з високим вмістом N і низькою доступністю K. Дефіцит калію, ознаками якого є невеликі фрукти з тонкою шкіркою, призводить до розтріскування фруктів, хоча для нестійких сортів додаткове внесення K не завжди запобігає цьому явищу.

Рослини, достатньо забезпечені калієм, більш стійкі до ураженості шкідниками і хворобами. Тріщини та пошкодження, що спостерігаються на плодах і листі за дефіциту калію, зумовлюють не тільки легкий доступ для зараження патогенами, але і меншу товарну привабливість для потенційних споживачів на ринку. Коли зовнішній вигляд, і, таким чином, якість незадовільні, фермер не може продати свою продукцію за найвищою ціною.



Зображення 4. Вплив K на кількість та розмір бульб картоплі. Проект IPI-PRII-CPRI. Джаландхар, Пенджаб, Індія. 1997 Джерело: IPI Координація Індія.



ЯКІСТЬ ПЕРЕРОБКИ

Калій сприяє поглинанню N, стимулюючи переміщення амінокислот з вегетативних частин у зерно, таким чином, сприяє синтезу клейковини і проламінів, а також утворенню білків, які покращують його хлібопекарські властивості. Внесення калію збільшує вміст крохмалю в рисі, пшениці, кукурудзі, сої, кунжуті і деяких кормових культурах. Позитивний вплив K на вміст олії був відмічений у кунжуті, сої, ріпаку, арахісі і насінні бавовника. Внесення калію збільшує розмір коробочок бавовника, покращує значення мікронеїра, силу і довжину волокна, та збільшує відсоток зрілих волокон. Калійне живлення бавовника, через його вплив на абсорбційну здатність, є важливим фактором, що визначає якість волокна в польових умовах. Залежно від генотипів змінюється потреба в калію для збільшення виходу високоякісного волокна.

Калійне удобрення покращує якість картоплі для переробки. Недостатнє забезпечення калієм призводить до зниження вмісту сухої речовини бульб за

рахунок погіршення фотосинтезу, і, отже, зменшення виробництва крохмалю. Нестача калію також викликає накопичення відновних цукрів, що зумовлює утворення небажаних темних кольорових плям. Внутрішні почорніння бульб картоплі можуть бути пов'язані з надлишком тирозину, викликаним дефіцитом калію. Існують дані, згідно яких темні порожнини можуть бути зменшені за рахунок внесення калію.

Цукрові буряки за достатнього калійного живлення забезпечують великий урожай коренеплодів з підвищеним вмістом цукру, а отже, набагато більший вихід цукру. Знижений вміст цукру в буряках, отриманий за недостатнього калійного живлення, пов'язаний зі зниженням переміщення асимілянтів з листя в запасуючі органи, у зв'язку з обмеженим навантаженням флоєми. Крім зниження переміщення цукрів, буряки, вирощені за високого рівня азоту та недостатнього – калію, мають більший вміст аміноазоту, що знижує екстрагування цукру з буряка. Аміачний азот накопичується, тому що синтез білка обмежується дефіцитом калію.



ТЕРМІН ЗБЕРІГАННЯ

Вплив К на термін зберігання переважно сприятливий, як завдяки сповільненню старіння, так і зменшенню численних фізіологічних захворювань. Калій підвищує пружність і зміцнює шкірку фруктів, таким чином, вони менше пошкоджуються під час транспортування, стійкіші до гниття впродовж більш тривалого періоду і довше залишаються свіжими. Достатнє забезпечення калієм зменшує втрати вологи після збирання, збільшуючи масу зібраних плодів і підтримуючи цілісність тканин. Калій також знижує ураженість деякими грибковими хворобами, що запобігає значним втратам під час зберігання, оскільки фрукти, бульби або коренеплоди, що мають навіть незначні пошкодження, повинні бути забраковані ще до збуту продукції.

Запасні сполуки, що акумулюються у зібраній продукції під час росту і дозрівання, споживаються в процесі метаболічної діяльності під час зберігання. Дихання включає окисне розщеплення цукрів, крохмалю та органічних кислот в диоксид вуглецю і воду при одночасному виробництві енергії, тепла і проміжних сполук, що використовуються в біохімічних реакціях. При нестачі калію швидкість дихання

Калій – Елемент Якості в Рослинництві

ЗОВНІШНІЙ



ПОКРАЩУЄ ХАРАКТЕРИСТИКИ
ЗОВНІШНЬОГО ВИГЛЯДУ

Розмір, форма, блиск, колір



ПОКРАЩУЄ ФІЗИЧНІ
ХАРАКТЕРИСТИКИ

твердість, текстура, товщина
шкірки



ЗМЕНШУЄ ДЕФЕКТИ

тріщини, складки, плями,
дефекти (спричинені
фізіологічними порушеннями,
шкідниками та хворобами)

ВНУТРІШНІЙ



ПОКРАЩУЄ ХАРАКТЕРИСТИКИ СМАКУ

солодкість, гіркота,
кислотність, солоність, вміст
соку



ПОКРАЩУЄ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТЕКСТУРИ

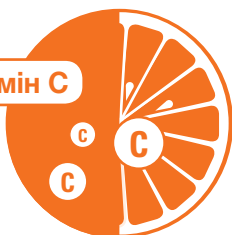
м'якість, міцність, крихкість,
хрусткість, розжовуваність,
волокнистість

ПРИХОВАНИЙ



ПОКРАЩУЄ
ЯКІСТЬ ПЕРЕРОБКИ

Вітамін С



ПІДВИЩУЄ ПОЖИВНУ ЦІННІСТЬ
вміст цукру, білка, крохмалю,
вітамінів, розчинних твердих
речовин, мінералів



ПОКРАЩУЄ ЗБЕРІГАННЯ
І ТЕРМІН ПРИДАТНОСТІ
втрата і розпад води,
знебарвлення, вм'ятини та інші
механічні травми, в'янення, зміна
текстури



ПРИХОВАНИЙ

ПОКРАЩУЄ
ЯКІСТЬ ПЕРЕРОБКИ

ПІДВИЩУЄ ПОЖИВНУ
ЦІННІСТЬ

вміст цукру, білка,
крохмалю, вітамінів,
розчинних твердих
речовин, мінералів

ПОКРАЩУЄ ЗБЕРІГАННЯ
І ТЕРМІН ПРИДАТНОСТІ

втрата і розпад води,
знебарвлення, вм'ятини
та інші механічні травми,
в'янення, зміна текстури

Калій – Елемент Якості в Рослинництві

збільшується і витрачається більше енергії для цієї функції; таким чином, плоди, недостатньо забезпечені калієм довго не зберігаються.

Калій покращує якість зберігання і транспортування бананів, помідорів, картоплі, цибулі та багатьох інших культур, а також розширює термін їхньої придатності. Деякі приклади:

- Недостатнє калійне живлення бананів призводить до формування тонких і крихких плодів з меншим терміном придатності.
- Якість цитрусових під час зберігання залежить від калійного живлення дерева: ураженість стовбуровою гниллю і зеленою цвілью знижується при збільшенні внесення калію, отже, втрати плодів при транспортуванні зменшуються, і термін придатності збільшується.
- Для апельсинів сорту Шамоуті, калій знижує розвиток ерозії поверхні шкірки, фізіологічного захворювання, яке розвивається впродовж 3-5 тижнів після збору врожаю, а також під час транспортування та зберігання.
- Для картоплі, внесення калію знижує втрати при зберіганні, пов'язані зі зменшенням активності ферментів каталази і пероксидази.
- У моркви, калій збільшує термін зберігання після збору врожаю, сповільнює в'янення.
- В ананаса зменшується захворюваність на ендогенну буру гниль (найпоширеніша фізіологічна післязбиральна хвороба) за рахунок внесення великої кількості калію, що підвищує вміст аскорбінової кислоти в плодах, запобігаючи окисленню фенольних сполук, таким чином, перешкоджає розвитку хвороби.



ПРИГНІЧЕННЯ **ХВОРОБ І ШКІДНИКІВ**

Впродовж десятиліть було визнано, що калій збільшує здатність рослин протистояти шкідникам і хворобам. Це стосується не лише декількох видів сільськогосподарських культур, але включає в себе широкий спектр як рослин, так і патогенних мікроорганізмів. Роль калію у стійкості культур до хвороб широко представлена Міжнародним інститутом калію в огляді 2450 літературних джерел. Результати показали, що достатня забезпеченість калієм знижує ураження грибковими хворобами на 70%, бактеріальних хворобами на 69%, ушкодження комахами і кліщами на 63%, і вірусами на 41% (рис. 5, стор. 24).

Достатнє удобрення калієм сприяє розвитку сильних рослин, які можуть протистояти хворобам і кохам набагато краще, ніж ті, які недостатньо забезпечені цим поживним елементом. За його сприятливої ролі в регулюванні обміну речовин рослин та протидії шкідливому впливу надмірної кількості азоту, нормалізується розвиток рослин і їхній пропорційний ріст. Це сприяє формуванню здорових і витривалих рослинних тканин, що забезпечує стійкість до пошкодження шкідниками і ураження хворобами.

Калій – Елемент Якості в Рослинництві

Хоча пошкоджень шкідниками не можливо уникнути лише достатнім живленням, проте, вони можуть бути значно зменшені за рахунок внесення калію. Застосування калійних добрив є важливим інструментом в системі захисту рослин. При включенні калійного живлення як частини комплексної боротьби зі шкідниками (КБШ) знижується потреба в інших хімічних заходах контролю за шкідниками і хворобами, що забезпечує зменшення негативного впливу залишків пестицидів. Застосовуючи збалансоване удобрення, фермер може знизити надходження агрохімікатів і довести, що він виробляє їжу «природним» способом.

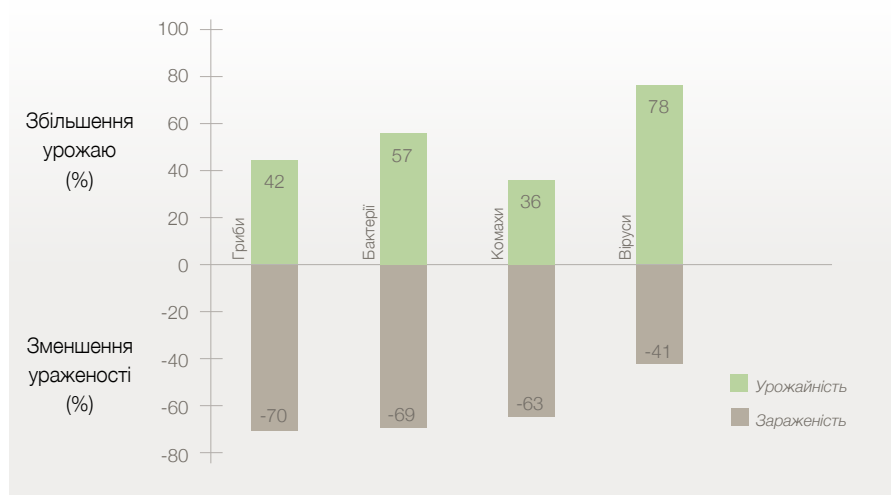


Рис. 5. Зменшення ураженості шкідниками/захворюваності та відповідне збільшення урожаю залежно від внесення калію ($n = 2450$). Джерело: Переноуд, 1990.



Зображення 5. Вплив калійного удобрення на ураженість червоною гниллю (*Colletotrichum falcatum*) в цукровій тростині. Мірут, Уттар-Прадеш, Індія. 2002.

ХВОРОБИ

Загалом, існує обернений зв'язок між вмістом доступного калію в ґрунті та ступенем ураження хворобою. Існує поширена практика внесення калійних добрив для зменшення певних захворювань. Листкова плямистість у бавовника пов'язана з низьким вмістом калію у ґрунті, рослинних тканинах і/або черешках листків. Різні калійні добрива, що застосовуються в якості позакореневого підживлення, дуже ефективні як індуктори системного захисту від борошнистої роси на огірках. Дефіцит калію в кінці дозрівання сої може призвести до зниження врожайності і поганої якості насіння, викликаних стручковою і кореневою гнилями та пурпуровим церкоспорозом насіння. У картоплі за внесення калійних добрив було відмічено зниження ураженості певними хворобами, такими як фітофтороз, суха фузаріозна гниль, порошиста парша та альтернаріоз (зображення 6, стор. 26).

Калій найбільше впливає на хвороби, діючи на структури тканинних клітин і біохімічні та метаболічні функції. Рослини, які відчувають нестачу калію, мають більшу концентрацію розчинних цукрів, які придатні для росту багатьох патогенів. Неорганічний азот накопичується в соці рослин кукурудзи з недостатнім вмістом калію через погіршення азотного метаболізму, що створює більш сприятливі умови для росту бактерій і подальшого в'янення рослин. Калій також збільшує утворення

Калій – Елемент Якості в Рослинництві

сполук, таких як феноли, фітоалексини і ауксини, які пригнічують розвиток хвороб та підвищують стійкість рослин до шкідливих організмів.

Підвищена стійкість до хвороб завдяки внесенню калію пояснюється різними механізмами, наприклад зменшенням клітинної проникності і зниженням чутливості тканин до виснаження патогенними мікроорганізмами. Крім того, калій в поєднанні з фосфором індукуює розвиток більш товстих кутикул і клітинних стінок, які функціонують як механічні бар'єри для проникнення та інфікування патогенами.

Там, де азот вноситься у надмірних кількостях за недостатнього забезпечення калієм, клітинні стінки стебел рослин можуть бути тоншими, що пов'язано зі швидким ростом, в результаті чого відбувається вилягання рослин. Вилягання зернових за надмірної вологості створює ідеальний мікроклімат для проростання спор грибів, що зумовлює розвиток хвороб. Тому важливо переконатися, що внесення азоту збалансоване з достатньою кількістю калію.

Фізична стійкість до хвороб підвищується за рахунок того, що достатній запас калію забезпечує повне закриття продихів рослини і збільшує здерев'яніння судинної тканини. Тріщини, щілини та пошкодження, які розвиваються за дефіциту калію на поверхні листя і плодів зумовлюють легкий доступ для патогенів.



Зображення 6. Вплив внесення K на ураженість фітофторозом (*Phytophthora infestans*) у картоплі. Проект IPI-PRII-CPRI. Джаландхар, Пенджаб, Індія. 1998
Джерело: IPI Координація Індія.



Зображення 7. Вплив калію на заселення хробаками кукурудзи. Ченду, Китай, 2001 г. Джерело: IPI Координація Китай.

КОМАХИ

Широко відома роль калію в зменшенні ушкоджень рослин комахами. Рослини, надмірно забезпечені азотом і недостатньо калієм, мають м'які тканини з невеликою стійкістю до сисних і гризучих комах. Жовтувате забарвлення рослин, які страждають від дефіциту К, діє як сигнал, що приваблює тлю. М'яка поверхня тканин з підвищеним вмістом азоту допомагає попелицям проникати в поверхню листя, і не тільки конкурувати за живлення, але і одночасно передавати віруси. В'янення, що є ще одним показником дефіциту К, також приваблює шкідників.

Надмірне забезпечення азотом, за незбалансованого удобрення, для його перетворення потребує вуглецю (С), невелика кількість якого вивільняється з циклу Кребса для синтезу вторинних сполук, таких як феноли та хінони. Ці фенольні сполуки, будучи основою для багатьох захисних механізмів, відіграють важливу

Калій – Елемент Якості в Рослинництві

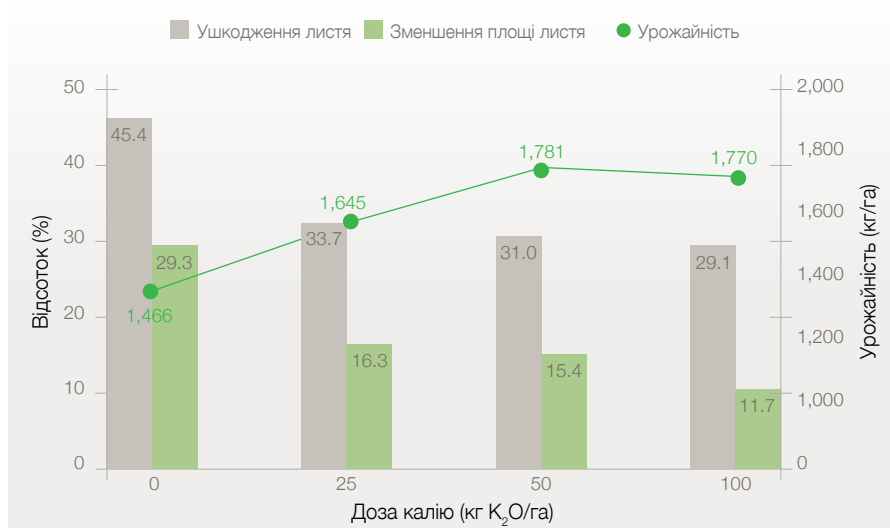


Рис. 6. Вплив внесення калію на урожайність сої та пошкодження листя блакитним жуком (Cheorane sp.). Проект IPI-PRII-RAK. Сехоре, Мадхья-Прадеш, Індія. 2001 Джерело: IPI Координація Індія.

роль у взаємозв'язку між патогеном і рослиною-господарем. Вони виступають в якості фітоалексинів або попередників лігніну і суберину, які в листках і стеблах діють як механічні бар'єри проти нападів комах-шкідників.

У довготривалому дослідженні IPI в Індії з соєю, внесення калію сприяло зменшенню нападів комах, таких як п'явця синя болотна, сірий п'ядун, вусач *Oberea Brevis* і муха паросткова, в результаті чого зросла урожайність сої (Рис. 6, Зображення 8).



Зображення 8. Вплив калію на заселеність шкідниками сої, IPI-PRII-RAK проект. Сехоре, Мадхья-Прадеш, Індія. 1999 Джерело: IPI Координація Індія.



ЗДОРОВ'Я ЛЮДИНИ

Калій давно визнаний найважливішим елементом в харчуванні тварин і людини. Він є третім найбільш поширеним мінералом в організмі людини, після кальцію і фосфору, та включає 5% від загального вмісту мінеральних речовин в її організмі.

Калій давно відомий як фактор здоров'я людей і тварин. Він відіграє важливу роль у передачі електричних імпульсів через центральну нервову систему, і в регулюванні плавних природних ритмів серця. Калій є посередником важливих хімічних реакцій, необхідних для надходження поживних речовин в клітини, а також він допомагає підтримувати водний баланс в організмі. Калій стимулює обмін води в тканинах і її виведення через нирки; він покращує обмін речовин, активізуючи ферментні системи, які регулюють перетравлювання їжі і жиру. Він також допомагає в синтезі білка з амінокислот та бере участь у вуглеводному обміні.

Калій не має шкідливого впливу на організм людини. Він допомагає стабілізувати рівень кров'яного тиску та попереджує інсульти. У людей з достатнім споживанням калію рідше зустрічаються гіпертензії, оскільки продукти, багаті на калій, знижують кров'яний тиск. Калій не має шкідливого впливу на якість питної води. Калій у питній воді та/або продуктах харчування не несе небезпеки для здоров'я людини, підтримуючи нормальну функцію нирок. Обмеження для калію в нормативах ЄС для питної води були вилучені, що відображає доброякісність природи цього елемента для здоров'я людини.

Калій є абсолютно необхідним для життя. Молоді тварини перестають рости, і можуть померти впродовж декількох днів, якщо з їхнього раціону повністю виключити споживання калію. Дефіцит калію в організмі людини може викликати м'язову слабкість, втому, закрепи, психічну апатію і т.д. Рекомендована добова доза споживання калію збільшується з віком, від 3000 до 4700 мг/добу. Тим не менше, дослідження показують, що рівні калію у сучасному харчуванні набагато нижчі, ніж за традиційного, заснованого на споживанні неперероблених продуктів (Карппанен та ін., 2005).

Людам і тваринам необхідно отримувати достатню кількість калію з продуктів харчування та кормів, щоб бути здоровими і нормально рости. Джерелом калію є рослини. Продуктами, що вважаються багатими на калій, є картопля, сухофрукти, полуниця, авокадо, м'ясо, риба, бобові, банани і цільні злаки (таблиця 3).

Таблиця 3. Вміст калію в обраних продуктах. За Базою даних поживних елементів USDA для стандартів. www.ars.usda.gov/SP2UserFiles/Place/12354500/Data/SR25/nutrlst/sr25a306.pdf

Продукт	Розмір порції	Вміст К (мг К)	Частка від рекомендованого щоденного споживання*
Ізюм	1 чашка (145 г)	1,086	23%
Авокадо	1 середній (201 г)	1,021	22%
Шпинат (відварений)	1 чашка (180 г)	839	18%
Горох (варений)	1 чашка (196 г)	710	15%
Лосось	1/2 філе (155 г)	632	13%
Картопля (запечена)	1 середня (156 г)	610	13%
Апельсиновий сік	1 чашка (248 г)	496	11%
Банан	1 середній (118 г)	422	9%
Незбиране молоко	1 чашка (244 г)	322	7%
Стейк з яловичини	85 г	320	7%
Хліб, з цільного зерна	2 скибки (56 г)	138	3%

* FDA щоденна рекомендована норма – 4700 мг К за день.



ФУНКЦІОНАЛЬНІ ХАРЧОВІ ПРОДУКТИ

Сьогодні споживачі прагнуть відшукати переваги продуктів, які містять природні сполуки, корисні для здоров'я (функціональні харчові продукти). Наприклад, фітохімічні речовини з медичної точки зору визначаються як біологічно активні інгредієнти у продуктах харчування, що підтримують здоров'я і фізичну форму. Лікопін в помідорах, аллицин в часнику, або ізофлавоноїди в сої належать до цієї групи. Вони запобігають раку, діабету, гіпертонії і серцево-судинним захворюванням.

Калій може підвищити, наприклад, вміст лікопіну в помідорах. Повідомлення у виданні «*Journal of Agricultural and Food Chemistry*» підтвердило позитивний зв'язок між удобренням сої та вмістом в ній ізофлавоноїдів. Робота показала, що, зокрема, в ґрунтах з низькою родючістю, калійні добрива збільшили вміст основних ізофлавоноїдів - геністеїну, даїдзетіну і гліцетіну - до 16%.

Куркумін є фітохімічною речовиною, яку екстрагують з популярної індійської спеції куркуми, і може бути корисним для профілактики і лікування ряду захворювань. За якістю кореневища куркуми оцінюють, скільки куркуміну воно містить. Було

показано, що цей важливий параметр якості кореневища значно збільшується у відповідь на внесення калію. Дослідження IPI в Індії підтвердили цей висновок зі значним підвищенням концентрації куркуміну внаслідок внесення калію (таблиця 4).

Не відомо, чи відіграє калій особливу роль в синтезі фітохімічних речовин, але це, можливо, тому, що калій є важливим кофактором ферменту для багатьох метаболічних реакцій рослин.

Також відомо, що калій зменшує вміст токсичних фітохімічних речовин. Наприклад, маніок містить потенційно токсичні, ціаногенні глікозидні сполуки, які можуть викликати отруєння і смерть людини. Багато авторів відзначали значне зниження вмісту синильної кислоти у бульбах маніоку внаслідок внесення калійних добрив.

Таблиця 4. Вплив застосування калію на врожайність і якість куркуми сорту Erode local. Проект IPI та Університету Аннамалай. Ерод, Таміл Наду, Індія. 2006
Джерело: IPI Координація Індія.

Внесення калію	Урожайність свіжої куркуми	Вміст куркуміну
кг K ₂ O/га	т/га	%
0	18.0	2.90
40	24.3	3.30
120	28.3	3.63
200	31.4	3.93
260	34.4	4.47
HIP (P = 0.05)	1.68	0.15



ВМІСТ НІТРАТІВ У ПРОДОВОЛЬСТВІ

Незбалансоване удобрення з недостатнім забезпеченням калієм може призвести до накопичення NO_3 в рослинах. Калій допомагає підтримувати вміст NO_3 у фруктах і овочах в допустимих межах, встановлених органами охорони здоров'я. Законодавство ЄС визначило максимально допустимі рівні нітратів в зелених листових овочах, таких як салат і шпинат.

Калій бере участь в циклі азоту як активатор ферменту в його метаболізмі. Кохом і Менгелем (1974) було показано, що рослини тютюну з дефіцитом калію не тільки поглинають на 26% менше NO_3 , ніж рослини, які отримують достатню кількість калію, але і лише 15% поглинутого NO_3 включається до складу білка, а 45% все ще залишається як NO_3 . На відміну від цього, рослини, добре забезпечені калієм, перетворюють 40% NO_3 в білок і тільки 30% залишається у вигляді NO_3 . Лише невелика кількість NO_3 , що залишилася в тканинах, має високу швидкість перетворення і задовільняє потребу споживача в «безпечній» їжі, а з достатнім внесенням калію поглинається більше NO_3 , що відповідає вимогам екологічно чистого виробництва сільськогосподарської продукції.

Польові дослідження ІРІ в Китаї показують, що селера, забезпечена достатньою кількістю калію, має вміст NO_3 427 мг л^{-1} , що на 27% нижче, ніж за незбалансованого живлення (рис. 7). Калій допомагає підтримувати вміст NO_3 у селері в допустимих межах, встановлених уповноваженим органом у сфері охорони здоров'я.

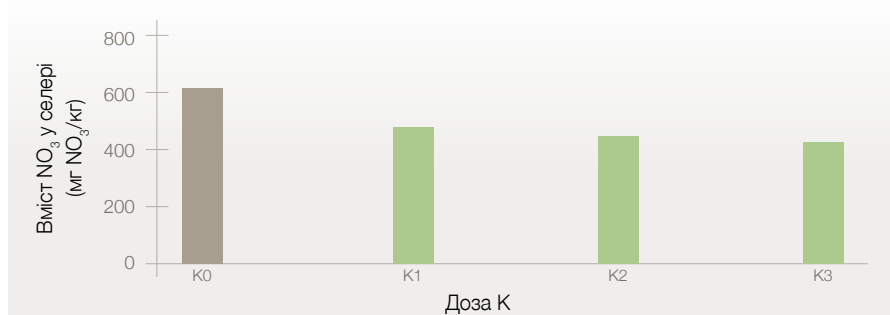


Рис. 7. Вміст нітратів у селері залежно від застосування калію в Китаї. Хардтер і Краус, 1999.

ВИКОРИСТАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Various articles on the International Potash Institute (IPI) website: www.ipipotash.org.
2. Potassium and Chloride in Crops and Soils: The Role of Potassium Chloride Fertilizer in Crop Nutrition. Kafkafi, U., G. Xu, P. Imas, H. Magen, and J. Tarchitzky. 2001. IPI-Research Topics 22. International Potash Institute, Switzerland.
3. Potassium Sulphate and Potassium Chloride. Zehler, E., H. Kreipe, and P.A. Gething. 1981. IPI-Research Topics 9. International Potash Institute, Switzerland.
4. Mineral Nutrition of Higher Plants. Marschner, H. 1995. 2nd edition. Academic Press, San Diego, NY.
5. Impact of Potassium on Crop Yield and Quality with regard to Economical and Ecological Aspects. Mengel, K. 1977. In: Food Security in the WANA Region, the Essential Need for Balanced Fertilization (Johnston, A.E., ed.) p. 157-174. International Potash Institute, Switzerland.
6. The Role of Potassium in Crop Quality. Usherwood, N.R. 1985. In: Potassium in Agriculture (Munson, R.D., ed.) p. 489-514. ASA/CSSA/SSSA, Madison, WI.
7. Potassium and Plant Health. Perrenoud, S. 1990. 2nd edition. IPI Research Topics 3. International Potash Institute, Switzerland.
8. Potassium Fertilization Effects on Isoflavone Concentrations in Soybean. Vyn, T.J., X. Yin, T.W. Brunlsera, C.C. Jackson, I. Rajcan, and S.M. Brouder. 2002. J. Agric. Food Chem. 50:3501-3506.
9. Effect of Mineral Nutritional Status on Shoot-Root Partitioning of Photo-Assimilates and Cycling of Mineral Nutrients. Marschner, H., E.A. Kirkby, and I. Cakmak. 1996. J. Exp. Botany 47:1255-1263.
10. Balanced Fertilization and Crop Quality. Härdter, R., and A. Krauss. 1999. IFA Agric. Conference on Managing Plant Nutrition. Barcelona, Spain, June 29-July 2.
11. The Influence of the Level of Potassium Supply to Young Tobacco Plants (*Nicotiana tabacum* L.) on Short-Term Uptake and Utilization of Nitrate Nitrogen (¹⁵N). Koch, K., and K. Mengel. 1974. J. Sci. Fd. Agric. 25:465-471.
12. Yield and Quality Responses of Selected Solanaceous Vegetable Crops to Potassium Fertilization. Wu-Zhong, N., J.S. Liang, and R. Härdter. 2001. Pedosphere 11:251-255.
13. Potassium Requirements for Maximum Yield and Fruit Quality of Processing Tomato. Hartz, T.K., G. Miyao, R.J. Mullen, M.D. Cahn, J. Valencia, and K.L. Brittan. 1999. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 124:199-204.
14. Influence of N, K and Irrigation on Citrus Fruit Quality. Koo, R.C.J., and R.L. Reese. 1977. Proc. Int. Soc. Citricul. 1:34-38.
15. Why and How to Implement Sodium, Potassium, Calcium, and Magnesium Changes in Food Items and Diets? Karppanen, H., P. Karppanen, and E. Mervaala. 2005. Journal of Human Hypertension 19, S10-S19.

**INTERNATIONAL
POTASH INSTITUTE**



Baumgärtlistrasse 17, P.O. Box 260
CH-8810 Horgen, Switzerland
Тел. +41 43 810 49 22,
Факс +41 43 810 49 25
ipi@ipipotash.org; www.ipipotash.org
twitter.com/IPI_potash; facebook.com/IPIpotash
flickr.com/photos/ipi_potash/sets/

Координатор Міжнародного інституту
калію в Центральній та Східній Європі
Геннадій Песковський
ВАТ «Білоруська калійна компанія»
Білорусь 220002
м. Мінськ, пр-т Машерова, 35
Тел. +375 17 309 30 10
Факс + 375 17 222 46 34
g.peskovski@belpc.by